

# Undersøkelse av stofftransport i Skas-Heigre kanalen 1995

## Rapport RF-96/029

Vår referanse: <b>643971</b>	Forfatter(e): <b>Åge Molversmyr</b>	Revisjonsnr. / dato: <b>Rev. 1 / 25.01.96</b>
Ant. sider: <b>24</b>	Oppdragsgiver(e): <b>JORDFORSK</b>	Forskningsprogram:
ISBN: <b>82-7220-740-0</b>	Gradering: <b>Åpen</b>	Åpen fra (dato):

### Sammendrag:

Skas-Heigre kanalen transporterte følgende stoffmengder i 1995, og vannmengdeveide middel-konsentrasjoner var:

	<u>Stofftransport</u>	<u>Konsentrasjon</u>
Total fosfor	2,73 tonn P/år	136 µg P/l
Fosfat	2,09 tonn P/år	104 µg P/l
Total Nitrogen	94 tonn N/år	4,68 mg N/l
Nitrat nitrogen	79 tonn N/år	3,91 mg N/l
Total organisk karbon	212 tonn C/år	10,6 mg C/l
Kalium	110 tonn K/år	5,5 mg K/l

Etter at fosforkonsentrasjonene i kanalen har avtatt betydelig de senere årene, var det en svak økning i 1995 i forhold til året før. Nitrogenkonsentrasjonene hadde imidlertid avtatt markert, mens konsentrasjonene av total organisk karbon og kalium var omtrent på samme nivå som året før.

Sterk oksygen svikt (< 4 mg O<sub>2</sub>/l) i kanalen er et årlig fenomen om sommeren. I 1995 ble det registrert en svært lang periode med sterk oksygen svikt, lengre enn i noe tidligere år hvor dette er undersøkt.

Totalt synes tilstanden i Skas-Heigre kanalen i 1995 å være noe forverret i forhold til året før, men det er foreløpig uklart om den positive trenden som er observert de senere årene er stoppet opp eller reversert. Dataene fra 1995 indikerer at kanalen fortsatt er relativt betydelig påvirket av silopressaft, og utvasking eller søl etter utkjøring av gjødsel.

### Emne-ord:

Skas-Heigre kanalen, Jordbruksresipient, Stofftransport, Vannkvalitet

Ingen del av dette dokumentet kan reproduseres i noen form uten skriftlig tillatelse fra RF - Rogalandforskning ©.

  
Prosjektleder  
Åge Molversmyr

  
Kvalitetssikrer  
Asbjørn Bergheim

  
for RF - Miljø og Næringsutvikling  
Inge Brun Henriksen

---

# FORORD

*Sommeren og høsten 1995 har RF hatt ansvar for overvåking av plantevernmiddelester i Skas-Heigre kanalen, i forbindelse med det statlige programmet "Jordsmonnovervåking i Norge 1992 - 1996" (JOVÅ) som ledes av JORDFORSK og som finansieres av Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet. I forbindelse med denne overvåkingen har en benyttet anledningen til også å ta prøver og gjøre registreringer med tanke på transport av næringsstoffer. Vinteren og våren 1995 er drift av prøvestasjon og innsamling av prøver utført på RFs egen regning.*

*Analysen av innsamlede vannprøver samt bearbeiding og rapportering av stofftransportdataene fra 1995 er utført av RF på oppdrag av JORDFORSK, som har finansiert oppdraget via stofftransportdelen av det nevnte JOVÅ-programmet.*

*RF har stått for den praktiske gjennomføringen av undersøkelsen, og har hatt ansvaret for drift av prøvestasjon, innsamling av vannprøver, registrering og logging av vannføringsdata, kjemiske analyser, databearbeiding og rapportering.*

*Analysene er utført ved RFs miljølaboratorium, som er akkreditert i henhold til kvalitetsnormen EN 45001. Feltarbeidet med innsamling av prøver og loggdata er utført av seniorforsker Åge Molversmyr og senioringeniør Sissel Bukkholm.*

*Bearbeiding og rapportering av dataene er utført av seniorforsker Åge Molversmyr, mens seniorforsker Asbjørn Bergheim har vært faglig kvalitetssikrer.*

*Stavanger, 25. januar 1996.*

---

# INNHOOLD

1	INNLEDNING.....	1
2.	SAMMENDRAG.....	2
3.	MATERIALE OG METODER.....	3
	3.1 Nedbørfelt.....	3
	3.2 Prøvetaking og registreringer.....	3
	3.3 Analysemetoder.....	5
	3.4 Vannføringskurve / -målinger.....	6
4.	RESULTATER OG DISKUSJON.....	7
	4.1 Hydrologiske forhold.....	7
	4.1.1 Nedbør.....	7
	4.1.2 Vannføring og avrenningsberegninger.....	7
	4.2 Vannkvalitet.....	10
	4.2.1 Temperatur og oksygen.....	10
	4.2.2 Stoffkonsentrasjoner.....	10
	4.3 Stofftransport.....	13
	4.4 Avrenningskoeffisienter.....	15
	4.5 Vannkvalitet og forurensningsgrad.....	16
	4.6 Konklusjoner.....	19
5.	REFERANSER.....	20
	DATAVEDLEGG.....	21

Skas-Heigre kanalen er et kanalisert sidevassdrag til Figgjoelva som munner ut i hovedelva ved Grudavatnet. Det er omfattende jordbruksaktivitet omkring kanalen, som regnes å gi det største enkeltbidrag til Figgjoelva med hensyn til tilførsel av organisk stoff og næringssalter.

Skas-Heigre kanalen er tidligere undersøkt med hensyn til stofftransport over en seksårsperiode fra 1989 til 1994 (Mølversmyr & Bergheim 1995). Sommeren og høsten 1995 har RF hatt ansvar for overvåking av plantevernmiddelrester i Skas-Heigre kanalen, i forbindelse med det statlig finansierte programmet "Jordsmonnovervåking i Norge 1992 - 1996" (JOVÅ) som ledes av JORDFORSK. Dette har gjort det mulig å opprettholde driften av prøvestasjonen i kanalen, og en har samtidig benyttet anledningen til å ta prøver med tanke på transport av næringsstoffer.

Den foreliggende rapporten presenterer en sammenstilling og kortfattet vurdering av resultatene av den oppfølgende undersøkelsen av stofftransport i kanalen i 1995. Rapporten har form av en utvidet årsrapport, og sammenholder i stor grad resultatene fra 1995 med resultater fra undersøkelsesperioden 1989-94.

Skas-Heigre kanalen transporterte følgende stoffmengder i 1995, og vannmengdeveide middelkonsentrasjoner var:

Parameter	Total fosfor	Fosfat	Total nitrogen	Nitrat	Tot.org. karbon	Kalium
Stofftransport	2,73 tonn P	2,09 tonn P	94 tonn N	79 tonn N	212 tonn C	110 tonn K
Vmv. kons.	136 µg P/l	104 µg P/l	4,68 mg N/l	3,91 mg N/l	10,6 mg C/l	5,5 mg K/l

Flatespesifikk vannavrenning var 22,6 liter/sek·km<sup>2</sup>, som tilsvarer 711 mm pr. år og en middelvannføring ved målestasjonen på Voll lik 640 l/sek.

Skas-Heigre kanalens nedbørfelt er dominert av jordbruksaktivitet som legger beslag på omlag 85% av arealet. For 1995 er den flatespesifikke avrenning fra jordbruksarealene i feltet beregnet til 88 kg P/km<sup>2</sup>·år og 3800 kg N/km<sup>2</sup>·år (iberegnet avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol.). Avrenningen av fosfor er klart lavere enn funnet for andre jordbruksfelter i regionen.

Den sterke jordbrukspåvirkningen gjenspeiles i vannkvaliteten i kanalen, med generelt høye konsentrasjoner. I henhold til SFTs vannkvalitetssystem hører kanalen inn under høyeste tilstandsklasse ("meget dårlig") og høyeste forurensningsklasse ("meget sterkt forurenset") for fosfor og nitrogen. Konsentrasjonene av organisk stoff (TOC) tilhører nest høyeste tilstandsklasse ("dårlig").

De senere årene er det registrert en betydelig nedgang i konsentrasjonen av fosfor i kanalen, men i 1995 ble det registrert en svak økning i forhold til 1994 som følge av større hyppighet av middels høye konsentrasjoner. Nitrogenkonsentrasjonene har ikke fulgt samme trend, og dataene fra 1995 viser et markert avtak i forhold til året før da nitrogenkonsentrasjonene var særlig høye. Konsentrasjonene av total organisk karbon og kalium har også vært avtakende de senere årene, men i 1995 var nivåene omtrent som året før.

Sterk oksygenSVikt (< 4 mg O<sub>2</sub>/l) i kanalen er et årlig fenomen om sommeren. Etter at slike perioder de siste årene har blitt kortere, ble det i 1995 registrert en svært lang periode med sterk oksygenSVikt, lengre enn i noe tidligere år hvor dette er undersøkt.

Totalt synes tilstanden i Skas-Heigre kanalen i 1995 å være noe forverret i forhold til året før, men det er foreløpig uklart om den positive trenden som er observert de senere årene er stoppet opp eller reversert. Raskt oksygenavtak i begynnelsen av juni, vedvarende oksygenSVinn og økte stoffkonsentrasjoner i sommerperioden indikerer at kanalen fortsatt er relativt betydelig påvirket av silopressaft, og utvasking eller søl etter utkjøring av naturgjødsel.

## 3.1 Nedbørfelt

Skas-Heigre kanalens totale nedbørfelt har et areal på 29,3 km<sup>2</sup> og tilhører kommunene Sandnes (17,2 km<sup>2</sup>), Sola (7,2 km<sup>2</sup>) og Klepp (5,0 km<sup>2</sup>). Nedbørfeltet oppstrøms Voll, med den faste målestasjonen, er 28,3 km<sup>2</sup>. Vassdraget er kanalisert i nesten hele sin lengde og er uten innsjøareal. Nedbørfeltet har en midlere høyde over havet på 33 m, og varierer mellom 4 og 71 moh. Kanalen med nedbørfelt er vist i figur 1.

I nedbørfeltet drives omfattende jordbruksaktivitet, og omlag 85% av arealet blir gjødslet og brukt til produksjon av jordbruksvekster. De fleste gårdsbrukene i feltet driver med grovfôr-basert husdyrproduksjon, og jordbruksarealet blir i all hovedsak benyttet til dyrking av fôr. For en nærmere beskrivelse av nedbørfeltet (arealfordeling, aktiviteter, endringer i gjødsel-praksis, osv.) henvises til Molversmyr & Bergheim (1995).

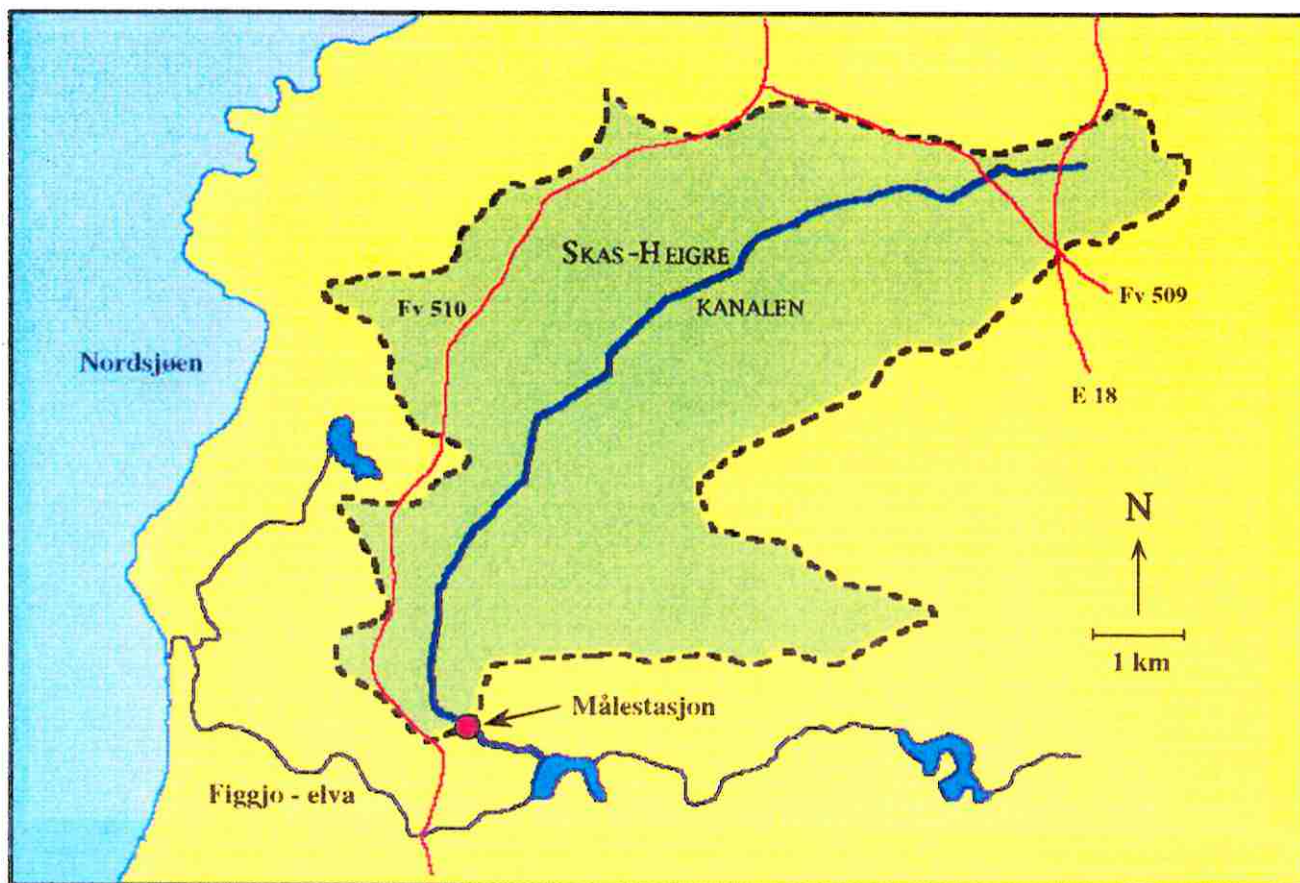
## 3.2 Prøvetaking og registreringer

Prøvetakingen ble foretatt ved en automatisk målestasjon i nedre del av Skas-Heigre kanalens nedbørfelt ved Norske Meierier på Voll (figur 1). Stasjonen er plassert i Klepp kommunes pumpehus for avløpsvann på Voll. Prinsippet for målestasjonen er vist i figur 2. Ved målestasjonen blir det normalt hver halvtime registrert temperatur, oksygen og vannstand i kanalen.

Vann fra kanalen pumpes inn i et kar i målestasjonen, og hvor temperatur registreres med en temperaturføler og oksygen med en oksygensonde. Vannstanden i kanalen registreres ved hjelp av en trykkføler som er montert på bunnen av kanalen, og som registrerer trykk som funksjon av vannstand (uavhengig av lufttrykksendringer). Registreringer foretas normalt hver halve time, og dataene lagres på en datalogger. Dataloggeren tappes normalt hver fjortende dag. Alle dataene overføres til en Apple Macintosh computer ved hjelp av et overføringsprogram laget ved RF (Horpestad 1988), hvor de blir bearbeidet og lagret.

Det tas hyppige prøver av vannet i den kontinuerlige vannstrømmen i blandekaret. Dette gjøres ved hjelp av en tidsstyrt skjeprevetaker, som tar prøver hver halve time. For å unngå bakteriell omsetning av næringsstoffer blir prøvene overført til en oppsamlingsdunk plassert i et kjøleskap. Prøver blir normalt innhentet hver fjortende dag i forbindelse med tapping av data fra dataloggeren, og de analyserte prøvene er dermed 14-dagers blandprøver.

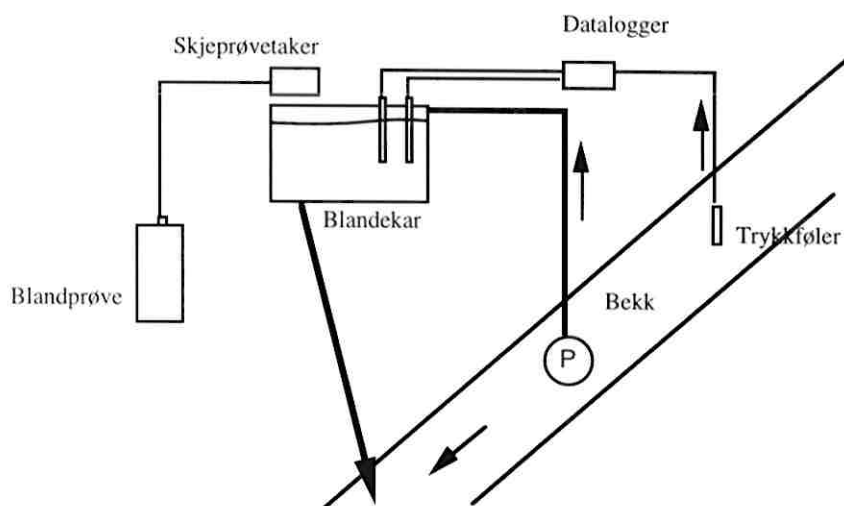




Figur 1. Skas-Heigre kanalens nedbørfelt (IVAR, Handlingsplan for Skas-Heigre kanalen 1988). Den faste målestasjonen avmerket ved Voll meieri.

I 1995 ble registreringer og prøvetaking i første del av året foretatt for RFs egen regning, inntil det i innledningen nevnte JOVÅ prosjektet for plantevernmidloversvåking i Skas-Heigre kanalen kom i gang. I denne perioden ble feltarbeidet begrenset til et minimum, ved at innhenting av vannprøver og datatapping ble foretatt hver sjette uke. Perioden januar - april er derfor basert på tre 6-ukers blandprøver, med registreringer av temperatur, oksygen og vannstand hver time. Tilsvarende er perioden fra midten av juli til utløpet av august (pga. stopp i prøvetakingen for plantevernmidler) basert på to 3-ukers blandprøver, med normal loggefrekvens (hver halve time). I resultatdelen nedenfor er likevel samtlige beregninger angitt for 14-dagers perioder, ved å anta at de målte stoffkonsentrasjonene er representative for hele de aktuelle blandprøveperiodene.

I en 3-ukers periode (10. - 30. august 1995) var dataloggeren ute av drift, og her er vannføring estimert med bakgrunn i nedbørdata og observert forhold mellom nedbør og avrenning i tilgrensede perioder.



Figur 2. Prinsippskisse av målestasjon i Skas-Heigre kanalen.

### Spesifikt om utstyret

Trykkmåleren er plassert på bunnen i kanalen og registrerer vannstand som funksjon av trykk. Sensoren sender mV-signaler (0-100 mV) inn til dataloggeren.

Dataloggeren er en GRANT-SQUIRREL med 0-100 mV loggeinnganger. Loggeren er utstyrt med RS 232 koblet til mikrocomputer eller skriver. Hver kanal kan lagre 2600 data. Dataene blir overført til en Apple Macintosh mikrocomputer. Bearbeiding av resultatene gjøres på Apple Macintosh ved bruk av programpakken Microsoft Excel.

Vannprøvetakeren er en INVENTRON skjeprøvetaker.

Pumpa som transporterer vann fra kanalen til stasjonene er en ABS pumpe av type MF VX 352 WG.

Oksygensonden er av fabrikat OxyGuard, levert av Marine Control, Bergen.

## 3.3 Analysemetoder

Følgende analysemetoder er benyttet:

*Total fosfor (TP)*. Målt i henhold til norsk standard NS 4725 ("total fosfor"), tilpasset en ChemLab autoanalysator.

*Fosfat ( $PO_4$ )*. Målt i henhold til norsk standard NS 4725 ("orto-fosfat fosfor"), tilpasset en ChemLab autoanalysator.

*Total nitrogen (TN)*. Målt i henhold til norsk standard NS 4743, tilpasset en ChemLab autoanalysator.



*Nitrat+nitritt ( $NO_x-N$ )*. Målt i henhold til norsk standard NS 4743, tilpasset en ChemLab autoanalysator. I teksten for enkelthets skyld kalt nitrat ( $NO_3$ ), men analysene er ikke korrigert for nitritt ( $NO_2$ ).

*Total organisk karbon (TOC)*. Målt i henhold til norsk standard NS-ISO 8245, på en Astro modell 2001 TOC-analysator.

*Kalium (K)*. Målt i henhold til norsk standard NS 4775, på et Perkin Elmer 5000 atom-absorpsjonsspektrofotometer.

### **3.4 Vannføringskurve / -målinger**

Vannføringskurven som ligger til grunn for avrenningsberegningene (figur 3) er basert på målinger utført i forbindelse med en undersøkelse i kanalen i perioden 1989 - 1994 (Molversmyr & Bergheim 1995). I alt 19 målinger ble utført i denne perioden, og avhengig av vannstanden ble vannføringen målt etter to metoder. Det er ikke utført supplerende vannføringsmålinger i 1995.

Ved lav vannføring ble målingene foretatt ved hjelp av saltfortynningsmetoden med konstant saltdosering (Køhler 1987). Ved høyere vannføring ble benyttet en SENSA strømhastighetsmåler type EMN-1M som grunnlag for utarbeidelse av hastighets- og vannføringsprofil (Harlachers metode; Otnes & Ræstad 1978).

## 4.1 Hydrologiske forhold

### 4.1.1 Nedbør

Meteorologisk Institutt's klimastasjon på Sola ligger ca. 5 km NV av Skas-Heigre kanalens nedbørfelt, og data herfra antas å være rimelig representative for Skas-Heigre feltet. I figur 4 er framstilt månedsnedbør for 1995 sammenlignet med normalnedbøren for perioden 1961-90. Det framgår at årets første måneder var spesielt nedbørintense, mens særlig august og også siste perioden av året var nedbørfattig. Årsnedbøren avvek imidlertid relativt lite fra normalnivå.

### 4.1.2 Vannføring og avrenningsberegninger

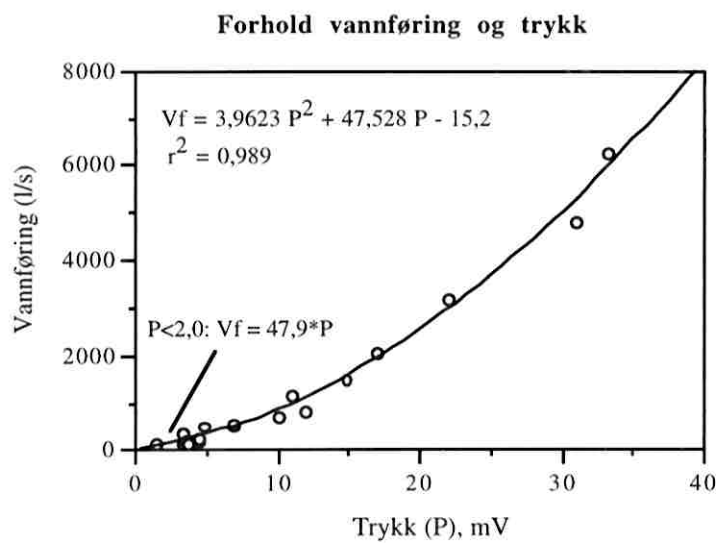
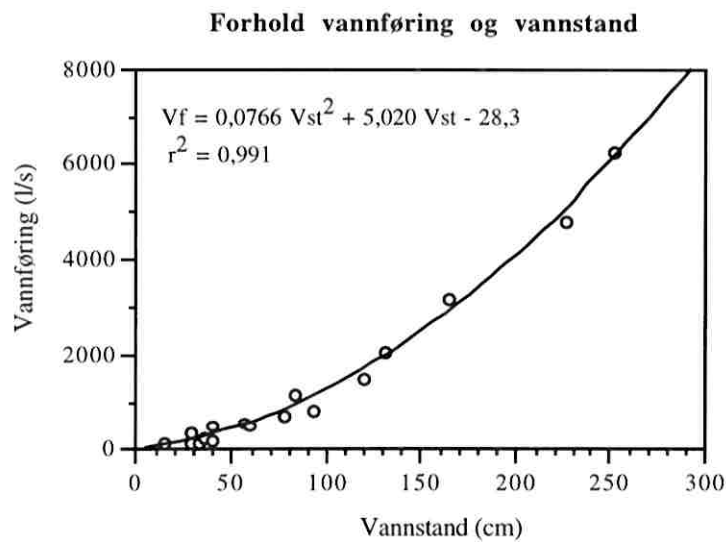
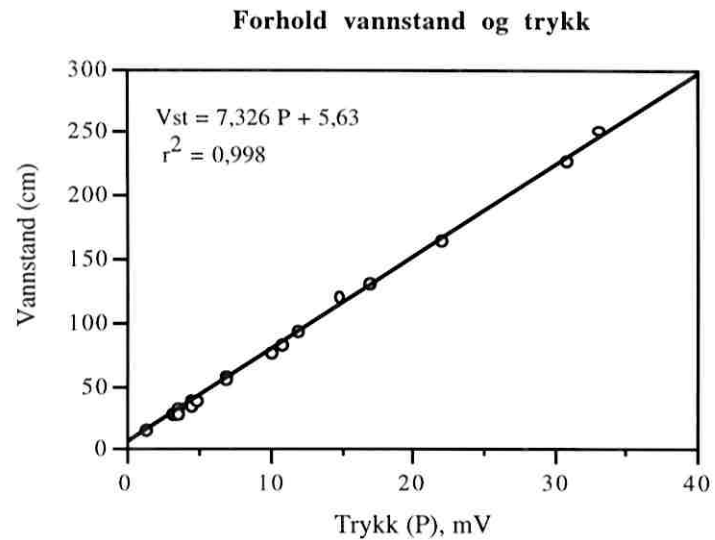
Beregningene av vannføring i kanalen er basert på de kontinuerlige vannstandsregistreringene, og vannføringskurven som er etablert for kanalen (figur 3). Denne kurven angir vannføring i liter pr. sekund som funksjon av vannstand (eller trykk registrert på trykkløler), og beskrives av en annengradsfunksjon. Ved lav vannstand, tilsvarende et trykk under 2 mV (lavere enn ca. 20 cm vannstand), er det benyttet en lineær funksjon for beregning av vannføring.

Som det også framgår av figur 3 er forholdet mellom vannstand og trykknivå en lineær sammenheng med svært små avvik.

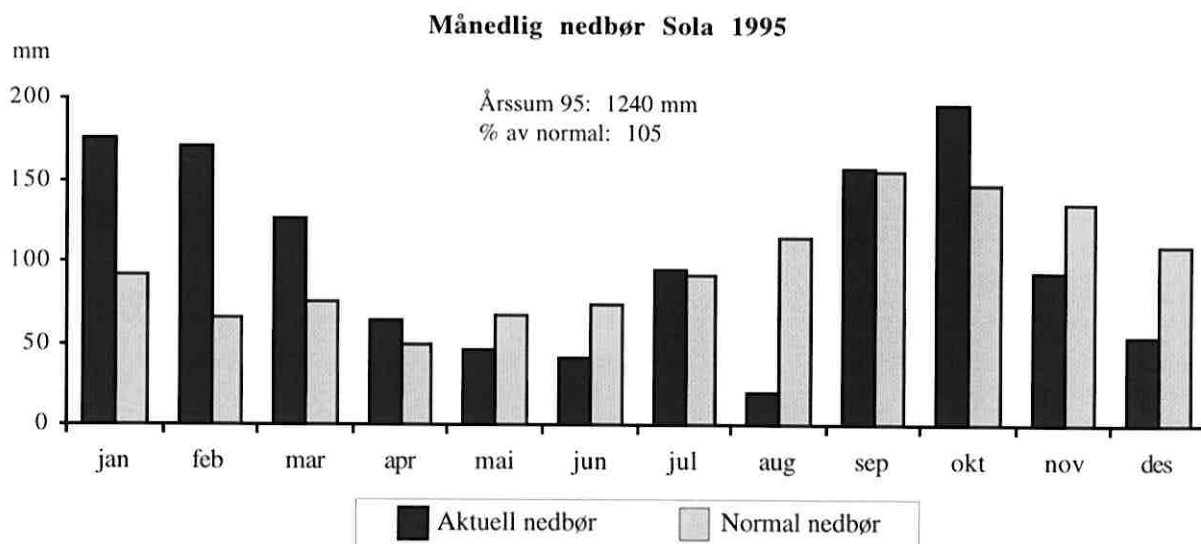
De kontinuerlige vannstandsregistreringene (datalogging av trykknivå) er omregnet til middelnivå pr. døgn, og etter omregning til vannføring (døgnmiddel) er middelvannføringen for 14-dagers perioder beregnet.

Vannføringen uttrykt som døgnmiddel varierte fra 87 l/sek til 4922 l/sek. Totalt for året var vannavrenningen fra feltet 711 mm, som tilsvarer 22,6 l/sek·km<sup>2</sup> og en middelvannføring ved målestasjonen på Voll lik 640 l/sek.

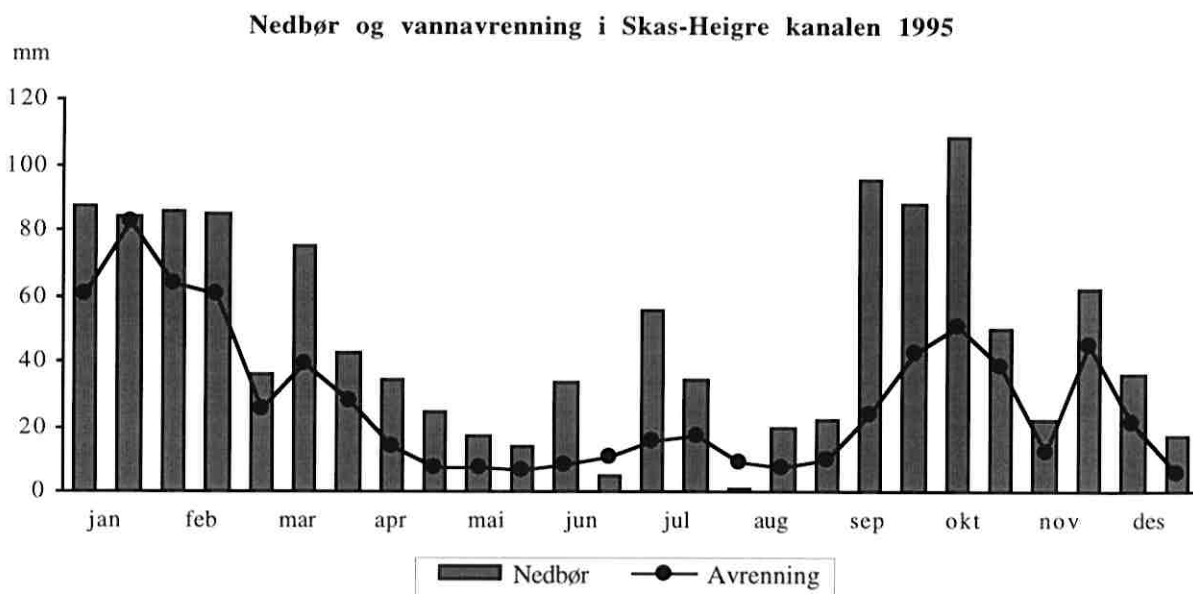
Den beregnede årsavrenningen var i godt samsvar med hva som er funnet de foregående år i dette feltet, nedbøren tatt i betraktning (Molversmyr & Bergheim 1995). Avviket mellom nedbør og avrenning er relativt stort (evapotranspirasjon i størrelsesorden 500-600 mm pr. år), og antas å ha opphav i utstrakt bruk av vann fra kanalen til jordvanning om sommeren. I figur 5 er beregnet avrenning i kanalen og målt nedbør ved DNMI's målestasjon på Sola angitt for 14-dagers perioder.



Figur 3. Vannføring (l/s) i Skas-Heigre kanalen ved Voll som funksjon av trykknivå (mV) og vannstand (cm). Vannføringskurve basert på målinger i perioden 1989 - 94 (Molversmyr og Bergheim 1995). Øverste diagram: forholdet mellom vannstand og trykknivå.



Figur 4. Månedlig nedbør i 1995 sammenlignet med normalnedbør 1961-90, stasjon 44560 Sola. Det Norske Meteorologiske Institutt.



Figur 5. Nedbør og vannavrenning i Skas-Heigre kanalen i 14-dagers perioder i 1995.

## 4.2 Vannkvalitet

Vannkvaliteten i kanalen er undersøkt ved målinger av temperatur og oksygen, og ved kjemiske analyser av total fosfor, fosfat, total nitrogen, nitrat, total organisk karbon og kalium. I figur 6 og 7 er framstilt temperatur og oksygen, mens analyseresultatene av næringssalter og organisk stoff framgår av figur 8.

### 4.2.1 Temperatur og oksygen

Den markerte nedgangen i oppløst oksygen i sommerhalvåret viser klart at Skas-Heigre kanalen er påvirket av lett nedbrytbart organisk stoff som kan skape kritiske situasjoner ved lav vannføring og høy temperatur (figur 6). Sterk oksygensvikt i kanalvannet ( $< 4 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ) er et årlig fenomen om sommeren, så også i 1995. Etter at det synes å ha vært en forbedring i årene siden 1991 ved at slike perioder var blitt kortere, var situasjonen i 1995 igjen preget av en svært lange perioder med oksygensvikt (mer enn 100 døgn). Dette ses av figur 7, hvor fordelingen av alle målte døgnmiddelverdier av oksygen i perioden mai - oktober 1995 er vist sammen med tilsvarende måleresultater for de foregående undersøkte årene (Molversmyr & Bergheim 1995). Av figuren kan leses hvor mange døgn konsentrasjonen har vært lavere enn en gitt verdi ( $4 \text{ mg O}_2/\text{l}$  er markert).

Temperaturen varierte gjennom året fra omlag  $0^\circ\text{C}$  i kalde vinterperioder til omlag  $20^\circ\text{C}$  om sommeren ( $8,6^\circ\text{C}$  i gjennomsnitt for året).

### 4.2.2 Stoffkonsentrasjoner

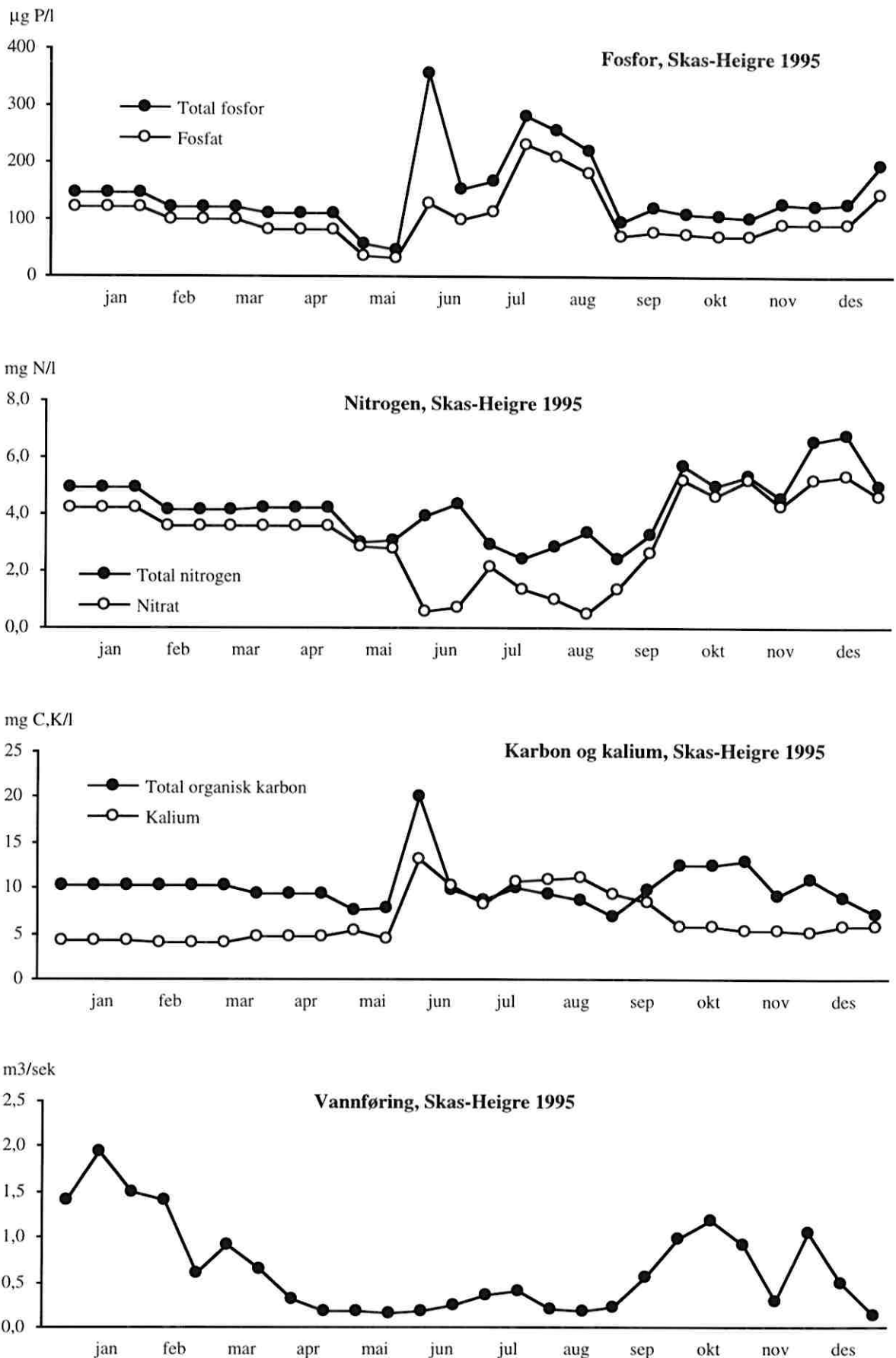
Konsentrasjonene av næringsstoffer (figur 8) viste tydelige variasjoner gjennom året. I begynnelsen av juni var det en kraftig konsentrasjonsøkning, som særlig kommer til uttrykk for fosfor, organisk karbon og kalium. Konsentrasjonen av total nitrogen økte ikke tilsvarende, men dette skyldes et kraftig avtak i nitrat. Nitratavtaket antas å skyldes nitratreduksjon (denitrifikasjon), og sammenfaller med det kraftige avtaket i oksygeninnhold i vannet (figur 6). Konsentrasjonsforløpet i begynnelsen av juni tyder derfor på tilførsler av lett nedbrytbart organisk stoff, sannsynligvis som følge av påvirkning av silopressaft. Dette underbygges også av den kraftige økningen i kaliuminnhold i vannet.

Utover sommeren holdt fosforkonsentrasjonene seg høye (særlig i juli - august), mens forhøyede konsentrasjoner av kalium og lavt innhold av nitrat i stor grad var sammenfallende med perioden med særlig lavt oksygeninnhold i vannet. Dette varte frem til vannføringen i kanalen økte mot slutten av september. Resultatene indikerer påvirkning av silopressaft gjennom hele perioden, men høyt fosforinnhold (særlig økningen i fosfat) kan også indikere utvasking eller søl etter utkjøring av naturgjødsel.

Det bemerkes at det tilsynelatende jevne konsentrasjonsnivået om vinteren og våren til en viss grad skyldes lengre blandprøveperioder som omtalt i metoddelen ovenfor.

I kanalen varierte total fosfor mellom 48 og  $358 \mu\text{g P/l}$  (middel  $146 \mu\text{g/l}$ ), fosfat mellom 31 og  $233 \mu\text{g P/l}$  (middel  $106 \mu\text{g/l}$ ), total nitrogen mellom 2,4 og  $6,8 \text{ mg N/l}$  (middel  $4,25 \text{ mg/l}$ ), nitrat mellom 0,5 og  $5,4 \text{ mg N/l}$  (middel  $3,26 \text{ mg/l}$ ), total organisk karbon mellom 6,9 og  $20,2 \text{ mg C/l}$  (middel  $10,12 \text{ mg/l}$ ) og kalium mellom 4,1 og  $13,3 \text{ mg K/l}$  (middel  $6,56 \text{ mg/l}$ ).





Figur 8. Periodiske middelkonsentrasjoner av fosfor, nitrogen, organisk karbon og kalium, samt middelvannføring i Skas-Heigre kanalen i 1995.

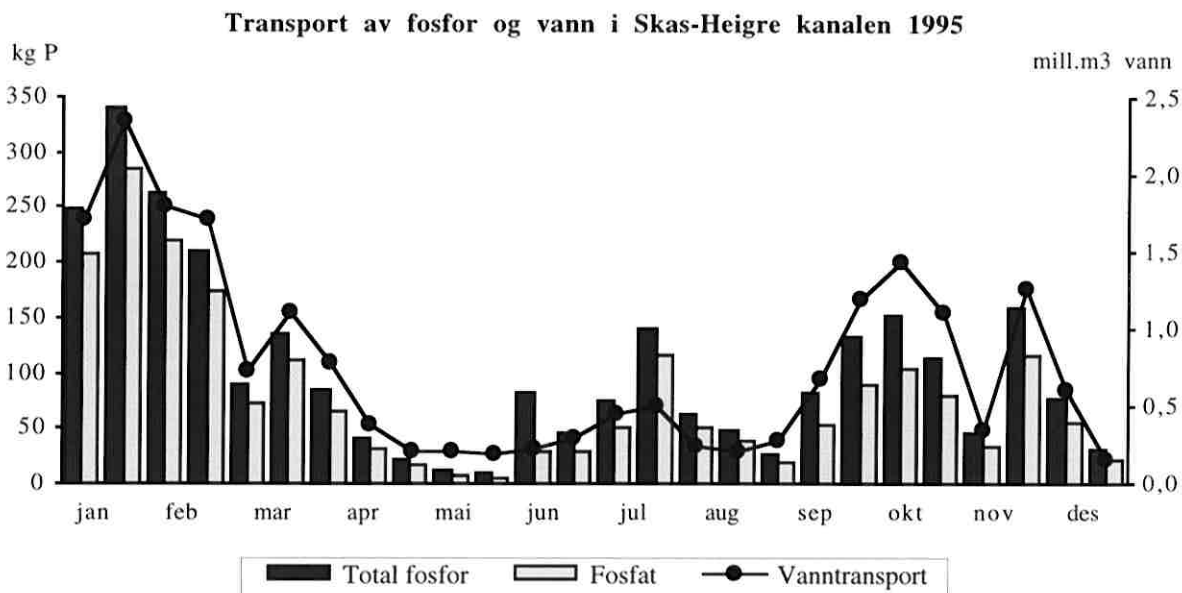
### 4.3 Stofftransport

Stofftransporten er beregnet for 14-dagers perioder, på grunnlag av de kjemiske analysene av blandprøvene og sum av vannavrenning i samme periode. Dette gir et bilde av den midlere stofftransporten i gjeldende periode, slik som vist i figurene 9 - 11. Årssum av stofftransport og vanntransport er vist i figur 12.

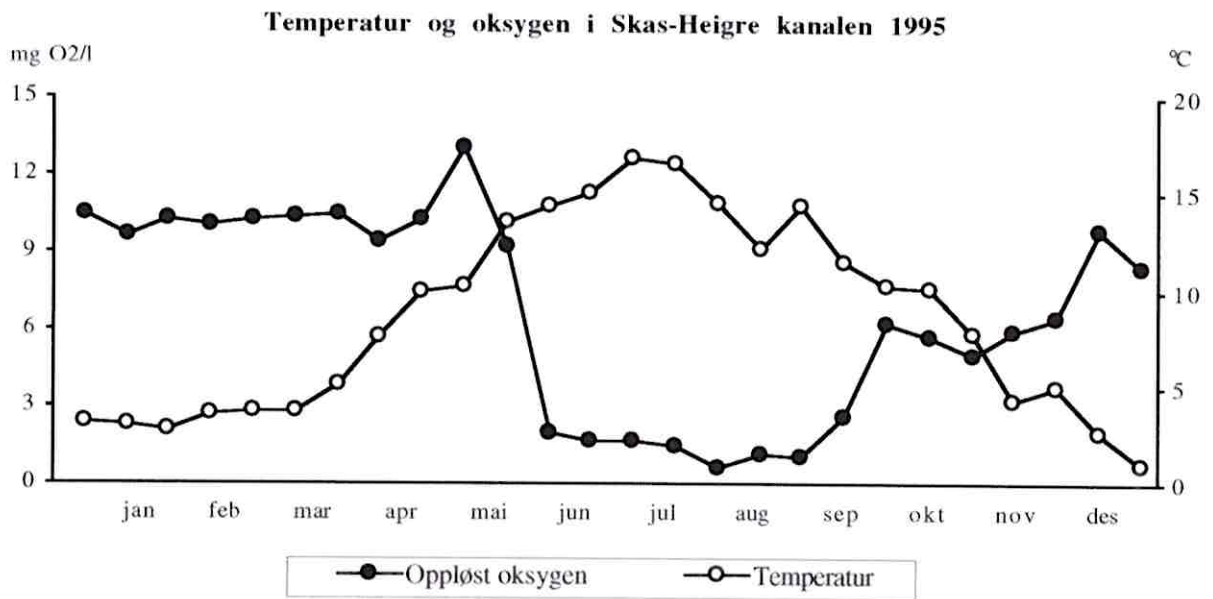
Stofftransporten står i nært samsvar med vannavrenningen, og variasjonene gjennom året følger i stor grad variasjonene i vannavrenning (figur 9 - 11). Lav avrenning om sommeren medførte at stofftransporten i perioden juni - september bidro relativt lite til den totale transporten, selv om konsentrasjonene i denne perioden høye (< 10% av årssummen for nitrogen og organisk karbon, og 15-20% for fosfor og kalium).

Siden stofftransporten er så nært knyttet til vannavrenningen, gir tallene i figur 12 ikke noe sikkert uttrykk for endringer over tid. Slike trender blir bedre uttrykt ved hjelp av mer direkte mål på vannkvalitet, og dette blir nærmere omtalt nedenfor. Det kan likevel bemerkes at nitrogentransporten var lavere mens fosfortransporten var noe høyere enn i 1994, den økte vanntransporten tatt i betraktning. Dette gjenspeiler lavere nitrogenkonsentrasjoner og høyere fosforkonsentrasjoner i 1995 (se nedenfor).

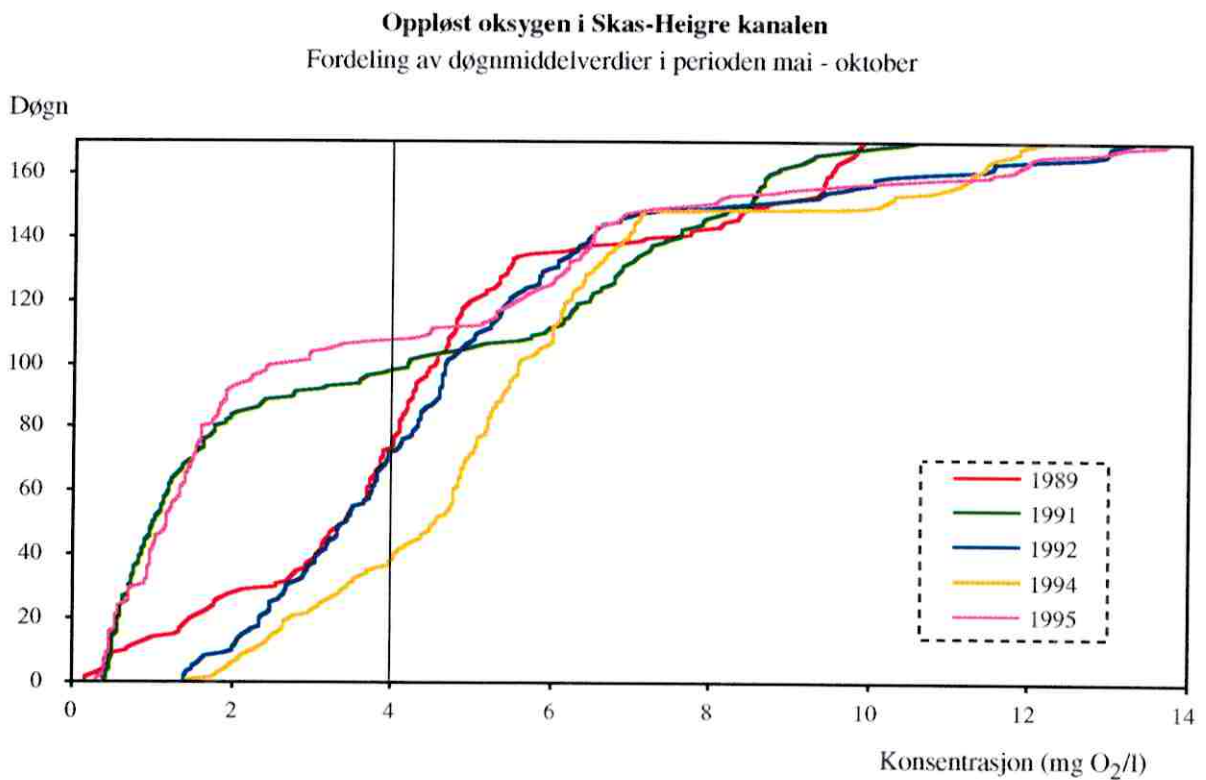
Når det gjelder årlig fosfortransport er det total fosfor som er fremstilt i figur 12. Fosfat har ikke vært undersøkt tidligere år, men det nevnes at årstransporten av fosfat var 2,09 tonn P som utgjorde 76% av transporten av total fosfor.



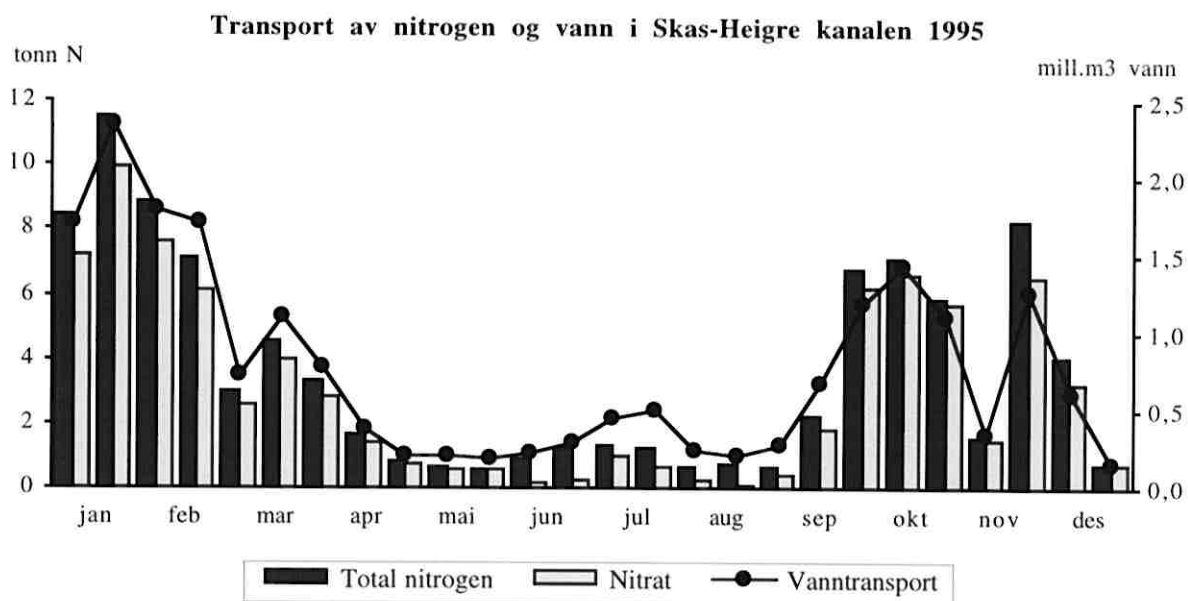
Figur 9. Transport av fosfor og vann i Skas-Heigre kanalen i 1995.



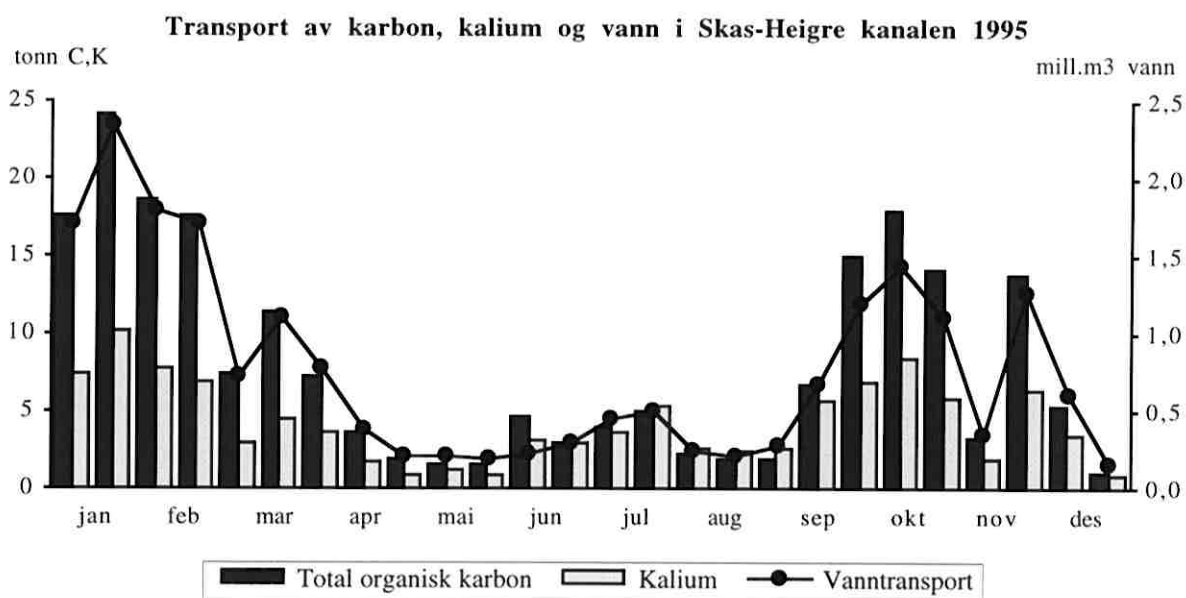
Figur 6. Temperatur og oppløst oksygen i Skas-Heigre kanalen i 1995 (angitt som 14-dagers middelerdier).



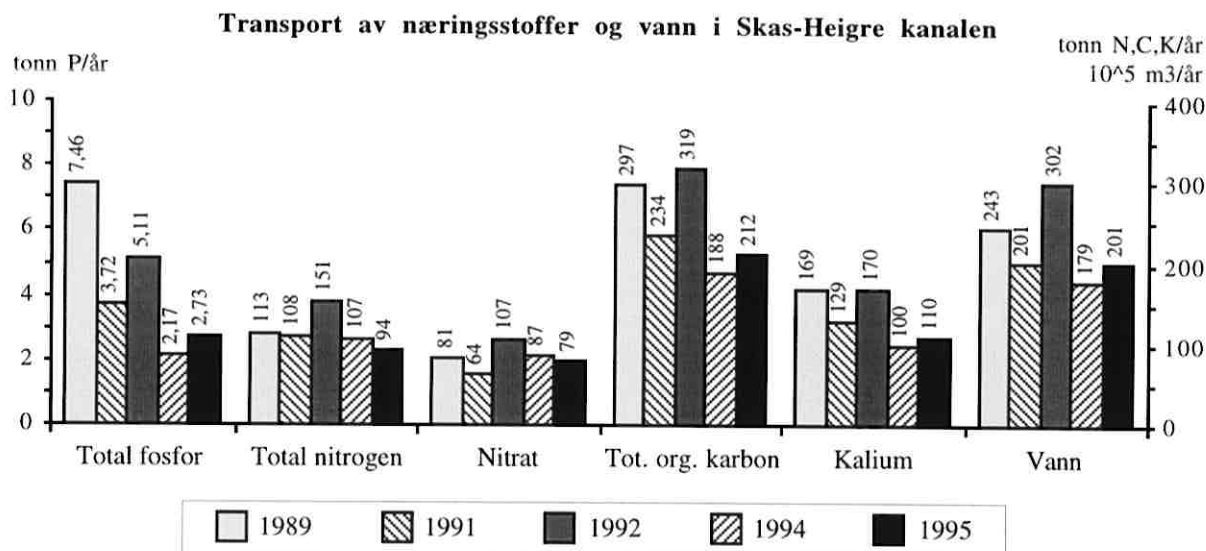
Figur 7. Fordeling av målte døgnmiddelerkonsentrasjoner av oppløst oksygen i Skas-Heigre kanalen i perioden mai - oktober 1995, sammenliknet med tilsvarende målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).



Figur 10. Transport av nitrogen og vann i Skas-Heigre kanalen i 1995.



Figur 11. Transport av organisk karbon, kalium og vann i Skas-Heigre kanalen i 1995.



Figur 12. Total årstransport av næringsstoffer og vann i Skas-Heigre kanalen i 1995, sammenliknet med tilsvarende målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).

## 4.4 Avrenningskoeffisienter

Avrenningskoeffisienter uttrykker avrent stoffmengde pr. arealenhet i nedbørfeltet, og gir et bilde av intensiteten i arealavrenningen. Avrenningskoeffisienter for fosfor, nitrogen, karbon, kalium og vann i 1995 er vist i tabell 1.

Avrenningskoeffisientene i tabell 1 gjenspeiler transporttallene vist i figur 12, og gir som disse ikke noe sikkert uttrykk for endringer over tid. Avtaket i fosforavrenning er imidlertid åpenbar, og er satt i sammenheng med endret gjødselpraksis og overgang til mindre fosforholdige gjødselslag (Molversmyr & Bergheim 1995).

I 1995 var flatespesifikk vannavrenning 22,6 liter/sek·km<sup>2</sup> i kanalens nedbørfelt. Hvor mye dette er i forhold til et normalår lar seg ikke beregne eksakt, men det ligger relativt nær opp til hva som er antatt som normalavrenning for dette feltet (Molversmyr & Bergheim 1995). Dette er også rimelig med tanke på at årsnedbøren var relativt nær normalen i 1995. Tallene for 1995 kan derfor antas å være relativt representative for et normalår under dagens forhold.

Avrenningskoeffisienter for fosfor og nitrogen er beregnet for flere arealtyper i Norge (Holtan & Åstebøl 1991). Avrenningskoeffisientene for jordbruksarealer oppgitt i slike veiledere er anslagsvise, og en har sett at koeffisientene kan variere mye selv innenfor begrensede geografiske områder (Molversmyr et al. 1989; Sanni & Tyvold 1989). Avrenningskoeffisienter beregnet i denne og tilsvarende undersøkelser, hvor vannføring og stofftransport måles med relativt høy nøyaktighet, vil derfor ha stor generell verdi for å forbedre grunnlagsmaterialet for teoretiske beregninger av forurensningstilførsler til resipienter.



Tabell 1. *Spesifikke avrenningskoeffisienter for Skas-Heigre kanalens totale nedbørfelt i 1995, sammenliknet med tilsvarende tall for tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).*

Parameter	Benevning	1989	1991	1992	1994	1995
Total fosfor	kg P/km <sup>2</sup> ·år	264	132	181	77	96
Fosfat	kg P/km <sup>2</sup> ·år	–	–	–	–	74
Total nitrogen	tonn N/km <sup>2</sup> ·år	3,99	3,83	5,33	3,77	3,32
Nitrat	tonn N/km <sup>2</sup> ·år	2,87	2,27	3,79	3,07	2,78
Total organisk karbon	tonn C/km <sup>2</sup> ·år	10,50	8,27	11,27	6,65	7,50
Kalium	tonn K/km <sup>2</sup> ·år	5,96	4,57	6,00	3,53	3,90
Vann	liter/sek·km <sup>2</sup>	27,3	22,6	34,0	20,1	22,6

For å beregne avrenningen fra jordbruksarealer er det benyttet avrenningskoeffisienter for areal typer utenom jordbruksarealer (Holtan & Åstebøl 1991), samt opplysninger om arealbruk i feltet og forurensningsbelastning fra befolkning (tall for 1994; Molversmyr & Bergheim 1995).

Korrigert for de nevnte bidragene blir spesifikke avrenningskoeffisienter for jordbruksarealene som angitt i tabell 2, og tallene inkluderer avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol. Igjen vises det klare avtaket i fosforavrenningen de senere årene, mens utviklingen i nitrogenavrenningen har vært mer uklar. Fosforavrenningen fra jordbruksarealene til kanalen har de siste par årene vært klart lavere enn funnet for andre sammenlignbare vassdrag på Jæren (Molversmyr et al. 1989, Molversmyr 1994), og mindre enn halvparten av hva Holtan & Åstebøl (1991) angir som veiledende for denne regionen.

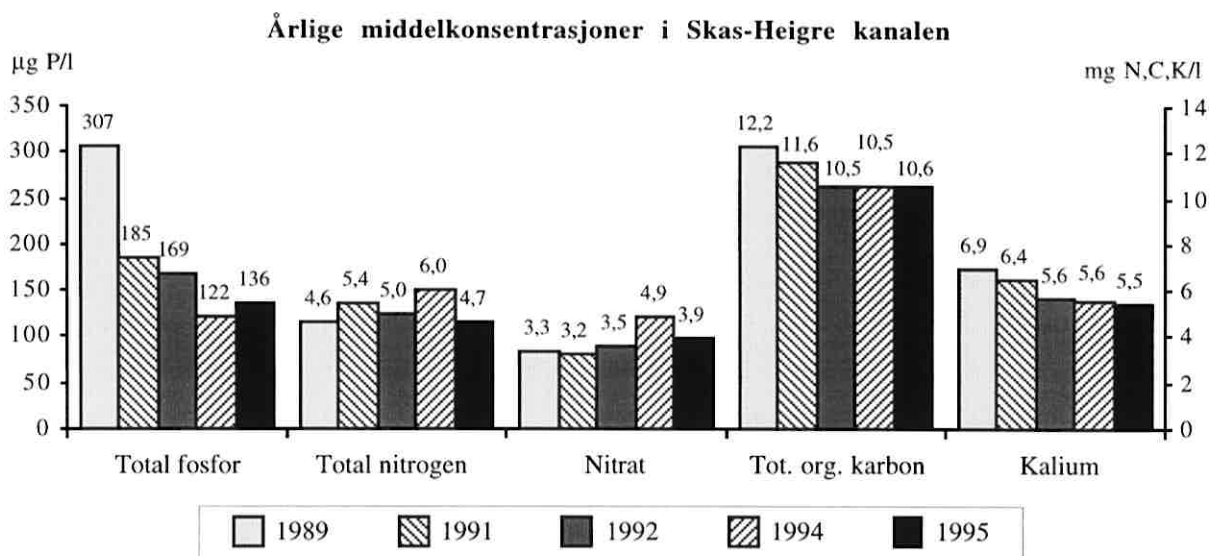
Tabell 2. *Avrenningskoeffisienter for jordbruksarealer (inkludert avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol.) for Skas-Heigre kanalens nedbørfelt i 1995, sammenliknet med tilsvarende tall for tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).*

Parameter	Benevning	1989	1991	1992	1994	1995
Total fosfor	kg P/km <sup>2</sup> ·år	232	127	114	76	88
Total nitrogen	tonn N/km <sup>2</sup> ·år	3,84	4,48	4,11	4,94	3,81

## 4.5 Vannkvalitet og forurensningsgrad

Stoffkonsentrasjoner, stofftransport og spesifikk stoffavrenning gir ulike uttrykk for forurensningsgrad/-mengde, og uttrykkene brukes vanligvis til forskjellige formål. Stofftransport brukes gjerne i forbindelse med belastning til resipient. Spesifikk avrenning brukes i forhold til forurensningskilden og beskriver intensiteten av arealavrenning. Stoffkonsentrasjoner uttrykker forurensningsgraden i vannløpet og er ofte grunnlag for sammenlikninger mellom elver.

Forurensningsgrad og vannkvalitet uttrykkes derfor best ved stoffkonsentrasjoner, som også vil gi best bilde av endringer i forurensningsbelastningen over tid. Årlige vannmengdeveide middelkonsentrasjoner i Skas-Heigre kanalen de senere årene er fremstilt i figur 13, beregnet som stofftransport delt på avrent vannmengde i de aktuelle årene. Dette konsentrasjonsmålet gir et bedre bilde av kanalens generelle forurensningstilstand enn gjennomsnittet av enkeltmålinger, som vil være representert av ulike vannmengder. Fosfat, som ikke er vist i figur 13, hadde i 1995 en vannmengdeveid middelkonsentrasjon på 104 µg P/l.



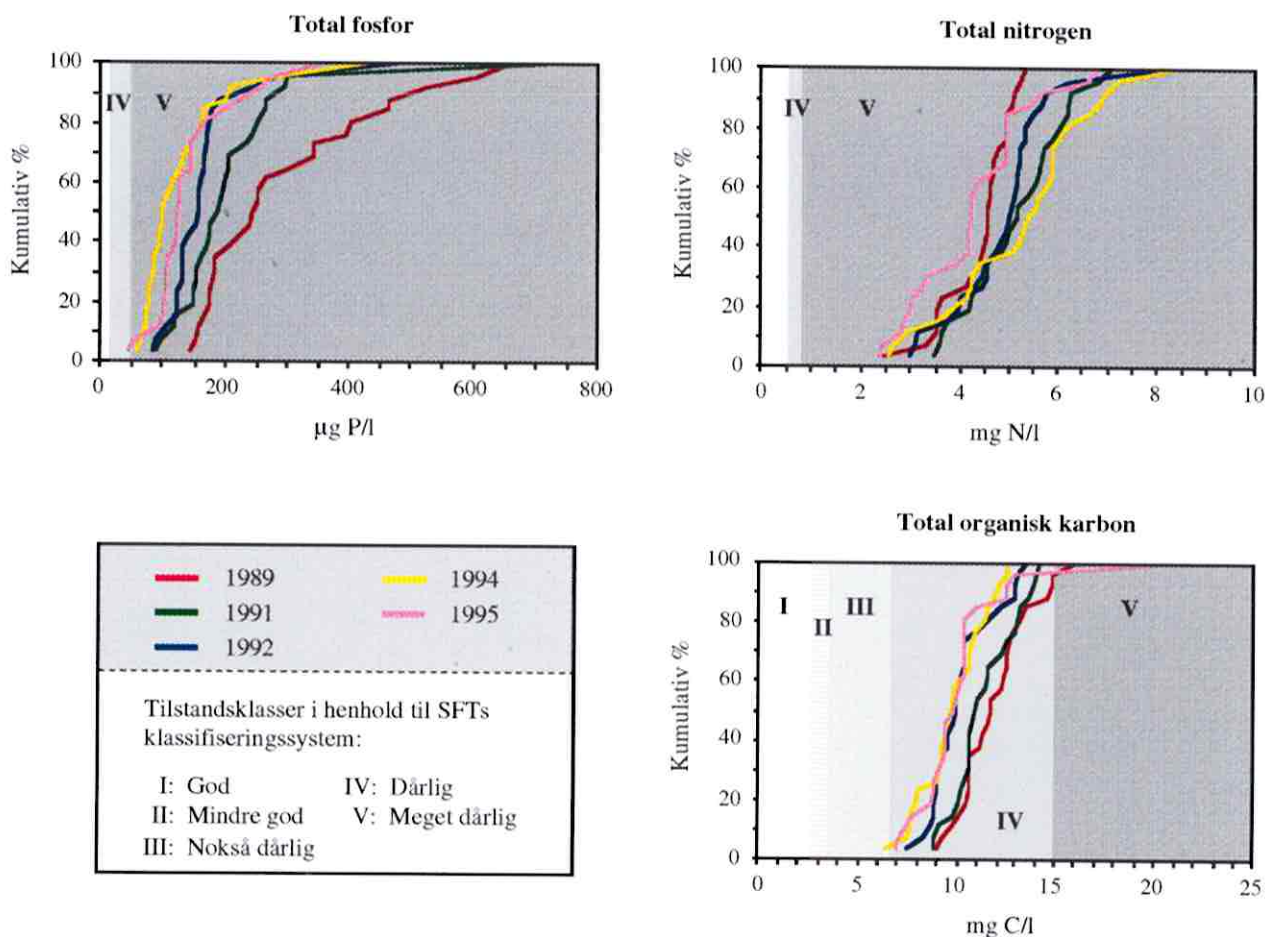
Figur 13. Vannmengdeveide middelkonsentrasjoner av næringsstoffer i Skas-Heigre kanalen i 1995, sammenliknet med målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).

Generelt er stoffkonsentrasjonene høye i Skas-Heigre kanalen, og for både fosfor og nitrogen tilsier middelkonsentrasjonene en plassering i høyeste tilstandsklasse ("meget dårlig") i SFTs vannkvalitetssystem (Holtan & Rosland 1992). For total organisk karbon tilsier middelkonsentrasjonene i kanalen en plassering i tilstandsklasse "dårlig". Dette framgår av figur 14 der analyseresultatene fra hvert år er plottet kumulativt mot målt konsentrasjon, og der konsentrasjonsområder for tilstandsklasser i henhold til SFTs vannkvalitetssystem er inntegnet.

Av figur 13 - 14 framkommer klart nedgangen i fosforkonsentrasjonene de senere årene, men det ble registrert en svak økning igjen fra 1994 til 1995 som følge av en større hyppighet av middels høye konsentrasjoner (i området 100-150 µg P/l). Nitrogenkonsentrasjonene har derimot ikke fulgt samme trend - dataene kan faktisk indikere økte nitratkonsentrasjoner. For total organisk karbon og kalium har det også vært avtakende konsentrasjoner de senere årene, men nivåene i 1995 var omtrent som året før.

SFTs vannkvalitetssystem klassifiserer også forurensningsgrad, men her må det tas hensyn til forventet naturtilstand og beregnet avvik fra denne. Hvilke bakgrunnskonsentrasjoner en kan anta for Skas-Heigre kanalen er uvisst, men de kan forventes relativt høye sett i lys av at deler av området tidligere var sjøbunn. Likevel vil kanalen etter SFTs system måtte klassifiseres som "meget sterkt forurenset" med hensyn til både fosfor, nitrogen og organisk karbon.

Stoffkonsentrasjonene og endringene i disse gjenspeiles også i forholdet mellom stoffene, slik de er fremstilt i tabell 3. Her er stoff-forhold (på atombasis) basert på årlige middelkonsentrasjoner vist, og innholdet av karbon, nitrogen og kalium er angitt relativt til innholdet av fosfor, samt nitrogen relativt til kalium. Det framgår at N:P forholdet har økt klart de senere årene, men avtok igjen i 1995 til et nivå noe høyere enn for årene 1991-92. Endringene er først og fremst et uttrykk for den reduserte fosforkonsentrasjonen, men avtaket i 1995 gir uttrykk for



Figur 14. Frekvensfordeling av konsentrasjon av total fosfor, total nitrogen og total organisk karbon i Skas-Heigre kanalen i 1995, sammenliknet med målinger fra tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).

både lavere nitrogenverdier og høyere fosforverdier enn året før. N:P forholdet i kanalen var uvanlig høyt i 1994; til sammenligning var f.eks. N:P forholdet i to jordbrukspregede bekker i Orrevassdraget (Frøylandsåna og Andabekken) 50-70:1 for perioden 1989-92 (Molversmyr 1994).

Tabell 3. Relative stoff-forhold (på atombasis) basert på årlige middelkonsentrasjoner i Skas-Heigre kanalen i 1995, sammenliknet med tilsvarende tall for tidligere år (Molversmyr & Bergheim 1995).

Stoff-forhold	1989	1991	1992	1994	1995
C:N:P	103:33:1	162:64:1	161:65:1	223:108:1	201:76:1
K:P	18:1	28:1	26:1	36:1	32:1
N:K	1,9:1	2,3:1	2,5:1	3,0:1	2,4:1

## 4.6 Konklusjoner

Skas-Heigre kanalens nedbørfelt er dominert av jordbruksaktivitet som legger beslag på omlag 85% av arealet. For 1995 er den flatespesifikke avrenning fra jordbruksarealene i feltet beregnet til 88 kg P/km<sup>2</sup>·år og 3800 kg N/km<sup>2</sup>·år (iberegnet avrenning fra gjødsellagre, melkerom, silo, ol.). Avrenningen av fosfor er klart lavere enn funnet for andre jordbruksfelter i regionen.

Utfra SFTs vannkvalitetssystem hører kanalen inn under høyeste tilstandsklasse ("meget dårlig") og høyeste forurensningsklasse ("meget sterkt forurenset") for fosfor og nitrogen. Konsentrasjonene av organisk stoff (TOC) tilhører nest høyeste tilstandsklasse ("dårlig"). Sterk oksygenvikt (< 4 mg O<sub>2</sub>/l) i kanalen er et årlig fenomen om sommeren. Etter at slike perioder de siste årene har blitt kortere, ble det i 1995 registrert en svært lang periode med sterk oksygenvikt, lengre enn i noe tidligere år hvor dette er undersøkt.

De senere årene er det registrert en betydelig nedgang i konsentrasjonen av fosfor i kanalen, men i 1995 ble det registrert en svak økning fra 1994 som følge av større hyppighet av middels høye konsentrasjoner. Nitrogenkonsentrasjonene har ikke fulgt samme trend, og dataene fra 1995 viser et markert avtak i forhold til året før da nitrogenkonsentrasjonene var særlig høye. Konsentrasjonene av total organisk karbon og kalium har også vært avtakende de senere årene, men i 1995 var nivåene omtrent som året før.

Totalt synes tilstanden i Skas-Heigre kanalen i 1995 å være noe forverret i forhold til året før, men det er foreløpig uklart om den positive trenden som er observert de senere årene er stoppet opp eller reversert. Raskt oksygenavtak i begynnelsen av juni, vedvarende oksygenvinn og økte stoffkonsentrasjoner i sommerperioden indikerer at kanalen fortsatt er relativt betydelig påvirket av silopressaft, og utvasking eller søl etter utkjøring av gjødsel.

- Holtan, H. & D.S. Rosland, 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. *SFT-veiledning nr 92:06, TA-905/1992: 32s.*
- Holtan, H. & S.O. Åstebøl, 1991. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til fjorder og vassdrag. Revidert utgave - november 1991. *Statens forurensningstilsyn, rapport nr. 91:10, TA-774/1991: 53s.*
- Horpestad, J.L., 1988. Brukerveiledning for programmet Squirrel-to-Mac. *Rogalandsforskning, arbeidsnotat RF-138/88.*
- Køhler, J.C., 1987. Vannføringsmålinger i bekker ved saltfortynningsmetoder. *GEFO: 16s.*
- Molversmyr, Å., 1994. Landbruksforurensa vassdrag. Undersøkelse av stofftransport i Frøylandsåna (Lindlandsbekken) og Andabekken (Lalandsbekken) i perioden 1989 - 1992. *Rogalandsforskning, rapport RF-26/92: 25s.*
- Molversmyr, Å. & A. Bergheim, 1995. Undersøkelser av stofftransport i Skas-Heigre kanalen i perioden 1989 - 1994.- *Rogalandsforskning, rapport RF-95/220: 43s.*
- Molversmyr, Å., S. Sanni & T. Tyvold, 1989. Basisundersøkelse av Figgjovassdraget 1984 - 1987. *Rogalandsforskning, rapport RF-219/89: 131s.*
- Otnes, J. & E. Ræstad, 1978. Hydrologi i praksis. Annen utgave. - *Ingeniørforlaget: 314s.*
- Sanni, S. & T. Tyvold, 1989. Ims-Lutsi, Hogstadbekken. Feltmålinger av forurensningstilførsler fra landbruket. - *Rogalandsforskning, rapport RF-69/89: 45s.*



# DATAVEDLEGG

**KJEMISK/FYSISKE ANALYSEVERDIER OG AVRENNINGSDATA, SKAS-HEIGRE KANALEN 1995.**  
(Det er middelevdier for angitte delperioder som er vist i tabellen. Nedbør er vist som periodesum ved NMIs stasjon Sola)

Periode	Tot-P µg/l	PO4-P µg/l	Tot-N mg/l	NO3-N mg/l	TOC mg/l	K mg/l	Temp. °C	Oppl. O2 mg/l	Vannfør. m3/sek	Nedbør mm	Merknad
4.jan - 17.jan	146	121	4,93	4,24	10,3	4,4	3,2	10,5	1,41	87,5	↑
18.jan - 31.jan	146	121	4,93	4,24	10,3	4,4	3,0	9,7	1,94	84,3	6-ukers blandprøve
1.feb - 14.feb	146	121	4,93	4,24	10,3	4,4	2,8	10,2	1,49	86,1	↓
15.feb - 28.feb	123	101	4,15	3,60	10,3	4,1	3,6	10,1	1,42	85,2	↑
1.mar - 14.mar	123	101	4,15	3,60	10,3	4,1	3,7	10,2	0,60	36,0	6-ukers blandprøve
15.mar - 28.mar	123	101	4,15	3,60	10,3	4,1	3,7	10,4	0,91	75,2	↓
29.mar - 11.apr	110	83	4,23	3,60	9,4	4,7	5,1	10,5	0,64	42,5	↑
12.apr - 25.apr	110	83	4,23	3,60	9,4	4,7	7,6	9,4	0,32	34,3	6-ukers blandprøve
26.apr - 9.mai	110	83	4,23	3,60	9,4	4,7	10,0	10,3	0,17	24,6	↓
10.mai - 23.mai	56	37	2,99	2,85	7,5	5,4	10,2	13,1	0,18	17,3	
24.mai - 6.jun	48	31	3,04	2,81	7,8	4,6	13,5	9,2	0,16	13,8	
7.jun - 20.jun	358	130	3,95	0,59	20,2	13,3	14,4	1,9	0,19	33,5	
21.jun - 4.jul	153	100	4,36	0,73	9,9	10,3	15,1	1,7	0,24	5,2	
5.jul - 18.jul	168	116	2,92	2,17	8,8	8,3	16,8	1,6	0,37	55,6	
19.jul - 1.aug	282	233	2,45	1,35	10,0	10,7	16,5	1,4	0,41	34,5	↑
2.aug - 15.aug	256	211	2,84	0,97	9,4	10,9	14,5	0,6	0,20	1,1	3-ukers blandprøve
16.aug - 29.aug	223	183	3,33	0,50	8,7	11,3	12,2	1,1	0,18	19,2	↓
30.aug - 12.sep	98	72	2,40	1,39	6,9	9,3	14,4	1,1	0,23	21,7	
13.sep - 26.sep	120	80	3,28	2,65	9,8	8,4	11,5	2,6	0,56	95,7	
27.sep - 10.okt	112	74	5,70	5,23	12,6	5,8	10,3	6,2	0,99	88,1	
11.okt - 24.okt	106	73	4,98	4,61	12,5	5,9	10,1	5,7	1,18	108,4	
25.okt - 7.nov	103	72	5,39	5,20	12,9	5,3	7,8	5,0	0,91	49,5	
8.nov - 21.nov	129	94	4,57	4,27	9,2	5,5	4,3	5,9	0,29	21,8	
22.nov - 5.des	126	92	6,58	5,22	11,0	5,1	5,0	6,4	1,04	61,7	
6.des - 19.des	129	94	6,79	5,38	8,9	5,9	2,7	9,8	0,49	36,3	
20.des - 2.jan	198	147	4,98	4,66	7,1	5,8	0,9	8,4	0,13	17,4	
Vannm.veid middel:	136	104	4,68	3,91	10,6	5,5	-	-	-	1237*	*: Periodesum
Aritmetisk middel:	146	106	4,25	3,26	10,1	6,6	8,6	6,6	0,64	47,6	
Median:	125	97	4,23	3,60	9,9	5,4	8,9	7,4	0,45	36,2	
Minimum:	48	31	2,40	0,50	6,9	4,1	0,9	0,6	0,13	1,1	
Maksimum:	358	233	6,79	5,38	20,2	13,3	16,8	13,1	1,94	108,4	