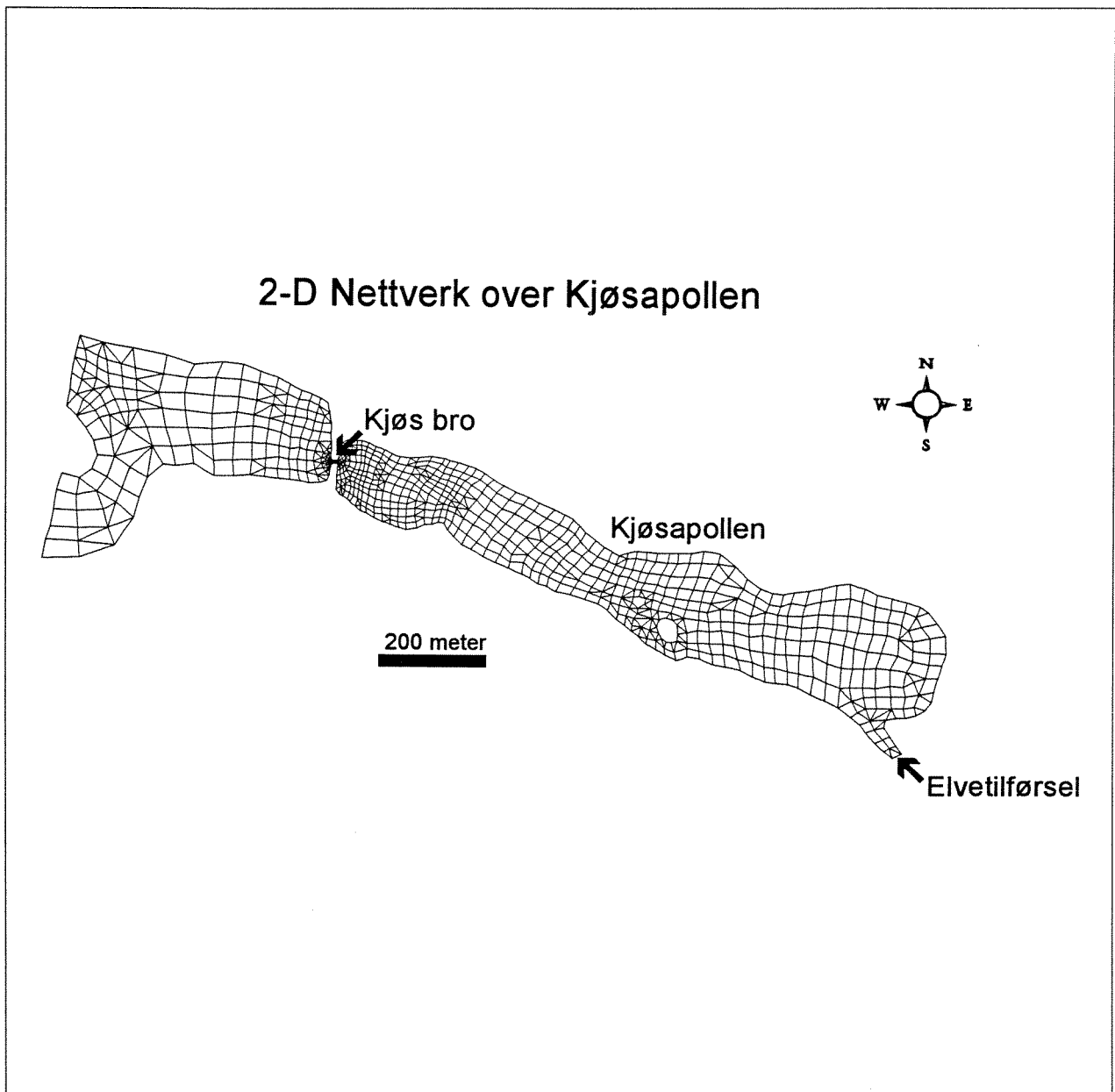


RAPPORT LNR 3643-97

Riksveg 60 Kjøsapollen i Hornindal

Vurdering av kulvert og
vassutskifting



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 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 A/S

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

Tittel Riksveg 60 Kjøsapollen i Hornindal Vurdering av kulvert og vassutskifting	Løpenr. (for bestilling) 3643-97	Dato Mars 1997
	Prosjektnr. Undernr. O-96226	Sider Pris 27
Forfatter(e) Golmen, Lars G. Nygaard, Einar	Fagområde Hydrofysiske målinger/modeller	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens Vegvesen Sogn og Fjordane, 5840 Hermansverk	Oppdragsreferanse Olav Svangstu
---	------------------------------------

Sammendrag Kjøsapollen er ein liten ferskvassresipient som har samband med Hornindalsvatnet i Nordfjord gjennom ein kulvert i ei relativt ny 120 m lang vegfylling . Åpningen i kulverten er 8x2 m. Vassprøver som er tekne dei seinare åra syner at vasskvaliteten i Kjøsapollen tidvis er redusert, og tenderer mot SFTs tilstandsklasse "Mindre god" eller "Nokså dårlig". På oppdrag frå Statens vegvesen, Sogn og Fjordane, har NIVA foretatt målingar av strøm og vasstand i pollen, samt utført innleiande modellering av vass-sirkulasjon for å studere kva effekt vegfyllinga har på utskiftinga. Målingane synte at vatn strøymer inn i pollen frå Hornindalsvatnet i om lag 20 % av tida, delvis på grunn av periodiske svingingar i Hornindalsvatnet. Modelleringa syner tendens til ei bakevje på sørsida innafor fyllinga, og at evt. ny opning i fyllinga vil ha størst positiv effekt der. Det er tilrådd å analysere tilførselene til pollen grundigare både frå lokale kjelder og gjennom Storelva før ein set i verk omfattande tiltak for vegfyllinga.

Fire norske emneord 1. Numerisk modell 2. Vasskvalitet 3. Hornindalsvatnet 4. Kjøsapollen	Fire engelske emneord 1. Numerical model 2. Water quality 3. Lake Hornindalsvatn 4. Kjøsapollen
---	---



Lars G. Golmen
Prosjektleder

ISBN 82-577-3204-4



Bjørn Braaten
Forskningssejef

NIVA prosjektnr. 96226

Riksveg 60 Kjøsapollen i Hornindal

Vurdering av kulvert og vassutskifting

NIVA
Norsk institutt for vannforskning
Vestlandsavdelinga, Bergen

Mars 1997

Lars G. Golmen
Einar Nygaard

FORORD

Denne rapporten som omhandlar Kjøsapollen i Hornindal, er utarbeidd av NIVA på oppdrag frå Statens vegvesen, Sogn og Fjordane. Forarbeidet til rapporten tok eigentleg til i 1995, då Hornindal kommune anmoda NIVA om å få utført nokre strømmålingar under Kjøs bru. Bakrunnen for dette var auka fokus på den forringa vasskvaliteten i Kjøsapollen. Eit av spørsmåla var kva vegfyllinga hadde å sei for vassutskiftinga. NIVA har sidan 1994 hatt gåande eit måleprogram i Hornindalsvatnet, og det var dermed naturleg å kunne ta fatt i Kjøsapollen i nye vurderingar.

Strømmålingane vart utført hausten 1995, men blei ikkje analysert og presentert før i foreliggende rapport. Statens vegvesen kom inn i biletet hausten 1996, i samband med vurdering av miljøtiltak i den nye vegplanen, der RV 60 og Kjøsapollen står som aktuell for vidare vurderingar og evt. tiltak.

I den samanheng ba vegvesenet NIVA om å foreta innleiande utrekningar omkring vegfyllinga og moglege effektar av denne på vasskvaliteten. Prosjektet kom i gang i oktober 1996, med automatiske målingar av vasstanden inne i pollen og innleiande modellbetrakingar. Den avtalte økonomiske ramma for arbeidet var 27.000 kr, inklusive sluttrapporten.

Miljøvernleiaren i Hornindal kommune, Ståle Hatlelid har bistått NIVA under befaringane og med utplassering og opptak av måleutstyr. Olav Svangstu har vore sakshandsamar hos vegvesenet. Oseanograf Einar Nygaard hos NIVA har stått for dataanalysar og modellberekningar, mens Lars G.Golmen har vore prosjektleiar og hovudansvarleg for rapporten.

Innhold

FORORD	3
SAMANDRAG	5
1. INNLEIING	6
1.1. PROBLEMSTILLINGAR OG MÅLSETTING MED RAPPORTEN	6
1.2. KJØSAPOLLEN OG VEGBRUA	6
1.3. MILJØTILSTANDEN	9
2. NIVAS MÅLEPROGRAM I 1995-96	11
2.1 MÅLING AV STRØM UNDER KJØS BRU	11
2.2 MÅLINGAR AV VASSTANDEN I KJØSAPOLLEN	12
3. MÅLERESULTAT	13
3.1 MÅLINGAR AV STRØM	13
3.2. MÅLINGANE AV VASSTANDEN I POLLEN	16
3.3. NEDBØRSDATA	18
4. INNLEIANDE MODELLBEREKNINGAR	19
4.1. MODELLEN SMS/RMA-2	19
4.2. INPUT TIL MODELLEN	20
4.3. RMA-4 MODULEN	20
4.4. NØKRE RESULTAT	20
5. DISKUSJON OG KONKLUSJONAR	26
REFERANSAR	27

SAMANDRAG

Kjøsapollen i Hornindal har i dei siste åra hatt symptom på redusert vasskvalitet, og det har vore stilt spørsmål omkring kva tiltak som kan setjast i verk for å betre denne. Eit alternativ som har vore nemnt, er å lage større opning i dagens vegfylling ved utløpet. Eit anna alternativ er å setje i verk begrensingstiltak for tilførsle av nærings salt frå nedslagsfeltet.

NIVA har på bakgrunn av dette på oppdrag frå Statens vegvesen i Sogn og Fjordane foretatt nokre innleiande vurderingar av tilstanden i pollen, og påpeika kva tiltak som evt. kan setjast i verk.

Ut frå eksisterande data kan tilstanden i Kjøsapollen når det gjeld fosfor klassifiserast som "Mindre god" eller tildels "Nokså dårleg" i høve til SFTs system. Storelva (Sindreelva) syner teikn på overbelastning. Oksygenverdiar i Kjøsapollen har synt tilfelle med kraftig overmetning (130-140 %), som kan vere eit eutrofieringssymptom.

NIVA har i 1995 og 1996 gjennomført strømmålingar under brua i vegfyllinga og målingar av vasstanden inne i Kjøsapollen for å få litt supplerande data for vurderingar av vassutskiftinga.

Strømmålingane synte at det er innstrøyming i om lag 20 % av tida, sjølv om inn-fluksen som oftast er liten. Det er ein periodisitet i inn/utstrøyminga når tilrenninga er liten, med periodar på 1-3 timar som går igjen. Dette er sannsynlegvis knytt til svingingar ute i Hornindalsvatnet.

Vi har gjort innleiande studiar av vass-sirkulasjon ved hjelp av ein 2-dimensjonal hydrodynamisk modell. Resultata så langt indikerer at ved relativt stor vassføring er det tendens til ei bakevje innfor brua på sørsida.

Ei ekstra opning i vegfyllinga, og då helst i sørenden av fyllinga, vil forbetre vassutskiftinga og vasskvaliteten. Men det er tilrådd først å vurdere kva tilførselsbegrensingar som kan iverksetjast for å oppnå tilfredsstillande resultat, og om desse evt. i seg sjølve kan vere tilstrekkeleg.

Basert på det begrensa prøvematerialet, er det antyda at 20 % reduksjon i fosfortilførsler kan vere nok til å gje tilfredsstillande vasskvalitet. Truleg kjem det meste av fosfortilførsle med Storelva. Men det kan også vere andre lokale kjelder som gir opphav til den reduserte vasskvaliteten.

1. Innleiing

1.1. Problemstillingar og målsetting med rapporten

Prosjektet som denne rapporten bygger på, har hatt følgjande målsettingar:

- Sette opp “miljøstatus” for Kjøsapollen, så langt det finns relevante data og opplysningar.
- Foreta målingar av vasstand (variasjon i overflatenivå).
- Foreta innleiande vurderingar om kva innverknad vegfyllinga har på vasskvaliteten.
- Vurdere framtidige tiltak for å forbetre vasskvaliteten.

1.2. Kjøsapollen og vegbrua

Kjøsapollen ligg i indre (austlege) enden av Hornindalsvatnet (fig. 1.1, 1.2 og 1.3). Lengda er ca 1.600 meter rekna frå brua og innover. Breidda varierer frå ca 150 m på det smalaste til knapt 300 m på det breiaste, lengst inne. Storelva (Sindreelva) renn ut i inste enden, og har middelvassføring på 2,3 m³/s. Nedslagsfeltet er anslagsvis 45 km² (NIVA 1988).

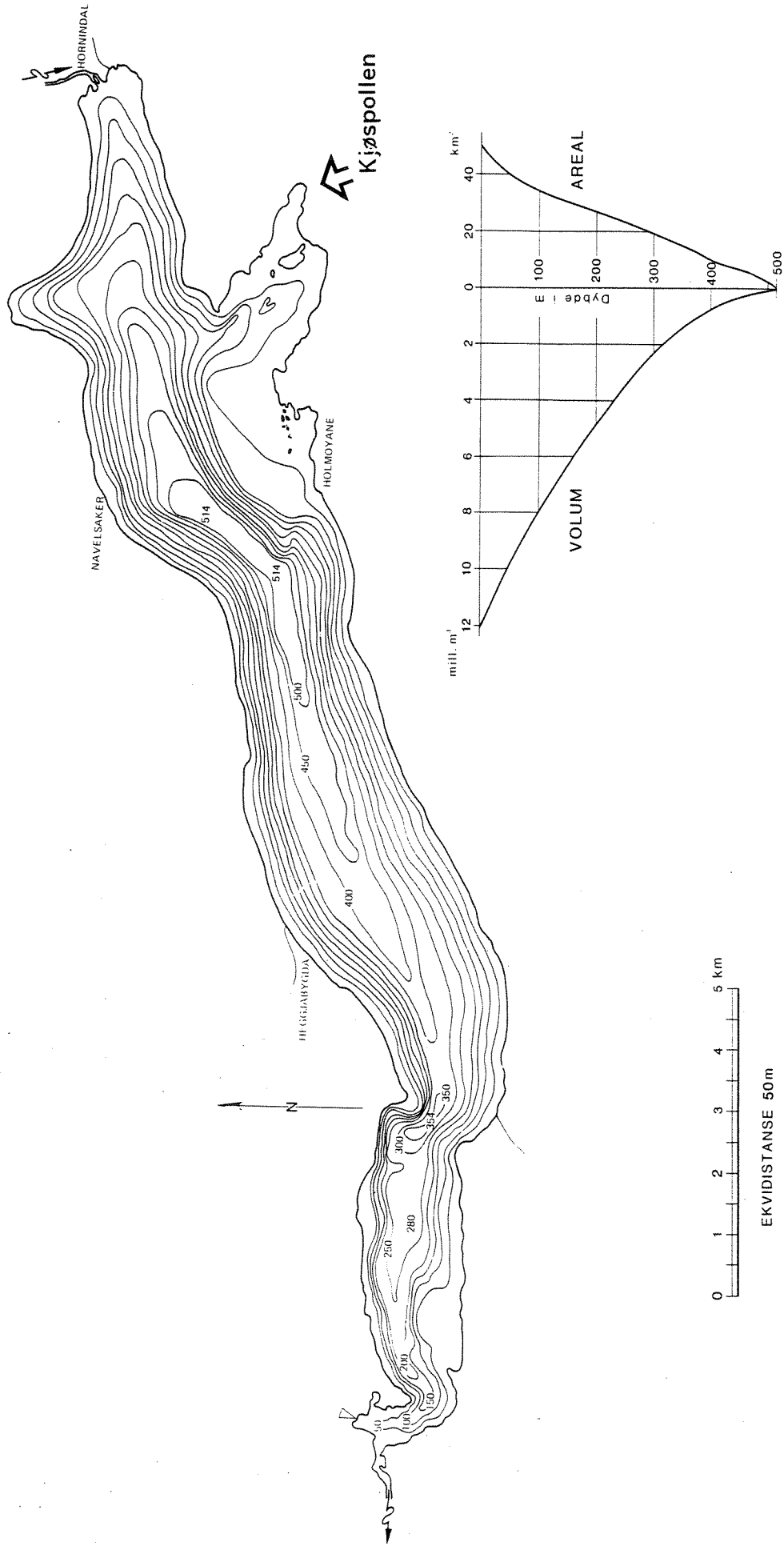
Overflatearealet til pollen er om lag 0,4 km² (400 da). Eksakte djupnemål for Kjøsapollen ligg ikkje føre. NIVA foretok ei enkel opplodding med ekkolodd hausten 1996, for å få eit visst grunnlag for vidare berekningar. Største målte djup var 28 meter om lag 500 m frå inste enden. Fig. 1.4 syner eit riss langs pollen, basert på NIVAs omtrentlege opplodding. Samla vassvolum er på basis av dette anslått til 3.5 mill m³.

Teoretisk midlare opphaldstid er om lag 16 døgn, basert på middelvassføring i Storelva. I praksis vil opphaldstida variere både i høve til tid på året, og for ulike sjikt.

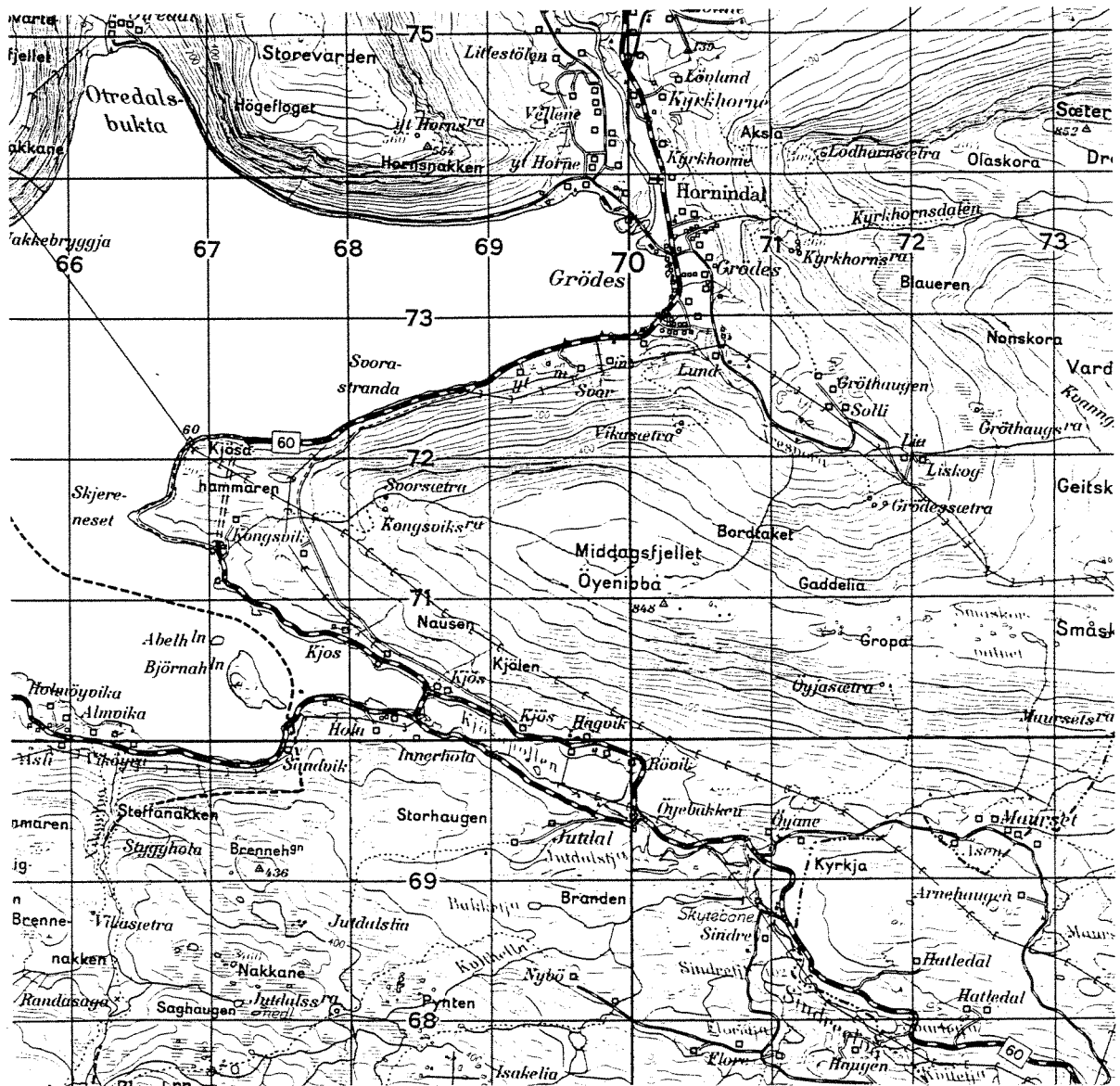
Vegfyllinga med brua er 120 m lang. Den var ferdig i 1968. Bruopningen er ca 8 m brei, og djupna er om lag 2 m midt i renna.

Kjøsapollen er islagt kvar vinter. Eit fenomen som ser ut til å gå igjen er eit godt garnfiske i perioden like etter at isen går om våren (Ståle Hatlelid, Hornindal kommune, pers. medd.).

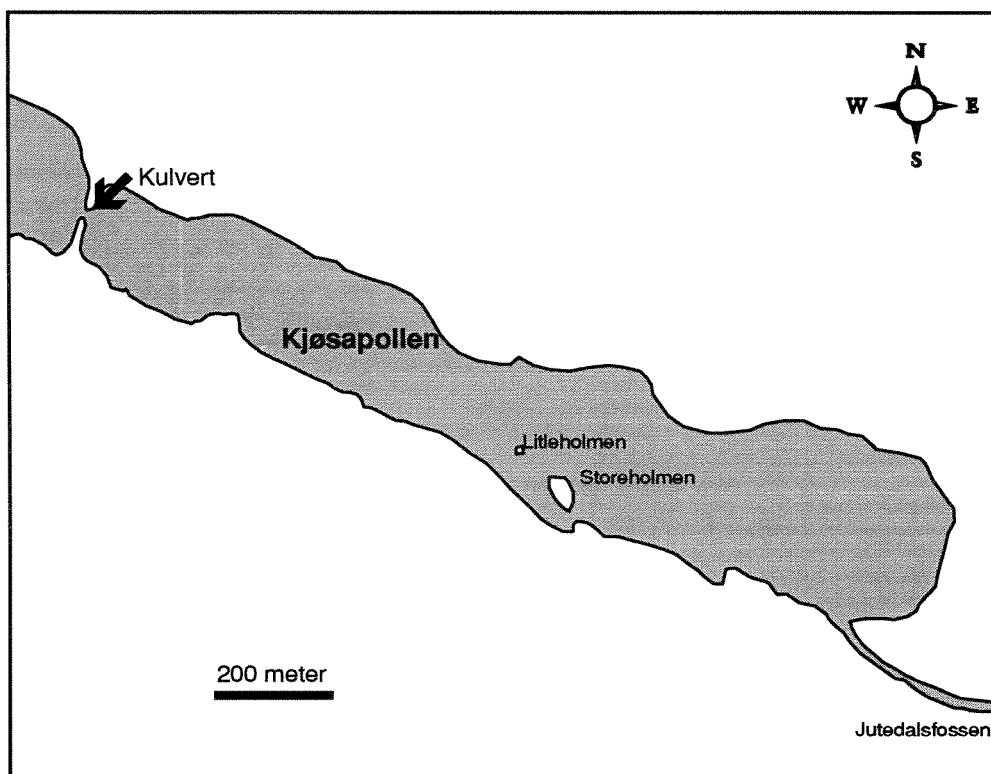
HORNINDALSVATNET 53 m.o.h.



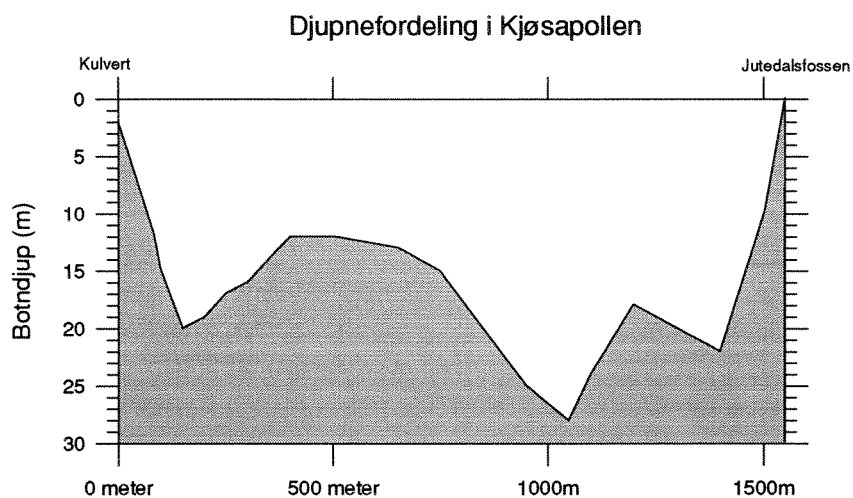
Figur 1.1. Hornindalsvatnet med Kjøspollen. (Frå NVE, 1984, teikna etter K. M. Strøm m.fl.).



Figur 1.2. Utsnitt av land-kart med målestokk 1:50.000 som viser indre deler av Hornindalsvatnet med Kjösapollen.



Figur 1.3. Skisse av Kjøsapollen med bru og fylling.



Figur 1.4. Djupneriss langs Kjøsapollen frå brua (kulverten) og innover, basert på NIVAs opplodding i 1996.

1.3. Miljøtilstanden

NIVA har ikkje gjennomført eigen prøvetaking i Kjøsapollen eller tilstøytande vassdrag i samband med prosjektet. I NIVAs prosjektforslag inngikk den relativt ambisiøse målsettinga at det skulle settast opp ein "miljøstatus" for Kjøsapollen, dersom det eksisterte tilstrekkeleg med opplysningar til dette.

Det er gjort nokre granskingar tidlegare. NIVA foretok berekningar av tilførsler til Hornindalsvatnet frå Storelva som renn ut inst i Kjøsapollen i 1987 (NIVA 1988). Denne elva har store deler av sitt nedbørsfelt i Stryn kommune. Samla tilførsler av fosfor og nitrogen blei rekna til h.h.v. 525 og 11.650 kg pr år.

I samband med ei studieoppgåve på SINTEF blei det i 1994 tatt ulike vassprøver m.a. i Storelva, nær utløpet til Kjøsapollen (NTH 1995). Vi antar at prøvetakinga følgde gjeldande normer (SFT 1989, NIVA 1990). Nokre av resultatata ved dei ulike prøvetakingstidspunkta var som følgjer:

Dato->	28.06.94	12.07.94	26.07.94	25.10.94
Fargetal	28	23	27	-
Tot-P, µg/l	13,4	6,8	6,3	9,8 *
Tot-N, µg/l	95	<50	89	99 *

*) Prøver tatt litt lenger oppe i elva enn tidlegare

Det var registrert relativt høgt fargetal ved utløpet av Storelva. Verdiane oversteig tildels mykje krava til drikkevatt. Det var begroing som medførte sleipe steinar nær utløpet. For N og P var det generelt sett auka verdiar i høve til prøver tatt av NIVA i 1987 (NIVA 1988).

Prøver frå sjølve Kjøsapollen i 2 m djup i 1994 (NTH 1995):

Dato->	11.07.94	25.07.94	09.08.94
Oksygen, mg/l	-	9,8	14,4
Turbiditet, NTU	0,95	0,7	1,20
Tot-P, µg/l	7,7	10,2	13,2
Tot-N, µg/l	102	129	268

I høve til konsentrasjonane målt i elva er det tidvis tale om forhøya konsentrasjonar i Kjøsapollen. Dette kan tyde på påverknad også frå lokale kjelder. Oksygenkonsentrasjonen i august var høg; sannsynlegvis av storleiksorden 130-140 % metning (vi har ikkje opplysningar om vasstemperaturen, men har antatt at den låg på 13-14 grader ved dette metningsestimatet). Det dreier seg altså om kraftig overmetning sannsynlegvis som følgje av fotosyntese av algar, og kan vere teikn på eutrofiering (overgjødsling).

Ein må vere varsam med å gje ein spesifikk karakteristikk av Kjøsapollen basert på såpass få målingar. Sjølv 3-4 målingar pr år kan vere knapt (NIVA 1990, s. 16). Men tendensen peikar i retning av dårleg vasskvalitet, noko som også tidlegare er observert og kommentert lokalt.

Ut frå SFTs vannkvalitetsnormer (SFT 1992) kan pollen bli liggande i tilstandsklasse "Mindre god" eller tildels i "Nokså dårleg" for fosfor og for turbiditet, mens for nitrogen vil karakteristikken kunne bli "God".

Hornindal kommune har følgd opp med prøvetaking i 1996 og vil halde fram med dette i 1997. Resultata frå desse prøvene ligg enno ikkje føre.

2. NIVAs måleprogram i 1995-96

2.1 Måling av strøm under Kjøs bru

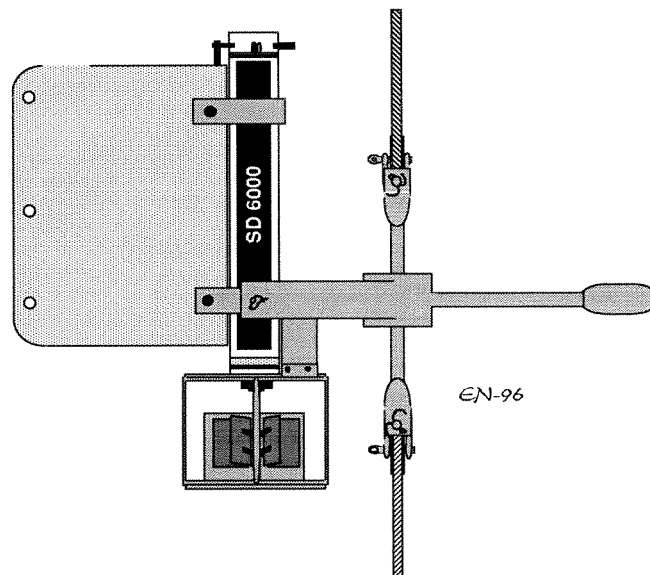
Det blei utført måling av strøm under Kjøs bru i perioden 5. september til 15. oktober 1995. Strømmålingane blei gjort med ein Sensordata SD1000 automatisk strømmålar (fig. 2.1). Målaren hang om lag midtvegs mellom vassoverflata og botn (d.v.s. i om lag 1 m djup). Måleintervallet var 32 minutt. Figur 2.2 viser korleis strømmålaren var satt ut i kulverten under brua.

Forutan å måle fart og retning ved hjelp av rotor og ror registrerer dette instrumentet også vatnets temperatur. Instrumentet har eige innebygd dataminne for lagring av mange målingar.

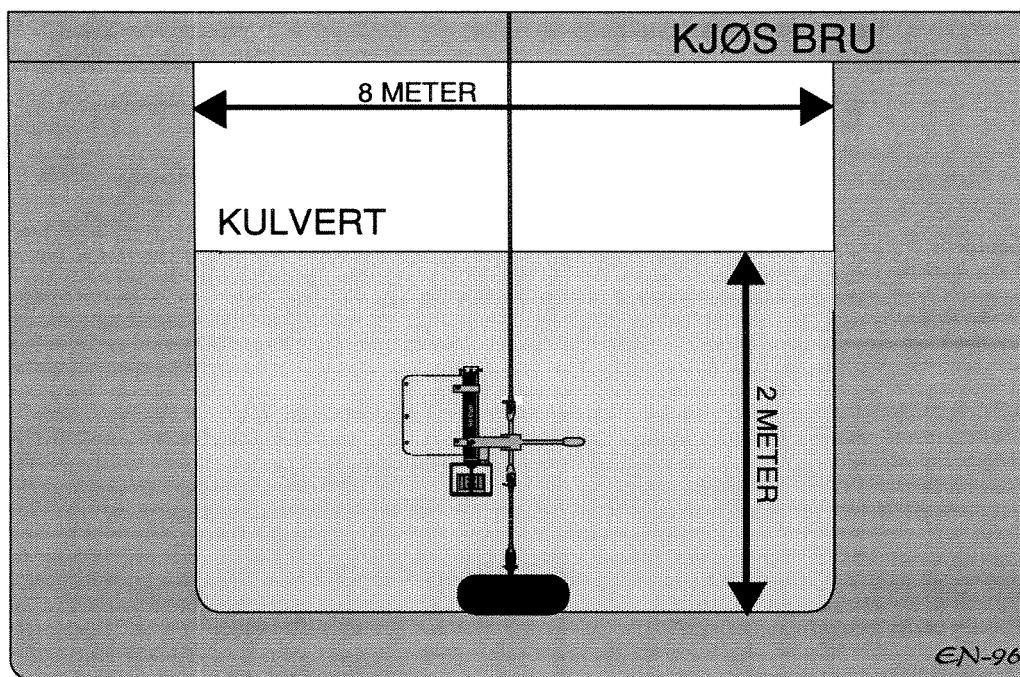
Sensordata oppgir følgjande presisjon for SD1000 strømmålarane:

Temperatur:	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
Strømretning:	Oppløysinga er gitt til 2° . Det er ikkje gitt noka absolutt nøyaktighet.
Fart:	Måleområdet oppgis frå 0-8 m/s, med ei oppløysing på 0,5 cm/s. Det er ikkje oppgitt noka absolutt nøyaktighet.

Sensordata sine strømmålarar har ein terskelverdi på 1,0 cm/s for strømfart. Det vil sei at strøm svakare enn dette ikkje klarer å sette rotoren i rørsle. Sensordata set difor strømstyrken lik 1,0 cm/s for alle observasjonar der rotoren ikkje har vore i rørsle i løpet av måleintervallet.



Figur 2.1. Skisse av ein Sensordata strømmålar av samme type som blei benytta under Kjøs bru.



Figur 2.2. Skisse som viser korleis strømmåleren var plassert under Kjøs bru hausten 1995.

2.2 Målingar av vasstanden i Kjøspollen

Vannstandsvariasjon i Kjøspollen blei målt automatisk i perioden frå 24. oktober 1996 til 22. januar 1997 ved hjelp av ei trykkcelle som var plassert på ca 1/2 m djup på nordsida av pollen like innafor brua. Trykkcella var knytt saman med ei boks som stod på land, og som hadde batteri og dataminne.

Bortsett frå sporadisk lokalt tilsyn med at boksen og øvrig utstyr var på plass, var det ingen kontroll eller dataavlesing undervegs. Instrumenteringa hadde heile tida fungert etter hensikten. Rådata frå målecella kunne i omreknast til réelt vasstandsniå, i meter, etter innhenting av utstyret den 22 januar 1997.

3. Måleresultat

3.1 Målingar av strøm

Det er blitt berekna middelverdiar for strømfart, middel strømvektor og dens retning, middel temperatur samt strømmens stabilitetsfaktor. Stabilitetsfaktoren er definert som absoluttverdien av resultat strømvektor delt på middel verdien for fart i midlingsperioden. Berekna verdiar er gitt i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Tabellen viser statistiske resultat frå strømmålingane. Det er opplysningar om instrument, djupet strømmålaren stod oppankra i, middel fart, middel strømvektor, middel strømvektors retning, middel temperatur, og strømmens stabilitetsfaktor (stab).

Stad	Instru- ment	Måledjup (m)	Middel fart (cm/s)	Strøm- vektor (cm/s)	Strøm vektors retning (°)	Temp (°C)	Stab
Under Kjøs bru	SD1000	1	9,32	6,71	306	11,88	0,7

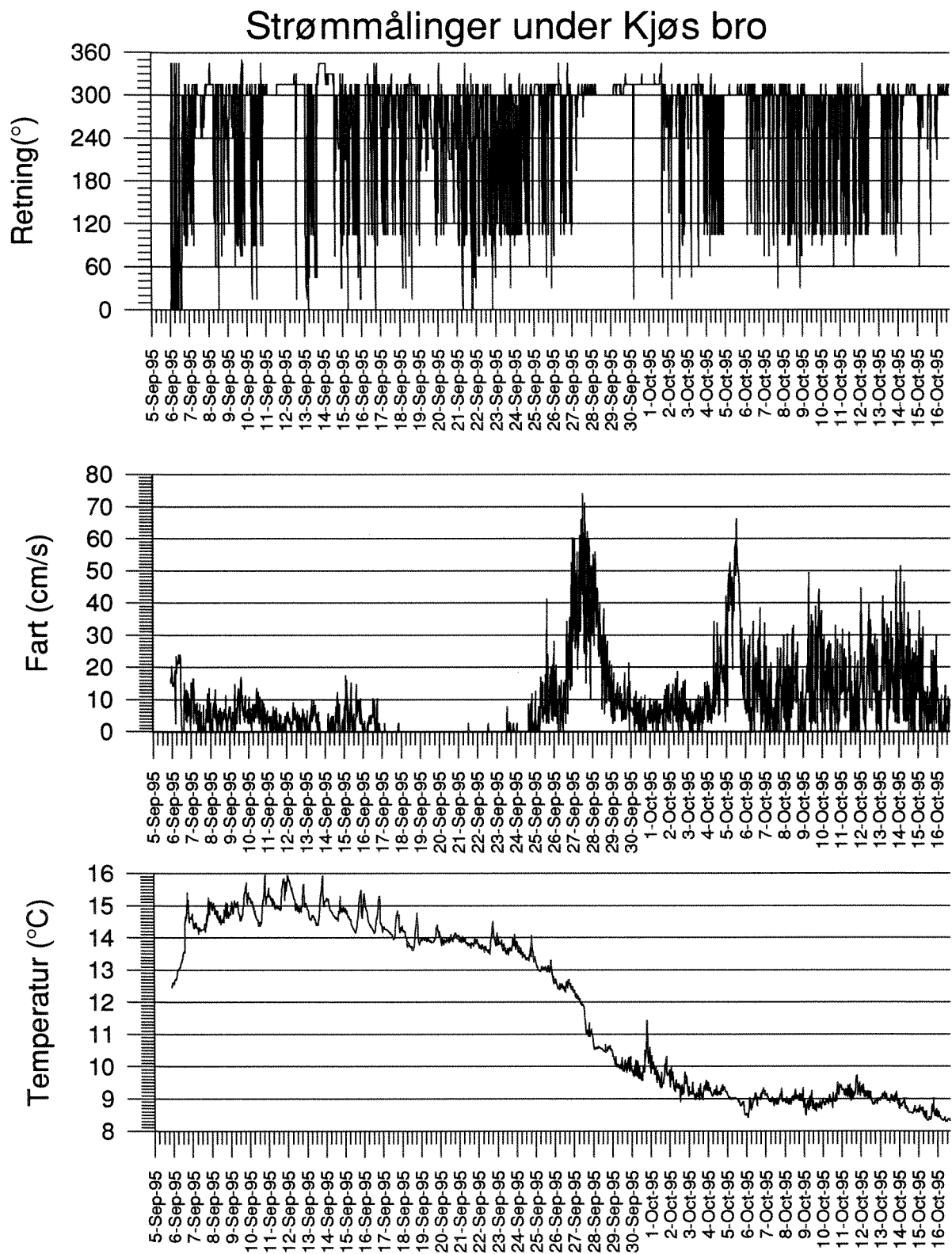
Figur 3.1 viser tidsserieplott frå alle strømmålingane under brua. Strømfarten var maksimalt oppe i over 70 cm/s. Då med strømrretning ut av Kjøsapollen. Tabell 4.1 viser at nettotransporten av vatn også er ut av pollen. Dette samsvarer naturleg nok bra med at det vatnet som blir tilført inst i pollen må bli transportert ut av pollen under brua.

Om lag 15-20 % av målingane synte strøm retta innover mot pollen. Tidvis var det også sterk strøm innover (40-50 cm/s), men som oftast var denne retningen assosiert med svak strøm.

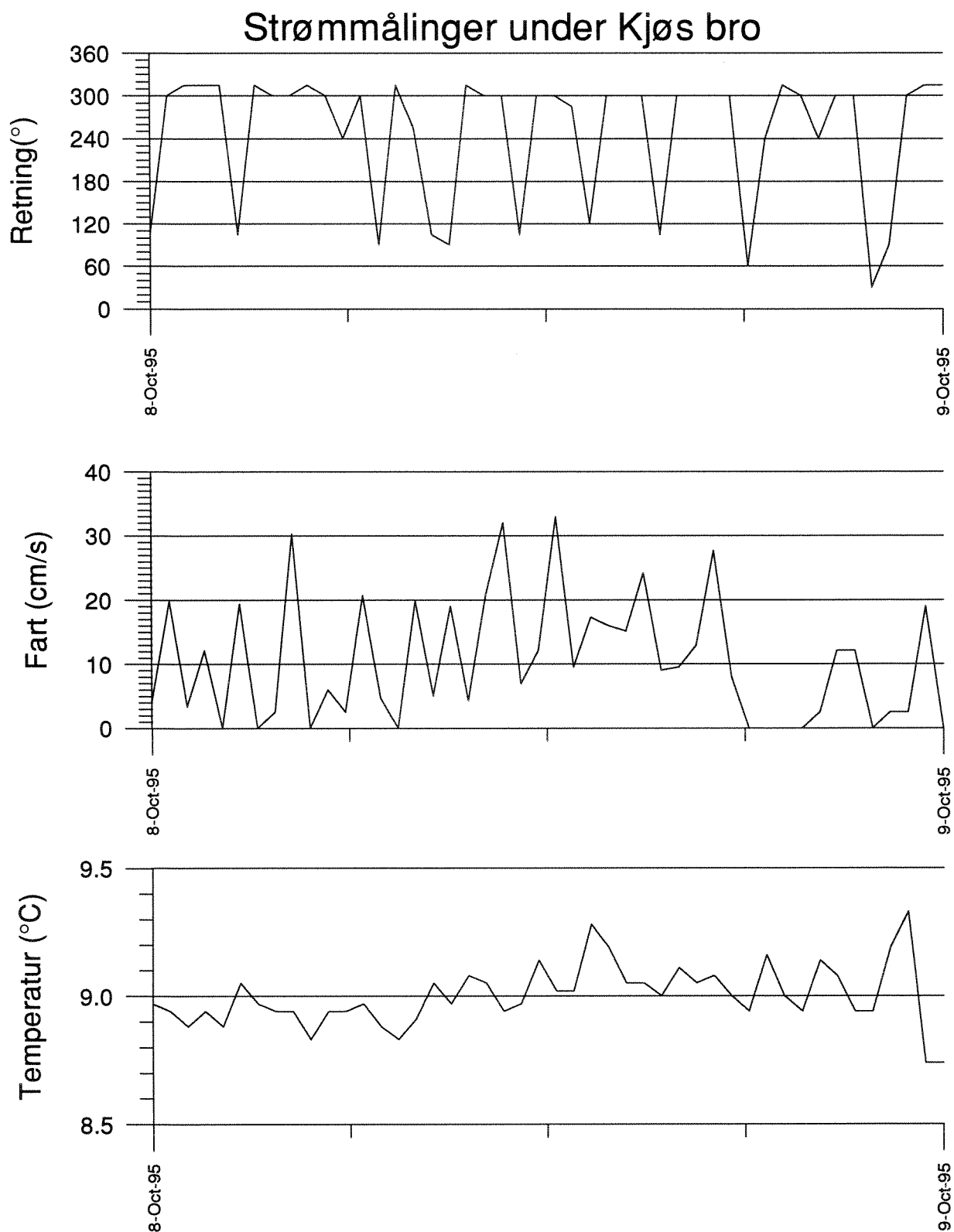
Om ein samanliknar med nedbør i Stryn (fig. 3.5) ser ein at periodar med lite nedbør (t.d. september 1995) naturleg nok samsvarar godt med svak målt strøm under brua. I oktober var det to periodar med mykje nedbør, og dette gjenspeglar seg 1-2 dagar seinare som ei periode med sterk strøm under brua.

Strømmen varierte også på kort tidsskala. Fig. 3.2 syner målingane frå 8. oktober 1995, då det var moderat med nedbør. Det synte seg at i ein del av tida gjekk strømmen innover mot pollen. Dette skjedde vanlegvis i korte intervall, og sjeldan lengre enn over ei måling (32 minutt måleintervall). Det kan sjå ut som om der er ein eigensvinging med ca 1 times periode. Ein slik periode framkom også tydeleg i energispekteret frå vasstandsmålingane. Dette kan kome av eigensvinging i Hornindalsvatnet.

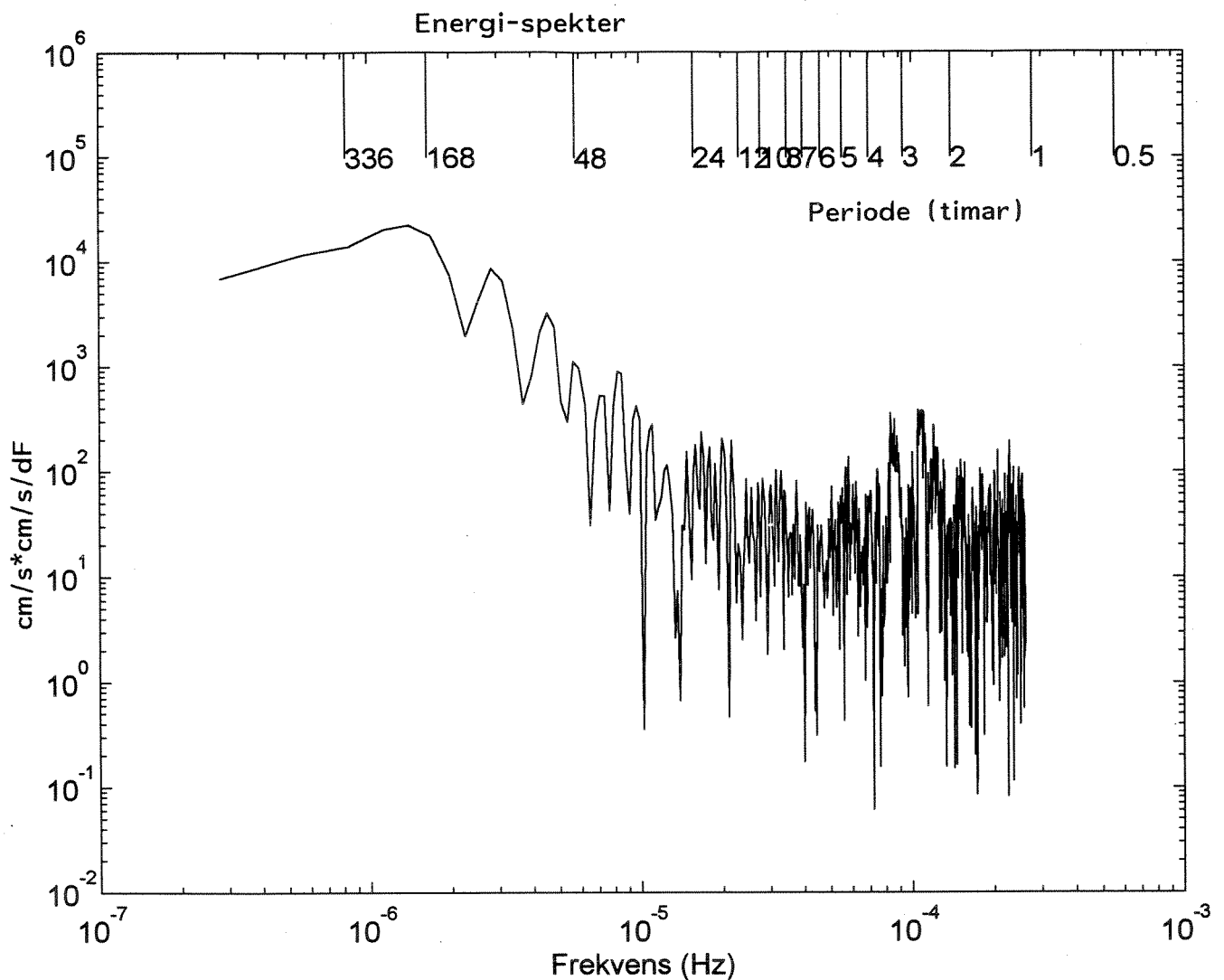
Energispekteret for strømfart (fig. 3.3) viser at det også ligg noko energi på periodar rundt 3 timar. Eventuell energi i strømmen med periode rundt 1 time ville ikkje syne seg i spekteret i fig. 3.3 fordi måleintervallet for strøm var 32 minutt, i motsetnad til 10 minutt for vasstandsmålingane. Såpass lange periodiske svingingar som 3 timar kan kome av indre bølger i Hornindalsvatnet, og neppe på grunn av ståande overflatebølger.



Figur 3.1. Strømfart og retning samt vassstemperatur i 1m djup under Kjøs bru målt av NIVA hausten 1995.



Figur 3.2. Målingane av strøm og vassstemperatur 8. oktober 1995, som syner kortidsvariasjon og tilfelle med innstrømming. Måleintervallet var 32 minutt. Strømretning rundt 120 grader tilsvarar strøm inn i pollen.

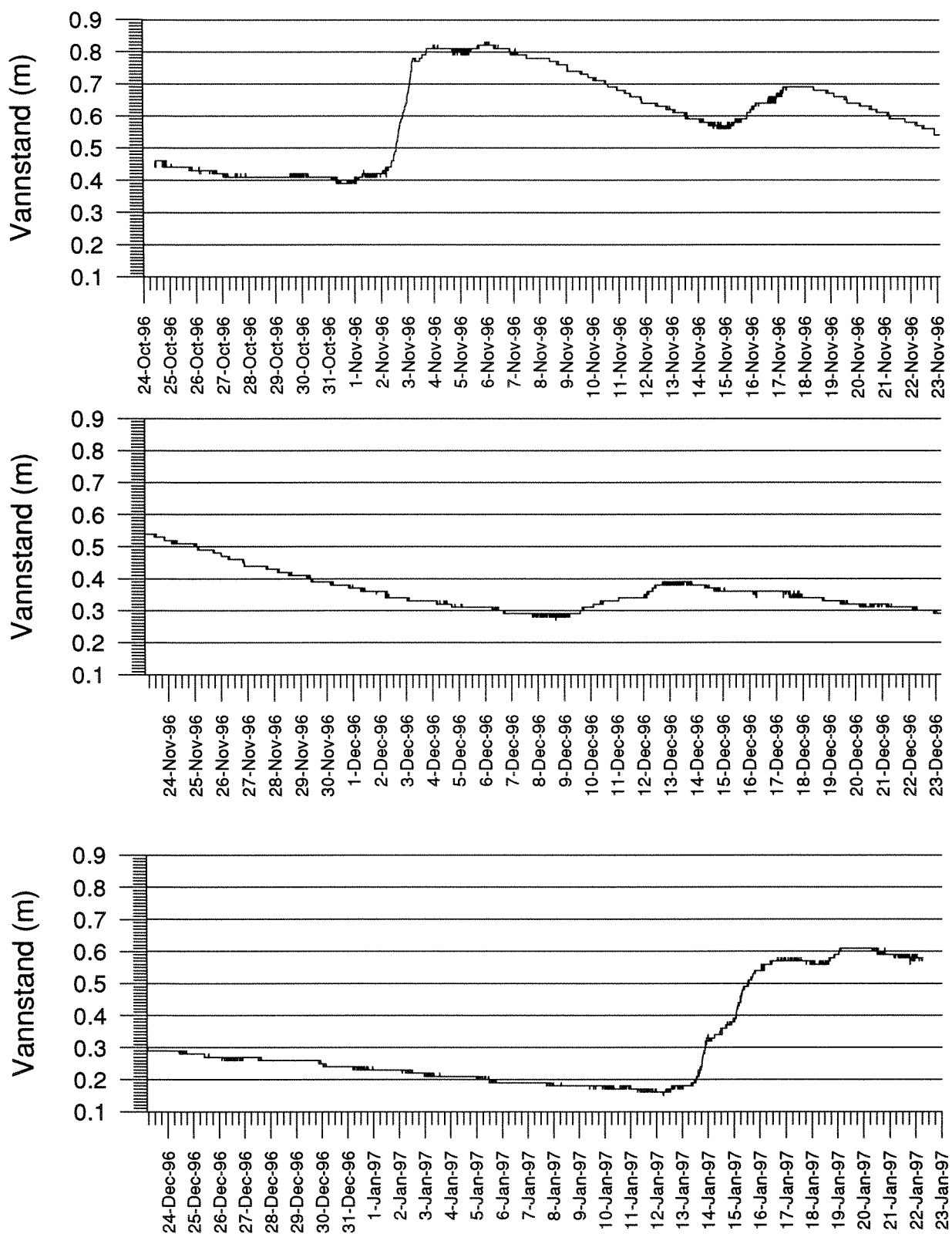


Figur 3.3. Energispekter av måleserien for strømfart under Kjøs bru hausten 1995. Nederste akse syner frekvensen, og øverste akse tilsvarande periode, i timar. Det framtrer perioder med ekstra energi rundt 2-3 timar.

3.2. Målingane av vasstanden i pollen

Resultata av vasstandsmålingane er synt i figur 3.4. Det var relativ store forskjeller i måleperioden. overflatenivået varierte med ca. 0,7 meter. I nedbørsperiodar aukar nok vasstanden i Kjøsapollen raskare enn ute i Hornindalsvatnet sidan alt tilført vatn vil ha problem med å kome gjennom kulverten i periodar med stor tilrenning. Vi har ikkje hatt tilgang på nedbørsdata frå same perioden for evt. å kunne analysere vasstandskurva i større detalj.

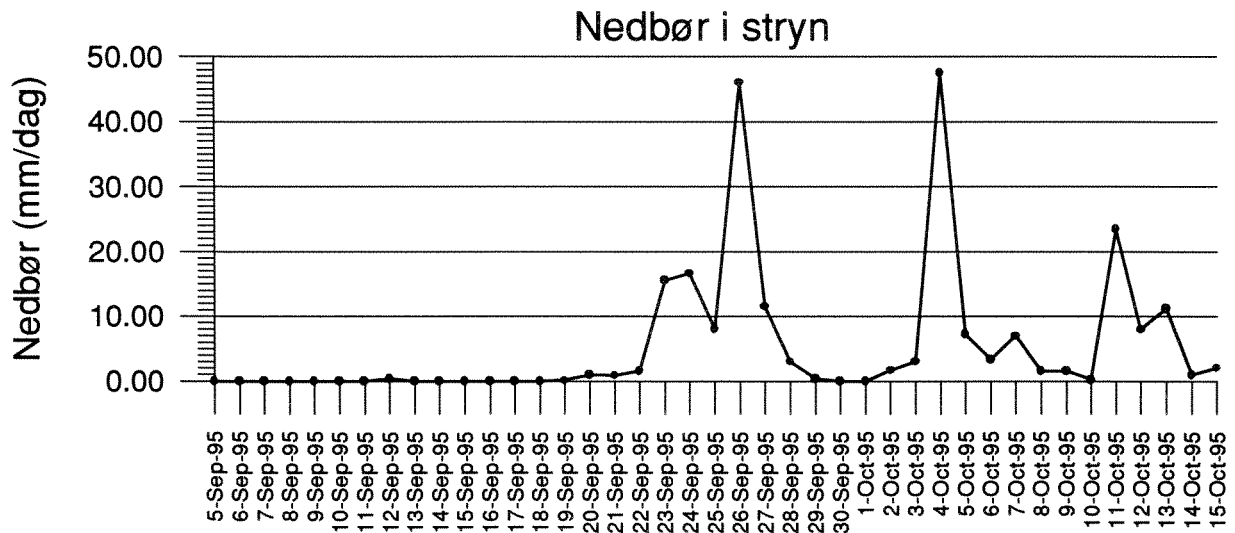
Vannstandsvariasjon i Kjøspoll hausten 1996



Figur 3.4. Målt vasstand (overflatenivå) av NIVA i Kjøspollen hausten/vinteren 1996/97.

3.3. Nedbørsdata

Frå Meteorologisk institutt i Oslo fekk vi oversendt nedbørsdata frå Stryn som dekkjer perioden med strømmålingane hausten 1995. Resultat frå desse målingane er synt i fig. 3.5. Vi har ikkje hatt tilgang til tilsvarende data for perioden med vasstandsmåling 1996/97.



Figur 3.5. Nedbørsdata frå Stryn (Kjelde: DNMI, Oslo).

4. Innleiande modellberekningar

4.1. Modellen SMS/RMA-2

Forkortinga SMS står for "Surface Water Modeling System", og er eit interfaceprogram til blant anna den numeriske modellen RMA-2. Programmet SMS er laga ved Brigham Young University, - Engineering Computer Graphics Laboratory i samarbeid med U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, og U.S. Federal Highway Administration (ECGL, 1994).

RMA-2 er ein dynamisk, todimensjonal, djupneintegrert numerisk modell med fri overflate. Modellen eignar seg best i område utan lagdeling. Modellen bereknar dei dynamiske løysingane i det numeriske gitteret ved hjelp av endelig-element (finite element) metoden.

Gruntvasslikningane i RMA-2 er Navier-Stokes likningar for bevaring av bevegelsesmengde og volum (volumkonservering).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) + fv - \frac{\epsilon_{xx} \partial^2 u}{\rho \partial x^2} - \frac{\epsilon_{xy} \partial^2 u}{\rho \partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - fu - \frac{\epsilon_{yx} \partial^2 v}{\rho \partial x^2} - \frac{\epsilon_{yy} \partial^2 v}{\rho \partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0$$

- x = Distanse i x-retning (positiv mot øst)
- y = Distanse i y-retning (positiv mot nord)
- u = Horisontal strøm i x-retning
- v = Horisontal strøm i y-retning
- t = Tid
- g = Tyngdens akselerasjon
- h = Vassdjup
- A₀ = Helling av botnen
- ρ = Væska (sjøen) sin tettheit
- ε_{xx} = Normal turbulent utvekslingskoeffisient i x-retning
- ε_{xy} = Tangensiell turbulent utvekslingskoeffisient i x-retning
- ε_{yx} = Tangensiell turbulent utvekslingskoeffisient i y-retning
- ε_{yy} = Normal turbulent utvekslingskoeffisient i y-retning
- C = Chezy ruhetskoeffisient (Berekna ut frå Mannings n)
- f = Coriolis parameter

4.2. Input til modellen

Modellen treng fleire typar data. Først må ein konstruere eit nettverk (grid) med diskrete punkt (dvs. data over posisjon og djup, som blir interpolerte til eit grid i SMS). Om det ikkje finns eit digitalt kartgrunnlag, må punkta leggest manuelt inn. Gridet er fleksibelt, det vil sei at ein kan sjølv velje storleiken på dei enkelte elementa. På denne måten kan ein velje å gi gridet betre oppløysning i interessante område. Fig. 4.1 syner gridet som er lagt inn for Kjøsapollen.

Modellen må vidare gis verdiar for dei turbulente utvekslingskoeffisientane, og for friksjonskoeffisienten Mannings n . Desse kan tileignast forskjellige verdiar i forskjellige deler av gridet. Koeffisientane varierer med botntilhøva, og er samtidig ein eigenskap ved sjølve bevegelsen. Dei er følgjeleg svært vanskelege å bestemme nøyaktig. Her blei friksjonskoeffisienten satt lik 0,03 og dei turbulente utvekslingskoeffisientane lik 2.400 i heile gridet. Oppgitte størrelsar på koeffisientane varierer med fleire størrelsesordenar (ECGL, 1994).

Modellen må også gis dynamiske grensebetingelsar. Dette kan være tidevassvariasjon ytterst i ein fjord, eller (tidsvariable) elvetilførslar slik som frå Sindreelva (Storelva).

Ein må også tileigne gridet ein dynamisk initialtilstand. Dette blir gjort ved å legge ein flat overflate over heile gridet i starten. Det vil sei at systemet treng ein del tid ("spin up") på å finne representative løysingar.

Ved hjelp av foreliggende topografiske data, grenseflatevilkåra og initialvilkåra bereknar RMA-2 løysingar for kvart tidssteg. Modellen bereknar verdiar for fart, retning og vasstand i kvart av punkta i gridet der det er lagt inn posisjon og djup.

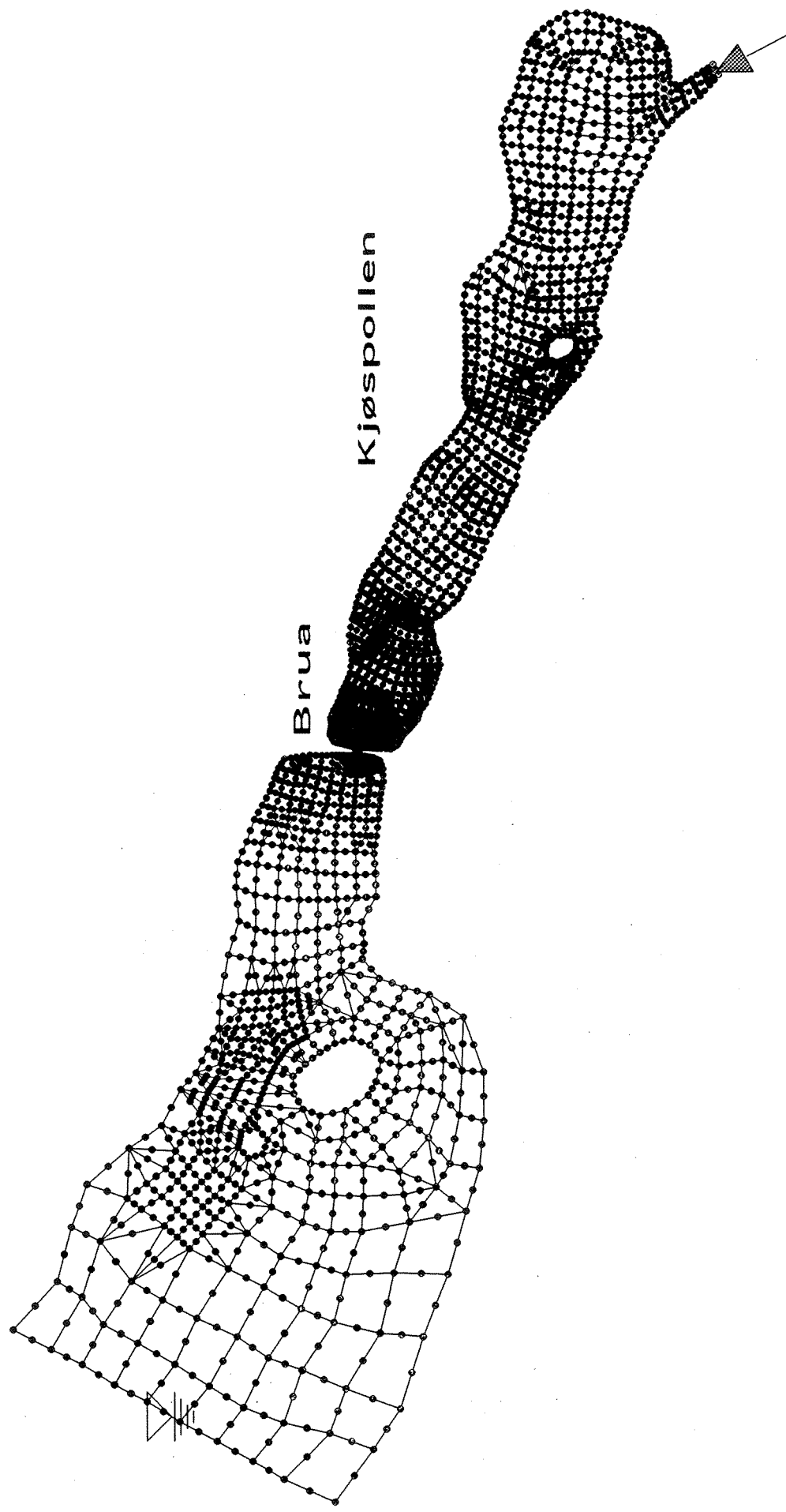
4.3. RMA-4 modulen

Rma-4 modulen er spreingsdelen av modellen. Med denne kan ein simulere spreining av t.d. forureining frå elvar og ut i ein fjord eller ut i eit gruntvassområde. Denne modulen er ikkje nytta i den foreliggende problemstillinga for Kjøsapollen, men ei kort orientering er likevel tatt med. Dei hydrodynamiske løysingane frå RMA-2 blir brukt til å definere eit tidsvariabelt strømfelt for eit gitt nettverk. Modellen må også gis opplysningar om kor mykje stoff og kvar dette blir tilført i nettverket. Modellen bereknar så spreining av stoffet for kvart tidssteg.

4.4. Nokre resultat

Det er utført ei rad ulike køyringar av modellen, med og utan vind, vind retta inn eller evt. ut av pollen, med dagens kulvert, med opprinneleg full opning og med ei ekstra opning. For å finne fullgode og tidsrepresentative løysingar burde vi i større grad ha systematisert statistikk for vertilhøve og tilrenning i området. Det har ikkje vore rom for slike inngående analysar i prosjektet.

Figur 4.2 syner simulert strømningsmønster ute ved brua ved relativt stor tilrenning frå Storelva ($9 \text{ m}^3/\text{s}$). Sidan volumet av pollen er relativt stort i høve til vasstiltørslene, blir det relativt låge verdiar for strømfart utanom i sjølve bruopninga, der farten er over $0,5 \text{ m/s}$. Situasjonen viser at kulverten har visse problem med å ta unna vassmengdene, og at det dannar seg ei bakevje på sørsida, innafor brua.



Figur 4.1. Bottopografien i Kjøsapollen er lagt inn i den numeriske modellen SMR/RMA2 som eit nettverk eller "grid" som er konstruert i følgje endelig-element metoden. Modellen reknar numeriske løysingar for dynamikken (strøm, vannstand) i alle knutepunkta.

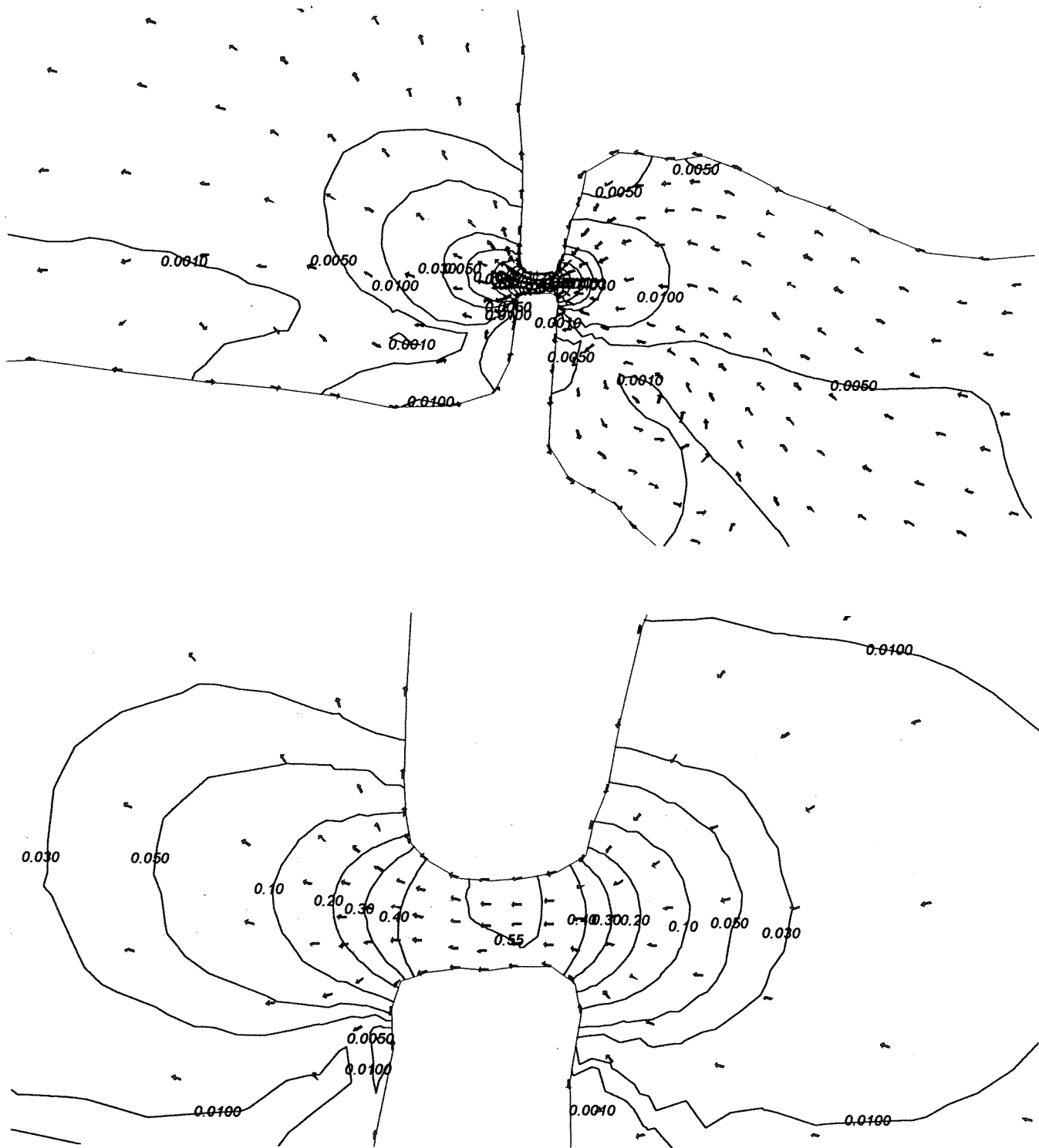
Storelva

Tilfelle med såpass stor avrenning som $9 \text{ m}^3/\text{s}$ (3-4 x middelvassføringa) førekjem nok relativt hyppig, og er sannsynlegvis assosiert med ekstra stor tilførsel av forureining. I så fall syner resultata at det finns sårbare områder innafor brua der opphaldstida aukar og der organisk stoff kan sedimentere i større grad enn normalt. Det at hovudstrømmen i større grad følgjer nordlege sida av pollen kan vere resultat av jordrotasjonen som modellen også simulerer effekten av (coriolis).

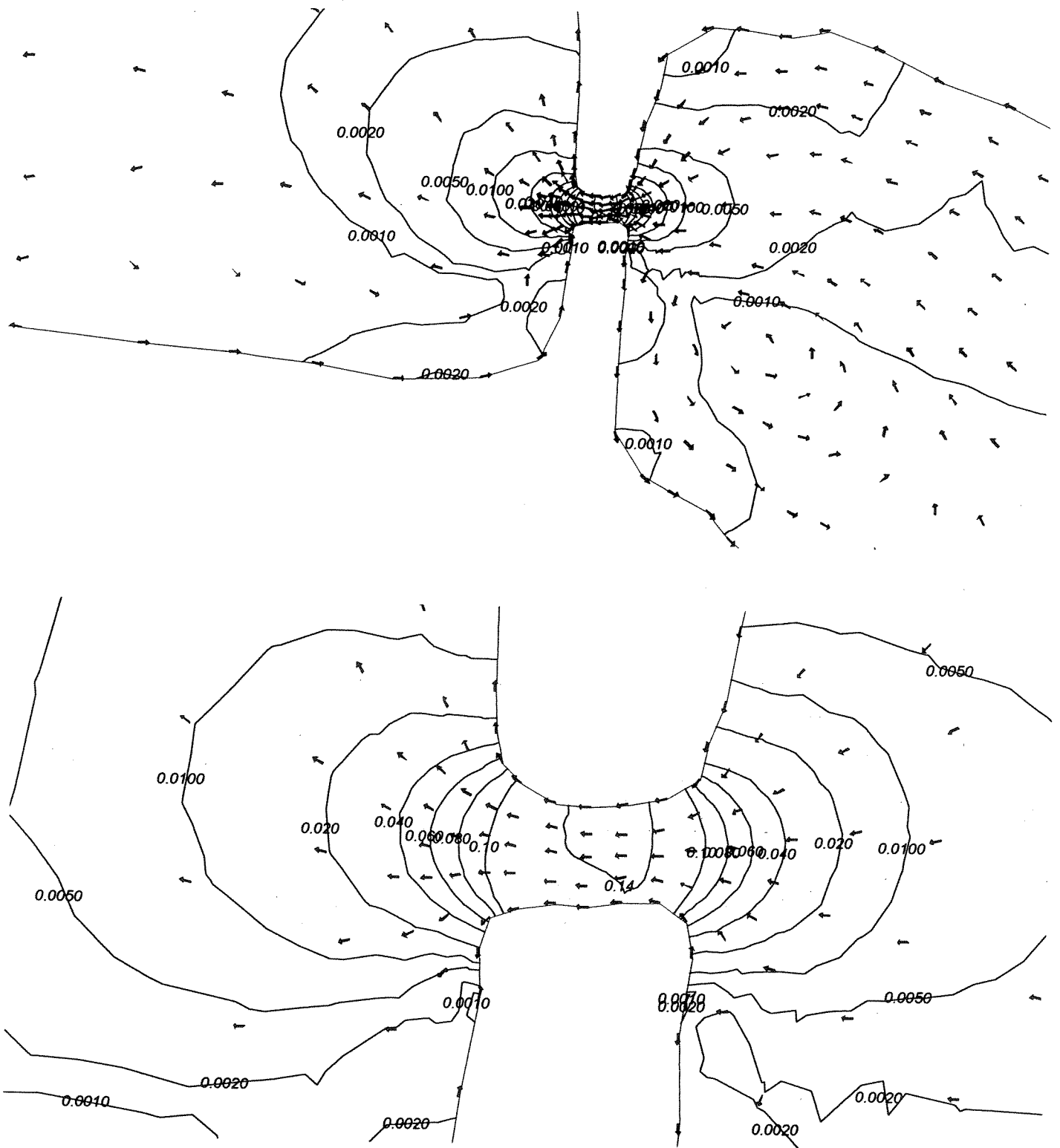
Middelvassføringa nederst i Storelva er ca $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (sjå avsnitt 1.2). Vi har gjort simulering med denne tilrenningsverdien. Verdien ligg sannsynlegvis litt i underkant av middeltilrenninga for heile pollen, lokale bekkar og kjelder medrekna. Fig. 4.3 syner resultat for denne tilrenningsverdien. Strømfarten i bruopninga er no under $0,15 \text{ m/s}$, med svært svak strøm lenger inne i pollen. Dette indikerer også lang opphaldstid for vatnet inne i pollen, særleg i vindstille perioder.

Fig. 4.4 syner resultat med to opningar i brua med tilførlser på $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Dagens opning er supplert med ei ekstra, 7 m brei, opning nær land på sørsida der det var mest tendens til bakevje i følge foregåande simuleringar. Simuleringa (fig. 4.4) syner at det framleis er litt tendens til bakevje, men mindre enn med kun dagens opning.

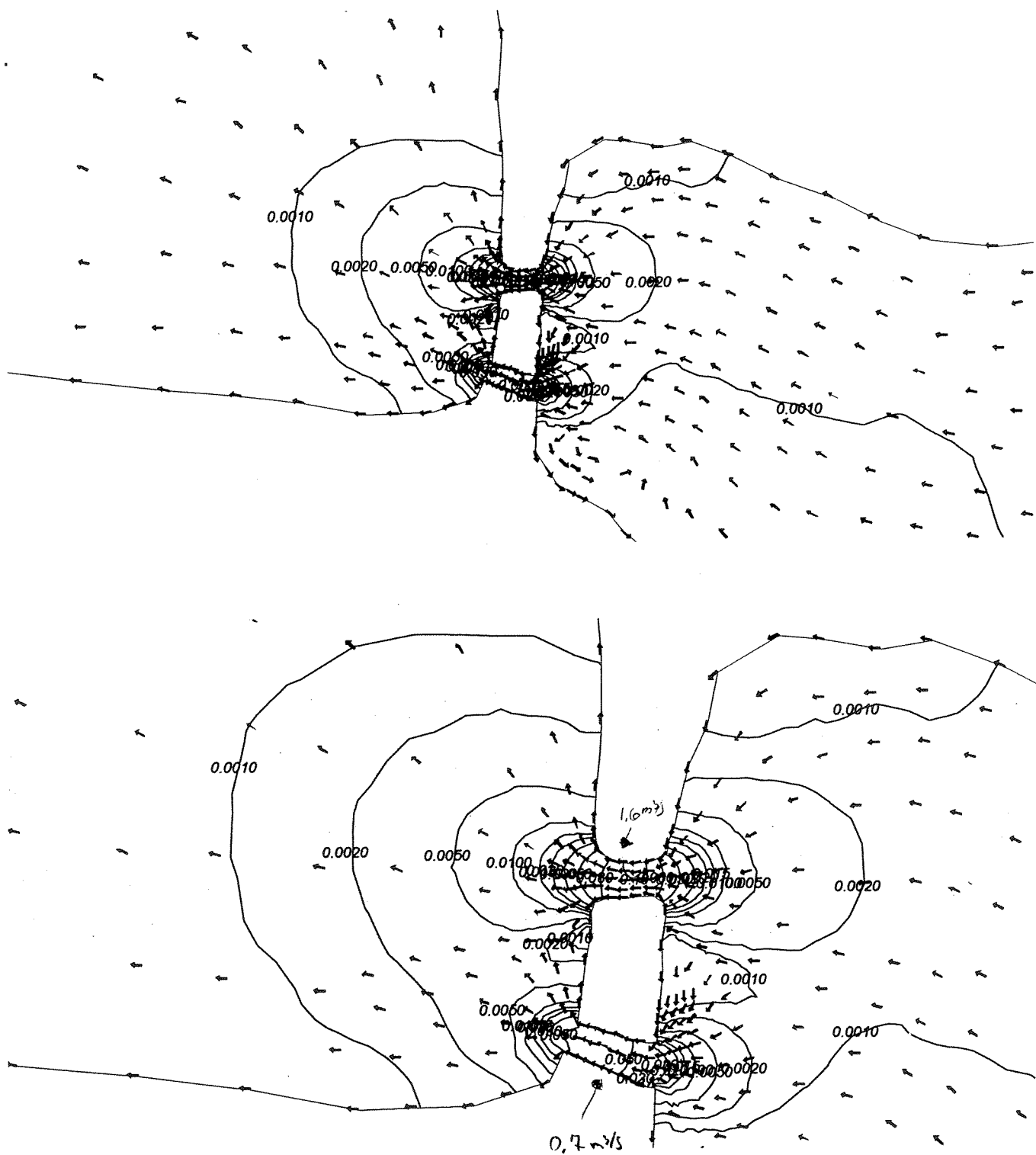
Fluksberekningar for dei to opningane syner at dagens opning bidrar med 70% av samla fluks ut. Særleg ved vestavind og svak tilrenning (då det kan vere tendens til periodevis innstrømming) vil ei ekstra opning kunne verke positivt på vassutskiftinga ved at vatn i større grad vil sirkulere mellom pollen og sjølve Hornindalsvatnet.



Figur 4.2. Simulert strømningsmønster ved Kjøvs bru med dagens åpning og med tilført $9 \text{ m}^3/\text{s}$ vann fra Storelva. Nederste figur syner detaljar nær/bruopningen. Isolinjene er for strømfart (m/s). Pilene angir retning av strømmen, ikkje farten.



Figur 4.3. Simulert strømningsmønster ved Kjøsbu med dagens åpning og med tilført $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ vann fra Storelva (middelvassføringa). Nederste figur syner detaljar nær/bruåpninga. Isolinjene er for strømfart (m/s). Pilene angir retning av strømmen, ikkje farten.



Figur 4.4.

Simulert strømningsmønster ved brua med ei ekstra opning på sørsida, og med $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ tilrenning. Nederste figur syner detaljar nær/opningane. Isolinjene er for strømfart (m/s). Pilene angir retning av strømmen, ikkje farten.

5. Diskusjon og konklusjonar

Det er semje om at Kjøsapollen tidvis har symptom på redusert vasskvalitet. Dei få vassprøveresultata som vi har hatt tilgang til, stadfester dette.

Kjøsapollen er i omfang ein liten resipient, med kort teoretisk opphaldstid. Problemet med vasskvaliteten er sansynlegvis knytt til for store tilførsler av næringssalt og organisk stoff. Pollen er relativt grunn, og vesentlege deler av tilført stoff frå land og elv kan sedimentere på botnen.

Det er oftast fosfor som er i fokus når det gjeld tilførselsbegrensingar i innsjøar. Fosfor er oftast det begrensande næringstoffet når det gjeld algeproduksjon der.

Det er også fosfor som tilsynelatande er den mest utslagsgjevande parameteren for Kjøsapollen når det gjeld vasskvalitet, og som gjer at den sannsynlegvis vil kome relativt dårleg ut i høve til SFTs klassifiseringssystem.

For at tilstandsklassifiseringa skal bli betre, indikerer foreliggende prøvemateriale at fosfor-nivået i pollen må reduserast frå dagens ca 10 µg/l til under 7 µg/l. I følgje Vollenveiders opprinnelige formel for fosforbelastning vil dette sei ein reduksjon i tilførslene av fosfor (fra Storelva) på minimum 20 % for å oppnå tilstrekkeleg god vasskvalitet.

Vi har også sett på ein nyare "fornorska" modell (NIVA 1987) som er betre tilpassa grunne innsjøar, med middeldjup mindre enn 15 m. Grunne innsjøar har ein annan respons på belastning enn djupe. Biletet dene modellen gir, er noko meir nyansert, og elvetilførselen av fosfor får tilsynelatande mindre betydning for dagens tilstand. Er dette rett, kan det vere andre lokale kjelder som gir vesentlege bidrag til dagens tilstand.

Desse tala bør uansett etterreknast nøyare basert på nyare/betre data, men indikerer at relativt begrensa tilførselsbegrensingar kan gje tilfredsstillande resultat.

NIVAs målingar syner at det hyppig foregår både inn- og utstrømming under brua. I om lag 20 % av tida går strømmen innover mot pollen. Sannsynlegvis er dette styrt av fysiske prosessar i Hornindalsvatnet (regelmessige bølger av periode 1-3 timar). Ved å lage større opning vil ein få auka inn-fluks av "nytt" vatn utanfrå til pollen. I tillegg vil tendens til bakevje på sørsida kunne bli redusert eller eliminert. Særleg viss ein legg ei eventuell ny opning i sør-enden av fyllinga.

I lys av dei relativt store kostnadene som eit slikt tiltak sannsynlegvis representerer, kan første steg i ein prosess mot ein reinare Kjøsapoll vere å få nærare vurdert forureiningstilførslene og kva reduserande tiltak som der kan setjast inn. Her er det fleire metodar for kost/nytte vurderingar (SFT 1995) som kan trekkast inn.

Betre volumberekningar for Kjøsapollen bør utførast, helst på basis av supplerande opploddingar i tillegg til dei som NIVA utførte i 1996.

Meir detaljerte modellberekningar for sirkulasjon under brua og evt. gjennom ny opning kan utførast etter nærare diskusjon med vegvesenet og kommunen. Grunnlaget for slike berekningar er alt gjort gjennom det foreliggende prosjektet.

REFERANSAR

ECGL 1994: SMS Surface Water Modeling System. RMA2/RMA4 Hydrodynamic modelling primer. Brigham Young University, Utah, USA.

NIVA 1987: Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5-15 m (D. Berge). Rapp. nr. 2001, NIVA, Oslo.

NIVA, 1988: Befaring og undersøkelse av tilløpsvassdrag til Hornindalsvatnet (H. Holtan). Rapp. nr. 2168, NIVA, Oslo.

NIVA 1990: Håndbok i innsamling av data om forurensingstilførsler til vassdrag og fjorder (H. Holtan og S.O. Åstebøl). Rapp. nr 2510, NIVA, Oslo.

NTH 1995: Rapport om sommerjobb i Hornindal kommune under prosjekt Vatn og Miljø (Å. Bøyum og I. Eldevik). Rapp. C1-1995-1, Inst. for vassbygging, Trondheim.

NVE 1984: Dybdekart over norske innsjøer. Medd. Hydrologisk avdeling, Norges Vassdrags og elektrisitetsvesen, Oslo, 128 s.

SFT 1989: Enkle undersøkelser av bekker og tjern. Rapp. TA 647, Statens forurensingstilsyn, Oslo.

SFT 1992: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 92:06, Statens forurensingstilsyn, Oslo.

SFT 1995: Miljømål for vannforekomstene - Vurdering av nytte. Veiledning 95:03, Statens forurensingstilsyn, Oslo.

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 3643-97

ISBN 82-577-3204-4