



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 04 30 33  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgt 55  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 32 56 40  
Telefax (47) 55 32 88 33

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Tittel<br>Resultatkontroll jordbruk 1998 - Effekt av tiltak mot forurensninger<br>Målte og modellerte tilførsler av næringsalter.<br>Vannkvalitet i hovedvassdrag. | Løpenr. (for bestilling)<br>3799-98                            | Dato<br>1998.01.30 |
|  | Prosjektnr. Undernr.<br>O-95025                                | Sider Pris<br>26   |
| Forfatter(e)<br>Bratli, Jon Lasse  | Fagområde<br>Vannressursforv.<br>Eutrofi ferskvann<br>Landbruk | Distribusjon       |
|  | Geografisk område<br>Norge                                     | Trykket<br>NIVA    |

|   |                   |
|---|-------------------|
| Oppdragsgiver(e)<br>Statens forurensningstilsyn, Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet | Oppdragsreferanse |
|---|-------------------|

**Sammendrag**

Tilførslene av næringsalter til Skagerrakkysten er beregnet med en modell, TEOTIL, som beregner tilførsler fra kildene jordbruk, kommunal kloakk (inkl.anlegg i spredt bebyggelse) industri og bakgrunnsavrenning. Tilførslene fra jordbruket har i perioden 1985-96 blitt redusert med 26% for fosfor og 19% for nitrogen. Målsettingen for jordbruket er i Nordsjøplanen satt til hhv. 40 og 44%. Nedgangen i både fosfor og nitrogen som er observert de senere år flater nå ut, med sågar en marginal økning siste år.

Samlede tilførsler målt på to måter, i elvemunninger, og med TEOTIL, viser en klar sammenheng, og gir begge en klar nedadgående trend for fosfor. Også de totale fosfortilførslene til Skagerrak viser imidlertid klare tegn til utflating. For nitrogen er ikke sammenhengen mellom de to metodene særlig god, og her er det ingen klare trender i elvetilførselsmålingene.

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Fire norske emneord | Fire engelske emneord |
| 1. Jordbruk         | 1. Agriculture        |
| 2. Næringsalter     | 2. Nutrients          |
| 3. Tilførsler       | 3. Inputs             |
| 4. Vannkvalitet     | 4. Water-quality      |

  
Jon Lasse Bratli  
Prosjektleder

ISBN 82-577-3374-1

  
Dag Berge  
Forskningssjef

Resultatkontroll jordbruk 1998 -  
Effekter av tiltak mot forurensninger

**Målte og modellerte tilførsler  
av næringsalter  
Vannkvalitet i hovedvassdrag**

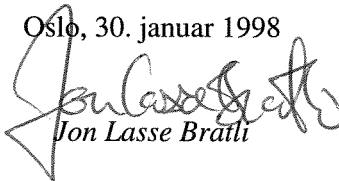
## Forord

I forbindelse med resultatkontrollen for jordbruket har det i flere år pågått et arbeid vedrørende modellutvikling for beregning av effekter av tiltak, tilførselsberegninger og vannkvalitetsovervåking i "Arbeidgruppa for modellberegninger". Gruppa har bestått av representanter fra Landbruksdepartementet (LD), Miljøverndepartementet (MD), Statens forurensningstilsyn (SFT), Statistisk sentralbrå (SSB), Jordforsk og NIVA. SFT har tidligere administrert arbeidet, men fra 1997 tok LD over ledelsesansvaret. Dette er NIVAs rapport til gruppa ang. tilførselsberegninger og vannkvalitet i utvalgte vassdrag.

Dataene som inngår i TEOTIL er samlet inn etter et omfattende system som er beskrevet i rapporten. Data til TEOTIL er lagt inn, og kjøringene av modellen er foretatt av NIVAs Torulv Tjomsland.

Målte elvedata er tatt fra Parcomprosjektets rapporter, administrert og rapportert av NIVAs Gjertrud Holtan og medarbeidere.

Oslo, 30. januar 1998



Jon Lasse Bratli

# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammendrag og konklusjoner</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Summary and conclusions</b>  | <b>7</b>  |
| <b>1. Tilførsler av næringsalter til Norges kystområder, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL</b> | <b>9</b>  |
| 1.1 Tilførsler til Skagerrak-kysten, kyststrekningen Svenskegrensa-Lindesnes                        | 9         |
| 1.1.1 Beskrivelse av de forskjellige kildene  | 11        |
| 1.2 Tilførsler til hele norskekysten  | 13        |
| <b>2. Tilførsler beregnet med TEOTIL sett i forhold til målte elvetilførsler i vassdragene</b>      | <b>14</b> |
| <b>3. Kildefordeling for tilførsler fra Parcoms hovedelver</b>                                      | <b>16</b> |
| <b>4. Vannkvalitetstilstand og trend i Parcom-elvene</b>  | <b>21</b> |
| <b>5. Referanser</b>  | <b>25</b> |

---

## Sammendrag og konklusjoner

Rapporten inneholder data om tilførsler av næringssalter til norske kystområder med spesiell fokus på tilførslene til Skagerrakkysten, og om vannkvalitetstilstand og eventuell vannkvalitetsutvikling i utvalgte vassdrag.

### *Næringssalttilførsler*

Næringssalttilførslene er beregnet med en modell, TEOTIL, som inneholder punktutslipp fra industri, kommunal kloakk og landbruk, samt beregner avrenning fra utmarks og landbruksarealer. Det sistnevnte blir gjort ved hjelp av avrenningskoeffisienter og statistikk om arealbruk. Tilførslene til Skagerrakkysten, dvs. kyststrekningen svenskegrensa-Lindesnes, viser for fosfor en jevn nedgang for alle kilder fra 1985, men reduksjonen ser ut til å ha flatet ut de 2-3 siste årene både for kommunalt avløp og for jordbruk. Siste år er det endog en økning innen jordbruket.

For nitrogen er det mye av det samme bildet for jordbruket, også her med en tydelig utflating de senere år. Målsetninger som er satt opp i forbindelse med Nordsjøplanarbeidet for perioden 1985-1995 er for jordbruk en prosentvis reduksjon med 40 % for fosfor og 44 % for nitrogen. Det er oppnådd henholdsvis 26 og 19 %. Med forbehold om usikkerheter i datamaterialet er det for alle sektorer samlet oppnådd en reduksjon på 44 % for fosfor og 22 % for nitrogen. Målsettingen var som kjent "i størrelsesorden 50 % reduksjon".

### *Sammenlikning mellom to metoder for estimering av tilførsler*

Det er foretatt en sammenlikning mellom tilførselsmålinger gjort med modellen TEOTIL og målte tilførsler i elvemunningene i regi av det såkalte Parcom-prosjektet. De sistnevnte målingene er i stor grad preget av årlige variasjoner som følge av meteorologiske ulikheter fra år til år. Selv med flomåret 1995 inkludert, ser det ut som om det er en god sammenheng mellom disse to måtene å estimere tilførslene på. Begge metoder viser en forholdsvis klar nedadgående trend, selv om reduksjonene ser ut til å flate ut de siste par år. For nitrogen er bildet ikke like klart. Det er mindre sammenheng mellom metodene, selv om nivået er omtrent det samme. Her er det mindre klare trender i materialet. Foreløpig har elvetilførslesprogrammet pågått i for få år til at en kan trekke bastante konklusjoner.

### *Kildefordeling for hovedelvene*

Bakgrunnsavrenningen fra utmark<sup>1</sup> betyr svært mye for de fleste store vassdrag. Dette gjelder både for fosfor og nitrogen, der verdien når opp i hhv. 81% (Alta) og 92% (Suldal). De to store antropogene kilden er ikke uventet kommunalt avløp og jordbruk. Særlig bidrar jordbruket mye til de store Østlandske nedbørfeltene. Kommunalt avløp bidrar også fortsatt betydelig til disse nedbørfeltene, selv om innsatsen for å begrense fosfortilførslene har vært betydelig i flere ti-år. Enkeltanlegg i spredt bebyggelse ser ut til å få en stadig økende relativ andel, og bidraget er langt fra ubetydelig i noen av vassdragene. For industri er det store variasjoner mellom vassdragene. Otra og Skienselva har størst industriandel.

---

<sup>1</sup> Inklusive den delen av tilførslene som ville kommet fra landbruksarealer hvis de ikke var i drift

---

*Vannkvalitet i de store vassdragene*

Vannkvalitetsverdier fra elvetilførselsprogrammet inngår også i rapporten. Her er det ikke like lett å se noen klare tidstrender. Vannkvalitetsverdiene varierer med meteorologien, særlig nedbøren, og også her bør en få noen flere årsverdier før en kan si noe sikkert om det har vært vannkvalitetsforbedringer. I tillegg til jordbruk og andre menneskeskapte tilførsler, drenerer disse store elvene mye utmark (fjell, myr og skog), noe som gjør det vanskelig å se forandringer i vannkvalitet. En av elvene i programmet, Orre på Jæren, er mye mindre enn de andre, og er sterkt landbrukspåvirka. På tross av relativt få målinger og store årlige variasjoner er det en relativt klar forbedring når det gjelder fosfor. For nitrogen er det ingen klar trendutvikling. Disse resultatene henger godt sammen med den tiltaksgjennomføringen som har vært i området i løpet av nitti-tallet.

## Summary and conclusions

Title: Auditing of the agricultural sector 1998. Effects of pollution measures. Measured and modelled inputs of nutrients. Water quality status for main rivers.

Year: 1998

Author: Jon Lasse Bratli

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3374-1

This report contains data about inputs of nutrients to Norwegian coastal waters with focus on the inputs to the Skagerrak coast, and considerations about water quality status and possible trends in selected watercourses.

### *Nutrient inputs*

Nutrient inputs are calculated by means of a model, TEOTIL, which includes direct inputs from industry, municipal sewage and from agriculture, together with non-point inputs (runoff) from pristine areas and agricultural areas. The latter inputs are calculated with help of runoff coefficients and statistics on land use. The inputs to the Skagerrak coast, i.e. the stretch of coast from the Swedish border to Lindesnes (the southernmost tip of Norway), show for phosphorus a continuous reduction for all sectors from 1985, although the reduction rate has decreased over the last 2-3 years both for the agriculture and the municipal sewage sectors. The last year there has even been an increase in inputs from the agriculture sector.

Nitrogen shows much of the same picture for agriculture, including a decrease in the reduction rate over the last years. The overall goals agreed in the North Sea Plan for the period 1985-95 were for the agriculture sector a reduction of 40% for phosphorus and of 44% for nitrogen. The achieved reductions in losses from the agriculture sector were respectively 26 and 19%. The total input reductions from all sectors have been estimated to 44% for phosphorus and 22% for nitrogen, which should be compared to the agreed goal "of the order of 50%" in the North Sea Ministerial Declarations.

### *Comparison of two methods for estimating nutrient inputs*

A comparison between input calculations and input measures at the river mouths in the framework of the so-called PARCOM-project has been carried out. The latter measurements are to a large extent influenced by meteorological variations from year to year. Even with the year 1995, with a large flooding, is included, there is a positive correlation between these two methods of estimating nutrient inputs. Both methods show a significant decreasing trend. For nitrogen the picture is not clear. There is a poor correlation between the methods, even though the level of nutrient inputs is the same. The trends in the material are also less clear. It seems necessary to run the river input programme for some more years before firm conclusions can be drawn.



*Source apportionment for the main rivers*

The background load from pristine areas<sup>2</sup> is a large contributor to most of the main rivers. This applies for both phosphorus and nitrogen, where the values reaches respectively 81% (Alta) and 92% (Suldal). The two large antropogenic sources are not unexpectedly municipal wastewater and loads from the agricultural sector. In particular, the agricultural sector is contributing much to the large watercourses in the south-eastern part of Norway. Municipal wastewater is still contributing significantly to these watercourses, although the effort to reduce these inputs has been significant over several decades. Scattered dwellings seems to have a rising relative proportion, and are far from insignificant in any of the watercourses. Industrial loads have large variations between the watercourses, and the river Otra and Skien have the largest industrial loads.

*Water quality in the large watercourses*

Results of water quality from the river input programme are also included in the report. It seems difficult to detect trends in nutrient concentrations. The water quality varies with the meteorological conditions, especially the precipitation rate, and it is necessary to obtain measurements for more years in order to detect trends. These large rivers drain vast pristine areas (mountainous, marshland and forests), which makes it difficult to detect trends in reduction of nutrient inputs. The catchment area of the river Orre at Jæren, is much smaller than the others, and to a much larger extent influenced by nutrient inputs from agricultural sources. In spite of restricted data and large variations, there is a relative clear trend towards reduced loads of phosphorus. For nitrogen there is no clear trend. These results should be seen in conjunction with the implementation of measures within the agriculture sector in the nineties.

---

<sup>2</sup> Incl. the part of agricultural runoff which would arise from the areas if they were not cultivated

---

# 1. Tilførsler av næringsalter til Norges kystområder, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL

## 1.1 Tilførsler til Skagerrak-kysten, kyststrekningen Svenskegrensa-Lindesnes

Tabell 1 og tabell 2, samt figur 1, angir endelige tilførselstall for 1996 av fosfor og nitrogen til Skagerrakkysten. For landbruk gjelder tallene for 1995/96, og ligger derfor et halvt år på etterskudd i forhold til andre kilder<sup>3</sup>. Det er justert for retensjon (tilbakeholdelse) i vassdragene. Det geografiske området er fra Svenskegrensa til Lindesnes, vassdragsområde 1-23.

**Tabell 1.** Fosfortilførsler med retensjon, beregnet i tonn pr. år, til kyststrekningen Svenskegrensa-Lindesnes, vassdragsområde 1-23.

|                    | 1985 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | %1985-96 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Jordbruk           | 290  | 266  | 259  | 246  | 224  | 214  | 211  | 215  | 26       |
| Kommunalt avløp    | 759  | 569  | 529  | 424  | 418  | 419  | 381  | 360  | 53       |
| Industri           | 133  | 108  | 103  | 93   | 110  | 76   | 79   | 82   | 38       |
| Bakgrunnsavrenning | 365  | 365  | 365  | 365  | 365  | 365  | 365  | 365  |          |
| SUM                | 1547 | 1308 | 1256 | 1128 | 1117 | 1074 | 1036 | 1022 | 34       |
| Sum antropogent    | 1182 | 943  | 891  | 763  | 752  | 709  | 671  | 657  | 44       |

**Tabell 2.** Nitrogentilførsler med retensjon, beregnet i tonn pr. år, til kyststrekningen Svenskegrensa-Lindesnes, vassdragsområde 1-23.

|                    | 1985  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | %1985-96 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Jordbruk           | 12640 | 12029 | 11769 | 11406 | 10720 | 10267 | 10245 | 10284 | 19       |
| Kommunalt avløp    | 9813  | 9691  | 9626  | 9546  | 9535  | 9898  | 9987  | 9713  | 1        |
| Industri           | 5659  | 2392  | 2214  | 1793  | 1703  | 1769  | 1911  | 2068  | 63       |
| Bakgrunnsavrenning | 16555 | 16555 | 16555 | 16555 | 16555 | 16555 | 16555 | 16555 |          |
| SUM                | 44667 | 40667 | 40164 | 39300 | 38513 | 38489 | 38698 | 38620 | 14       |
| Sum antropogent    | 28112 | 24112 | 23609 | 22745 | 21958 | 21934 | 22143 | 22065 | 22       |

Det er brukt en forskjellig tilnæringsmåte for beregning av diffuse kilder (landbruk) i forhold til punktkildene (kommunalt avløp og industri). For landbruk er det etablert et utslippsnivå for 1985, og tallene er så justert ned i takt med tiltaksgjennomføringen fra år til år. Dette er derfor *teoretiske* tilførsler der meteorologiske forhold, som i stor grad ville medført store årlige variasjoner, er midlet

<sup>3</sup> Slik har landbrukstallene blitt rapportert i alle år tidligere foruten i Bratli (1997), der landbrukstallene ble rapportert slik at de lå et halvt år på forskudd i forhold til de andre kildene, dvs endelige 1995 tall var her tall fra 1995/1996.

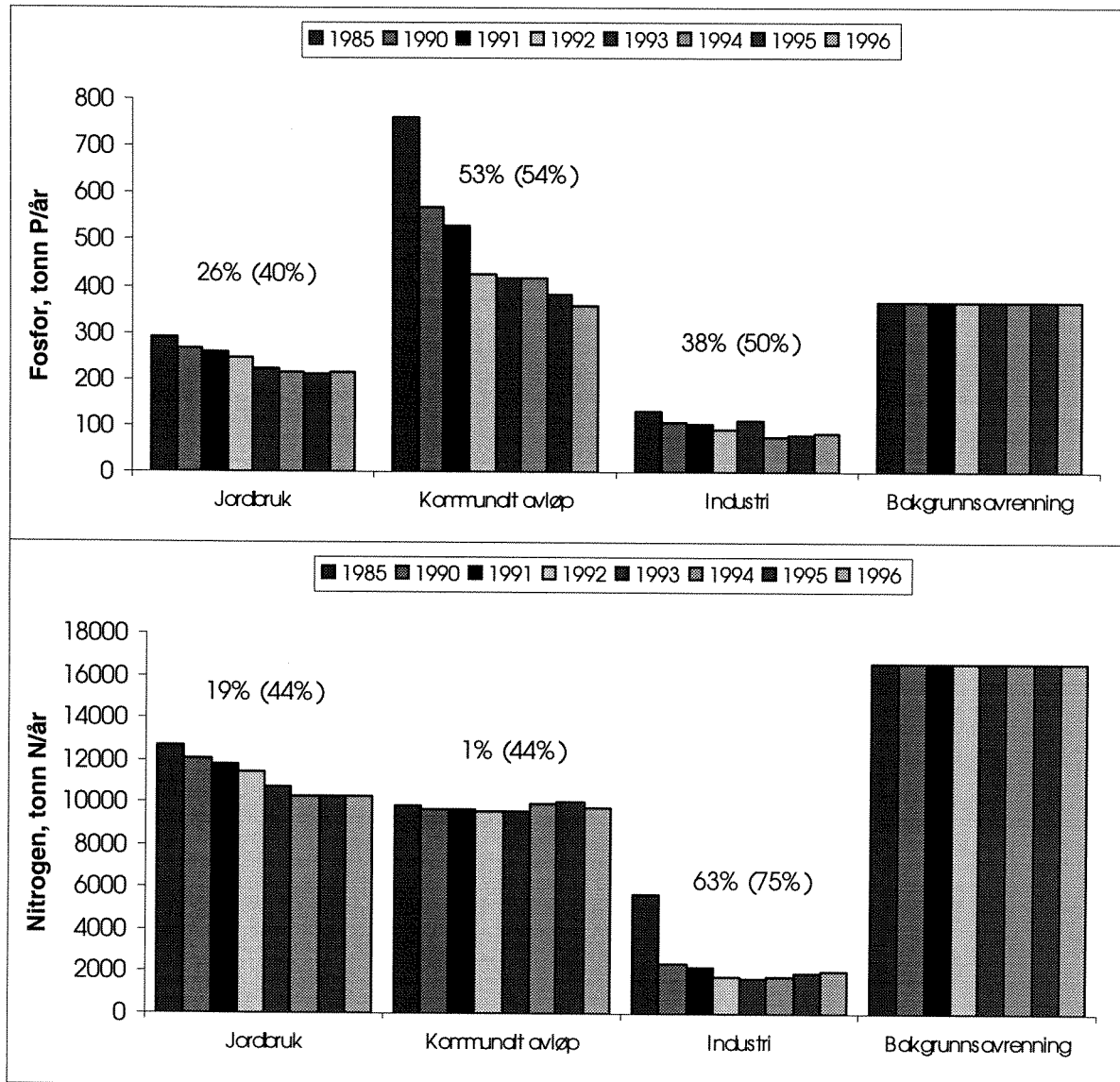
ut. Effekten av tiltakene, i form av reduksjoner av tilførsler til overflatevann, blir også innkalkulert når tiltakene gjennomføres selv om det for enkelte tiltak er en viss responstid i jordprofilen, og de fulle reduksjoner ikke vil komme før etter noe tid.

For kommunalt avløp og industri er det imidlertid målte utslippstall som er rapportert, og de vil naturlig variere noe fra år til år, noe som vises tydelig de 2-3 siste årene. En variasjon i rapportert utslippsmengde fra år til år kan imidlertid ha ulike forklaringer:

1. Endret produksjonsvolum eller behandlet avløpsmengde
2. Forandringer i driftsforhold for ulike rensesystemer
3. Nye rens tiltak
4. Endrede innsamlings- eller analysemetoder eller endret omfang av innsamlede data

Punkt 1-3 gjenspeiler reelle variasjoner, mens punkt 4 medfører en tilsynelatende forandring uten at den er reell, og gjør det dermed problematisk å bruke tallene i en tidstrendsammenheng. Problemet er at det er vanskelig å isolere og kvantifisere de forskjellige komponentene (1-4). Enkelte detaljanalyser av datamaterialet indikerer imidlertid at komponent 4 er av stor betydning. For kommunale kilder kommer dataene fra SSB-Avløp, som er et relativt nytt system og som stadig registrerer flere kilder. Ett stort rensanlegg (VEAS) har pga. ombygging til nitrogenfjerning gått med redusert rensgrad og registrert økt utslipp fra 1993 til 1995 med 7 tonn P og nesten 600 tonn N. Selv om neppe hele denne nitrogenøkningen kan skyldes ombygging, er ihvertfall noe av den registrerte økningen reell.

At det for endel industribedrifter er tildels store variasjoner i utslippstall, uten at det kan forklares ved punkt 1-3, indikerer også at komponent 4 varierer betydelig. Mange bedrifter, bl. a. innen treforedlingsindustri, har imidlertid store N og P utslipp uten at dette er konsesjonsbelagt. Dette medfører at måling og rapportering av disse parametrene i stor grad skjer noe tilfeldig.



**Figur 1.** Fosfor- og nitrogentilførsler med retensjon, beregnet i tonn pr. år, til kyststrekningen Svenskegrensa-Lindesnes, vassdragsområde 1-23. Prosenttallene er reduksjoner fra 1985-95 (for landbruk 1995/96), prosenttall i parentes viser målsettingen.

### 1.1.1 Beskrivelse av de forskjellige kildene

#### Jordbruk

Tilførslene framkommer på bakgrunn av avrenningskoeffisienter, utarbeidet av JORDFORSK, samt informasjon om åker og engareal fra SSB. Koeffisientene framkommer ved en nedjustering av forrige års koeffisienter i takt med gjennomsnittsvurderinger av tiltaksgjennomføringen. Viktige grunnlagsdata for justering av koeffisientene hentes fra SSBs utvalgstillinger for landbruket. Tallene for 1996 stammer dels fra 1995, dels fra 1996, og ligger derfor et halvt år på etterskudd i forhold til de andre kildene. Areal tallene er for alle år hentet fra landbrukstellingene 1989. Tilførsler fra punktutslippene er beregnet på forhånd av JORDFORSK, og tilordnet en koeffisient knyttet til engareal i modellen.

### *Kommunalt avløp*

Her rapporteres tilførsler fra renseanlegg (både fra befolkning og industri-tilkoplinger), spredt bebyggelse, fra befolkning utenom renseanlegg (men som bor tett), og lekkasjer fra ledningsnett. Utslippstallene fra 1993 og senere kommer direkte fra SSBs database, SSB-avløp (SSB 1995).

Tallene for nitrogen stiger fra 1993-95. Dette skyldes dels at rapporteringsmengden øker i omfang, dels at det har vært reelle merutslipp.

VEAS har hatt et større utslipp i 1995 og 1994 i forhold til 1993 pga. ombygging til nitrogenrensing. Dette økte nitrogenutslippet med 327 tonn fra 1993 til 1994 og med 268 tonn fra 1994 til 1995. Uten dette utslippet, forutsatt at utslippsnivået for VEAS ville vært det samme som i 1993, ville nitrogentilførslene til Skagerrakkysten hatt en marginal økning med ca 35 tonn fra 1993 til 1994, og en klar reduksjon på 179 tonn fra 1994 til 1995. Et annet forhold som har medført større utslipp i 1995 er flommen som satte endel renseanlegg i Glomma og Mjøsregionen ut av spill i noen uker. I hvilken grad dette er fanget opp i målingene er imidlertid mer uvisst.

Tallene for siste år viser en tildels betydelig reduksjon. For nitrogen er det en reduksjon på 274 tonn som til en stor grad kan forklares ved igangsettelse av nitrogenrensing ved noen anlegg. Reduksjonen for fosfor med 21 tonn har i liten grad med ny fosforrensing å gjøre. Dette må imidlertid ses i sammenheng med forannevnte høye ekstrautlipp fra anlegg som har gjennomgått utbygging av nitrogenrensing i 1994 og 1995, og som dermed i perioder har sluppet ut store mengder urensset eller lite rensset avløp. Et annet moment er årets nedjustering av den spesifikke produksjonskoeffisienten for fosfor fra 1,7 g/p\*d til 1,6. Dette vi slå ut der det ikke *måles* utslippkonsentrasjoner, men hvor det beregnes tilførsler manuelt. Omfanget av manuelle beregninger er betydelig.

Tall fra tidligere år enn 1993 er beregnet på bakgrunn av estimerte reduksjoner av tilførsler med utgangspunkt i tiltaksgjennomføring (Farestveit og medarb., 1995). Dette er imidlertid reduksjoner regnet til primærresipient. Ved å kjøre modellen med 1993-tall fra SSB, med og uten retensjon, har en kommet fram til en retensjon på 18 % for fosfor og 5 % for nitrogen. Denne prosentsetningen er også benyttet for å finne verdier for tidligere år.

### *Industri*

Disse tilførslene gjelder industri med eget utslipp, dvs. det som ikke går til kommunalt nett, og som er pålagt egenrapportering. Utslippene fra disse bedriftene, ca 400 i tallet, er registreringer fra SFTs industriavdeling og tilhører konsesjonsklasse 1, 2 og delvis 3. Registreringene av utslipp har de siste år vært intensivert, og enkelte av de rapporterte verdiene har dermed øket selv om det reelt sett har vært en nedgang i utslippene. For fosfor er det siste år registrert en svak økning på 3 tonn, og nitrogenøkningen er på 157 tonn. De fleste bedrifter viser her reduksjoner, men det mer enn oppveies av noen få treforedlingsbedrifter som har tildels betydelig økning i utslipp i 1996.

Enkelte utslippstall fra næringsmiddelindustri (Farestveit 1991) som har egne utslipp og som ikke er registrert i SFT, er også med. Dette utgjør imidlertid kun 2-3% av de totale utslippstall fra industri.

*Bakgrunnsavrenning*

Tilførsler fra all utmark rapporteres her. Koeffisienter er hentet fra SFTs tilførselsveileder (Bratli og medarb. 1995). Skogkoeffisientene tilsvarer 6-20 % av jordbrukskoeffisientene for fosfor, og 3-17 % for nitrogen. I tillegg kommer landbrukets bakgrunnsavrenning som er den avrenningen som ville kommet fra landbruksarealer uavhengig av oppdyrking. Her er det brukt koeffisienter for skog.

**1.2 Tilførsler til hele norskekysten**

TEOTIL gir i prinsippet mulighet til å beregne tilførsler til hele Norges kystområde (tabell 3). Jordbrukskoeffisientene som ligger inne i modellen for området utenfor Skagerrak (vassdragsområde 1-23) er laget i 1990, og er ikke justert fra år til år. De er hentet fra SFTs tilførselshåndbok (Bratli og medarb. 1995). Bakgrunnskoeffisientene er hentet fra samme håndbok. Disse koeffisientene er beheftet med langt større usikkerheter enn det som gjelder for Nordsjøområdet.

Tilførslene fra kommunal kloakk kommer fra SSB-Avløp og gjelder for 1996. Industritallene kommer fra SFT og gjelder for 1996.

**Tabell 3.** Fosfor- og nitrogentilførsler, beregnet i tonn pr. år, til hele norskekysten, vassdragsområde 1-247.

|                    | <b>P</b>    | <b>N</b>      |
|--------------------|-------------|---------------|
| Landbruk           | 663         | 21988         |
| Kommunalt avløp    | 1479        | 19370         |
| Industri           | 241         | 3908          |
| Bakgrunnsavrenning | 1246        | 55016         |
| <b>Totalt</b>      | <b>3629</b> | <b>100282</b> |

## 2. Tilførsler beregnet med TEOTIL sett i forhold til målte elvetilførsler i vassdragene

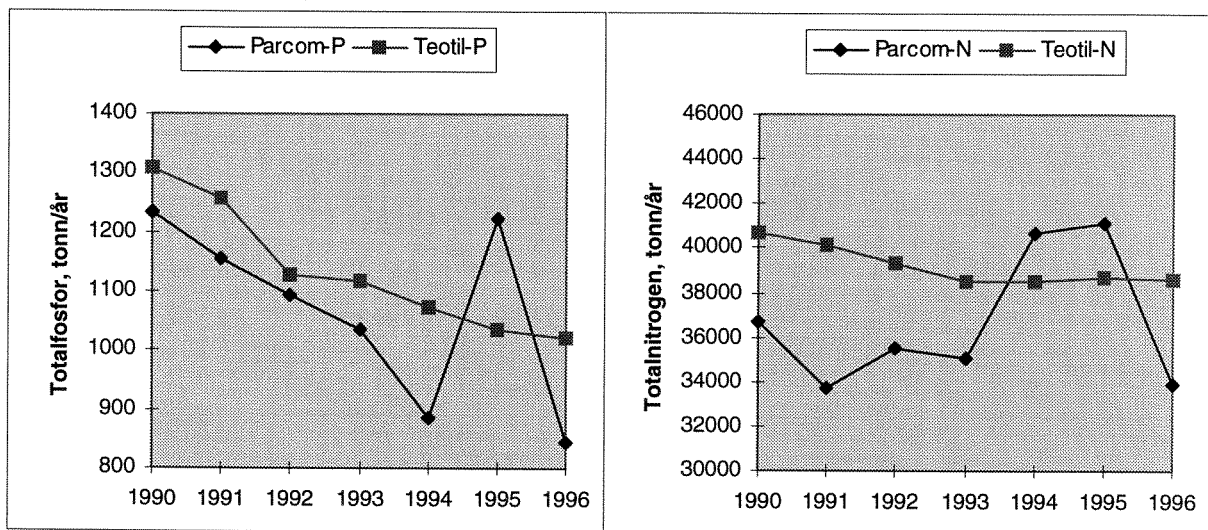
Tilførsler fra vassdrag kan i prinsippet måles på to måter:

1. Ved målinger av konsentrasjon og vannføring ved elvemunningen
2. Ved å benytte beregningsmodeller som inneholder punktkildeutslipp til alle deler av vassdraget, og avrenningskoeffisienter koplet mot arealstatistikk for beregning av arealavrenningen. I tillegg må det tas hensyn til retensjon i vassdraget nedstrøms de lokale tilførslene.

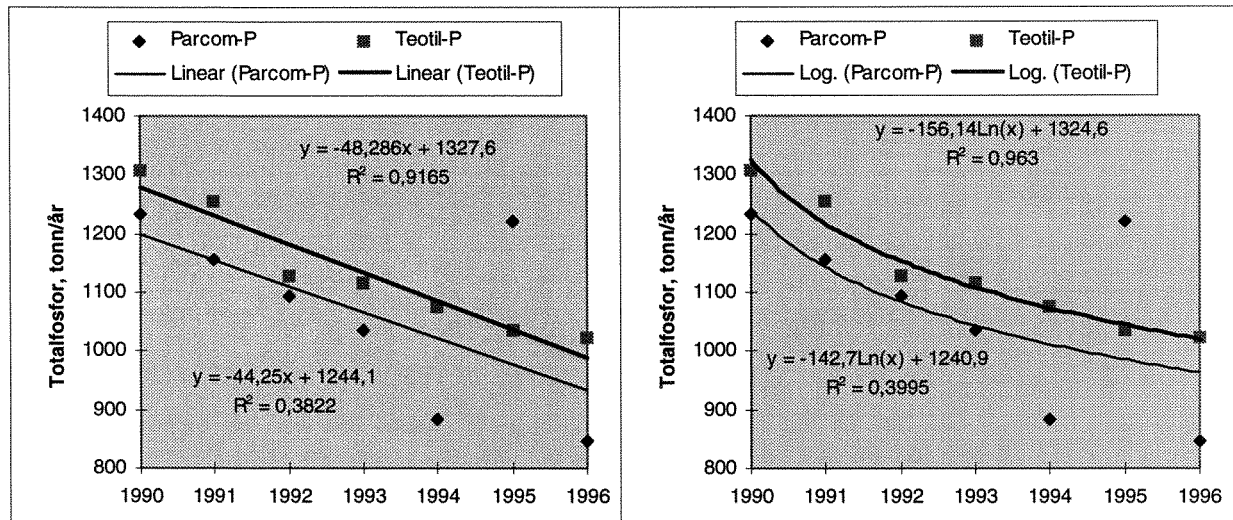
Den første måten å måle på gir kun et sumtall for tilførsler, dvs. ikke fordelt på kilder. Verdiene vil også variere mye fra år til år pga. meteorologiske svingninger. For den andre metoden er imidlertid arealavrenningen beregnet teoretisk og meteorologiske variasjoner er derfor midlet ut.

Selv om forskjellene kan være store fra år til år, bør, i et visst tidsperspektiv (dvs. over endel år), både nivået på tilførslene og evt. *tidstrend* være sammenliknbare.

Figur 2 viser sammenheng mellom de to forskjellige måtene å estimere tilførsler på. For fosfor ser det ut som både nivået og trenden er sammeliknbare, mens dette i mindre grad er tilfelle for nitrogen.



**Figur 2.** Sammenheng mellom målte elvetilførselsmålinger (inkl. nedstrømskilder) og beregnede tilførsler (TEOTIL) til Skagerrak-kysten (kyststrekningen Svenskegrensa-Lindesnes).



Figur 3. Fosfortilførsler til Skagerrakkysten, tidstrender.

Figur 3 viser de samme dataene som figur 2 (venstre panel), men det er her gjort et forsøk med statistisk kurvetilpasning. Det er forutsatt at datamaterialet oppfylder de kriteriene som stilles til bruk av enkel regresjon. Dette innebærer bl.a. at dataene er uavhengige av hverandre og at ett års tilførsler ikke påvirker tilførslene neste år. For fosfor slår flommen i 1995 spesielt sterkt ut. Dette er hovedgrunnen til at forklaringsgraden ( $R^2$ ) er såpass beskjeden som 38 % ( $R^2=0,38$ ). Med all mulig forbehold om at dette er et svært tynt datagrunnlag (få punkter) kan det allikevel se ut som om trenden for begge beregningsmåtene er sammenlignbare. Parcom-P (lineær) er såvidt ikke signifikant på et 90% nivå ( $p=0,13$ ). Dvs. at det er mindre enn 90 % sikkert at det i det hele tatt er en tidsutvikling mot lavere verdier. Hvis en imidlertid utelater flomåret 1995, er forklaringsgraden  $R^2=0,95$ , som er signifikant på 99% nivå.

Som vist i panel 2, er kurvetilpasningen for både Teotil-P og Parcom P noe bedre ved en logaritmisk tilnærming enn den lineære tilpasningen som er vist i panel 1. Dette betyr at det i større grad er en utflating av reduksjonene vi ser de senere år, enn en jevn nedgang.

Til slutt må det sies at dette er en sammenlikning av datasett som inneholder en viss felles del. Målingene i elvene er ofte trukket noe opp fra elvemunningene. Punktkilder nedstrøms og direkte til kysten, samt avrenning fra nedstrømsarealer er derfor lagt til etterpå. Dette er de samme tilførslene som ligger inne i TEOTIL.

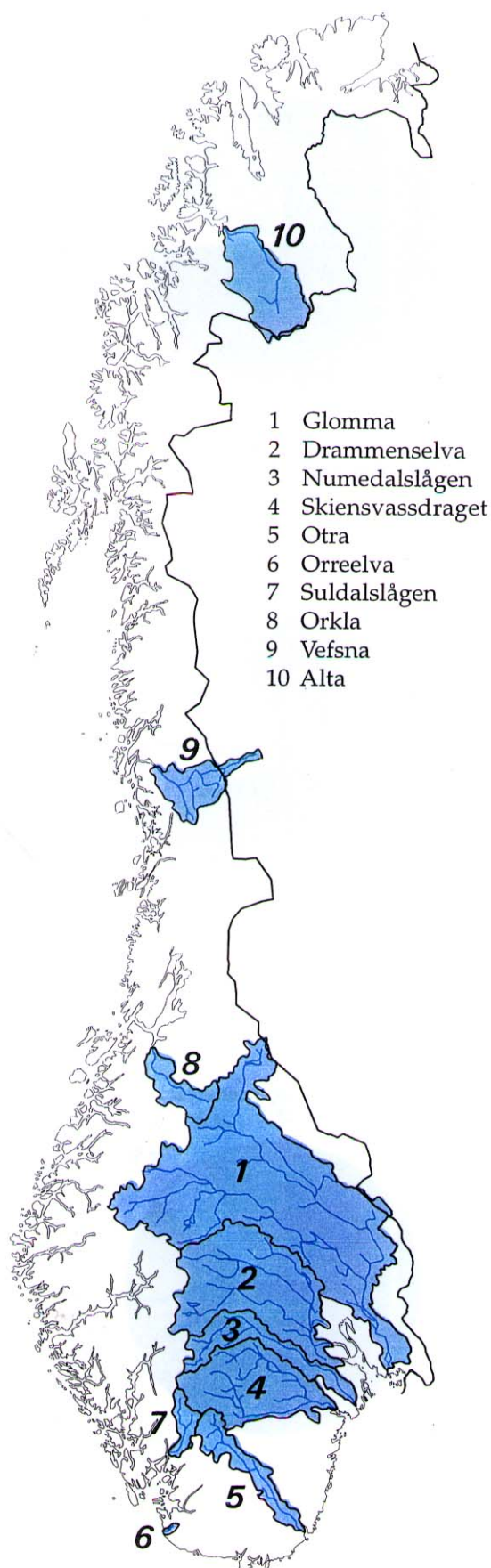


### 3. Kildefordeling for tilførsler fra Parcoms hovedelver

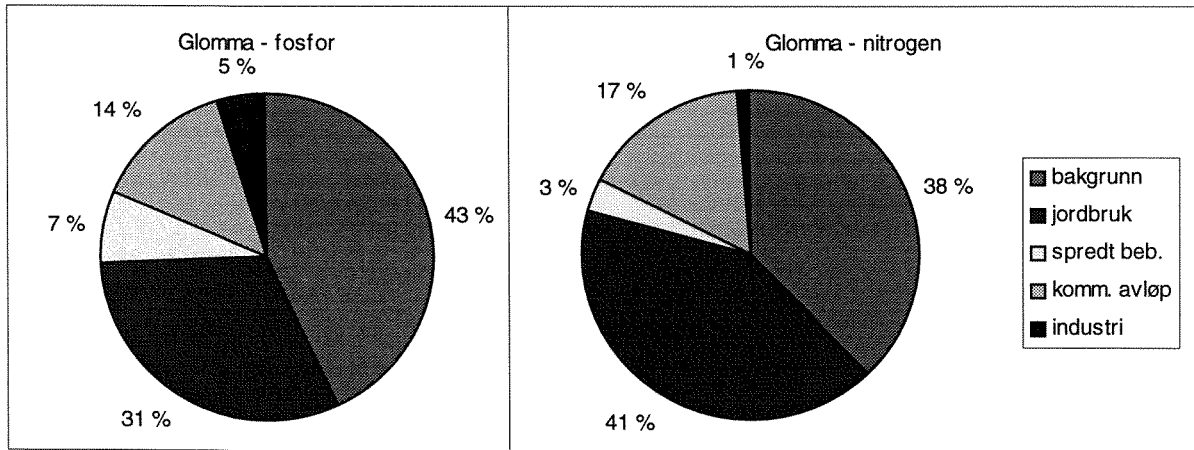
Med utgangspunkt i beregninger fra TEOTIL-modellen for 1996, er det laget en kildefordeling for ni av de ti hovedelvene i Parcom-prosjektet (figur 4). Orre, som er en av de ti elvene, er utelatt pga. usikkerheter som skyldes at oppløsningen for de hydrologiske statistikkområdene, som er den minste enhet i TEOTIL, ikke er god nok til å dekke et lite nedbørfelt som Orre.

Tilførslene er beregnet helt ut til elvemunningen, slik at kilder nederst i vassdraget er medregnet. Det er tatt hensyn til retensjon i vassdraget ved beregningene. Dette betyr at for f.eks. Glomma er de store industrikildene i Nedre-Glomma området inkludert. I målingen av elvetilførsler i Parcom-programmet er målepunktene ofte trukket litt opp fra munningen for å være sikret mot inntrenging av saltvann. For Glommas del er målepunktet derfor lagt til Sarpsfossen, altså oppstrøms de store industrikildene, og elvetilførselsmålinger fra elven er derfor ikke direkte sammenliknbare med tilførslene og kildefordelingen rapportert her (ved rapportering på region, i dette tilfellet til region Skagerrak, er nedstrømstilførsler imidlertid inkludert i Parcomrapporteringen).

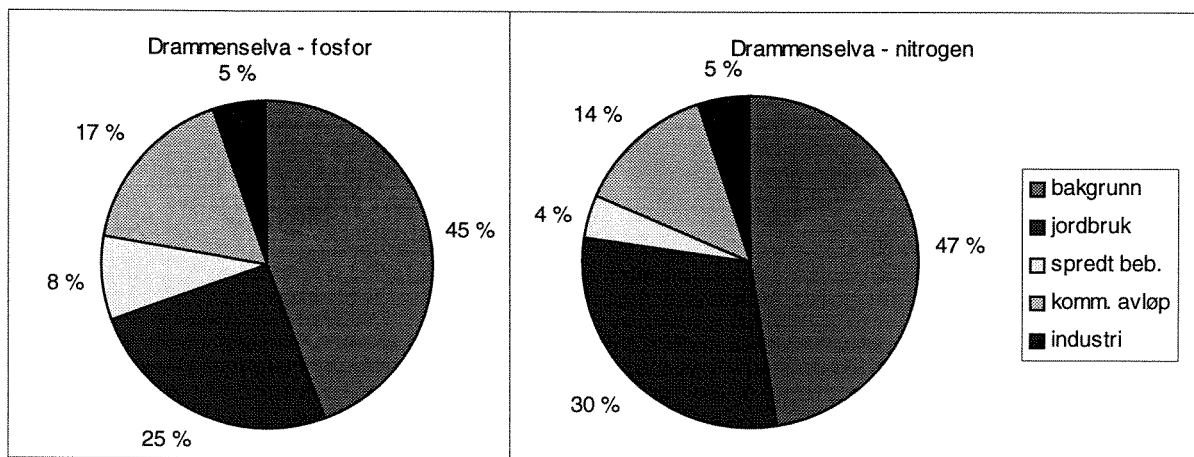
Tilførslene fordelt på kilder er vist i de kommende figurer (figur 5 - figur 13).



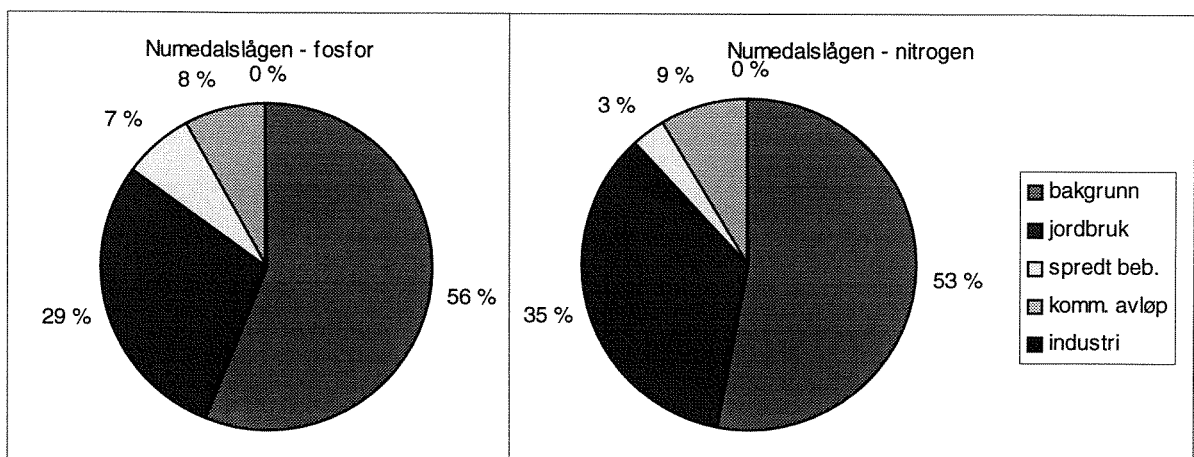
**Figur 4.** Nedbørfeltet til de ti hovedelvene innen Parcom-prosjektet.



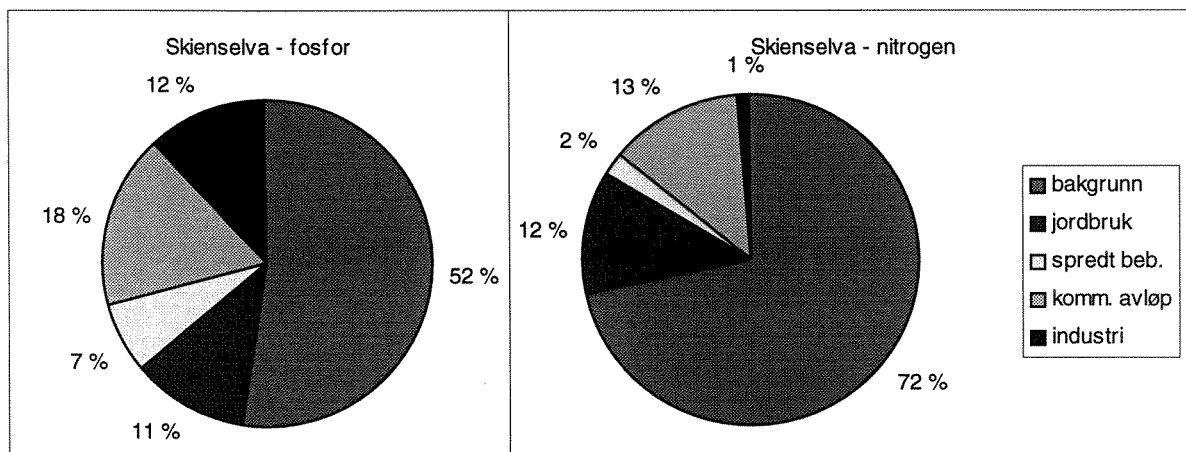
Figur 5. Tilførsler ved Glommas utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



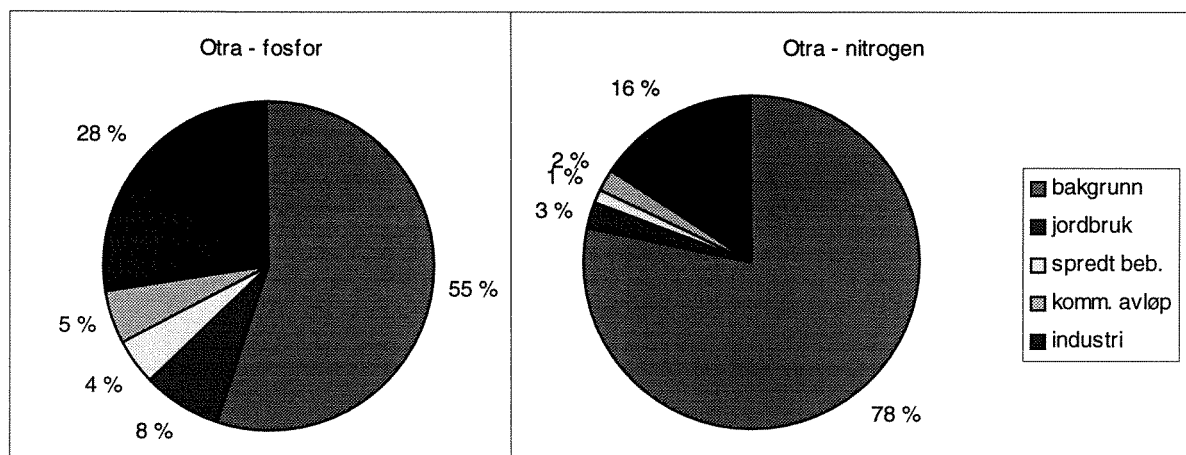
Figur 6. Tilførsler ved Drammenselvas utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



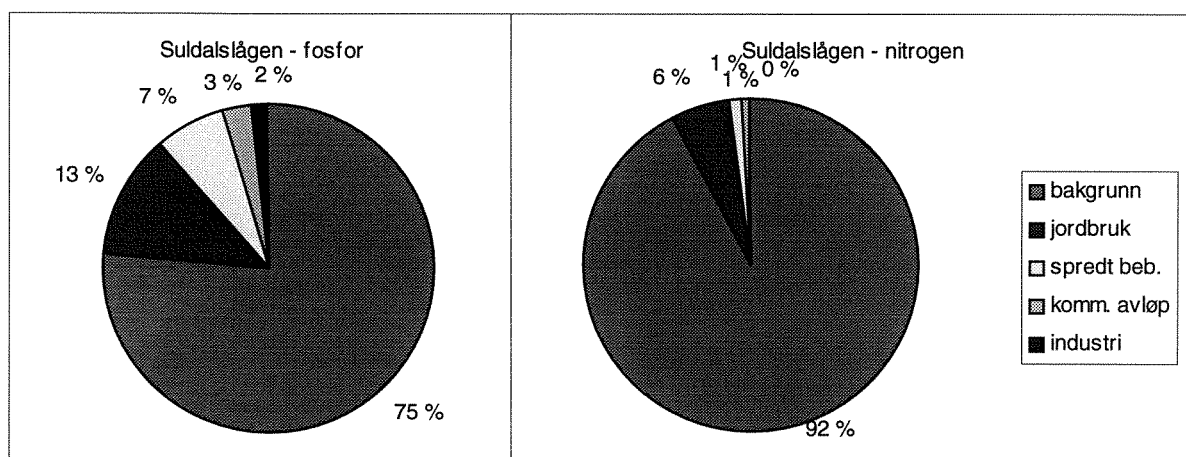
Figur 7. Tilførsler ved Numedalslågens utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



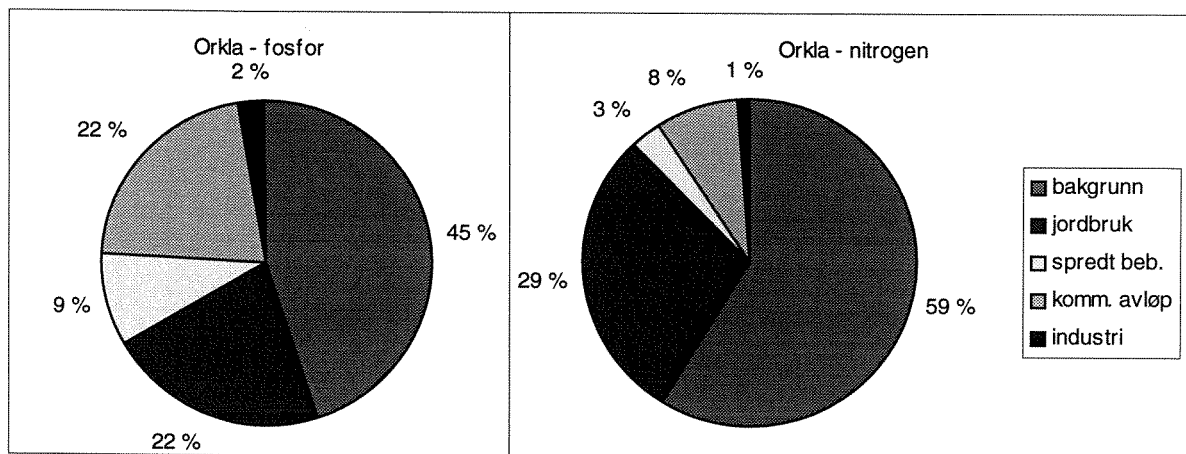
**Figur 8.** Tilførsler ved Skienselvas utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



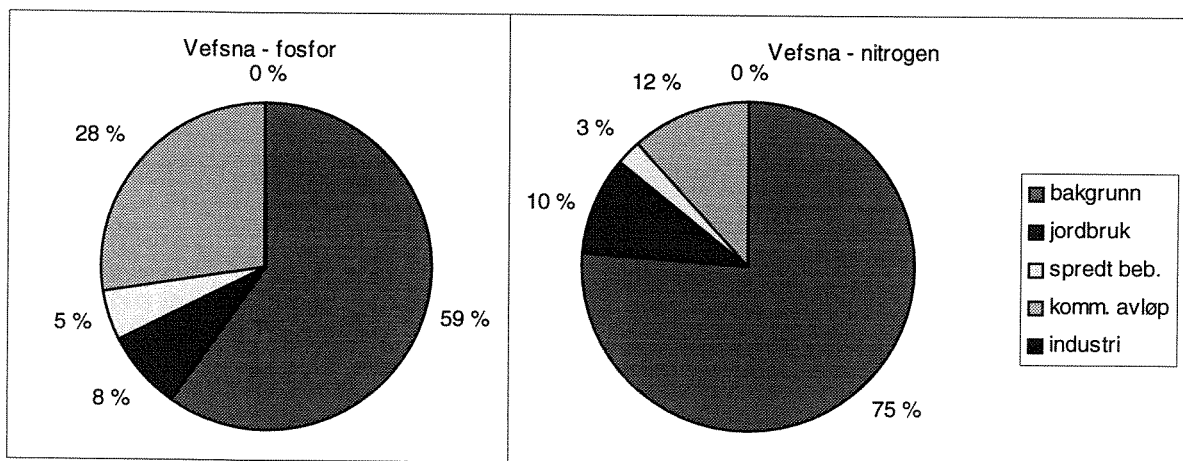
**Figur 9.** Tilførsler ved Otras utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



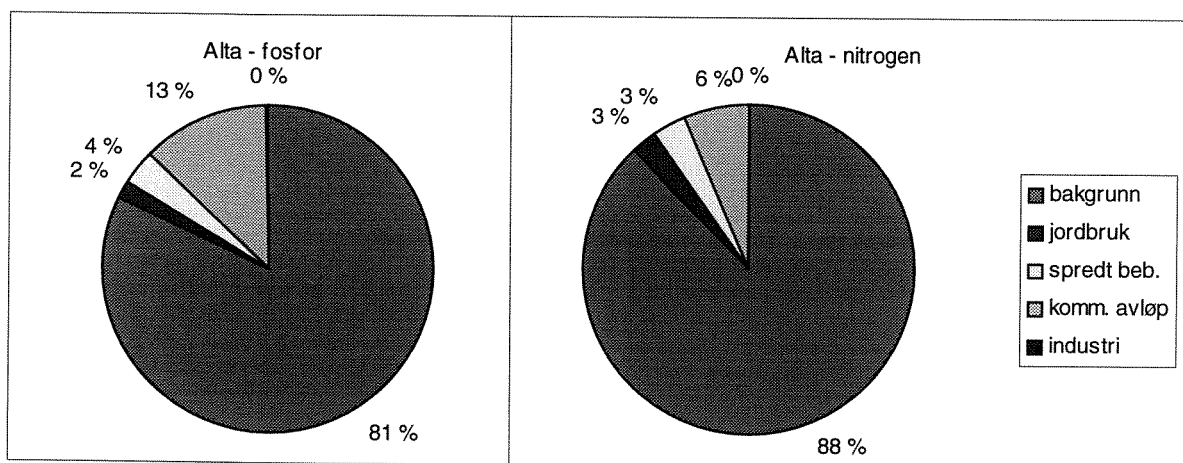
**Figur 10.** Tilførsler ved Suldalslågens utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



Figur 11. Tilførsler ved Orklas utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



Figur 12. Tilførsler ved Vefsnas utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.



Figur 13. Tilførsler ved Altaelvas utløp, beregnet med TEOTIL for 1996.

Overstående figurer viser med all tydelighet at bakgrunnsavrenningen har stor betydning både for fosfor og for nitrogen. Bakgrunnsavrenningen inkluderer som nevnt all avrenning fra utmarksareale pluss den naturlige avrenningen som ville vært på landbruksarealer hvis de ikke hadde vært dyrket. For fosfor varierer bakgrunnsavrenningen mellom vassdrag fra 43 % i Glomma til 81% i Alta. For nitrogen går variasjonene fra 38% i Glomma til 92% i Suldalslågen. Otra, med høye depositionsater og avrenningsrater av nitrogen, viser at hele 78% av tilførslene til kysten kommer fra bakgrunnsavrenning. Dette til tross for relativt store antropogene tilførsler i nedre del av vassdraget.

Jordbruket bidrar mye i de store Østlandske nedbørfeltene som Glomma, Drammenselva og Numedalslågen. Også Orkla får mye av tilførslene sine fra jordbruket. Glomma har høyest jordbruksandel med 31% og 41% for hhv. fosfor og nitrogen.

Tilførsler fra enkeltanlegg i den spredte bebyggelsen viser for flere av nedbørfeltene å ha en ikke ubetydelig andel. Fosfortilførslene er prosentvis størst i Orkla med 9%, og utgjør 7-8 % for de store Østlandselvne. Nitrogenandelen for disse enkeltanleggene er mer beskjeden.

Ved siden av jordbruket er kommunalt avløp den andre store antropogene kilden. Relativt sett er fosforbidragene størst for Vefsna og Orkla med hhv. 28 og 22%, men det er fortsatt betydelige andeler i Gomma, Drammenselva og Skienselva. For nitrogen betyr kommunalt avløp noe mindre, men det er betydelige andeler av kommunalt avløp i flere av vassdragene, og Glomma utgjør størst andel med 17% nitrogen.

Industrien varierer mye mellom vassdragene, men utgjør for en rekke vassdrag mindre enn 1%. Industriutslippene rapportert her gjelder som før nevnt kun større industri med egne utslipp. Industri koplet til kommunalt nett rapporteres under kommunalt avløp. I enkelte vassdrag betyr tilførsler fra særlig treforedlingsindustrien forholdsvis mye, og mer for fosfor enn for nitrogen. For Otra er industriutslippene inkludert i vassdragets nedre områder, og utgjør totalt sett 28% av tilførslene. Også Skienselva har betydelige tilførsler av fosfor fra industrien (12%).

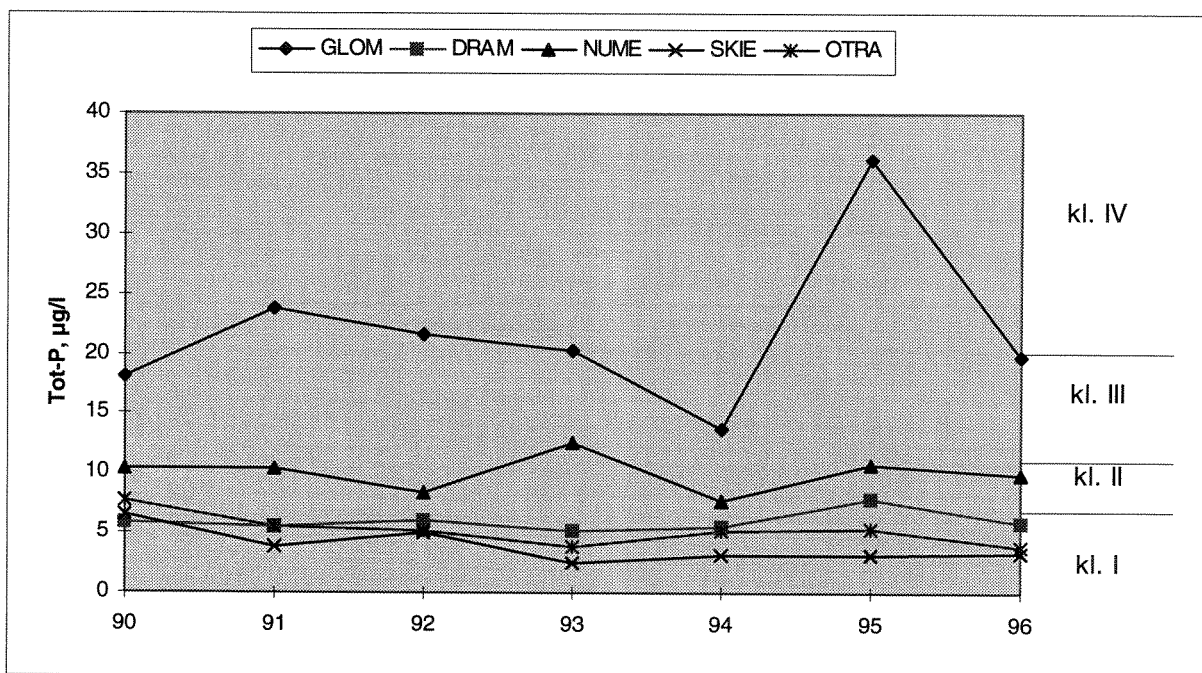
## 4. Vannkvalitetstilstand og trend i Parcom-elvene

Det såkalte Parcom-prosjektet innebærer måling av norske elvetilførsler i 10 hovedelver (figur 4) med intensiv prøvetaking, og 145 tilleggselever med et mer begrenset prøvetakingsprogram. Undersøkelsene har pågått siden 1990 (Holtan og medarb. 1991-1997). Vannkvalitet og vannføring måles for hovedelvene i snitt 12 ganger i året og så nær vassdragsutløpet som mulig. Noen elver som Glomma og Orre har såkalt strategisk prøvetaking, dvs. noen flere prøver ved antatt flomperiode.

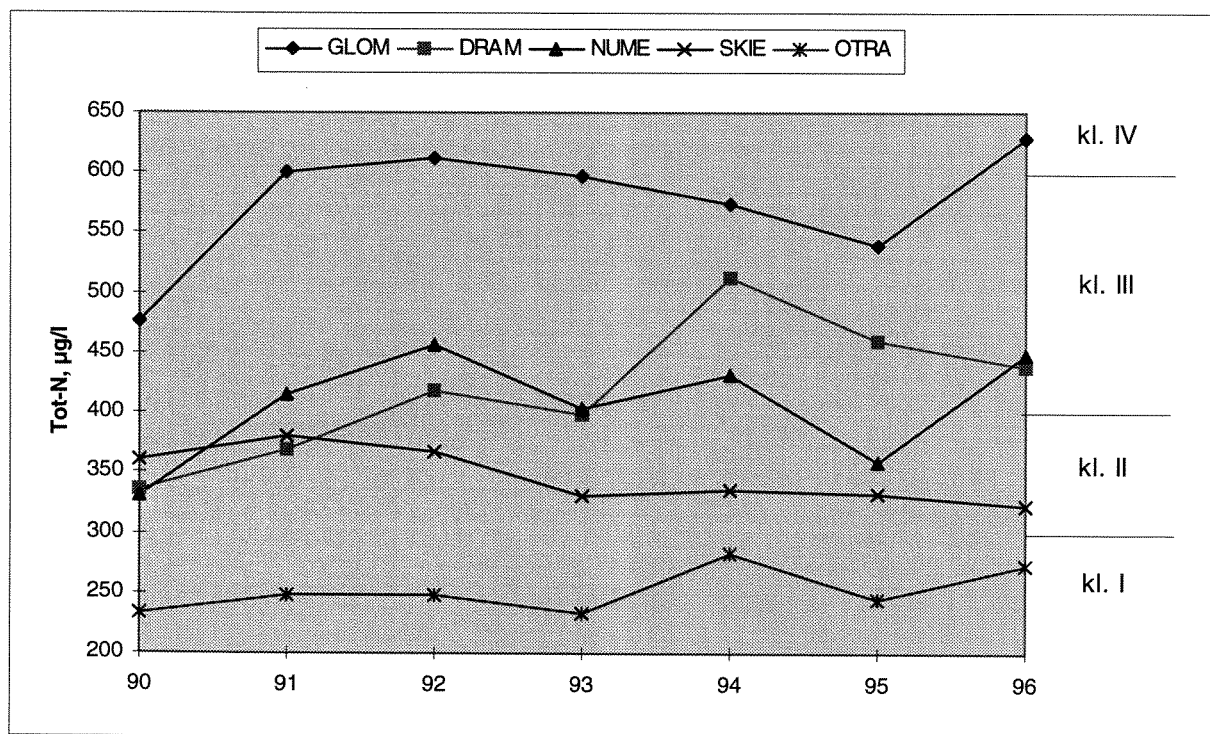
For at en ikke skal få problemer med saltvannsinntrenging ved høyvann er allikevel prøvetakingspunktet, som tidligere nevnt, trukket noe opp fra munningen. Dette medfører at for store elver som Glomma og Drammenselva er prøvetakingspunktet lagt ovenfor store punktkilder innen industri og kommunalt avløp. Slik sett kan en hevde at målingene kan være egnet til å følge med på utviklingen innen landbrukets tiltaksgjennomføring. Elvene er imidlertid store, og mottar derfor store bakgrunnstilførsler fra utmarksområder, dvs. fjell, myr og skogområder.

Figur 14 og figur 15 viser vannkvaliteten mhp. fosfor og nitrogen i de store elvene som renner til Skagerrak. Dette er Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva og Otra.

I løpet av de 7 årene som prosjektet har gått er det vanskelig å se klare trendutviklinger. Forhold som flommen på Østlandet i 1995, slår sterkt ut på vannkvalitetsverdiene. Dette gjelder særlig for Glomma. Mye tyder på at programmet må få lov til å gå enda ganske mange år før en kan operere med statistisk holdbare konklusjoner.



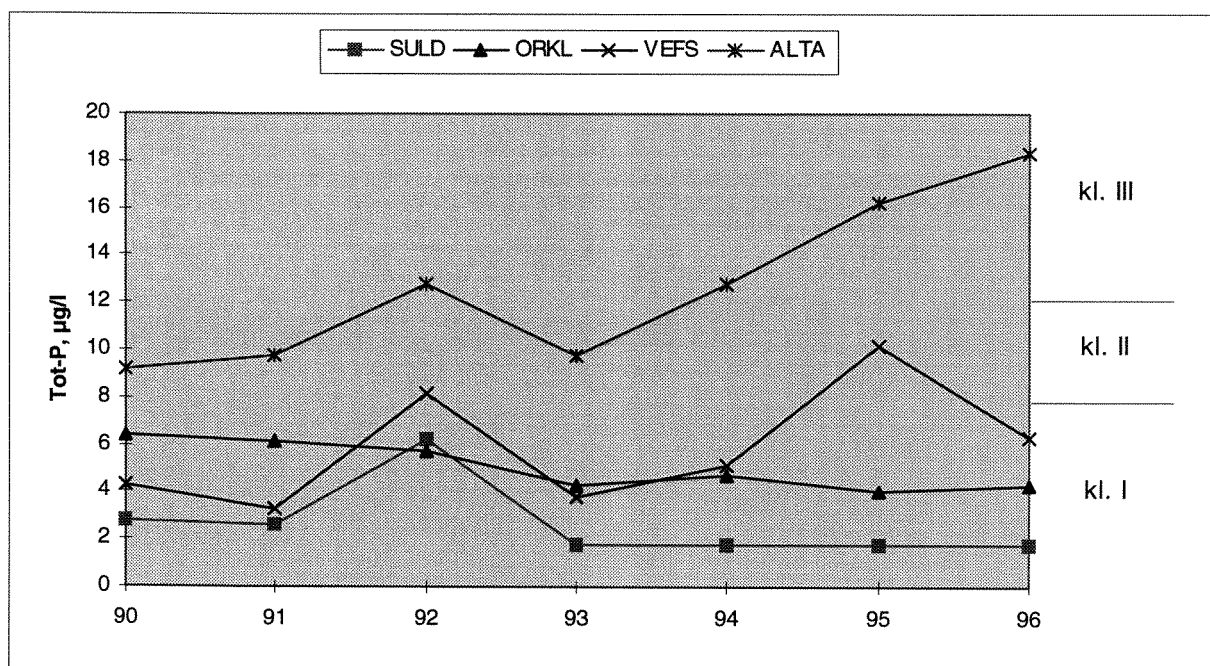
**Figur 14.** Aritmetiske middelerverdier for totalfosfor for elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienselva og Otra.



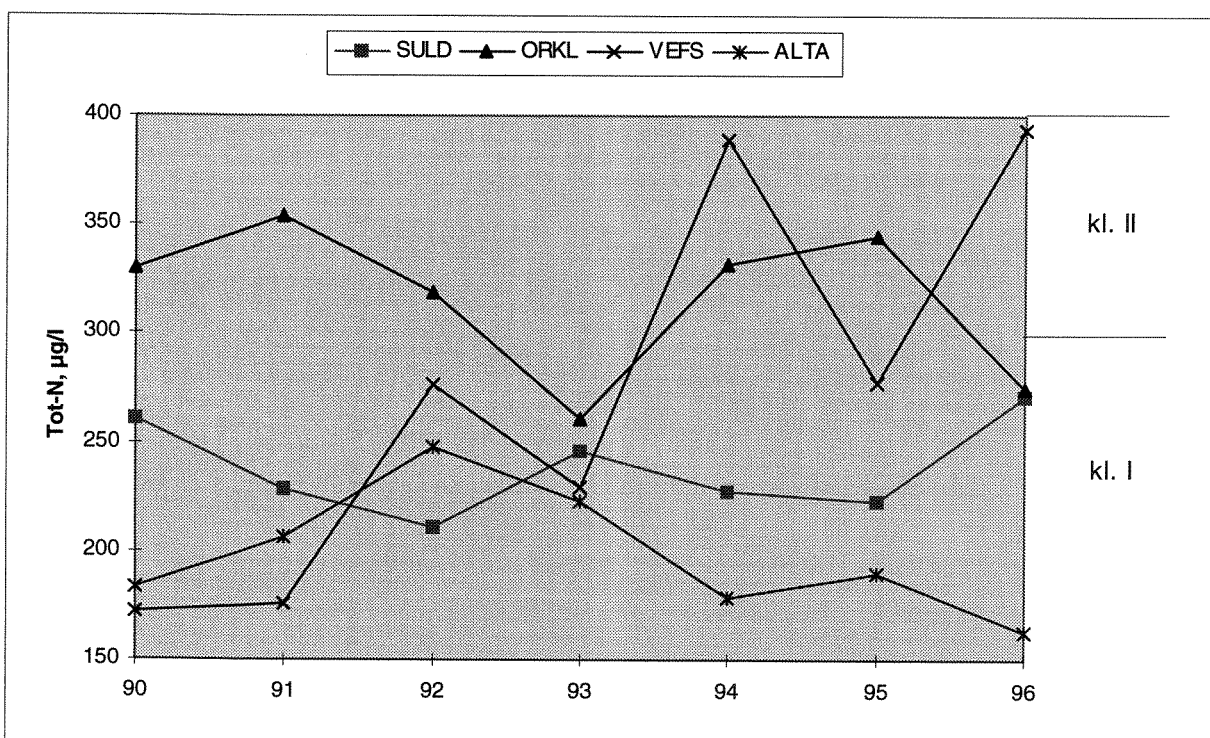
**Figur 15.** Aritmetiske middelværdier for totalnitrogen for elvene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen, Skienelva og Otra.

Hovedårsaken til at figur 14 ikke viser så klare fosforreduksjoner over tid som tilførslene i figur 2 og figur 3 er at i de sistnevnte to figurer er punktkildene langs kysten med, mens dette ikke er tilfelle i figuren over.

Når det gjelder elvene som renner til kyststrekningen Lindesnes-Russergrensa er bildet heller ikke spesielt entydig. Figur 16 og figur 17 er i stor grad preget av variasjon i verdiene fra år til år. De klareste trendene i dette materialet er faktisk en økning i fosforverdiene for Alta, og for nitrogenverdiene i Vefsna. Trendene er imidlertid ikke særlig klare, og kan heller ikke sammenholdes med evt. tiltaksgjennomføring. Konklusjonene må bli at en også her må vente endel år før en evt. kan si noe om tidstrender. Noen av disse elvene har dessuten et relativt begrenset forbedringspotensiale. Figurene viser data fra Suldalslågen, Orkla, Vefsna og Altaelva.



Figur 16. Aritmetiske middelværdier for totalfosfor for elvene Suldalslågen, Orkla, Vefsna og Alta.

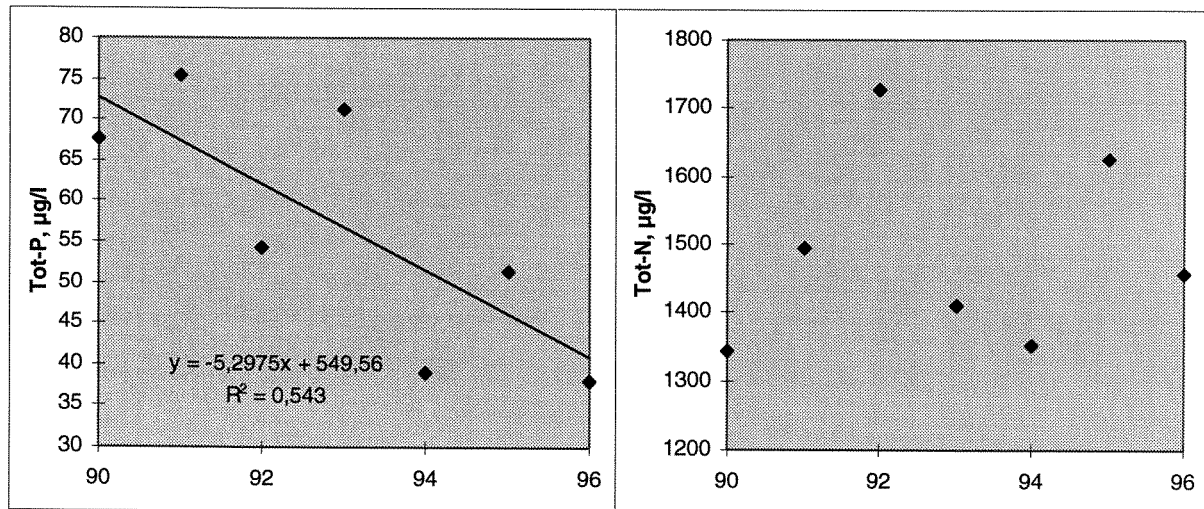


Figur 17. Aritmetiske middelværdier for totalnitrogen for elvene Suldalslågen, Orkla, Vefsna og Alta.

En av de ti hovedelvene i elvetilførselsprosjektet skiller seg imidlertid noe ut, både når det gjelder en forholdsvis beskjeden størrelse på nedbørfeltet, lav vannføring og høy relativ landbrukspåvirkning. Orrevassdraget på Jæren er vist i figur 18. Det er forutsatt at datamaterialet oppfyller de kriteriene som stilles til bruk av enkel regresjon (se kapittel 2). Selv om det er forholdsvis få punkter på kurven og store sprang fra år til år, kan det se ut som om det er en relativt klar trendutvikling mot lavere



fosforverdier, determinasjonskoeffisient eller forklaringsgraden ( $R^2$ ) er 0,54. Dette forteller at 54% av variasjonen i totalfosfor kan forklares ved tidsutviklingen. Nedgangen i fosforverdiene er signifikant på et 95% nivå ( $P < 0,05$ ). For nitrogenet er det store sprang, og en svært dårlig trendtilpasning, forklaringsgrad på fattige 0,03. Dette kan sammenholdes med generell kunnskap om tiltaksgjennomføring i vassdraget på slutten av åttitallet og på nittitallet. Fokus har vært på fosforbegrensende tiltak, og dette har hatt en klar effekt.



**Figur 18.** Aritmetiske middelværdier og statistiske tidstrender for totalfosfor og totalnitrogen for Orreelva.

## 5. Referanser

- Bratli, J. L. 1997. Resultatkontroll jordbruk 1997. Næringssalttilførsler, vannkvalitetstilstand og -utvikling. NIVA-rapport. O-95025. Lnr. 3619-97. 83 s.
- Bratli J. L., Holtan H. og S. O. Åstebøl 1995. Tilførselsberegninger, veileder. Miljøsmål for vannforekomstene. SFT-veileder nr. 95:02. 70 s. ISBN-nr. 82-7655-258-7.
- Farestveit, T. 1991. Næringsmiddelindustri, stedfesting, forurensning, utslipp. Grøner-rapport nr. 28506.
- Farestveit, F., J.L. Bratli, T. Hoel & T. Tjomsland. 1995. Vurdering av tilførselstall for fosfor og nitrogen til Nordsjøen fra kommunalt avløp beregnet med TEOTIL. Grøner/NIVA-rapport nr 171441.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1991: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1990. A: Principles, results and discussions. SFT-report 452A/91. NIVA-report O-90001/No.:2582. 43 sider. B: Data report. SFT-report 452B/91. NIVA-report O-90001. Serial No.: 2577. 103 sider.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1992: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1991. A: Principles, results and discussions. SFT-report 488A/92. NIVA-report O-90001/No.: 2809. 40 sider. B: Data report. SFT-report 488B/92. NIVA-report O-90001. Serial No.: 2777. 104 sider.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1993: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1992. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 542/93. 137 sider.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1994: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1993. A: Principles, results and discussions. Data report. SFT-report 580/94. NIVA-report O-90001. Serial No.: 3162. 138 sider.
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1995: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1994. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 623/95. NIVA-report O-90001. Serial No.: 3361. 136 sider
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1996: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1995. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 674/96. NIVA-report O-90001. Serial No.: 3568. 175 sider
- Holtan, G., D. Berge, H. Holtan, T. Hopen, 1997: Paris convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1996. A: Principles, results and discussions. B: Data report. SFT-report 715/97. NIVA-report O-90001. Serial No.: 3740-97. 101 sider

Nissen, I. M. og medarb. 1995. Resultatkontroll, forurensninger fra landbruket 1995. Rapport til Kontaktutvalg for jordbruk og miljø, fra Arbeidsgruppe for modellberegninger.

SSB 1995. SSB-Avløp for Windows. Versjon 2.1. August 1995. Brukerveiledning.

Tjomsland, T. & J. L. Bratli. 1996. Brukerveiledning og dokumentasjon for TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. O-94060. L.nr. 3426-96. NIVA-rapport. 84 s.

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3799-98

ISBN 82-577-3374-1