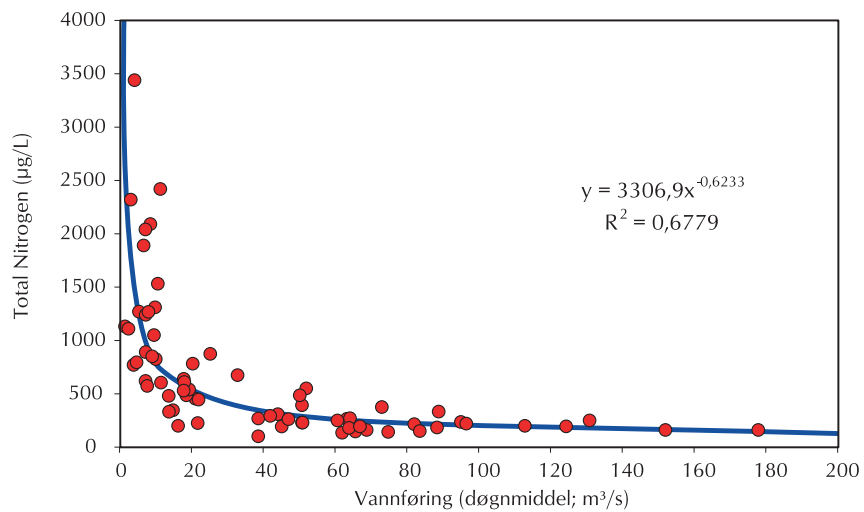


# NIVA



RAPPORT LNR 4616-2003

## Nitrogentransport i Opo 1996-2001



**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 Nitrogentransport i Opo 1996-2001	Løpenr. (for bestilling) 4616-2003	Dato 2003.05.07
	Prosjektnr. Undernr. O-92220	Sider Pris 20 200,-
Forfatter(e) Hobæk, Anders	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Odda kommune	Oppdragsreferanse T. Backer-Owe
----------------------------------	------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten behandler konsentrasjon av totalt nitrogen målt i Opo gjennom perioden 1996-2001. Variasjoner i N-konsentrasjon er analysert og satt i sammenheng med variasjoner i vannføring i elva. Høye N-konsentrasjoner er bare påvist i nedre del av Opo, og disse var knyttet til perioder med liten vannføring.</p> <p>Beregningene indikerer at Opo nedenfor Sandvinvatn tilføres mellom 140 og 220 tonn N pr. år, avhengig av beregningsmåte. Dette ligger langt over forventet mengde basert på arealberegninger, og gir grunnlag for berettiget mistanke om direkte utslipp eller lekkasje av nitrogenholdig vann til Opo. Siden disse tilførslene utgjør en betydelig andel (37- 48%) av vassdragets N-transport til indre Sørfjord, bør det iverksettes søk etter kilden(e) for om mulig å redusere denne belastningen.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nitrogen</li> <li>2. Avrenning</li> <li>3. Tilførsel</li> <li>4. Transport</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nitrogen</li> <li>2. Discharge</li> <li>3. Supply</li> <li>4. Transport</li> </ol>
--	---

*Anders Hobæk*  
Prosjektleder

*Anne Lyche Solheim*  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4277-5

*Nils Roar Sælthun*  
Forskningsdirektør

**Nitrogentransport i Opo  
1996-2001**

## Forord

I denne rapporten vurderes konsentrasjoner og massetransport av nitrogen i Opo. Bakgrunnen for dette er en serie observasjoner av periodevis høye nitrogenkonsentrasjoner i elva. Den samlede transport av nitrogen til indre Sørfjord har betydning for tilstanden i fjorden, som er belastet via flere kilder. I forbindelse med utarbeidelse av Hovedplan for avløp i Odda kommune ble det skrevet et notat om elvas nitrogentransport i 1999. Denne rapporten er en videre bearbeidelse av notatet, og bygger også på et utvidet datasett samlet gjennom perioden juli 1996 – desember 2001. Fra og med 1997 har Alex Stewart Environmental Services A/S stått for prøvetaking og de fleste av de vannkjemiske analysene. Vannføringsdata er levert av NVE (48.1.0.1001.1 Sandvinvatn). Kontaktperson for Odda kommune gjennom hele overvåkingsperioden har vært Torstein Backer-Owe, Teknisk Etat.

Takk til alle som har bidratt til overvåkingsprogrammet for Opo.

Bergen, 7. mai 2003

*Anders Hobæk*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>8</b>
2.1 Datagrunnlag	8
2.2 Transportberegninger	8
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Nedbør	9
3.2 Vannføring i Opo	9
3.3 Nitrogenmengder i Opo	10
3.4 Nedbør og avrenning	11
3.5 Vannføring og nitrogenkonsentrasjon i Opo	13
3.6 Transportberegninger	14
3.6.1 Nitrogentransport basert på volumveide estimater	14
3.6.2 Nitrogentransport basert på fortynningsmodellen	16
<b>4. Diskusjon</b>	<b>18</b>
<b>5. Henvisninger</b>	<b>20</b>

---

## Sammendrag

Rapporten behandler konsentrasjon av totalt nitrogen målt i Opo gjennom perioden 1996-2001. Variasjoner i N-konsentrasjon er analysert og satt i sammenheng med variasjoner i vannføring i elva. Høye N-konsentrasjoner er bare påvist i nedre del av Opo, og disse var knyttet til perioder med liten vannføring.

Beregning av N-transport i vassdraget gir et estimat på 420-450 tonn N pr. år. Av dette kommer ca. 230 tonn (52%) med avrenningen fra Sandvinvatnet, mens ca. 220 tonn (48%) tilføres Opo nedenfor Sandvinvatn. Tallene er basert på volumveide estimater av transport.

Sammenhengen mellom vannføring og N-konsentrasjon gav grunnlag for å anta en fortykning av tilførselene til Opo, og det er derfor beregnet en enkel fortykningsmodell. Modellen antar en nokså konstant tilførsel fra en eller noen få punktkilder. Denne gav grunnlag for et totalt transportestimat i Opo på 374 tonn N pr.år. Bidraget fra Sandvinvatn er uendret, og tilførselene til selve Opo utgjør etter dette 140 tonn (37%) pr. år.

Beregningene indikerer altså at Opo nedenfor Sandvinvatn tilføres mellom 140 og 220 tonn N pr. år, avhengig av beregningsmåte. Dette ligger langt over forventet mengde basert på arealberegninger, og gir grunnlag for berettiget mistanke om direkte utslipp eller lekkasje av nitrogenholdig vann til Opo. Siden disse tilførselene utgjør en betydelig andel (37- 48%) av vassdragets N-transport til indre Sørfjord, bør det iverksettes søk etter kilden(e) for om mulig å redusere denne belastningen.

## Summary

Title: Transport of nitrogen in River Opo

Year:2003

Author: Anders Hobæk

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4277-5

River Opo (Odda municipality, Hordaland county, Western Norway) is a major source of nutrients to the inner Sjørfjord. Because the fjord receives a high total load of nitrogen from several sources, an assessment of the riverine contribution is of interest, particularly since periods of elevated nitrogen concentrations have been observed in the river. The present report analyses variation in nitrogen concentration in the river based on monitoring through the period 1996-2001.

Volume-weighted estimates of total annual nitrogen transport via River Opo ranged between 420-450 tonnes. 230 tonnes per year were ascribed to the upstream watershed, while the short River Opo itself additionally receives 220 tonnes of nitrogen.

Based on a correlation between water discharge and nitrogen concentration in the lower reach of the river, an alternative transport estimate was based on a simple dilution model. This model assumes a fairly constant nitrogen flux into the river from one or a few point sources. The estimate of nitrogen transport based on this model amounted to a total nitrogen transport of 374 tonnes per year. Correspondingly, the nitrogen load into River Opo from the lower watershed was estimated at 140 tonnes per year.

Depending on methods of calculation, the results indicate that River Opo receives 140 – 220 tonnes N per year from its lower watershed. These values are far above what can be expected based on areal runoff coefficients. While the estimate based on the dilution model cannot be trusted as long as point sources have not been identified, the correlation between water discharge and nitrogen concentration strongly suggests that such sources exist. It is recommended that a search for potential point sources is conducted. If the nitrogen flux into the lower River Opo can be reduced, it could significantly alleviate the total nitrogen load on the inner Sjørfjord.

# 1. Innledning

NIVA gjennomførte i 1996 en resipientundersøkelse av vassdrag i Odda kommune. Målsettingen var å vurdere tilstanden i vassdragene, og skaffe grunnlagsmateriale for prioriteringer i Hovedplan for avløp. Undersøkelsene ble fulgt opp med en regelmessig prøvetaking i Opo, som er den største elva i kommunen og som renner gjennom Odda sentrum. Foranledningen for dette var både brukerinteresser knyttet til elva, og at mengden nitrogen som ble målt viste uventete fluktusjoner. Måleprogrammet i Opo har gått uavbrutt til dags dato, og ble fra mai 1998 supplert med en stasjon i øvre del av elva.

Nitrogenmengdene som Opo transporterer har betydning for tilstanden i indre del av Sørfjorden. Her er det i tillegg til forurensningsproblemer knyttet til miljøgifter også påvist oppblomstring av alger gjennom en rekke år. Høy algeproduksjon medfører oksygenforbruk under nedbrytningen av produsert biomasse, og sammen med andre faktorer som fører til høyt oksygenforbruk har dette bidratt til et tidvis betydelig oksygenvinn i Sørfjordens indre deler. Virkningene av dette kan være betydelige for livet i fjorden, og det er klart behov for tiltak som kan redusere dagens belastning (Molvær 2001).

Overvåkingen av Opo har påvist store fluktusjoner i nitrogenkonsentrasjon, og at dette må skyldes tilførsler til elva nedenfor Sandvinvatnet. Kilden(e) for denne tilførselen er ikke påvist.

Et sentralt punkt er hvor store mengder nitrogen Opo fører ut i Sørfjorden. Det er tidligere gjort enkle anslag over dette, og disse viste en ganske markert økning fra 1996-97 til 1998-99. Teoretiske beregninger basert på arealkonstanter og personekvivalenter ga vesentlig lavere anslag.

Usikkerheten rundt nitrogentransporten i Opo har motivert en vurdering av om det finnes påvisbare sammenhenger mellom nitrogenmengder, nedbør og avrenning, om dette kunne gi grunnlag for å karakterisere forurensningssituasjonen med tanke på hva slags kilde(r) det dreier seg om, og eventuelle konsekvenser for transportberegningene. Et notat datert november 1999 tok for seg denne problemstillingen. NIVA ble senere bedt om å utvide notatet til herværende rapport, som tar for seg samvariasjon mellom nitrogenkonsentrasjon, nedbør og avrenning i Opo. Transportberegningene er revidert på grunnlag av en lengre dataserie som dekker perioden fra 1996 til og med 2001.



## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Datagrunnlag

Nedbørdata er innhentet fra Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI), og dekker perioden juli 1996 – juni 1999. Data for nedbør er målt på DNMI's stasjon 49350 Tyssedal. Vannføringsdata er levert fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) for NVEs stasjon 48.1.0.1001.1 Sandvinvatn. Disse data er døgnmiddel for vannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Vannføringsdata går fra juli 1996 frem til og med desember 2001.

Vannkjemiske målinger er fra overvåkingen av Opo i regi av Odda kommune. Prøvetaking utføres av Alex Stewart Environmental Services A/S (ASES), som også står for analyse av de fleste parametre. Analyser av total nitrogen er utført ved NIVAs laboratorium for perioden som rapporteres her.

Grunnlagsdata er samlet i ruteark (Excel) og oversendt Odda kommune, og er ikke tatt med i rapporten.

### 2.2 Transportberegninger

Transport av nitrogen er beregnet basert på to ulike innfallsvinkler. Den første er den 'normale' metode, som består i å vekte hver målte konsentrasjon mot avrenningsvolumet for det samme døgnet som prøven er tatt. Summert over en periode (6 prøver pr. halvår eller 12 prøver pr. år) gir dette en volumveid middelkonsentrasjon. Denne kan ganges opp med total avrenning for perioden (basert på målt vannføring) og gir et totalt estimat for transport i løpet av denne perioden.

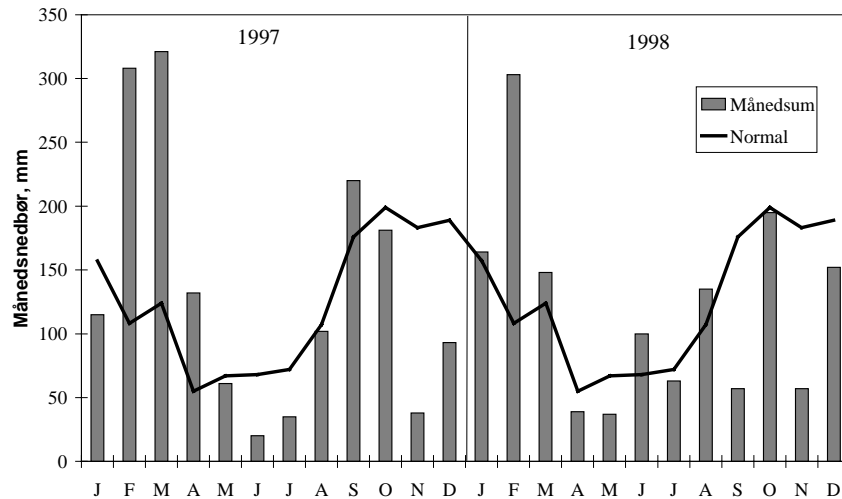
I en annen tilnærming har vi sett på forholdet mellom nitrogenkonsentrasjon og vannføring. Siden det kan påvises en negativ korrelasjon mellom disse (dvs. høye konsentrasjoner måles ved lav vannføring, og lave konsentrasjoner ved høy vannføring) kan man mistenke at det finnes et punktutslipp. Dersom dette tilfører omtrent konstant mengde nitrogen uavhengig av vannføring, vil en fortynningsmodell kunne beskrive sammenhengen. Vi har derfor beregnet en slik fortynningsmodell ut fra sammenhengen mellom observert nitrogenkonsentrasjon og vannføring i Opo. Da kan konsentrasjon beregnes basert bare på vannføringen. Mengde nitrogen er så beregnet for hvert døgn gjennom perioden, og summert over 6 mnd og 12 mnd perioder.

Hensikten med fortynningsmodellen er å gi et bedre estimat av nitrogentransporten dersom et punktutslipp virkelig er årsaken til periodevis høye konsentrasjoner. Fortynningsmodellen gir høyere oppløsning og lavere anslag for transport enn vanlig beregningsmetode, men det gjenstår å se om forutsetningene for slike estimater er tilstede.

## 3. Resultater

### 3.1 Nedbør

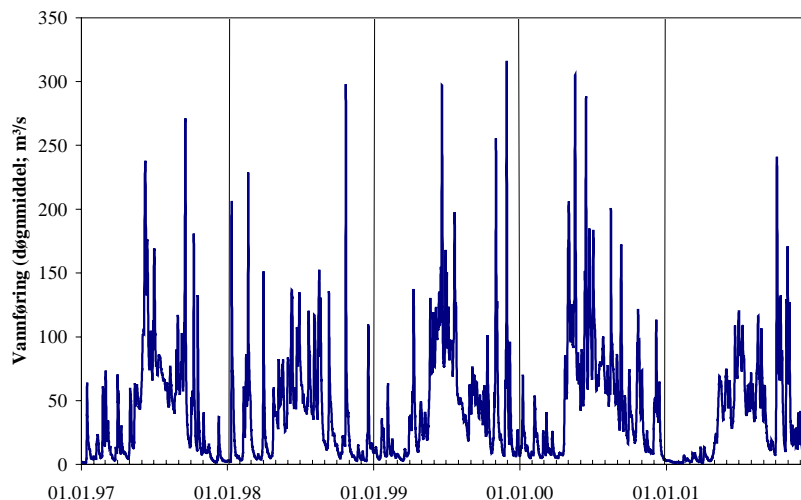
Nærmeste nedbørstasjon er i Tyssedal, hvor normal årlig nedbørsum er 1505 mm nedbør. Normalkurven viser mest nedbør i september-desember, og minst i perioden april – juli. Som grunnlagsdata foreligger nedbørsdata fra 1997, 1998, og det meste av 1999. Figur 1 viser månedlig nedbør for 1997-98. Disse årene hadde henholdsvis 108 % og 96 % av normal nedbør.



Figur 1. Månedlig nedbør i Tyssedal i 1997-98. Data fra DNMI.

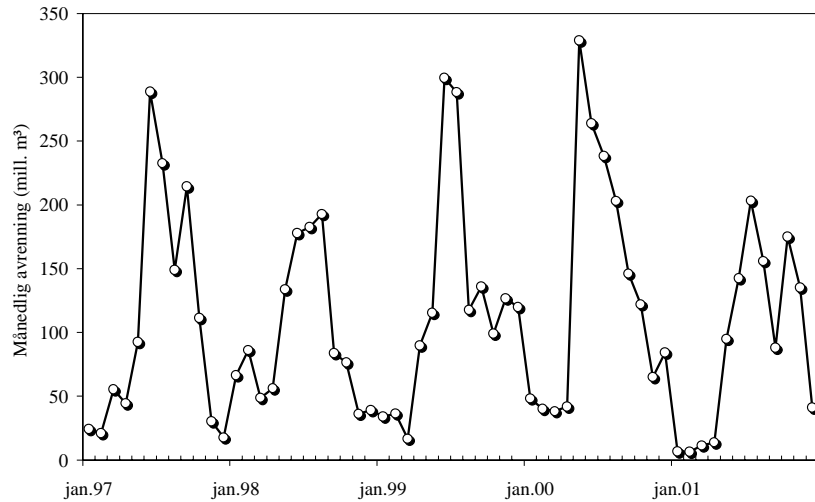
### 3.2 Vannføring i Opo

Vannmengden i Opo viser svære fluktasjoner over kort tid (Figur 2). Maksimalvannføringen i perioden 1996-2001 var over 300 m<sup>3</sup>/s, mens minste vannføring i den samme perioden var godt under 1 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen viser et noe uregelmessig sesongmønster med stor avrenning tidlig på sommeren under snøsmelting og bresmelting, og lavere mengder om vinteren.

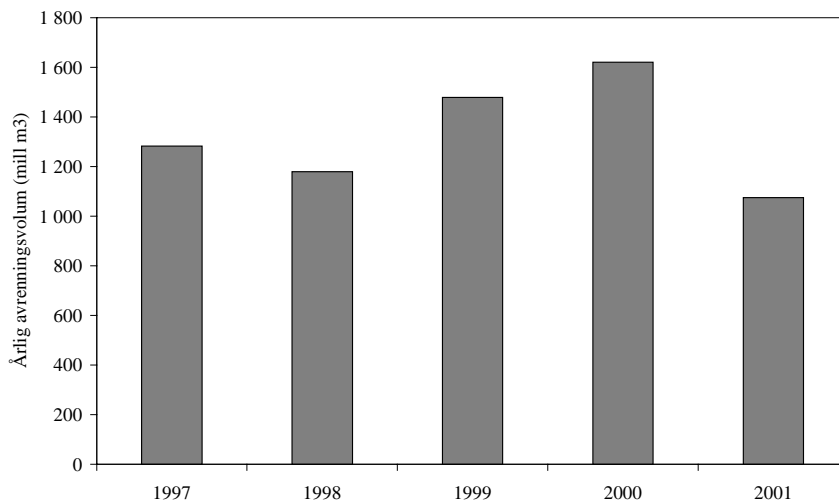


Figur 2. Vannføring i Opo (døgnmiddelverdier) gjennom perioden 1997-2001. Målestasjonen ligger i Sandvinvatn (data fra NVE).

Generelt avtar avrenningen utover høsten, men det er ofte perioder med kortvarige høstflommer. Hovedmønsteret i avrenning kommer tydelig fram når vi plottet månedlig avrenning (Figur 3). Denne figuren viser også at vi kan ha variasjon i total avrenning mellom år. Dette er plottet som søylediagram i Figur 4. I løpet av overvåkingsperioden var 1999 og 2000 begge år med stor avrenning, mens 2001 var tørrest.



**Figur 3.** Månedlig avrenning i Opo (millioner m<sup>3</sup>/mnd) gjennom perioden 1997-2001.

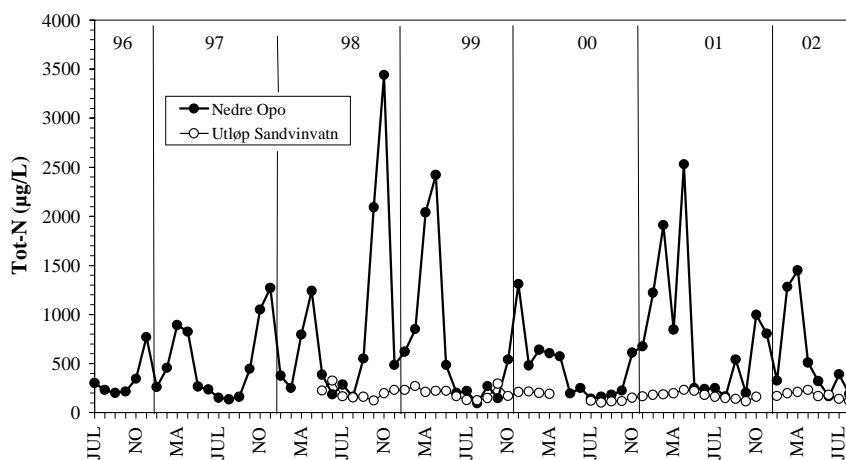


**Figur 4.** Årlig avrenningsvolum i Opo (mill. m<sup>3</sup>/år) gjennom perioden 1997-2001.

### 3.3 Nitrogenmengder i Opo

Måleserien omfatter blant annet totalt nitrogen målt i månedlige prøver tatt i nedre Opo fra og med juli 1996. Fra mai 1998 ble det også utført tilsvarende målinger ved utløpet av Sandvinvatnet. Måleresultater er vist i Figur 5. Det har gjennom hele perioden vært toppen av høye N-konsentrasjoner. Disse toppene har vært mer eller mindre regelmessige høst og vår hvert år. De høyeste verdiene ble målt vinteren 98-99, mens vintrene 96-97 og 99-00 begge hadde lave konsentrasjoner. Ved utløpet av Sandvinvatn har derimot konsentrasjonene av nitrogen ligget stabilt lavt. Differansen mellom disse

stasjonene må tilskrives tilførsler til elva på den korte strekningen til sjøen. I dette området finner vi både gårdsbruk og industrivirksomhet, foruten tettbebyggelsen i selve Odda.

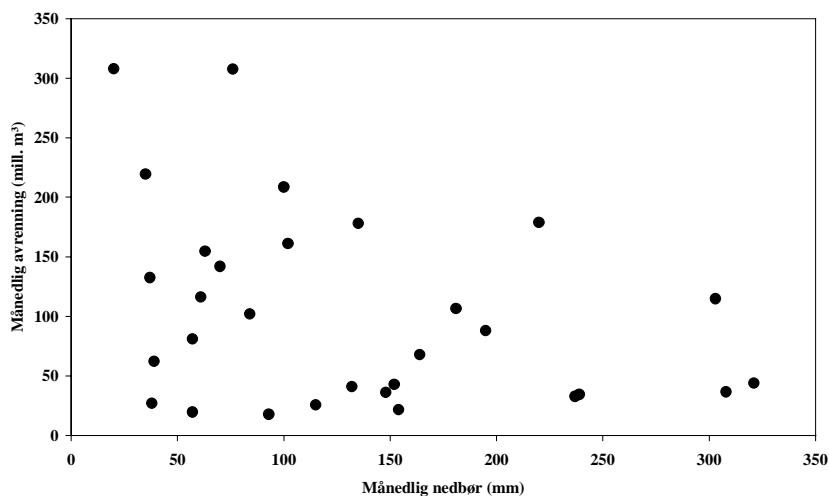


**Figur 5.** Konsentrasjon av totalt nitrogen målt i nedre Opo og ved utløpet av Sandvinvatn 1996-2002.

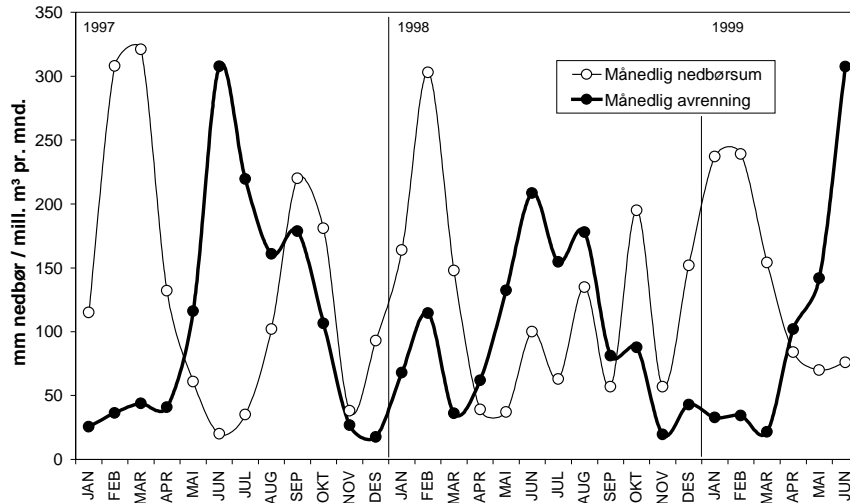
Også utløpet av Sandvinvatn er influert av tilførsler fra jordbruk og fra spredt bebyggelse. Imidlertid er forfytningen stor, og nivået ligger omtrent på en forventet bakgrunnsverdi (middel 181 µg N/L). Om sommeren pleier nivået i nedre Opo å ligge omtrent på samme nivå, men avviker ellers ofte med klart høyere verdier (Figur 5). Middelerdien i nedre Opo gjennom perioden juli 1996 – august 2002 var 634 µg N/L.

### 3.4 Nedbør og avrenning

Det er generelt en dårlig sammenheng mellom månedlig nedbørsum og månedlig avrenning i Opo (Figur 6). Dette skyldes at nedbøren i store deler av året akkumuleres som snø i høyereliggende områder, og dessuten avsmelting fra Folgefonna gjennom sommerhalvåret. I Figur 7 er det vist en tidsserie av månedlig nedbør og månedlig avrenning, som viser forsinkelse i avrenningen i tydelige sesongsykler.



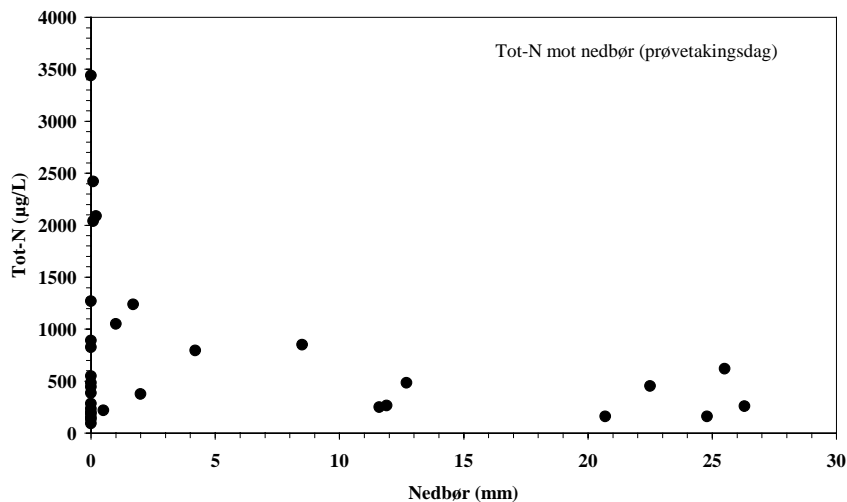
**Figur 6.** Månedlig avrenning i Opo plottet mot månedlig nedbørsum i Tyssedal



**Figur 7.** Månedlig avrenning i Opo og månedlig nedbørsum i Tyssedal i perioden 1997-1999.

En analyse av målte nitrogenkonsentrasjoner i Opo i forhold til nedbør på dagen for prøvetaking antyder at de høyeste nitrogenkonsentrasjonene forekommer i nedbørfattige perioder (Figur 8). Alle konsentrasjoner over 1000  $\mu\text{g/L}$  ble målt på tørre dager. Imidlertid forekommer også klart forhøyede verdier ved store nedbørmengder, og lave konsentrasjoner på dager uten nedbør.

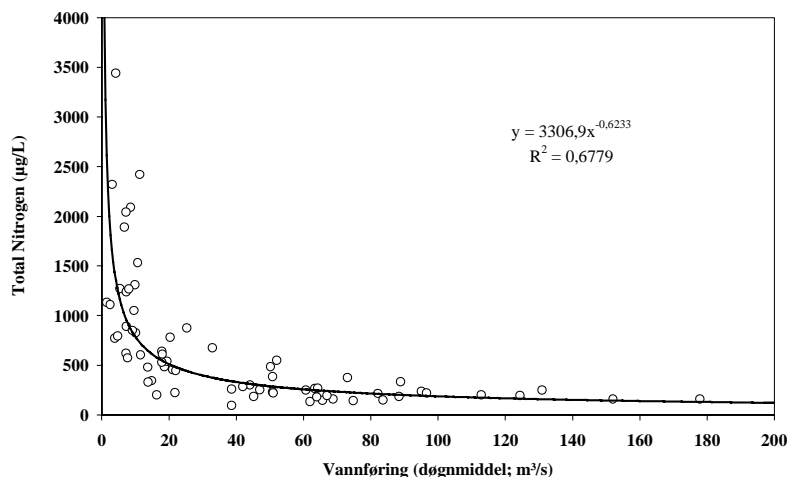
Tilsvarende er det sett på nedbør de to siste og tre siste dager før prøvetaking, men spredningen i data var snarere større enn vist i Figur 8. Det synes derfor vanskelig å finne en god statistisk sammenheng mellom nedbør og nitrogenmengde i elvevannet. Dette tyder også på at vi ikke har å gjøre med utvasking fra et deponi.



**Figur 8.** Total nitrogen målt i nedre Opo plottet mot nedbørsum i Tyssedal på prøvetakingsdagen i perioden 1997-1999.

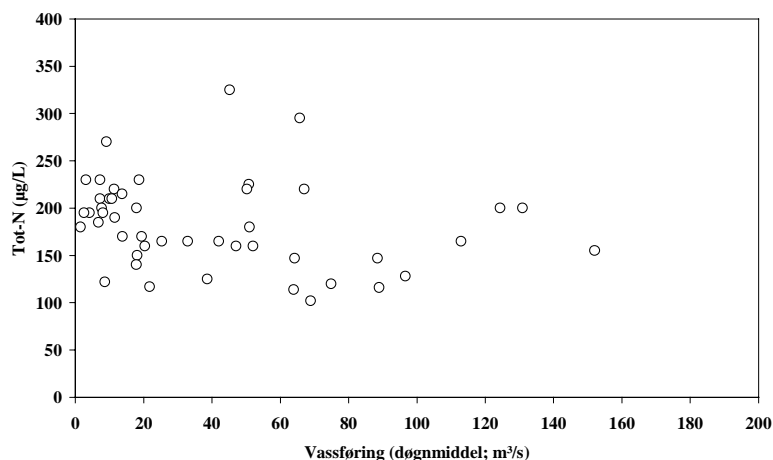
### 3.5 Vannføring og nitrogenkonsentrasjon i Opo

Nitrogenmengdene målt i Opo viste en klar sammenheng med vannføring på prøvetakingsdagen. Figur 9 viser alle data i perioden juni 1996-december 2001. Denne sammenhengen lar seg best beskrive av en eksponensiell funksjon, og vannføringen (middel pr. døgn i løpet av prøvetakingsdagen) forklarer statistisk 67,8 % av variasjonen i nitrogenmengde. Denne sammenhengen er såpass god at den gir berettiget mistanken om en lokal kilde til jevnt utslipp som blir fortennet i elvevannet. Videre analyser ga en marginal økning i statistisk presisjon ved å midle vannføringen over prøvetakingsdag pluss dagen før.

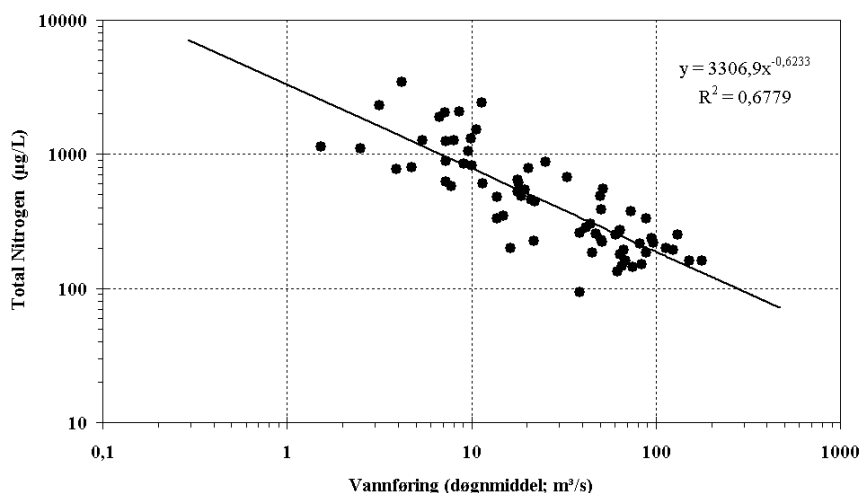


**Figur 9.** Nitrogenkonsentrasjon i nedre Opo plottet mot vannføring (middel for prøvetakingsdagen). Linjen er en eksponensiell regresjon tilpasset dataene. Regresjonsligningen er oppgitt.

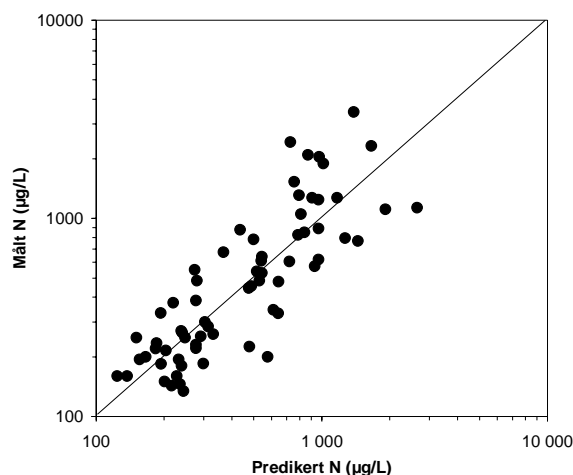
Til sammenligning er et tilsvarende plott for øvre stasjon (utløp Sandvinvatn) vist i Figur 10. Her var variasjonen i nitrogenkonsentrasjon langt mindre, og viste liten eller ingen sammenheng med vannføringen. Sammenhengen mellom nitrogenkonsentrasjon og vannføring på nedre stasjon i Opo er også vist på logaritmisk skala (Figur 11). Regresjonen er basert på hele perioden 1996-2001. Vi benyttet denne ligningen til å beregne en forventet nitrogenkonsentrasjon for hver dag i perioden juli 1996 – desember 2001. Sammenhengen mellom forventet og observert nitrogenkonsentrasjon er vist i Figur 12.



**Figur 10.** Nitrogenkonsentrasjon i utløpet av Sandvinvatn plottet mot vannføring (døgnmiddel på prøvetakingsdagen) i perioden 1996-99.



**Figur 11.** Som Figur 9, men plottet på logaritmisk skala. Merk at x-aksen dekker et større spenn enn for selve måleserien. Dette skyldes at det er registrert både lavere og høyere vannføring enn på selve prøvetakingsdagene som punktene representerer. Regresjonslinjen er trukket for hele intervallet av observert middel døgnvannføring i perioden juli 1996 – mars 2002.



**Figur 12.** Predikert nitrogenkonsentrasjon plottet mot målte verdier på nedre stasjon i Opo for alle prøvedatoer 1996-2001.

## 3.6 Transportberegninger

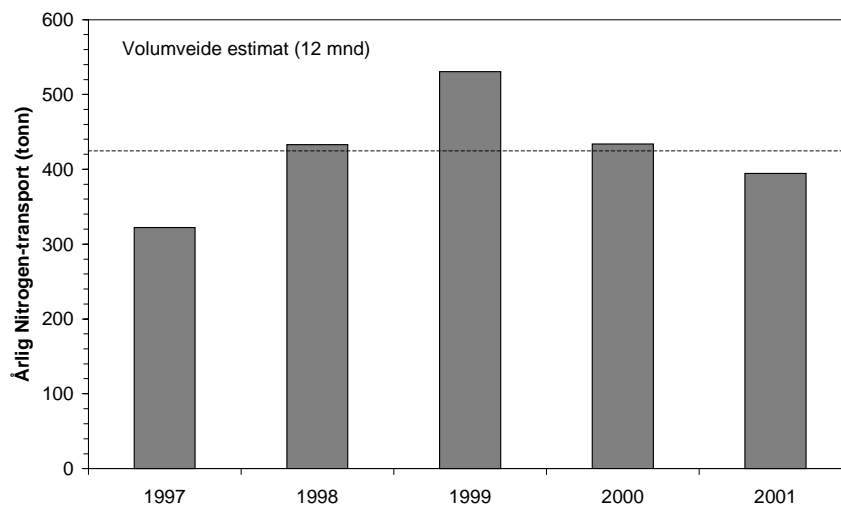
### 3.6.1 Nitrogentransport basert på volumveide estimater

Volumveide estimater av nitrogentransport er beregnet for kalenderår og deretter for 6 måneders intervaller (januar-juni og juli-desember). Årlige estimater er vist i Tabell 1 og Figur 13. Det er gjort beregninger for nedre stasjon i Opo og for utløpet av Sandvinvatn (øvre stasjon i Opo). I middel lå transporten på 423 tonn N/år. 1999 skilte seg ut med et totalestimat på 530 tonn, mens 1997 hadde lavest estimat med 322 tonn N/år. Tilsvarende estimater for øvre stasjon i Opo er bare mulig for 1999-2001, som gav et gjennomsnitt på 234 tonn N/år. Differansen mellom estimatene på nedre og øvre

stasjon gir et anslag for tilførslene til selve Opo. Her ble middelveidien 219 tonn N/år (Tabell 1). Dette tilsvarer 599 kg N/dag gjennom hele året.

**Tabell 1.** Årlig vannmengde og nitrogentransport i Opo. Transportberegninger er basert på volumveide estimat over ett år.

	1997	1998	1999	2000	2001	Gj. snitt 97-01	Gj. snitt 99-01
Vannmengde (mill. m <sup>3</sup> ·år <sup>-1</sup> )	1 283	1 185	1 479	1 614	1 074	1 327	1 389
Nitrogen nedre Opo (tonn·år <sup>-1</sup> )	322	433	530	434	394	423	453
Nitrogen øvre Opo (tonn·år <sup>-1</sup> )			268	262	172	-	234
Differanse (tilførsel) (tonn·år <sup>-1</sup> )			263	172	222	-	219

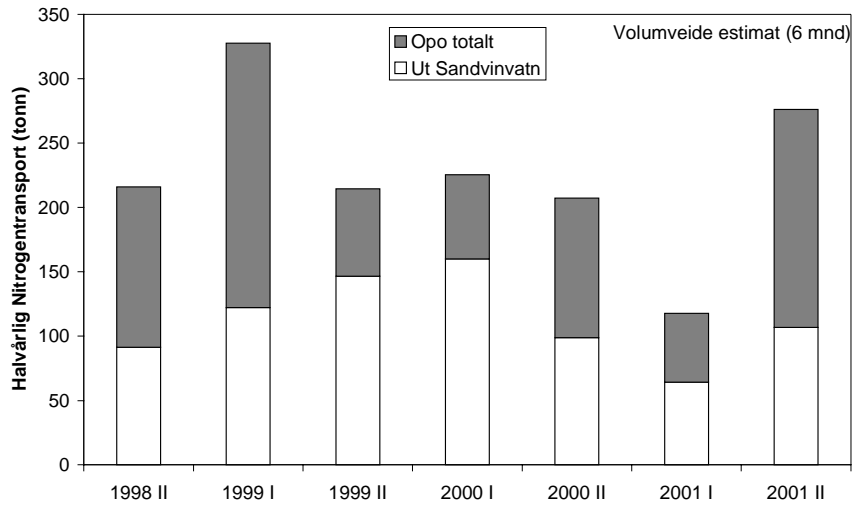


**Figur 13.** Nitrogentransport i Opo 1997-2001 beregnet som volumveide estimat over ett år. Stiplet linje viser årlig middel N-transport (423 tonn/år) for perioden.

Volumveide estimater kan også periodiseres for kortere tidsintervaller. I Figur 14 er vist resultater av halvårlege beregninger for perioden der vi har målinger på både nedre og øvre stasjon i Opo. I disse beregningene ble variasjonen mellom perioder vesentlig større enn for et helt år. Dette gjelder både øvre og nedre stasjon. Analysen peker ut første halvår av 1999 og siste halvår av 2001 som perioder med særlig stor nitrogentransport. Differansen mellom nitrogentransporten på nedre og øvre stasjon beregnet på dette grunnlaget indikerer omtrent den samme tilførselen til selve Opo (227 tonn N/år).

Siden usikkerheten ved volumveide estimater blir større med færre målinger, holder vi oss i diskusjonen videre til estimater basert på ett års perioder.

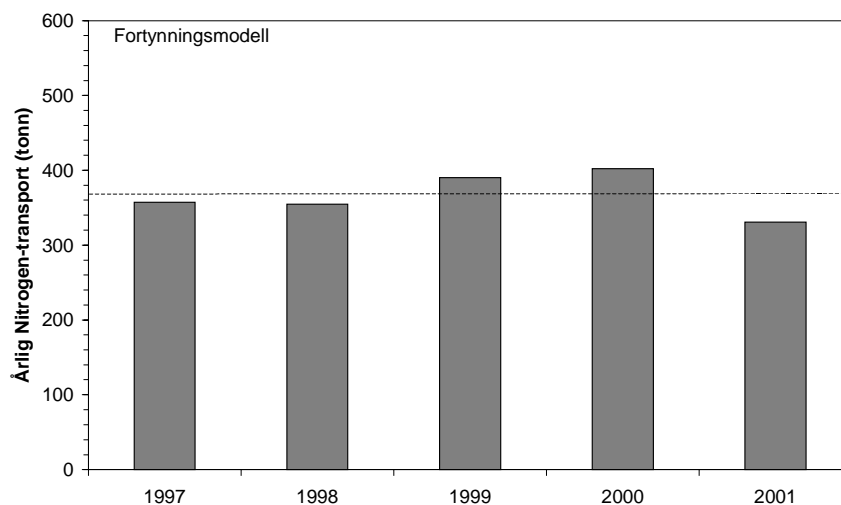




**Figur 14.** Halvårlig nitrogentransport i Opo 1998-2001 beregnet som volumveide estimater over 6 mnd. og summert pr. år. Bidraget fra Sandvinvatn er vist som lyse deler av søylene, mens tilførsler til selve Opo utgjør den mørke delen av søylene.

### 3.6.2 Nitrogentransport basert på fortynningsmodellen

Disse beregningene baseres på sammenhengen mellom vannføring og nitrogenkonsentrasjon (Figur 9 og Figur 11), og siden vannføringen er eneste input kan beregningen utføres for hele perioden. Estimaterne for nitrogentransport er beregnet daglig (basert på døgnmiddel av vannføring), og summert opp til ett år. Som ventet gav disse beregningene langt mindre variasjon mellom år. Middelverdien for årlige estimater på nedre stasjon i Opo lå på 367 tonn N/år, med høyeste anslag i 1999 og 2000 og lavest anslag i 2001.



**Figur 15.** Årlig nitrogentransport i Opo beregnet med fortynningsmodellen. Stiplet linje angir middelverdien (367 tonn/år).

Tilsvarende anslag kan ikke beregnes for øvre stasjon i Opo, siden sammenhengen mellom vannføring og nitrogenkonsentrasjon her er dårlig (Figur 10). Hvis vi benytter de volumveide estimatene for nitrogentransport ut av Sandvinvatn som bakgrunn, gir fortynningsmodellen et estimat av tilførsler til selve Opo på 140 tonn N/år eller 384 kg N/dag. Dette er betraktelig mindre enn det volumveide estimatet på 219 tonn N/år.

## 4. Diskusjon

I Hovedplan for avløp for Odda kommune (15.12.99) det gitt beregninger av nitrogentilførsler basert på arealkoeffisienter. Her inngår også et bidrag kalt "ukjent", basert på tidligere målinger og beregninger fra NIVA. Noe av hensikten med denne rapporten er å diskutere dette ukjente bidraget og betydningen for totalbelastningen på vassdraget og på indre Sjøfjorden. Kort summert ser beregningene basert på arealkoeffisienter og en middelvrenning på 70 liter/km<sup>2</sup>/s slik ut:

Område	N (tonn/år)
Sandvinvatn	149,3
Opo	3,3
Opo ukjent	333,0
Sum	485,6

Bidraget av nitrogen fra naturlig bakgrunnsavrenning og kjente kilder utgjør etter dette anslaget 150-155 tonn N/år. Vår beregning av nitrogenmengder ved utløpet av Sandvinvatn (gjennomsnitt 234 tonn N/år) ligger vesentlig høyere enn anslaget basert på arealkoeffisienter gjengitt over.

Hovedpoenget her er at forventet tilførsel nedenfor Sandvinvatnet ligger under 5 tonn N/år, mens beregningene basert på vannføring og konsentrasjon går opp i 219 tonn N/år. Det utvidete datasettet reduserer imidlertid anslaget på 333 tonn N/år fra hovedplanen betraktelig.

Basert på volumveide anslag av nitrogentransport gir det utvidete datagrunnlaget følgende anslag for nitrogentransport:

Område	N (tonn/år)	%
Sandvinvatn	234	52
Opo	219	48
Sum	453	100

Disse tallene er basert på årene 1999-2001, da vi har målinger på begge stasjoner. Dersom vi inkluderer hele perioden fra 1997 blir estimatet for totalmengde nitrogen i Opo litt lavere (423 tonn N/år). Den ukjente tilførselen til Opo utgjør etter dette omtrent halvparten av nitrogenmengden som når indre Sjøfjord med vassdraget.

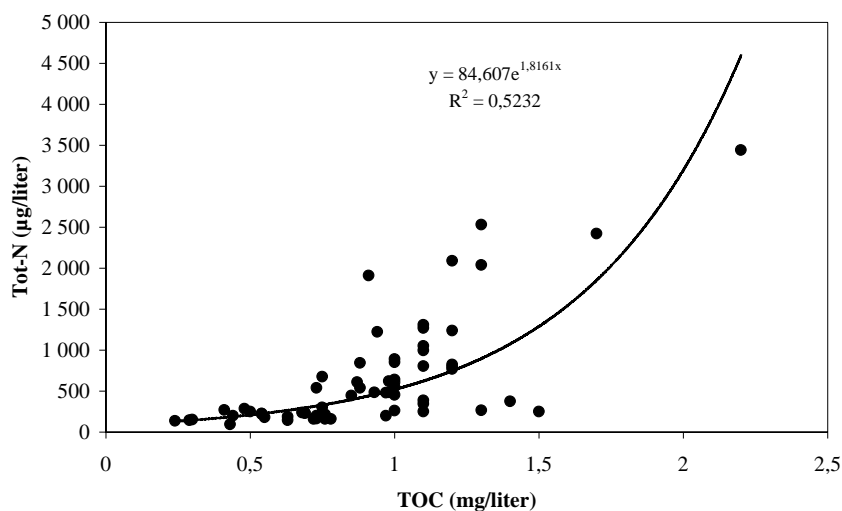
Sammenhengen mellom lav vannføring og høye nitrogenkonsentrasjoner på nedre stasjon i Opo er slående, og gir grunnlag for mistanke om en eller flere punktkilder. Jo nærmere denne/disser ligger prøvetakingsstedet (broen over Opo), jo mer misvisende vil volumvektede beregninger være pga. dårlig fortykning ved lav vannføring. Fortykningsmodellen er basert på en antakelse om noenlunde jevn tilførsel i ett eller noen få punkt langs Opo. Disse beregningene gir følgende anslag for dagens belastning:

Område	N (tonn/år)	%
Sandvinvatn	234	63
Opo	140	37
Sum	374	100

Det foreligger ikke grunnlag for å akseptere disse estimatene uten at punktkilder faktisk er påvist, og vi anbefaler at tallene i Hovedplan for avløp justeres til de volumvektede anslag (totalt 423- 453 tonn N/år, med et ukjent bidrag til Opo på 219 tonn N/år).

Uansett hvilken beregningsmåte som gir mest realistisk resultat er nitrogentilførslene til Opo betydelige (størrelsesorden 380 – 600 kg/dag i gjennomsnitt), og det bør være mulig å lokalisere kilden(e) langs elveløpet. En innsnevring av leteområdet kan gjøre systematisk ved å dele elven inn i avsnitt som prøvetas samtidig ved lav vannføring. Prøvene analyseres for totalt nitrogen. Om nødvendig gjøres dette i flere omganger til man står igjen med et avgrenset område som kan gjennomføres grundig.

Det er helt uklart hva slags tilførsel som gir høye nitrogenkonsentrasjoner i Opo. En mulig kilde kunne være lekkasje fra kloakknett ved ett eller flere punkter. Dette virker imidlertid lite sannsynlig, fordi høye nitrogenkonsentrasjoner ikke henger sammen med andre parametre knyttet til kloakk. Vi ville f. eks. ventet å finne økt innhold av fosfor og termotolerante koliforme bakterier sammen med mye nitrogen dersom kloakknett er kilde. Dette synes ikke å være tilfelle. Derimot kan det påvises en moderat sammenheng med organisk karbon (Figur 16). Sammenhengen er relativt usikker, med stor spredning av nitrogen-konsentrasjon ved høye TOC-verdier. Det er derfor vanskelig å konkludere hva denne sammenhengen kan bety. En annen mulig kilde kunne være avrenning fra deponerte masser. Da ville vi forvente en sammenheng mellom nitrogennivå i Opo og nedbørmengde, men som tidligere vist (Figur 8) er denne sammenhengen dårlig. Riktignok er nedbørmålingene fra Tyssedal, og lokale variasjoner i nedbør kan ha overskygget et eventuelt mønster. Vi kan derfor ikke med sikkerhet utelukke avrenning fra deponi som en mulig nitrogenkilde. Vi er imidlertid ikke kjent med at slike deponier finnes langs Opo. Andre muligheter er avrenning fra landbruksaktivitet langs østsiden av elva.



**Figur 16.** Total nitrogen plottet mot totalt organisk karbon (TOC) i nedre Opo for perioden 1996-2001. En eksponensiell regresjon er tilpasset. Regresjonskoeffisienten ( $R^2$ ) tilsier at 52% av variasjonen i Tot-N henger sammen med variasjon i TOC.

Uansett hva som er kilden(e), vil det gi en betydelig miljøgevinst dersom de kan oppspores og avskjæres. I beste fall ville dette kunne gi en redusert belastning på indre Sørfjorden med opptil 200 tonn N/år. Dette er et betydelig bidrag (37-48 %) av vassdragets totale transport av nitrogen til indre Sørfjord. Om det er mulig å oppnå en slik gevinst avhenger imidlertid av selve kilden, og om den ved avskjæring fortsatt vil belaste fjorden gjennom en annen transportvei.

## 5. Henvisninger

Hobæk, A., T.M. Johnsen & K.J. Aanes. 1997. Ferskvannsresipienter i Odda kommune. Miljøtilstand i vassdrag med hensyn på næringssalter og kloakkforurensning. NIVA-rapport Lnr. 3735-97. 69s.

Molvær, J. 1999. Sørfjorden. Overvåking av oksygenforholdene juni-desember 1998. NIVA-rapport Lnr. 4105-99. 21 s.

Molvær, J. 2001. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Oksygen og siktedyp i 1999-2000. Overvåkingsrapport; 816/01. TA-1788/2001. NIVA-rapport Lnr. 4350-01. 26 s.

Odda kommune. 1999. Hovedplan for avløp 2000-2011, vedtatt av Odda kommunestyre 15.12.1999.