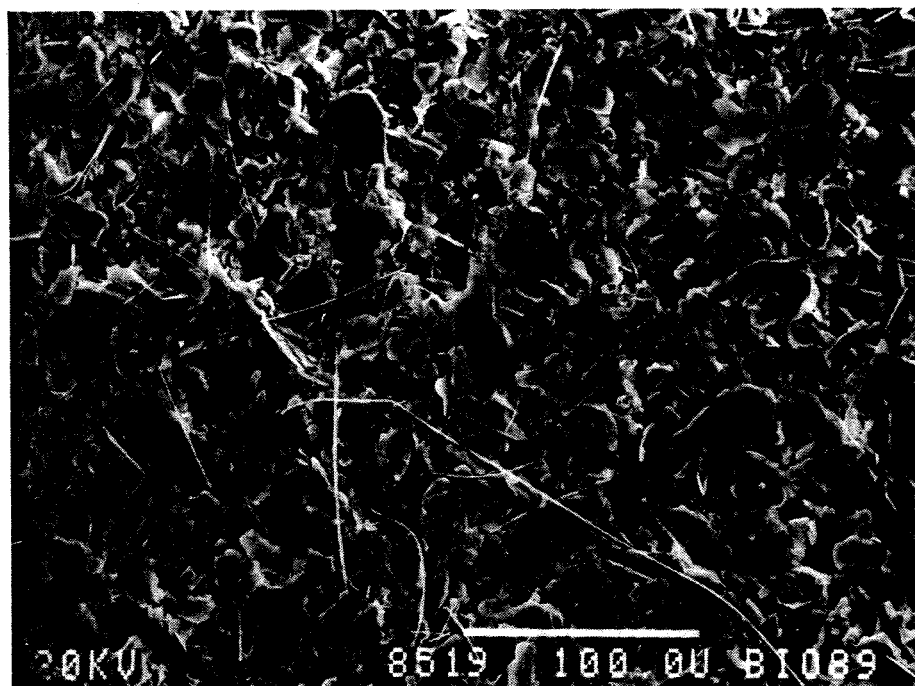




O-88222

Anleggsarbeid på RV 13  
ved Bulken i Voss kommune.  
Effekter på vannkvalitet og bunndyr



Elektronmikroskopisk bilde av partikler fra vannprøve ved Bulken 15. april 1989.  
Forstørrelse ca. 3000x.

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.:

O-88222

Undernummer:

Løpenummer:

2428

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Anleggsarbeid på RV 13 ved Bulken i Voss kommune. Effekter på vannkvalitet og bunndyr.

Dato:

18. mai 1990

Prosjektnummer:

Forfatter (e):

Vilhelm Bjercknes

Karl J. Aanes

Faggruppe:

Industri-  
forurensning

Geografisk område:

Hordaland

Antall sider (inkl. bilag):

56

Oppdragsgiver:

Statens Vegvesen i Hordaland

Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):

O-88222

Ekstrakt:

Statens Vegvesen i Hordaland har drevet vegfyllingsarbeid langs Vangsvatnet ved Bulken fra uke 1 til 39, 1989. Fyllingsarbeidet har medført økte konsentrasjoner av uorganisk slam i vassdraget nedstrøms Vangsvatnet på opptil 1846% av normalverdiene. Det er likevel ikke registrert partikkelkonsentrasjoner på nivåer som er direkte skadelige for fisk. Derimot har fyllingsarbeidet hatt negative effekter på bunndyrfaunaen på elvestrekninger som ligger nær anleggsområdet. Omfanget av disse skadene er ikke av varig karakter, og vil gjenopprettes dersom vassdraget ikke utsettes for tilsvarende forurensningsbelastninger i framtiden.

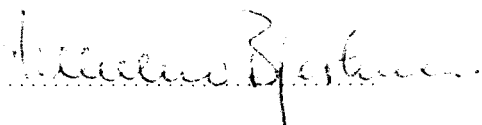
4 emneord, norske:

1. Vegfylling
2. Vannkvalitet
3. Partikler
4. Bunndyr

4 emneord, engelske:

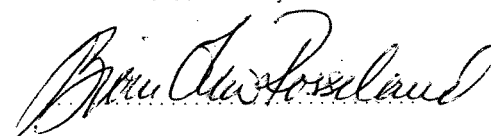
1. Road construction
2. Water quality
3. Suspended particles
4. Benthos

Prosjektleder:



Vilhelm Bjercknes

For administrasjonen:



Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1733 0

O - 88222

**Anleggsarbeid på RV 13 ved  
Bulken i Voss kommune.**

**Effekter på vannkvalitet og  
bunndyr.**

Bergen 18. mai 1990

Vilhelm Bjerknes

Karl J. Aanes

## INNHOOLD

FORORD . . . . .	2
SAMMENDRAG. . . . .	4
1. INNLEDNING . . . . .	7
1.1. Effekter av fyllingsarbeid . . . . .	7
1.2. Gjennomføring av undersøkelsen . . . . .	9
2. FORUNDERSØKELSE . . . . .	11
2.1. Sedimenter i fyllingsområdet . . . . .	11
2.2. Karakterisering av finmateriale fra tunnel- masser . . . . .	11
2.3. Spredning og sedimentasjon. . . . .	12
2.4. Suspendert tørrstoff. . . . .	19
2.5. Vannkjemi. . . . .	21
2.6. Konklusjon av forundersøkelsene. . . . .	22
3. OVERVÅKING AV VANNKVALITETEN. . . . .	24
3.1. Vannanalyser fra Vosso. . . . .	24
3.2. Undersøkelser i fjorden utenfor Vosso. . . . .	31
3.2.1. Problemstilling . . . . .	31
3.2.2. Partikkelkonsentrasjoner og hydro- grafi . . . . .	32
3.2.3. Alger . . . . .	35
4. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER . . . . .	36
4.1. Bakgrunn . . . . .	36
4.2. Bruk av bunndyr i vassdragsovervåking . . . . .	39
4.3. Metode og materiale . . . . .	41
4.4. Resultater . . . . .	42
4.5. Diskusjon og konklusjon . . . . .	46
LITTERATUR . . . . .	49

### VEDLEGG 1

Dødelighet av lakserogn.

### VEDLEGG 2

Tidligere NIVA-rapporter om Vossevassdraget.

## FORORD

På møte i Statens Vegvesen i Hordaland, Vegkontoret, 5. februar 1988, ble Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) bedt om å utarbeide et forslag til en forhåndsregistrering og en konsekvensanalyse av vegfyllingsarbeidet langs Vangsvatnet i samband med ny trasé for RV 13 ved Bulken. Fyllingsmassene kommer fra NSB's forskjærings- og tunnelarbeid mellom Bulken og Voss, og NSB har stått ansvarlig for selve fyllingsarbeidet.

På grunnlag av konsekvensanalysen (Bjerknes m.fl. 1988) ble NIVA bedt av Vegkontoret om å utarbeide et overvåkingsprogram for vannkvalitets- og bunndyrundersøkelser, som skulle gjennomføres parallelt med anleggsarbeidet. Endelig forslag til program ble presentert i brev til Vegkontoret 20. desember 1988, og omfattet periodisk prøvetaking og analyser av vann fra tre faste stasjoner i vassdraget, for- og etterundersøkelser av bunndyrfaunaen gjennom kvantitativ innsamling på tre faste stasjoner, samt overlevingsstudier av befruktet lakserogn i ulike avsnitt av vassdraget, og histologiske undersøkelser av gjeller av laks.

Overvåkingsprogrammet startet i desember 1988, og ble avsluttet i desember 1989. Overlevingsstudiene av lakserogn måtte oppgis pga. uvanlig høy vannføring vintrene 1988-89 og 89-90. Undersøkelser av fiskegjeller ble kuttet ut til fordel for undersøkelser av fisketetthet i vassdraget nedenfor Bulken, utført av Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelinga (Vasshaug 1989).

Høy slamtransport i Vosso i april-mai 1989 førte til redusert siktedyp i Bolstadfjorden. Etter henvendelser fra lokale sitte-notfiskere, ba Vegkontoret NIVA om å foreta en undersøkelse av vannkvaliteten i Bolstadfjorden. Resultatene av denne undersøkelsen ble presentert i notat 21. juni 1989 (Bjerknes & Erga 1989).

Følgende medarbeidere har deltatt i prosjektet:

Prosjektleder: Vilhelm Bjerknes, NIVA Vestlandsavdelingen

Medarbeidere: Karl. J. Aanes, NIVA Oslo

Torulv Tjomsland, NIVA Oslo

Dag Hessen, NIVA Oslo

Torleif Bækken, NIVA Oslo

Håvard Bakke, NIVA Vestlandsavdelingen

Svein Rune Erga, Niva Vestlandsavdelingen

Nils Skjelde, Statens Vegvesen, Hordaland

Håvard Bakke var ansvarlig for prosjektet høsten 1989. Nils Skjelde har utført vannprøvetaking etter instruksjon fra NIVA. Vannanalysene er utført ved NIVA's analyselaboratorium.

Bergen 18. mai, 1990

Vilhelm Bjerknes

## SAMMENDRAG.

Ved anlegg av ny trasé for RV 13 ved Bulken, har Statens Vegvesen i Hordaland lagt vegfylling langs Vangsvatnet ved Bulken. Arbeidet pågikk mellom uke 1 og uke 39 i 1989, og medførte økt transport av uorganisk slam i Vosso nedstrøms Vangsvatnet.

Etter oppdrag fra Vegkontoret i Hordaland har NIVA foretatt analyser av vannprøver på ulike tidspunkt på tre stasjoner, ved utløpet av Vangsvatn, Seimsvatn og Evangervatn før anleggsarbeidet startet, for å fremskaffe datagrunnlag for den "normale" vannkvaliteten i vassdraget. I selve anleggsperioden ble det foretatt fortløpende analyser ved de samme tre stasjonene med sikte på registrering av avvik fra normal vannkvalitet. Etter hver analyse ble det avgitt korte skriftlige rapporter om vannkvaliteten.

I tillegg ble det foretatt en effektstudie basert på kvantitative bunndyrundersøkelser på de samme elvestrekningene der vannkvaliteten ble overvåket, før anleggsarbeidet ble satt igang og etter at det var avsluttet.

Våren 1989 ble det også foretatt en undersøkelse i fjordområdet utenfor munningen av Vosso for kartlegging av årsaker til reduserte siktf forhold.

De kjemiske vannanalysene i Vosso viste tilnærmelesvis normal vannkvalitet på alle tre stasjoner gjennom hele anleggsperioden. Derimot ble det observert tildels store avvik fra "normalverdier" med hensyn til oppløst uorganisk materiale. Som "normalverdier" har vi nyttet gjennomsnitt fra vannprøver tatt på de samme stasjoner i juni 1988. Ved utløpet av Vangsvatnet varierte konsentrasjonene av uorganiske partikler mellom 6.0 og 0.3 mg/l i anleggsperioden. Dette tilsvarer avvik på henholdsvis 1846 % og 92 % av de nevnte normalverdier. Ved utløpet av Seimsvatnet varierte konsentrasjonene av uorganiske partikler mellom

4.4 og 0.4 mg/l, dvs. avvik på 926 % og 84 % av normalverdien på denne stasjonen. Ved utløpet av Evangervatnet varierte konsentrasjonene mellom 1.8 og 0.2 mg/l, dvs. avvik på mellom 720 % og 80 % av normalverdien. Konsentrasjonene av organisk partikulært materiale var tilnærmet normale i hele perioden.

Konsentrasjonene av uorganisk partikulært materiale ved utløpet av Seimsvatnet og Evangervatnet utgjorde i gjennomsnitt henholdsvis 74 % og 39 % av konsentrasjonen ved utløpet av Vangsvatnet. Det ble ikke registrert konsentrasjonsnivåer av uorganiske partikler nær faregrensene for skader på fisk.

Forholdsvis høy vannføring gjennom store deler av 1989 har gitt høy fortynningsgrad, og dermed relativt lave tørrstoffverdier i forhold til det en kunne forvente. Totalt har den høye vannføringen likevel ført til større erosjon av den nylagte fyllingen, og dermed høyere partikkeltransport enn ved normale vintervannføringer.

Undersøkelsene i fjorden utenfor munningen av Vosso i mai 1989, viste høye konsentrasjoner (opptil mellom 6.1- 8.6 mg uorganisk tørrstoff mellom 5 og 10 m dyp). Resultatet ble tolket som at tørrstofftransporten fra Vosso bremses opp, og partikulært materiale akkumuleres, for så å sedimentere i estuariet utenfor munningen av Vosso. I perioden forut for prøvetakingen ble det fra lokalt hold rapportert om slamkonsentrasjoner og redusert siktedyp i overflatevannet.

Bunndyrundersøkelsene viser klare endringer i sammensetning og tetthet av bunndyr før og etter anleggsarbeidet, særlig på stasjonene nærmest Vangsvatnet. Reduksjonene gjelder særlig arter som er følsomme overfor transport av uorganiske partikler. Dersom bunndyrtilbudet er en begrensende faktor for fiskeproduksjonen i denne delen av vassdraget, kan dette ha forårsaket redusert fiskeproduksjon i Vosso nedstrøms Vangsvatnet i 1989. Effekten av anleggsarbeidet på bunndyrfaunaen har ikke vært av alvorlig karakter. Det er grunn til å anta at faunaen vil ta seg



raskt opp igjen dersom den ikke utsettes for nye store tilførsler av uorganiske partikler.

## 1. INNLEDNING

### 1.1. Effekter av fyllingsarbeid

I følge data oppgitt fra Ing. Berdal A/S og Vegkontoret i Hordaland er det lagt vegfylling langs Vangsvatnet fra Vassenden og østover langs en strandstrekning på ca. 700 m. Oversikter fra anleggsentreprenøren viser at det er nyttet ialt 183.000 m<sup>3</sup> masser til utfyllingen. Av dette var 130.000 m<sup>3</sup> utsprengt tunnelmasse, 49.500 m<sup>3</sup> masser fra forskjæring (morene) og 3.500 m<sup>3</sup> løssprengt fjell og blokker.

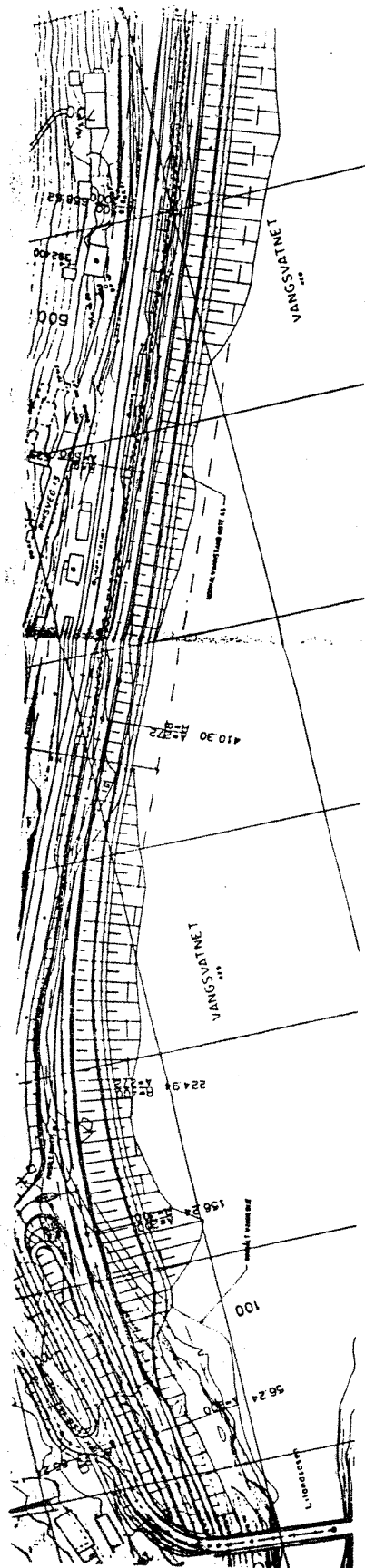
Fyllingen er en sjetéfylling med hovedsakelig tunnelstein i selve sjetéen, og morenemasse innenfor (fig. 1.1). Høsten 1989 ble det også nyttet en del morene i sjetéfyllingen (20 - 30 %) (Skorve, NSB, pers. komm.).

Fyllingsarbeidet startet for fullt i uke 1, 1989, og ble avsluttet i uke 39 (29. september) 1989.

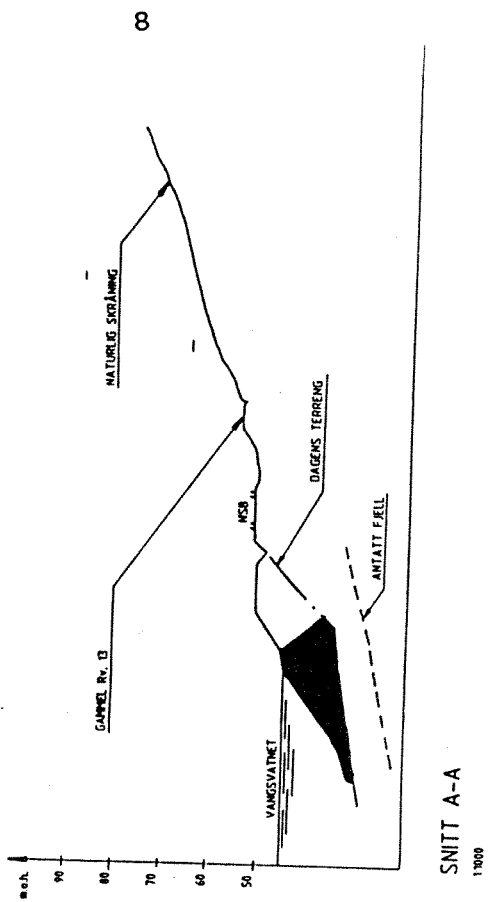
Det ble på forhånd antatt at fyllingsarbeidet ville gi betydelig økt tilførsel av uorganisk slam i Vosso nedenfor Vangsvatnet. I tillegg ble det antatt at nedsprenget av fyllingen og fortrenging av bløtbunnsedimenter ville medføre suspensjon og tilførsler av organisk slam.

Med utgangspunkt i oppgitte sprengstofftyper og mengder, ble det beregnet en økt nitrogenkonsentrasjon på i gjennomsnitt 46 ug/l ut av Vangsvatnet under anleggsperioden. Ut fra naturlige bakgrunnsverdier på mellom 80 og 310 µg/l, ble dette ansett som en beskjedne økning.

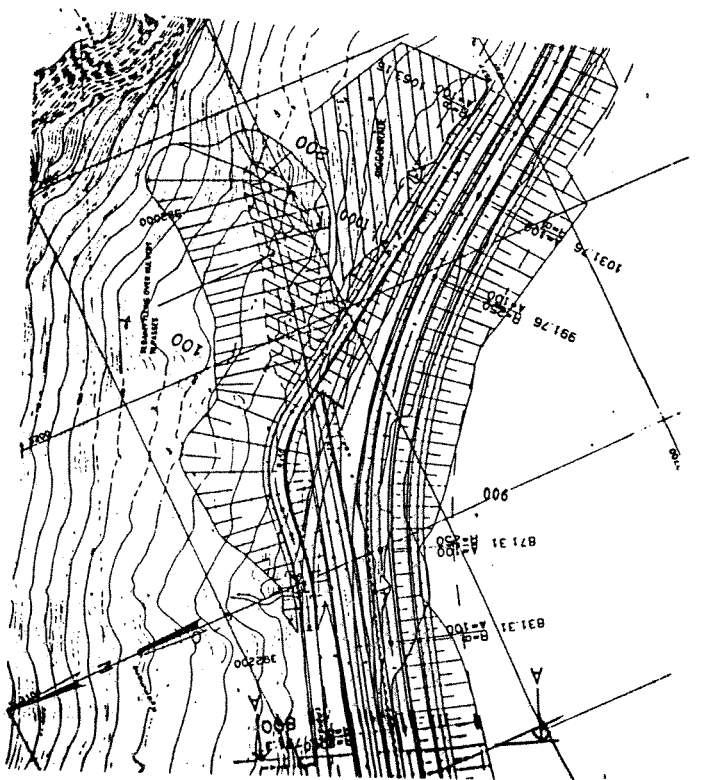
Økt slamføring i anleggstiden, og effekter av dette, ble ansett som et hovedproblem. Generelt påvirker økt slamføring følgende forhold:



PLANOVERSIKT  
BULKEN  
1:2000



SNITT A-A  
1:1000



Figur 1.1. Vegfylling RV 13, Bulken. Sjøtefylling mørkskravert.

**Brukerinteresser:**

- Redusert sikt vanskeliggjør utøving av fisket
- Vassdragets estetiske kvalitet forringes

**Økologiske forhold:**

- Økt driv av bunndyr
- Redusert diversitet (artsmangfold) i bunnfaunaen
- Redusert byttedyrtilgang for fisk
- Endrete oksygenforhold i sedimentet
- Nedslamming og/eller erosjon av påvekst/begroing
- Tilslamming av gytegroper for laksefisk og økt rognfødelighet.
- Gjelleskader og andre vevsskader på fisk og bunndyr

Skader av partikler fra tunneldrift på bunndyr og fisk er bla. påvist av Jacobsen m. fl. (1987) og av Hessen m. fl. (1989).

Vosso er blant de tre høyest rangerte laksevassdragene i Hordaland mht. fangst av laks og sjøaure (ca. 2000 kg pr år for perioden 1970-79) (Nordland 1981). I tillegg foregår det et betydelig laksefiske i tilgrensende fjordområder.

Først og fremst av hensyn til lakseinteressene ble det besluttet å gjennomføre et overvåkingsprogram vedr. vannkvalitet og biologi parallelt med fyllingsarbeidet.

**1.2. Gjennomføring av undersøkelsen**

Undersøkelsen er i prinsippet gjennomført i tre faser, forundersøkelse, overvåking og etterundersøkelse.

**Fase 1, forundersøkelse:**

- Karakterisering av sedimenter i fyllingsområdet i Vangsvatnet.
- Karakterisering og beregning av tilførsler, spredning og sedimentasjon av sprengsteinpartikler.

- Karakterisering av finmateriale fra tunnelmasser.
- Karakterisering av vannkvaliteten i Vosso nedenfor Vangsvatnet.
- Karakterisering av bunndyrsamfunnene i Vosso nedenfor Vangsvatnet.

#### Fase 2, overvåking:

- Fortløpende prøvetaking og analyse av vannprøver i Vosso nedenfor Vangsvatnet.
- En enkelt undersøkelse av vannkvaliteten i fjordområdene utenfor munningen av Vosso.
- Fortløpende rapportering av vannanalysene, og vurdering av mulige effekter ut fra analyseverdier av kritiske parametre.

Korte tilstandsrapporter ble sendt oppdragsgiver, Fylkesmannens Miljøvernnavdeling og Voss kommune etter hver prøvetaking.

#### Etterundersøkelse:

- Repetisjon av forundersøkelsen mht. karakterisering av bunndyrsamfunn i Vosso nedenfor Vangsvatnet.

#### Vedlegg:

I forbindelse med et annet prosjekt har forskere fra Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen, tatt prøver av lakserogn fra gytegroper i Skorvehølen våren 1990. Resultatene av prøvetakingen, med tanke på virkninger av anleggsslam, er kommentert i vedlegg til rapporten.

## 2. FORUNDERSØKELSE

### 2.1. Sedimenter i fyllingsområdet

Man fryktet at resuspensjon av deponert anoksisk sediment kunne medføre akutte giftvirkninger nedstrøms fyllingsområdet i forbindelse med tipping av masser og sprenging på bunnen.

Sedimentkjerner ble samlet inn fra et tverrprofil fra Bulken jernbanestasjon til største dyp i Vangsvatnet 23. februar 1988. Sedimentet viste seg å være godt oksygenert og uten innslag av reduserte svovelforbindelser (sulfider). Ut fra dette synes faren for akutte giftvirkninger som følge av anleggsarbeidet å være minimal. Faren for resuspensjon av sediment vil være tilstede, og størst nær utløpsosen, men vil likevel være beskje-den sammenliknet med den partikkelforurensing som skyldes utvasking fra utfyllingsmasser.

### 2.2. Karakterisering av finmateriale fra tunnelmasser

Prøvemateriale (tunnelsubb) fra tunneldrift i forbindelse med Vangen kraftverk ble tatt ut 23. februar 1988 og analysert ved NIVA. De geologiske forholdene antas å være representative for de tunnelmassene som ble nyttet til vegfylling ved Bulken. Den største fraksjonen var partikler >8mm, og utgjorde 35 % på vektbasis (Tab.2.1). Partikler > 4 mm utgjorde 17 %, og partikler > 2 mm utgjorde 12 %.

Tabell 2.1. Partikkelfordeling ved siktanalyse av tunnelsubb.

>	8 mmm	34.95 % (vekt %)
>	4	16.49
>	2	11.65
>	1	7.82
<	0,5	5.5
<	0.355	2.35
>	0.250	1.43
>	0.125	3.41
>	0.090	1.81
>	0.063	2.32
≤	0.063 mm	11.78 %

Partikler < 0.063 mm (63  $\mu\text{m}$ ) utgjorde hele 12 % av prøven, og ble fraksjonert videre ved bruk av partikkelteller. Resultatene er sammenstilt i Tab. 2.2.

Tabell 2.2. Partikkelfordeling av subb  $\leq 63 \mu\text{m}$ .

<u>Nedre grense for kanaler.</u>								
Kanal nr.	Diameter $\mu\text{m}$	Volum $\mu\text{m}^3$	Kanal-Vol. ( $\mu\text{m}^3$ )	Antall (/ml)	Volum ( $\mu\text{m}^3/\text{l}$ )	Fraksjon	%	
1	1.1	.6	1	54.310	50.203	Leire	0.08	
2	1.3	1.2	2	39.758	73.503		0.02	
3	1.7	2.5	4	27.608	102.081		0.17	
4	2.1	4.9	7	20.028	148.107	Fin	0.24	
5	2.7	9.9	15	14.584	215.697		0.35	
6	3.4	19.7	30	8.838	261.428	Silt	0.92	
7	4.2	39.4	59	5.452	322.540		0.52	
-----								
3	5.0	64.0	96	5.591	536.705	Middel	0.87	
4	6.3	128.0	102	3.453	662.962		1.07	
5	7.9	256.0	384	1.031	395.730		0.64	
6	9.9	511.9	768	1.444	1108.606		1.80	
7	12.5	1.023.9	1.536	683	1048.965	Silt	1.70	
8	15.8	2.047.8	3.072	352	1082.446		1.75	
	19.9	4.095,5	6.143	117	719.992	Grovt	1.17	
10	25.0	8.191.0	12.287	40	496.377		0.81	
11	31.5	16.382.1	24.573	2	49.146	Silt	0.08	
SUM						183.291	7274.488	11.78

### 2.3. Spredning og sedimentasjon.

Spredningsforløpet i selve Vangsvatnet ble beregnet ved hjelp av en enkel spredningsmodell (Tjomsland 1983). Modellen forutsetter kontinuerlige tilførsler, og konstante strømningshastigheter i hele innsjøen. Da sedimentasjonshastigheten avhenger av partikkelstørrelsen, vil spredningen være avhengig av partiklens størrelsesfordeling. Modellen tar hensyn til sedimentasjon. Ved beregning er det antatt at halvparten av finpartiklene (< 30  $\mu\text{m}$ )

blir suspendert. Total masse av suspenderte partikler er basert på de presenterte estimat for total partikkelmasse og størrelsesfordeling beregnet ved fraksjonering.

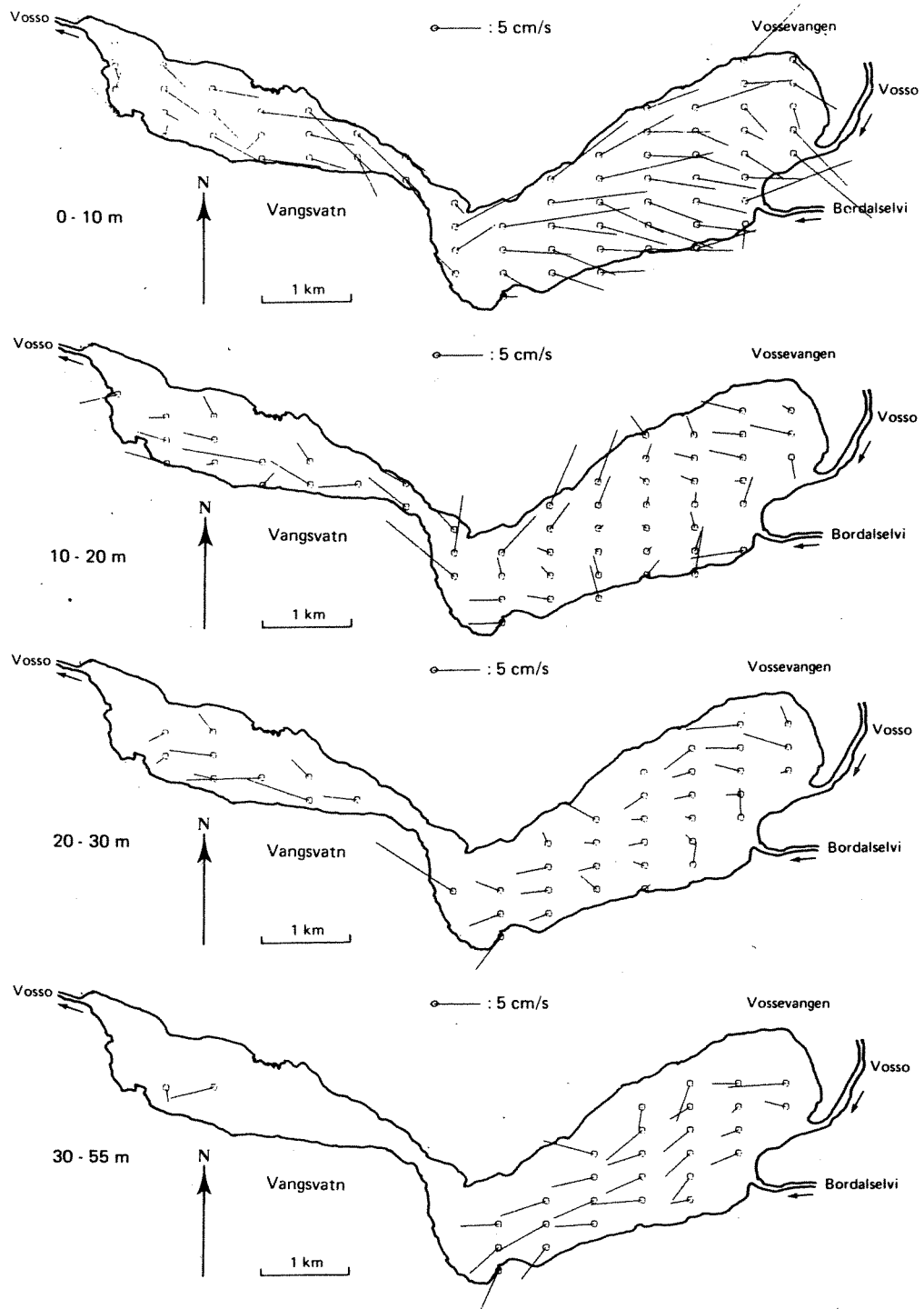
Modellberegningene gir en suspendert tørrstoffmengde på 5 mg/l ca. 500 m fra doseringsstedet, og opptil 0.2 mg/l i vestenden av Vangsvatnet. Forventete horisontale og vertikale strømninger ved ulike vindretninger, samt partikkelfordeling ut fra simulerte strømnings- og vindforhold er vist i fig. 2.1 - 2.5. Partikkelkonsentrasjonene vil avta med avtakende tilførsler og avstand fra doseringssted. Forventet konsentrasjonsfordeling nedstrøms Vangsvatn er vist i tab. 2.4.

Iflg. modellberegningene (tab. 2.4) vil en utgangskonsentrasjon på 5 mg/l i Vangsvatnet gi en tørrstoffkonsentrasjon ved utløpet av Evangervatnet på 0.1 mg/l. Dette svarer til normalverdier (bakgrunnsverdier) for suspendert tørrstoff ut av Vangsvatnet ved de forutsetninger som er benyttet i modellberegningene. For Bolstadelva må en slik endring vurderes som ubetydelig.

Tabell 2.4. Konsentrasjonsfordeling nedstrøms Vangsvatn.

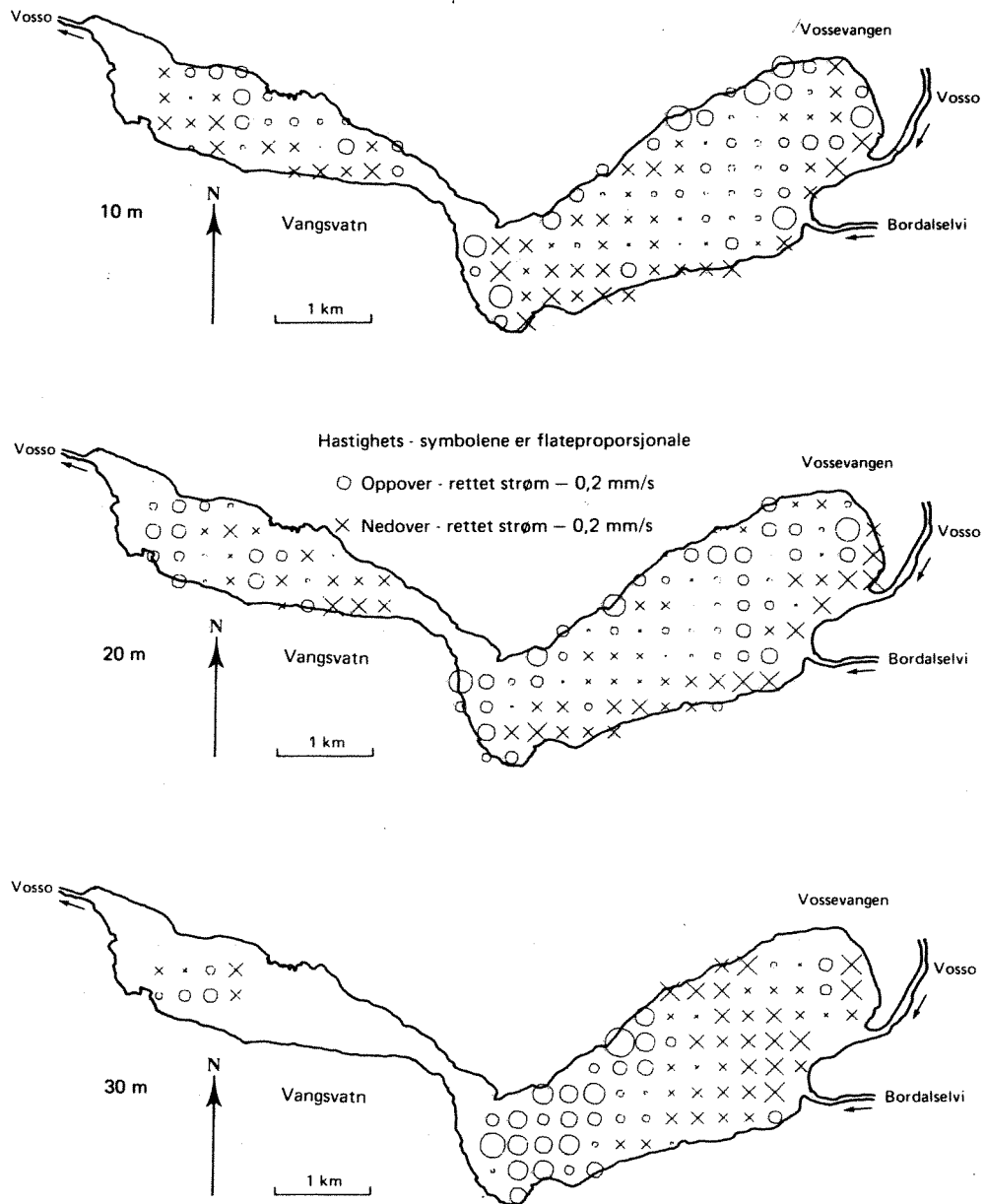
	Vannføring ved utløpet av Vangsvatn			
	10 m <sup>3</sup> /s konsentrasjon		100 m <sup>3</sup> /s konsentrasjon	
	mg/l	%	mg/l	%
Vangsvatn - utløp	5	100	5	100
Seimsvatn - innløp	5	100	5	100
Seimsvatn - utløp	1	20	2.5	50
Evangervatn - innløp	0.9	18	2.2	45
Evangervatn - utløp	0.1	2	0.4	8



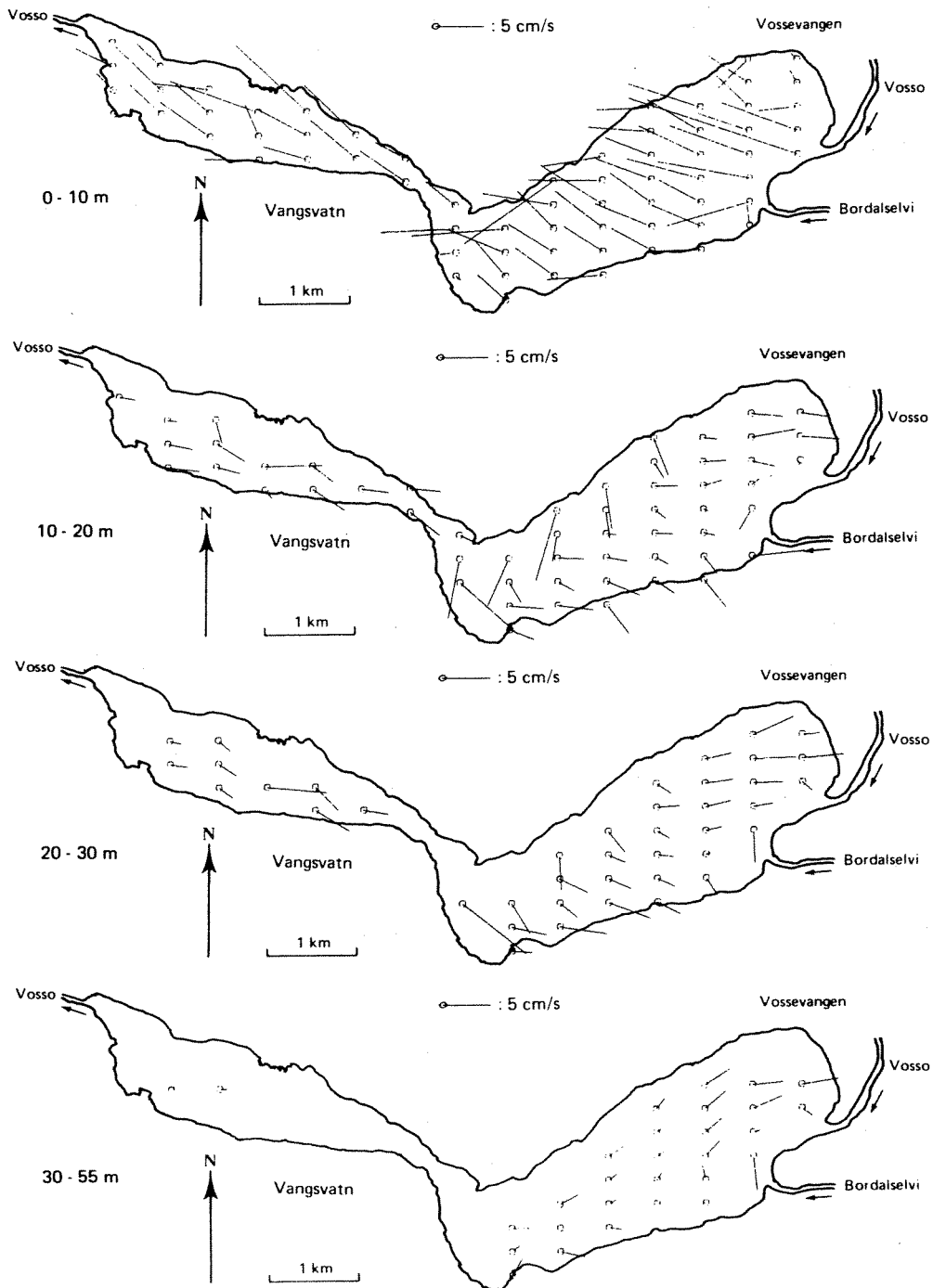


Figur 2.1.

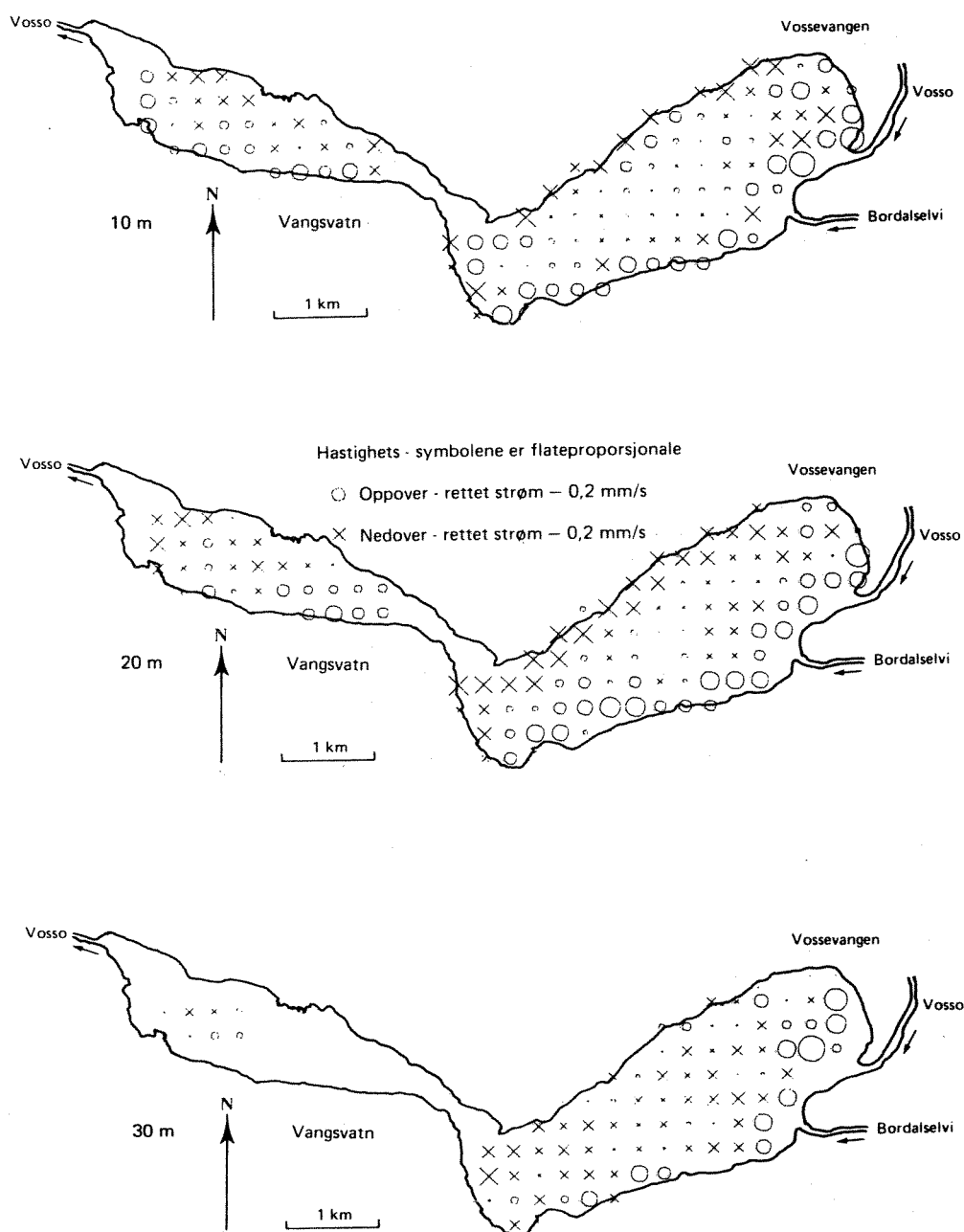
Simulert retning og hastighet av horisontal strøm i ulike vannsjikt fra 0 til 55 m dyp. (Vind mot nordøst, 5 m/s).



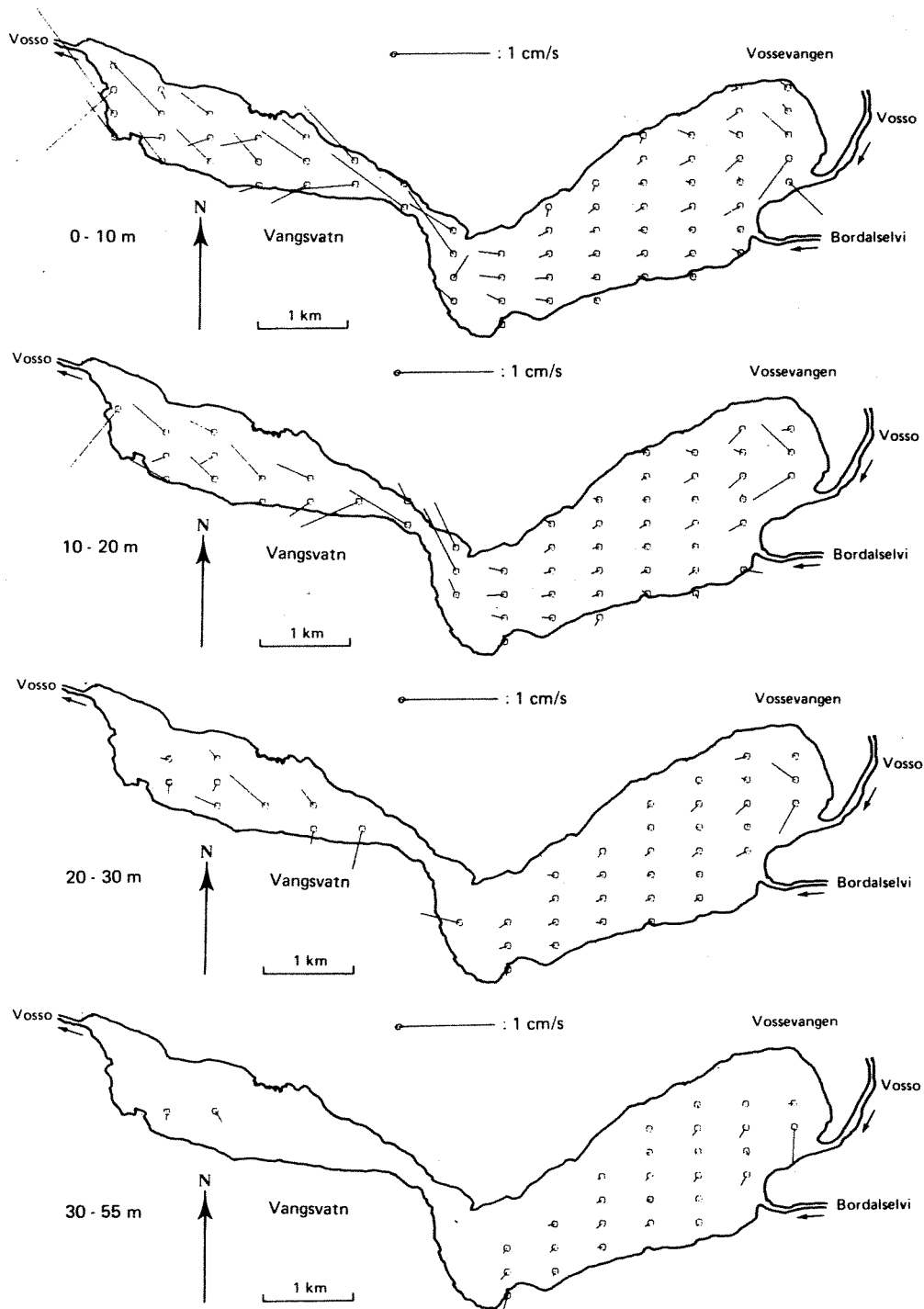
Figur 2.2. Simulert vertikal strøm. (Vind mot nordøst, 5 m/s.)



Figur 2.3. Simulert horisontal strøm. (Vind mot sørvest, 5 m/s).



Figur 2.4. Simulert vertikal strøm. (Vind mot sørvest, 5 m/s).



Figur 2.5. Simulert horisontal strøm uten vind.

## 2.4. Suspendert tørrstoff.

Suspendert materiale ble målt 6., 13., 20. og 27. juni 1988 for å få representative bakgrunnsverdier for tørrstofftransport i en periode med forventet høy vannføring. Tre målestasjoner ble benyttet: utløpet av Vangsvatn, utløpet av Seimsvatn og utløpet av Evangervatn (fig. 2.6). Totalt tørrstoff varierte mellom 0.55 og 1.5 mg/l, og det var ingen systematisk forskjell i konsentrasjon mellom de tre stasjonene (Tab. 2.5). Gløderest, som et uttrykk for fraksjonen av uorganiske partikler, varierte mellom 0.11 og 0.73 mg/l, og andelen av uorganiske partikler varierte i området 30-50 %, uten systematiske variasjoner mellom stasjonene. Generelt var den totale partikkelstransport lav gjennom hele juni, og reflekterer ingen klar samvariasjon med vannføringen.

Tabell 2.5. Suspendert tørrstoff (STS), suspendert tørrstoff gløderest (SGR) (mg/l) og prosent uorganisk tørrstoff, nedstrøms Vangsvatn juni 1988. Vannføring (døgnmiddel) m<sup>3</sup>/s ved Bulken vannmerke.

Lokalitet	Dato	STS	SGR	Uorganisk(%)	m <sup>3</sup> /s
Utløp Vangsvatn	6/6	0.645	0.230	35	109
	13/6	1.282	0.732	57	113
	20/6	0.715	0.223	31	74
	27/6	0.552	0.114	20	61
Utløp Seimsvatn	6/6	1.261	0.541	48	
	13/6	0.700	0.221	31	
	20/6	1.084	0.426	43	
	27/6	1.452	0.701	48	
Utløp Evangervatn	6/6	0.964	0.402	42	
	13/6	0.570	0.175	32	
	20/6	0.700	0.221	31	
	27/6	0.645	0.202	31	

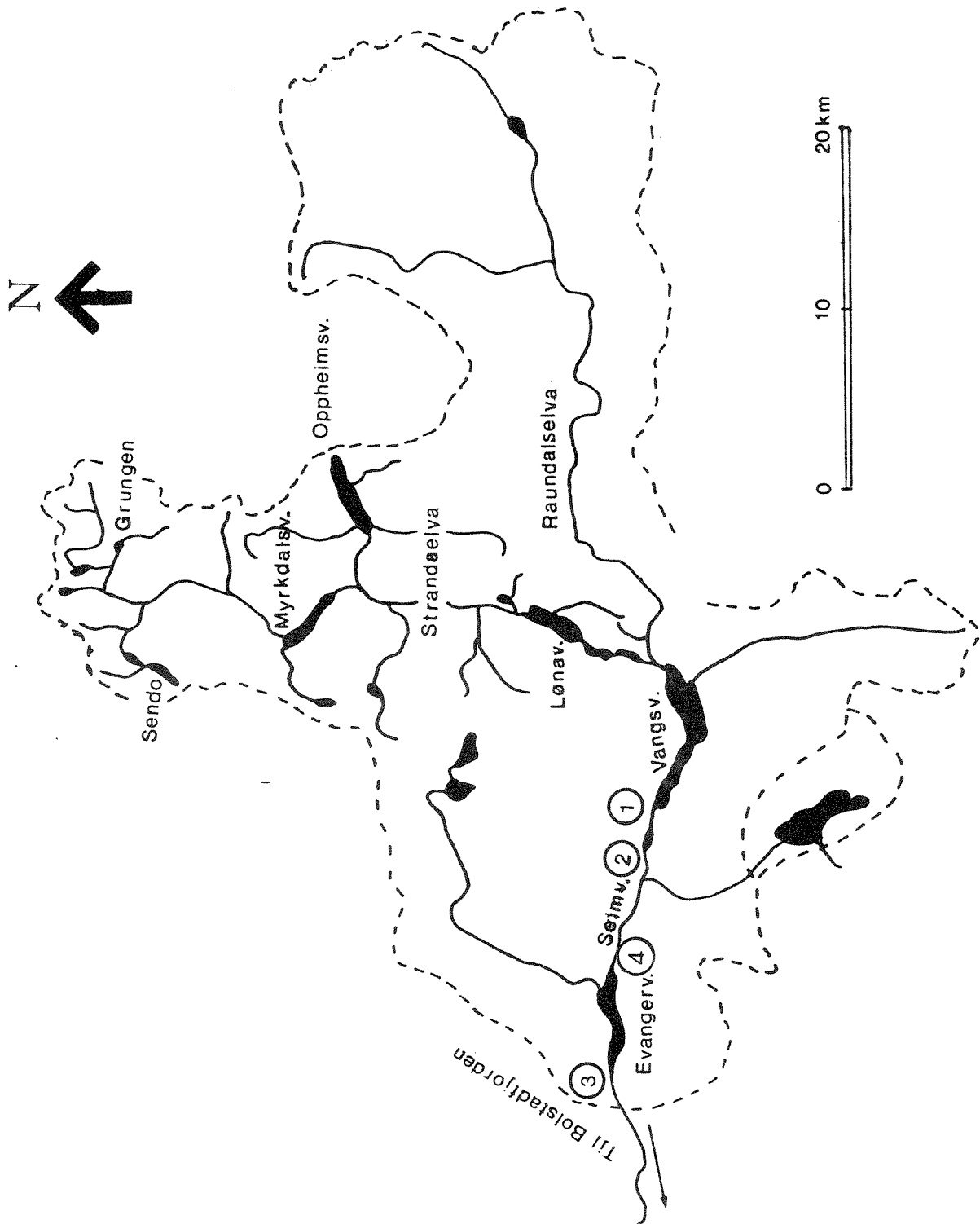


Fig. 2.6. Oversiktskart.

1. Vannprøve- og bunndyrstasjon Vangsvatn.
2. Vannprøve- og bunndyrstasjon Seimsvatn.
3. Vannprøve- og bunndyrstasjon Evangervatn.
4. Ekstra bunndyrstasjon.

## 2.5. Vannkjemi.

Vannkjemiske data fra de samme stasjoner og tidspunkter, og fra prøvetaking 6. desember 1989, er vist i tab. 2.6. pH ligger noe i underkant av nøytralitetspunktet (pH 7), med stabile verdier gjennom hele prøveperioden (5.99-6.43). Konduktiviteten var lav (0.94-1.76 mS/cm) pga. lavt ioneinnhold. Lav turbiditet (0.33-0.58) bekrefter de lave tørrstoffverdiene (tab. 2.5).

Tabell 2.6. Vannkjemiske data fra juni og desember 1988.

Stasjon	Dato	pH	Kond. mS/cm	Turb. CTU	TOTP µg/l	PO <sub>4</sub> P µg/l	TOTN µg/l	NO <sub>3</sub> N µg/l	NH <sub>4</sub> N µg/l
Vangsv.	6/6	5.99	1.28	0.58	6.0	0.5	186	101	-
	13/6	6.17	1.11	0.47	4.0	<0.5	144	79	-
	20/6	6.13	1.00	0.44	5.0	1.0	114	49	-
	27/6	6.16	0.94	0.38	3.0	1.0	84	24	-
	6/12	6.36	1.73	0.40	7.0	5.0	342	255	30
Seimsv.	6/6	6.10	1.28	0.37	4.0	0.5	144	94	-
	13/6	6.08	1.10	0.49	4.0	0.5	138	76	-
	20/6	6.15	1.05	0.47	3.0	0.5	144	53	-
	27/6	6.14	0.97	0.52	4.0	0.5	102	35	-
	6/12	6.43	1.76	0.33	6.0	4.0	348	255	24
Evangerv.	6/6	6.04	1.36	0.52	7.5	2.5	78	-	-
	13/6	6.20	1.16	0.36	4.5	0.5	156	77	-
	20/6	6.32	1.02	0.45	4.0	0.5	108	46	-
	27/6	6.16	1.07	0.33	4.0	0.5	132	60	-
	6/12	6.25	1.57	0.36	6.0	5.0	263	185	22

Hele den undersøkte strekningen av vassdraget er karakterisert av lav til moderat partikkeltransport og relativt lavt innhold av næringssalter. Løst fosfor, som normalt bestemmer produksjon (algevekst) i ferskvann, ligger i juniprøvene omkring - eller under deteksjonsgrensen, mens verdiene i desember ligger i størrelsesorden 2-10 ganger over verdiene fra juni. Dette skyldes dels at lavere vannføring 6. desember (12,72 m<sup>3</sup>/s) fører



til mindre fortykning, dels naturlige årstidssvingninger ved at mindre deler av fosfor i vinterhalvåret er bundet i biologisk materiale (algevekst).

Generelt er det bare små og usystematiske forskjeller i verdiene av vannkjemiske parametre i ulike deler av vassdraget nedenfor Vangsvatnet. Forskjellene mellom årstidene tilskrives en kombinasjon mellom ulik vannføring og naturlige årstidsvariasjoner, først og fremst når det gjelder konsentrasjonene av oppløste næringssalter.

#### 2.6. Konklusjon av forundersøkelsene.

Vassdraget nedenfor Vangsvatnet er i utgangspunktet lite belastet av uorganiske og organiske partikler og næringssalter. Simuleringer av partikkeltransport som følge av anleggsarbeidet indikerer en dobling til tidobling av total partikkelkonsentrasjon, og opptil en tyvedobling av konsentrasjonen av uorganiske partikler. Sett på bakgrunn av de lave bakgrunnsverdiene kan slike økninger ikke sies å være drastiske for vannkvaliteten, men vil påvirke siktbarheten i vannet.

Fisk og bunndyr tolererer relativt høye konsentrasjoner av naturlige slampartikler. Det foreligger få undersøkelser fra norske vassdrag som gir holdepunkter for en vurdering av den type partikler det her er snakk om. Den europeiske innlandsfiskekommisjonen (EIFAC) foreslår følgende grenseverdier for effekter på ferskvannsfiske ved eksponering for suspenderte partikler (Alabaster og Lloyd 1980):

- < 25 mg/l: Ingen skadelige effekter.
- 25 - 80 mg/l: Godt til middels godt fiske. Noe redusert avkastning.
- 80 - 400 mg/l: Betydelige reduksjoner i avkastning.
- > 400 mg/l: Meget dårlig fiske, sterkt redusert avkastning.

Det må imidlertid presiseres at dette er grenseverdier angitt for effekter på avkastning av fiske, og de er derfor ikke direkte overførbare til skadeeffekter på fisk.

Partikler fra sprengningsarbeid kan imidlertid virke sterkt inn på bunndyrfaunaen, og kan medføre fysiske skader på gjeller hos fisk (Jacobsen m.fl. 1987, Hessen m.fl. 1989). Videre kan relativt små vannkjemiske endringer (spesielt næringssalter) ha effekter i upåvirkete vassdrag. På bakgrunn av ovennevnte ble det besluttet å gjennomføre et enkelt overvåkingsprogram parallelt med anleggsvirksomheten, knyttet til vannkvalitet og bunndyr.

### 3. OVERVÅKING AV VANNKVALITETEN.

#### 3.1. Vannanalyser fra Vosso.

I overvåkingsprogrammet ble de samme stasjonene benyttet som ved forundersøkelsen. Prøvene ble tatt med vannhenter midtstrøms fra broene ved utløpet av Vangsvatnet og Evangervatnet. Ved utløpet av Seimsvatnet ble prøvene tatt fra en berghylle. Fra og med 11. mai 1989 ble sistnevnte stasjon flyttet til broen ved Saghaug (Geitle), nedstrøms Seimsvatnet. Datoer for prøvetaking og verdier av ulike parametre framgår av tab. 3.1 og fig. 3.1.

Tabell 3.1. Kjemisk vannkvalitet i Vosso nedenfor Vangsvatnet.

Stasjon	Dato	pH	Kond. ms/cm/s	Turb CTU	TOTP µg/l	PO <sub>4</sub> P µg/l	TOTN µg/l	NO <sub>3</sub> N µg/l	NH <sub>4</sub> N µg/l	Ca mg/l
Vangsv.	061288	6.36	1.73	0.40	7.0	5.0	342	255	30	1.28
	070489	6.46	2.87	9.40	12.0	6.0	356	265	18	1.75
	160689	6.38	1.80	0.40	4.0	1.0	189	120	8	0.88
	021089	6.25	1.58	3.10	7.0	3.0	224	103	29	0.86
Seimsv.	061288	6.43	1.76	0.33	6.0	4.0	348	255	24	1.32
	070489	6.41	2.91	7.50	10.0	6.5	350	270	24	1.80
	160689	6.37	1.93	0.58	3.0	0.5	263	125	33	0.90
	021089	6.31	1.49	1.10	5.0	2.0	210	99	29	0.84
Evang.v.	061288	6.25	1.57	0.36	6.0	5.0	263	185	22	1.06
	070489	6.22	2.53	4.40	11.0	4.5	267	195	12	1.31
	160689	6.42	1.90	0.40	3.0	1.0	189	119	12	0.90
	021089	6.21	1.50	0.98	4.0	0.5	162	94	6	0.74
Saghaug	160689	6.34	1.77	0.36	3.0	<0.5	189	119	12	0.86
	021089	6.40	1.56	2.10	20.0	3.0	252	102	38	0.90

Til sammenlikning har vi i tabell 3.2 gjengitt midlere årsverdier for en del vannparametre for produksjonsperioden (juni-september) fra Øvre Vangsvatn (Holtar m.fl. 1986).

Verdiene for turbiditet i april 1989 var unormalt høye, sammenliknet med tidligere prøver (tab. 2.6), og samsvarer godt med de høye tørrstoffverdiene på samme tidspunkt (fig. 3.1). Avtakende turbiditets- og tørrstoffverdier nedover vassdraget svarer til det en skulle forvente, forutsatt at den dominerende årsaken er fyllingsarbeidet i Vangsvatnet. Turbiditeten ved utløpet av Vangsvatnet var 7. april 1989 ca. 16 ganger høyere enn i juni 1988, ved Seimsvatnet var verdien ca. 14 ganger høyere, og ved Evangervatnet ca. 9 ganger høyere.

Tabell 3.2. Tidsveide midlere årsverdier i tidsperioden 1977-1984 for overflateblandprøver (0-10 m).

St.	Ar	Surhets- grad pH	Konduk- tivitet mS/m	Turbi- ditet FTU	Farge mg Pt/l	KOF K MnO <sub>4</sub> mg O/l	Tot. nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Tot. fosfor µg P/l	Orto- fosfat µg P/l	Sikte- dyp m	Kloro- fyll a µg/l	Organisk tørrstoff mg/l	Uorganisk tørrstoff mg/l
	1) 1977	6,4	1,16	0,46	15		144	54	9	2		2,42	0,50	0,14
	1978	*6,3	1) 1,03	0,55	23		152	31	7	3	8,1	2,24	4) 0,55	0,26
	1979			Ikke data fra produksjonstiden										
	3) 1980	2) 6,3	1,12	0,53	27	0,96	172	39	7	2	7,7	2,38	4) 0,82	-
	1981	6,5	1,34	0,37	23	-	180	64	6	2	7,8	1,73	0,50	1,0
	1983	6,0	1,11	0,51	17	0,78	153	50	5	1,6	8,6	2,0	-	-
	1984	6,3	1,08	0,62	6) 3,4	0,99	216	45	5	2,0	5) 7,6	1,76	-	-

1) 0-10 m blandprøve

2) Planimetrert middel av alle dyp

3) Tidsveid middel av resultatene fra 1 m dyp (unntak: se 2)

4) Middel for juli, august og september

5) Siktedyp for juli mangler (mistet sikteskiven)

6) Fargetall lavere pga. ny metode.

I fig. 3.1 har vi tatt utgangspunkt i en "normalverdi" som er et gjennomsnitt av verdiene for suspendert uorganisk tørrstoff (SGR) og suspendert organisk tørrstoff (SORG) fra prøvene i juni 1988 (tab. 2.5). Disse gjennomsnittsverdiene er satt til 100 %. Tab. 3.3 viser en del nøkkerverdier.

Som fig. 3.1 og tab. 3.3 viser, ligger verdiene av oppløst uorganisk materiale i gjennomsnitt langt over "normalverdiene" for samtlige stasjoner i 1989, mens konsentrasjonene av organisk tørrstoff ligger omkring, eller under "normalverdiene" fra juni

1988. Dette henger sammen med at fyllingsmassene vesentlig bidrar med uorganiske partikler.

Fig. 3.1 og 3.2 antyder et relativt godt samsvar mellom vannføring og tørrstoffinnhold. Forholdet er nærmere belyst i fig. 3.3. Høye vannføringer gir økt fortykning, og jevnt over lave tørrstoffkonsentrasjoner, sammenliknet med lave vannføringer.

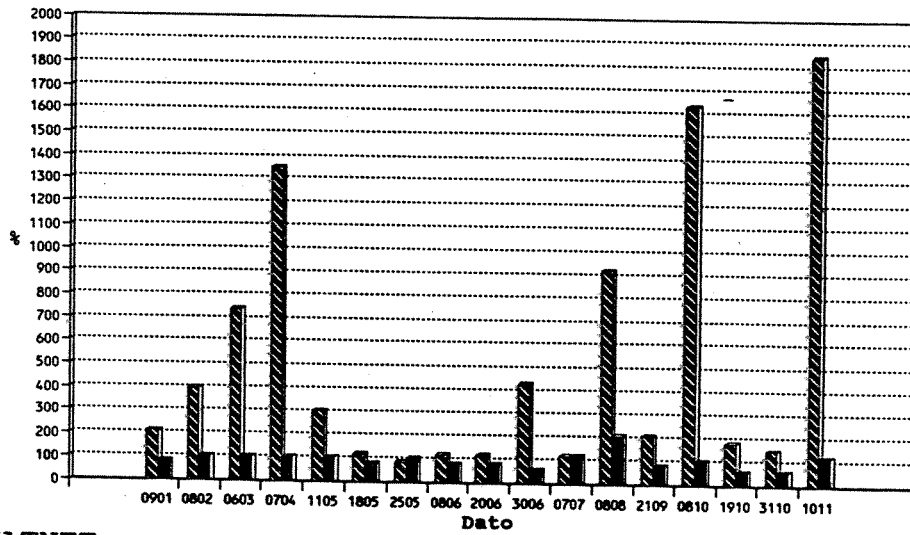
Vannprøvene er tatt på samme dag på alle tre stasjoner, innenfor et tidsintervall på 1 - 2 timer. Dette gjør at det ikke nødvendigvis er direkte proporsjonalitet mellom tørrstoffmengdene fra stasjon til stasjon i våre prøver. Ved variasjoner i fyllingsaktiviteten, vil tørrstofftilførslene skje i pulser, som vil være tidsforskjøvet mellom øvre og nedre del av vassdraget. Dette betyr at en gitt tørrstoffkonsentrasjon ved Vangsvatnet, ikke nødvendigvis gir et proporsjonalt utslag på de andre stasjonene på samme tidspunkt, noe som også klart framgår av fig. 3.1.

Prøvetaking på stigende vannføring vil i tillegg til transport fra vegfyllingen også gi tilført uorganisk materiale fra re-suspensjon av tidligere bunnfelt materiale fra elvebunnen.

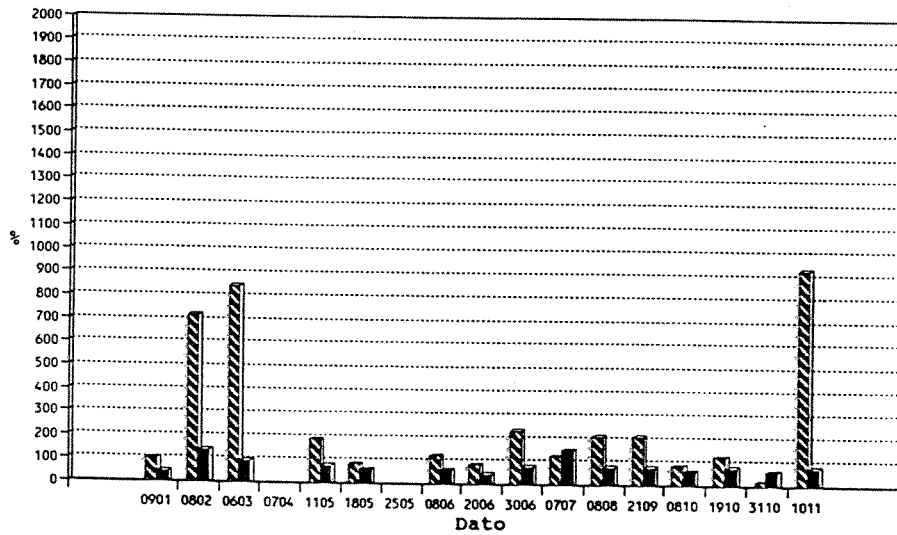
Fig. 3.4 viser anleggsaktiviteten i form av utfylt masse i Vangsvatnet pr uke, sammenliknet med tørrstoffkonsentrasjonene (% av "normal") i vannprøver ved utløpet. De relativt høye tørrstoffkonsentrasjonene høsten 1989 kan ha sammenheng med at det på denne tid ble brukt en del forskjæringsmasse i sjetéfyllingen, og at denne massen gir større grad av suspensjon enn tunnelmassene (Skorve, NSB, Pers. komm.).

Ellers er det ikke oppnådd noe klart samsvar mellom anleggsaktivitet (utfyllingsaktivitet) og konsentrasjon av suspendert tørrstoff. Dette skyldes trolig at både prøvetakingsprogrammet og oppgavene over utfylte masser (m<sup>3</sup>/uke) er for "grovmasket" til å avdekke slike sammenhenger.

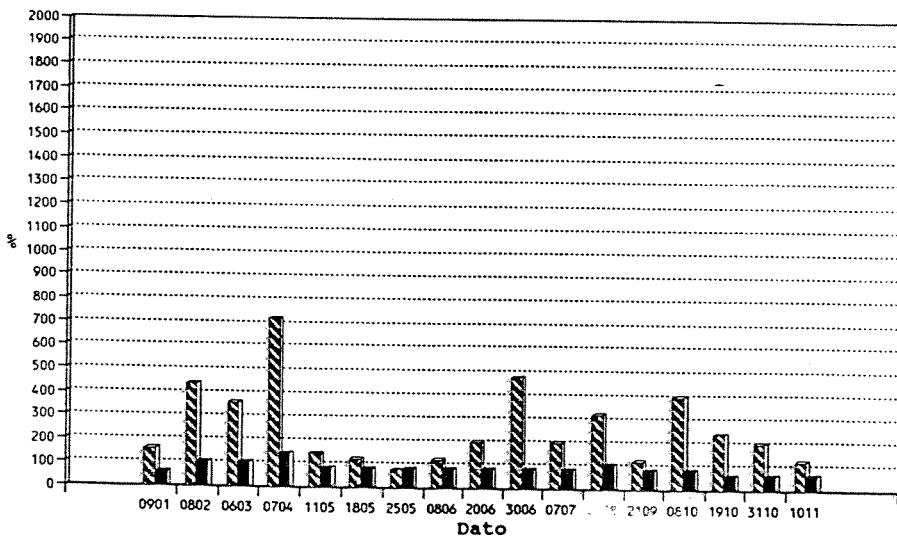
## VANGSVATNET





## SEIMSVATNET

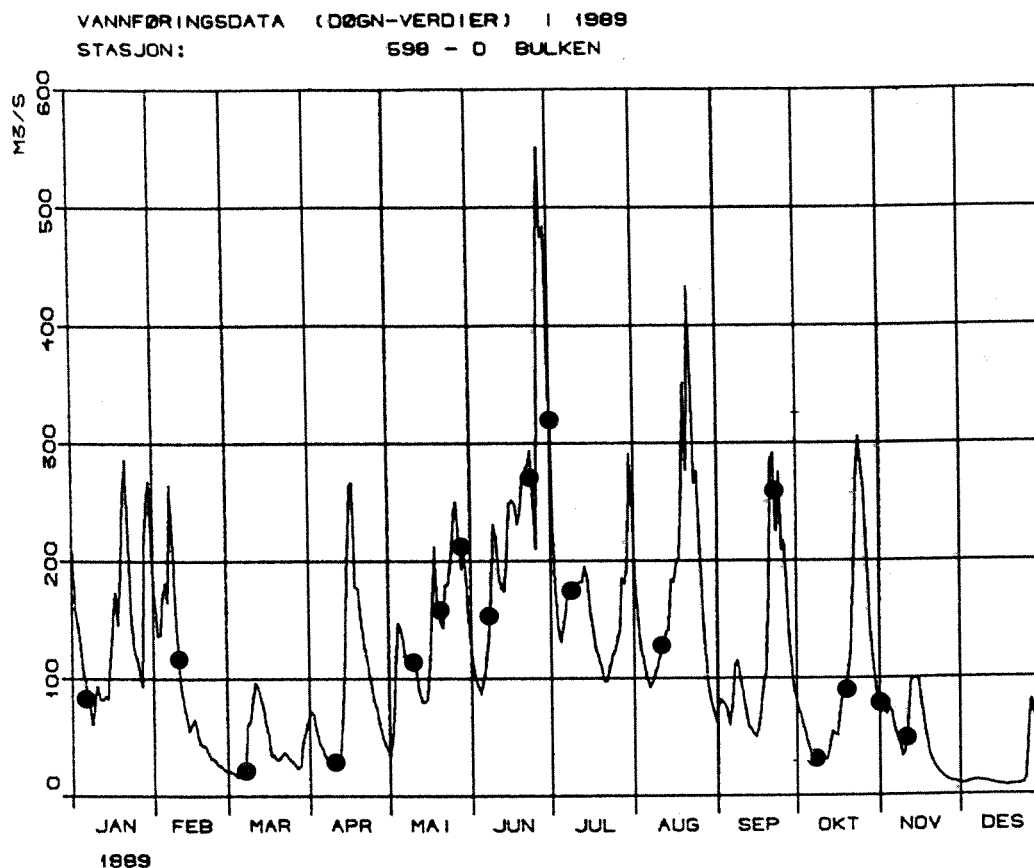


## EVANGERVATN

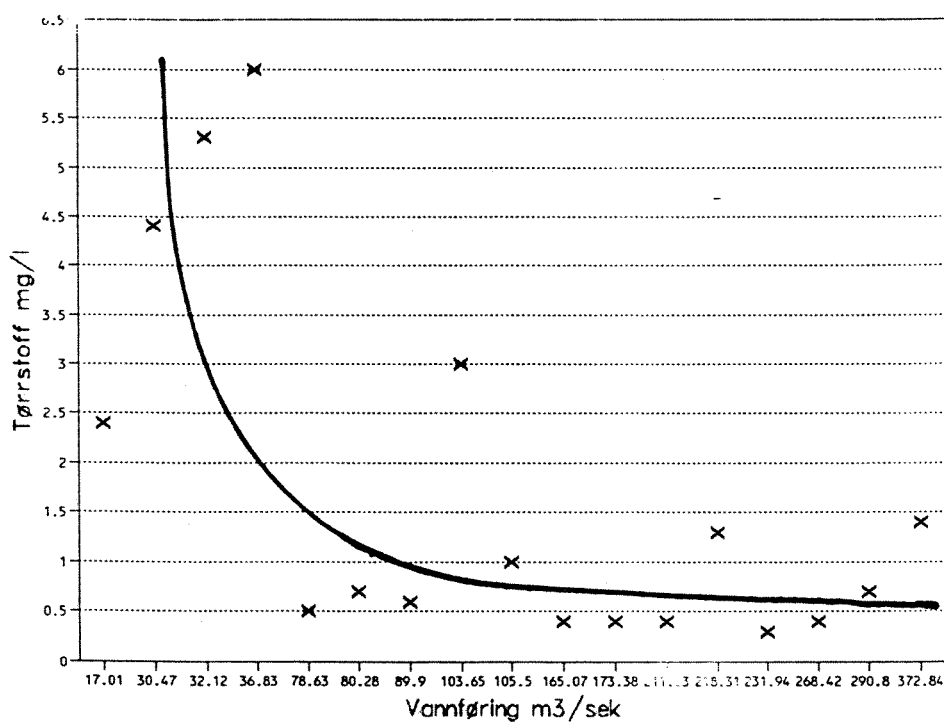


 SGR % av norm
  SORG i % av norm

Figur 3.1. Oppløst uorganisk tørrstoff (SGR) og organisk tørrstoff (SORG) fra Vosso i 1989, i prosent av "normalverdier" fra juni 1988.



Figur 3.2. Vannføring  $\text{m}^3/\text{s}$  (døgnmiddel) på prøvetakingsdato.  
● Prøvetaking for tørrstoffanalyse.



Figur 3.3. Uorganisk tørrstoff (mg/l) ved utløpet av Vangsvatn i 1989, relatert til vannføring ved Bulken Vanmerke. (Kurven er trukket på øyemål).

Den kjemiske vannkvaliteten i vannprøver fra 1989 (tab. 3.1) ligger stort sett innenfor eller nær opptil verdiene fra juni og desember 1988 (tab. 2.6).

Tabell 3.3. Maksimums-, minimums- og middel- konsentrasjoner av uorganisk- (SGR) og organisk- (SORG) tørrstoff fra vannprøver i 1989. Som "normalverdier" er angitt gjennomsnitt i vannprøver fra juni 1988.

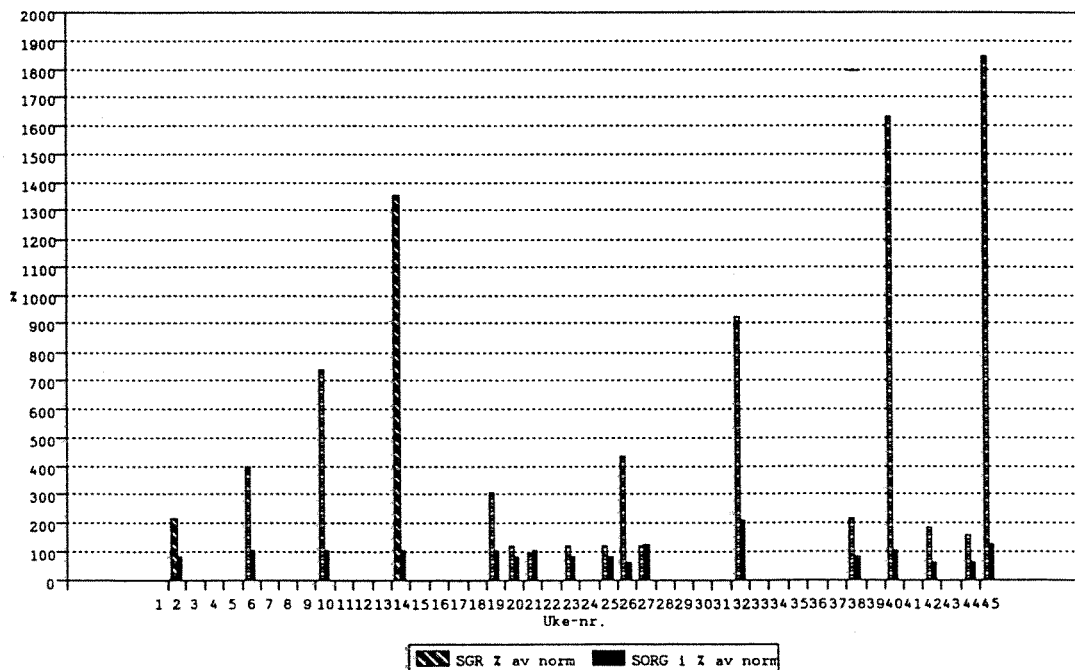
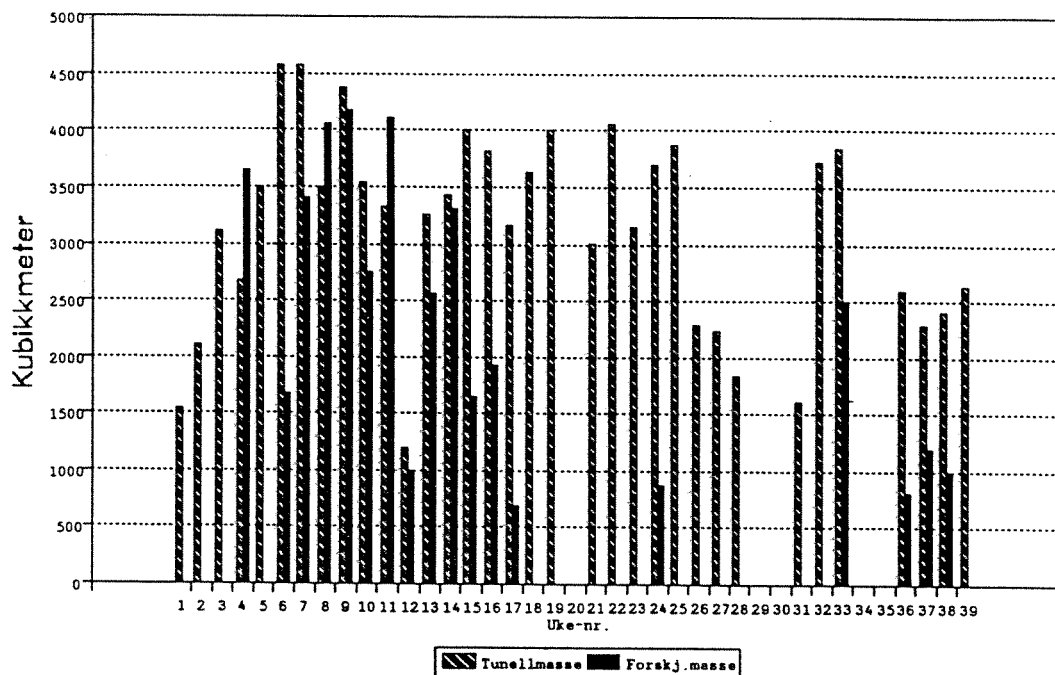
	SGR		SORG	
	mg/l	% av "norm."	mg/l	% av "norm."
<b>VANGSVATNET</b>				
Maksimum	6.0	1846	0.6	127
Minimum	0.3	92	0.3	63
Middel	1.718	529	0.477	101
"Normal"	0.325	100	0.474	100
<b>SEIMSVATNET</b>				
Maksimum	4.4	926	1.0	154
Minimum	0.4	84	0.3	46
Middel	1.269	272	0.513	79
"Normal"	0.475	100	0.649	100
<b>EVANGERVATNET</b>				
Maksimum	1.8	720	0.7	149
Minimum	0.2	80	0.3	64
Middel	0.670	260	0.412	88
"Normal"	0.250	100	0.470	100

Ialt ble det tatt prøver ved 17 tidspunkt i 1989. Tab. 3.2 gir en sammenlikning av maks., middel, og min.-verdier for uorganisk tørrstoff av disse 17 målingene for de tre stasjonene. I gjennomsnitt utgjør oppløst uorganisk tørrstoff ved utløpet av Seimsvatnet og Evangervatnet henholdsvis 74 % og 39 % av verdiene ved utløpet av Vangsvatn.



# VANGSVATNET 1989

## Tunnelmasse/forskj.masse



Figur 3.4. Kubikkmeter masse tilført vegtyllingen pr uke under anleggsperioden. Suspendert uorganisk (SGR) og organisk (SORG) tørrstoff ved utløpet av Vangsvatnet i samme periode.

6 av 17 vannprøver var tatt ved vannføringer over 200 m<sup>3</sup>/s, 4 prøver mellom 100 og 200 m<sup>3</sup>/s, og 7 prøver på vannføringer under 100 m<sup>3</sup>/s. Høyest vannføring ved prøvetaking var på 373 m<sup>3</sup>/s (døgnmiddel), og laveste vannføring 17 m<sup>3</sup>/s. Høy vannføring gir stor fortynning, og derfor lave tørrstoffverdier. Samtidig reduseres sedimentasjonen nedover vassdraget. Mengden suspendert uorganisk tørrstoff ved utløpet av Seimsvatnet og Evangervatnet var i gjennomsnitt henholdsvis 76 og 39 % av konsentrasjonen ved utløpet av Vangsvatnet for hele anleggsperioden.

### 3.2. Undersøkelser i fjorden utenfor Vosso.

#### 3.2.1. Problemstilling

I mars-april ble det observert redusert sikt i Bolstadfjorden og nærliggende fjordområder. Dette kan bla. ha negativ virkning for sittentofisket etter laks.

Det ble antatt at den reduserte siktbarheten i fjorden skyldes slam fra fyllingsarbeidet ved Vangsvatnet eller lokal oppblomstring av alger. Statens Vegvesen i Hordaland ba derfor NIVA foreta en registrering av partikkelkonsentrasjon og alger, og gi en vurdering av:

- Årsaken til den reduserte siktbarheten.
- Virkningen for sittentofisket.
- Behovet for overvåking av vannkvaliteten i fjordområdet utenfor munningen av Vosso.

### 3.2.2. Partikkelkonsentrasjoner og hydrografi

Registreringen ble gjennomført 25. mai på 5 stasjoner. Disse er angitt i figur 3.4. På dette tidspunkt var partikkelkonsentrasjonene i overflatevannet redusert, og det var ikke lenger mulig å observere noen blakking som følge av slamføring.

Det ble tatt ut prøver fra 0, 5 og 10 m dyp for analyse av suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (SGR), dvs. uorganisk del. Videre ble det tatt ut vannprøver for telling og bestemmelse av planktonalger (se avsn. 3.1.3). Resultatene er gjengitt i tabell 3.4.

Siktedypet varierte fra 5 til 6.5 m. Det minste siktedypet, 5 m, ble registrert ved Siljanes (St. 4). Dette har klar sammenheng med relativt høy tørrstoffkonsentrasjon i overflatelaget (STS = 3.5 mg/l). Stasjonen ligger i et terskelområde, der turbulens kan være en medvirkende årsak til høy partikkelkonsentrasjon i overflatelaget.

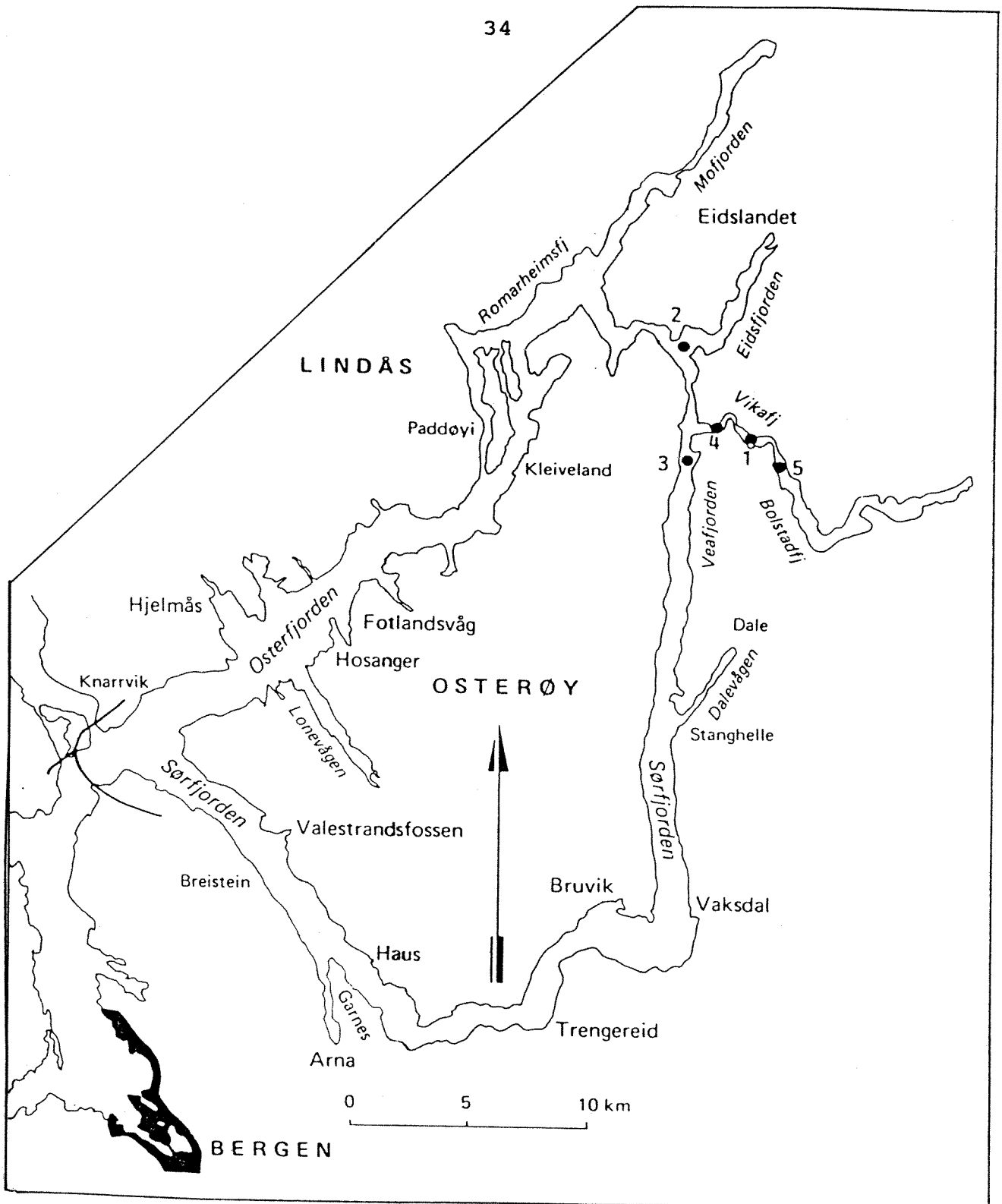
På den innerste stasjonen, St. 5 ved Hetleviknes, er tørrstoffkonsentrasjonene normale i alle tre prøvedyp.

På de øvrige stasjonene, stiger tørrstoffkonsentrasjonen med dypet. Konsentrasjonene av uorganisk tørrstoff er eksepsjonelt høye på 10 m, og tildels på 5 m dyp (også om en korrigerer for saltinnhold). Konsentrasjonene er videre markert høyere i Veafjorden (St. 3) enn i Simanesfjorden (St. 2).

Sistnevnte observasjoner kan tyde på at partiklene har sitt opphav fra Vosso, idet den vesentlige del av vanntransporten herfra følger Veafjorden. Videre var det tydelig at slamføringsproblemet var avtakende, og at det hadde foregått en utfelling fra overflatelaget og nedover i de mer stagnante underliggende vannmasser.

Tabell 3.4. Vannanalyser fra fjordområdet utenfor Vosso våren 1989.

Stasjon		Salt ‰	STS mg/l	SGR mg/l	Siktedyp m	Domin. Alge.kon.	Tilh. celletall	Dom.art
1. Vikafj.	0 m	0,257	0,49	<0,2	5,5	Diatomea	115.000	Grammatophora maina
"	5 m	0,150	3,5	1,1				
"	10 m	0,215	12,5	7,0				
"	14 m	0,157						
"	15 m	24,378						
2. Simenesfj.	0 m	0,891	0,82	<0,2	6,5	Diatomea	410.000	Sheletonema costatum
"	5 m	29,478	1,4	0,27				
"	10 m	31,218	4,9	2,3				
"	20 m	32,470						
3. Kvamshl.	0 m	3,012	1,8	0,3	6,0	Diatomea	600.000	Sheletonema costatum
"	5 m	29,446	8,2	6,1		Flagellater & monader	1400.000	Emiliamia huxley
"	10 m	31,253	11,7	8,6		< 5 µm		
4. Skiljanes	0 m	0,267	3,5	1,4	5,0	Diatomea	36.000	Ubest.
"	5 m	27,592	0,9	0,3				
"	10 m	27,656	0,6	<0,2				
5. Hetleviknes	0 m	0,187	1,0	0,3	6,0	Diatomea	40.000	Guinardia sp.
"	5 m	0,112	1,3	0,3				
"	10 m	0,113	0,5	<0,2				
"	18 m	0,119						



1. Vikafjord
2. Simanesfjord
3. Kvamsholmen
4. Skiljanes
5. Hetleviknes

Figur 3.4. Stasjoner for prøvetaking.

Som fig. 3.4 viser, var slamtransporten i Vosso vesentlig mindre i mai enn i mars og april 1989. Dette samsvarer godt med resultatet av observasjonene ovenfor.

### 3.2.3. Alger

Algetellingene viste helt normale tilstander i overflaten med relativt lave celletall/1. Den dominerende algegruppe var diatomeene. På stasjon 1, 4 og 5 ble det funnet svært lave celletall, mens stasjon 2 og 3 utmerket seg ved 5-10 x høyere cellekonsentrasjoner (se tabell 3.2). Også her var det diatomeene (kiselalger) som dominerte med Skeletonema costatum, som den viktigste.

Den lagdeling av vannmassene som viste seg ved tørrstoffinnholdets variasjon med dypet (tabell 3.2) kunne også bekreftes ved ulik algesammensetning med dypet på stasjon 3. På 5 m dyp ble det her påvist dominans av flagellater og monader (små runde algeceller)  $< 5 \mu\text{m}$ . Mest fremtredende var Coccolithophoriden (kalkflagellat) Emiliana huxleyi. Dette kan ha vært spiren til masseoppblomstringen av arten senere i juni 1989.

Når det gjelder tørrstoff-mengde skilte stasjon 1 seg ut ved mye høyere konsentrasjoner enn de øvrige. Dette kan ha sammenheng med tilførsler fra Vosso.

#### 4. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER

##### 4.1. Bakgrunn

Riksveg 13 ble i 1988-89 flyttet ned til en fylling i og langs Vangsvannet ved Bulken. Statens Vegvesen i Hordaland ba i den forbindelse NIVA om å få belyst eventuelle effekter dette arbeidet hadde for vannkvaliteten i vassdraget nedstrøms anleggsområdet. Dette vassdraget med elvene Vosso og Bolstadelvi er meget verdifulle lakseelver, og særlig kjent for sin laksestamme med storvokst laks. En var i denne sammenheng opptatt av å få frem eventuelle negative effekter anleggsarbeidet hadde på produksjonen av laks og sjøaure i vassdraget og på forhold som kunne vanskeliggjøre utøvelsen av fiske.

Det er særlig to miljøeffekter fra denne type anleggsarbeid i og ved en vannforekomst som har tiltrukket seg oppmerksomhet. Den ene er utvasking av plantenæringssalter fra sprengstoffrester som kan gi økt plantevekst i vassdraget hvis vannforekomsten er liten og resipientkapasiteten dermed overskrides. For Vosso viste dette seg ikke å være noe problem; vannmassene var store nok til å ta hånd om den relativt beskjedne mengden av nitrat som ble vasket ut fra sprengsteinfyllingen.

En annen og kanskje langt mer alvorlig effekt av denne type arbeid er erosjon, utvasking og direkte tilførsel av uorganiske partikler som er så små at de blir svevende i vannmassen en tid. Partiklene transporteres derved bort fra selve fyllingsområdet og i dette tilfellet nå utløpet av Vangsvannet.

Uorganiske partikler kan komme ut i et elveløp på mange måter som erosjonsmateriale fra landbruks-/skogbruksaktiviteter eller ved ulike typer anleggsvirksomheter som veibygging, forbygningsarbeid, steinbrudd, gruver, grustak, tunnelbygging

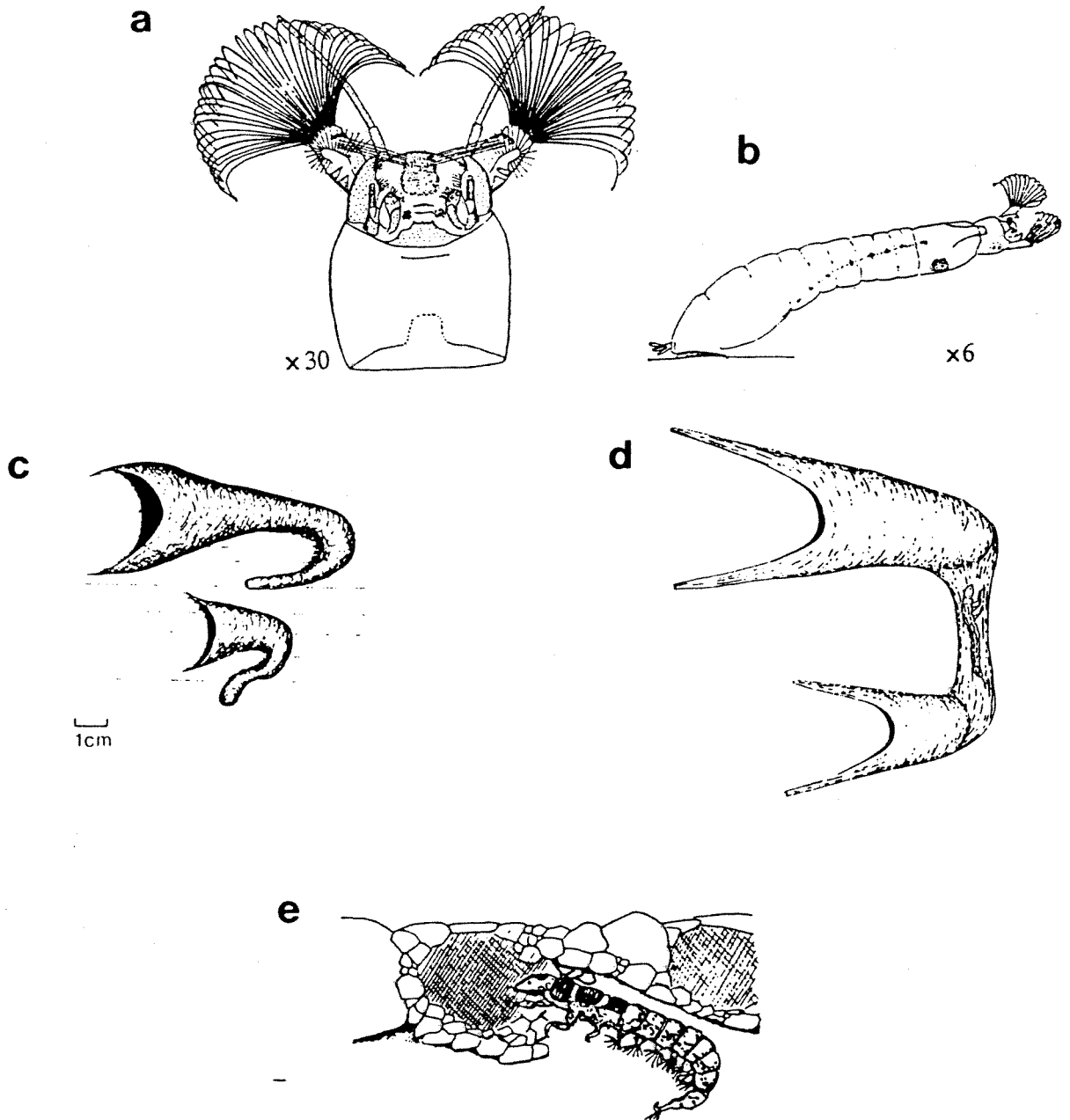
og damanlegg. Men vi skal også huske på at vassdrag har i ulik grad naturlige tilførsler av erosjonsprodukter. Dette kan være breslam og erosjonsmateriale fra sand, leire og løsavsetninger.

Størrelse og form på partiklene varierer. Vannhastigheten avgjør hvor store partikler som kan transporteres. Erosjonsmateriale har avrundet form. Nydannede partikler ved sprengningsarbeider, knusing og nedmaling er kantete og skarpe. Dette er en viktig forskjell som vi senere skal komme tilbake til.

Partiklene kan finnes suspendert i vannmassene og sedimentert på bunnen. Stor konsentrasjon av suspenderte partikler (høy turbiditet) reduserer gjennomtrengeligheten for lys. Det reduserer planteproduksjonen (alger, moser, høyere planter). Videre kan skureeffekten av partikler mot bunnen redusere plantedekket. Filtrerende organismer som knottlarver og nettspinnende vårfluelarver lever av partikler de samler inn fra vannmassen. De får ødelagt næringsgrunlaget og kan få skadet fangstredskapene av skarpe partikler (Fig. 4.1) når transporten av uorganiske partikler blir for stor.

Partikler sedimenterer ved redusert vannhastighet, de største og tyngste først, og kan derved dekke til elvebunnen. Næringsemner for bunndyrene, slik som påvekstalger og organiske partikler, dekkes til av uspiselige partikler. Åpninger og hulrom mellom stein og grus tettes til. Hulrommene er tilholdssted for mange bunndyr (Nuttall, 1972). Nedslamming reduserer også vanngjennomtrenging og oksygentilførselen ned i substratet. Alt dette er viktige faktorer som må være tilstede for å få en velutviklet bunnfauna.





Figur 4.1. a) Hode m. sileapparatet hos knott. b) Knottlarve  
 c) Fangstnett til en nettspinnende vårflue (Neureclipsis bimaculata). d) Fangstnett til vårfluen Plectrocnemi conspersa. Merk larven som ligger mellom "posene)  
 e) Larve og nett av vårfluen Hydropsyche.  
 (Fig. hentet fra Aanes og Bækken 1989)

#### 4.2. Bruk av bunndyr i vassdragsovervåking

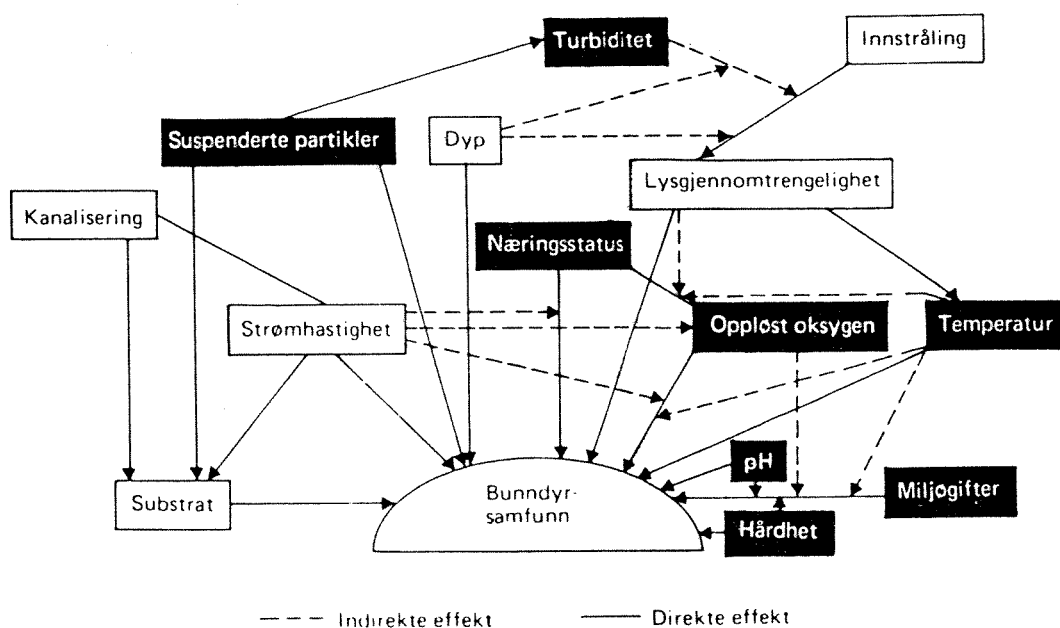
Innsamling av større bunndyr (makrovertebrater) har lenge vært en viktig del av generelle og problemrettede vassdragsundersøkelser. Det som særlig gjør disse organismene velegnet for å studere vannkvaliteten i en resipient, er at bunndyrene gjennom sitt livsløp gir et integrert bilde av tilstanden i vassdraget over lang tid.

Bunndyrsamfunnet gir responsen på den samlede miljøpåvirkning i resipienten og denne kan i noen tilfeller spores i bunndyrsamfunnets struktur og funksjonelle oppbygging før dette kan registreres ved fysisk-kjemisk prøvetaking (Hynes 1966). Videre er bunndyrene viktige næringsobjekter for fisk og gir derfor opplysninger om næringspotensiale for fiskeproduksjon. Også i vassdragets selvrensningsevne inngår bunnfaunaen som en viktig komponent.

Generelt kan vi si at en organisme må forholde seg til sitt miljø. Sammensettingen av dyre- og plantesamfunnene på elvebunnen er bestemt av et mangfold av miljøparametre. De mange populasjonene i et samfunn har ulike tålegrenser og preferanseområder. Når en eller flere av miljøparametrene endres, vil også organismesamfunnene endres.

Samfunnene gjenspeiler miljøet. Fig. 4.2 viser hvordan forskjellige parametre innvirker på hverandre og på samfunnet.

Bunndyr er en svært heterogen gruppe organismer. Det finnes ekstreme rentvannsarter og det er arter som er svært tolerante overfor forskjellige typer forurensninger. Dette er en forutsetning for å kunne bruke dem i vannkvalitetsklassifisering, og en viktig grunn til at de er mye brukt.



Figur 4.2. Forskjellige miljøparametres innvirkning på hverandre og på et bunndyr-samfunn i elv. Parametre som forventes å ha spesiell innvirkning på vannkvaliteten har mørk bakgrunn. (Omarbeidet fra Hawkes, 1979).

Gjennom en analyse av bunndyr-samfunnets strukturelle og funksjonelle oppbygging på et sett med utvalgte stasjoner, vil det være mulig å få frem informasjon om påvirkningstype samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse i resipienten. Dersom det blir registrert forandringer i samfunnet på en stasjon gjennom en tidsperiode, kan dette indikere forandringer i vannkvaliteten.

Ved partikkelforurensning fra anleggsarbeide har flere resipient undersøkelser de siste årene vist hvordan bunndyrundersøkelser er svært godt egnet til å beskrive økologiske endringer i resipienten (Jacobsen 1987, Bjerknes 1988). Med bakgrunn i den

kompetanse instituttet her har, ble undersøkelsen i Vossovassdraget lagt opp.

#### 4.3. Metode og materiale

##### Innsamlingsmetode

Ved undersøkelsen av Vossovassdraget ble det brukt en kvantitativ innsamlingsmetode. Dette er en metode som er langt mer ressurskrevende enn kvalitative metoder som vanligvis blir brukt, men oppgavens målsetting tilsa at vi her trengte gode kvantitative data.

Prøvetakeren vi brukte kalles en Surber-sampler. Den omsluttet et areal av elvebunnen på 30 x 30 cm, og hadde en maskevidde i oppsamlingsposen på 250  $\mu\text{m}$ . Prøvetakeren er en videreutvikling av den tradisjonelle Surber-sampleren (Aanes, 1980). I tillegg til kvantitative prøver (5 stk. pr. stasjon) ble det hentet inn kvalitative prøver vha. en standardisert håvmetode. Denne er beskrevet i Norsk Standard (NS 4719).

##### Materiale

Bunndyrmaterialet består av 40 kvantitative og 8 kvalitative prøverhentet inn under feltarbeidet i desember 1988 og i desember 1989. I Vossovassdraget ble 4 stasjoner undersøkt; 2 stasjoner ovenfor Evangervann og 2 stasjoner nedenfor. Dette er de samme stasjonene som bl.a. er brukt ved innhenting av fysisk-kjemiske prøver.

Bunndyrmaterialet er sortert, talt og gruppert til hovedgruppe. I det videre arbeid ble materialet fra de tre hovedgruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer artsbestemt. Det innsamlete bunndyrmaterialet har ved denne undersøkelsen en dobbelt funksjon. Det skal for det første beskrive dagens situasjon og sammenholde denne med forholdene i vassdraget før veibyggingen tok til. Men samtidig er det et referansemateriale for frem-

tidige undersøkelser og gir mulighet til å vurdere hvordan andre anleggsarbeider i utløpet av Vangsvannet vil kunne påvirke økologiske forhold i vassdraget nedstrøms. Bunndyr materialet er fiksert og arkivert ved NIVA og vil være tilgjengelig ved senere undersøkelser i vassdraget.

#### 4.4. Resultater

Resultatene fra bearbeidelsen av bunndyrmaterialet er samlet i tabellene 4.1 og 4.2. I tabell 4.1 er antall individer i hver hovedgruppe sammenstilt for årene 1988 og 1989. Disse resultatene er så brukt for å fremstille fig. 4.3 som gjør det lett å sammenlikne den enkelte hovedgruppe mellom stasjoner og år og tilsvarende for bunnfaunaen samlet. Verdiene er gitt som antall individer pr. m<sup>2</sup>.

Dyregruppe / Stasjon :	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
Ferskv.polypp			•		○		○	
Rundmark	•	○	•	•	•	•	○	○
Børstemark	○	•	•	○	○	○	○	○
Muslinger								•
Steinfluer	○	○	○	○	○	○	○	•
Døgnfluer	○	○	○	○	○	○	○	○
Vårfluer	•	○	•	•	○	•	○	•
Biller				•		•		
Fjærmygg	○	○	○	○	○	○	○	○
Knott	○		•	•	○	•	○	
Andre tovinger	•	•	•	•	•	•		•
Vannmidd	○	○	•	○	•	○	○	○
Sum	○	○	○	○	○	○	○	○

Figur 4.3.

Bunndyr i Vosso desember 1988 (a) og 1989 (b).  
Antall individer pr. m<sup>2</sup>.



### Mengdemessig forekomst og variasjon

De undersøkte stasjonene i Vossevassdraget har samlet sett en rik og variert fauna når forhold som tetthet og antall dyregrupper pr. stasjon betraktes (Fig. 4.3). Størst tetthet finner vi begge årene øverst i vassdraget (st. 4), hvor en stor transport av næringspartikler ut av Vangsvann gir gode produksjonsforhold for bunndyr. En tilsvarende økning i antall bunndyr finner vi på stasjonen ved utløpet av Evangervann når denne sammenliknes med stasjonen nederst i Vosso.

Bunndyrmaterialet viser ellers at nesten alle de vanlige hovedgruppene i bunnfaunaen var til stede i Vossovassdraget. Snegl var den gruppen som manglet, noe den relativt kalkfattige vannkvaliteten kan være med på å forklare. Videre var det for flere av hovedgruppene noe forskjell mellom de to årene 1988 og 1989 når resultatene fra bearbeidelsen sammenlignes.

Betrakter vi forhold knyttet til diversiteten (variasjonen) i bunndyrmaterialet så viser resultatene (tabell A) at det i 1988 var vanlig å finne polyppdyret Hydra på stasjonene i Vosso med økende tetthet mot utløpet av Vangsvann (st. 4). Denne dyregruppen ble ikke registrert i materialet fra 1989. Videre viser resultatene fra 1988 at det ikke ble funnet muslinger og biller i materialet fra dette året, mens disse gruppene ble registrert i materialet fra 1989 på st. 4 (muslinger) og st. 2 og 3 (biller). Av andre grupper i bunnfaunaen som var borte på enkelte stasjoner kan nevnes knottlarver som i 1989 ikke ble registrert på st. 1 og st. 4, mens de året før nettopp her hadde hatt en stor tetthet. Ellers hadde tettheten av larver fra viktige insektgrupper som steinfluer, døgnfluer og vårfluer alle gått tilbake i 1989 på stasjonen nærmest Vangsvannet. For steinfluer og vårfluer finner vi også en reduksjon på st. 3 1989, mens døgnfluer her har omtrent samme tetthet som året før. Videre har denne gruppen nederst i vass-

draget (st. 1) en markert lavere tetthet i 1989 når resultatene sammenlignes med året før.

Fjærmygglarver er en annen viktig gruppe som ofte har en dominerende plass i bunnfaunaen i rennende vann, noe som også er tilfelle i Vosso-vassdraget. På st. 4 finner vi i materialet fra 1989 en kraftig reduksjon i tettheten av denne gruppen, mens antallet fjærmygglarver dette året øker på st. 3 og st. 2. Larver av knott har på alle stasjonene i 1989 en lavere og tildels betydelig lavere tetthet enn i materialet fra 1988. Men resultatene i tabell A viser også at flere grupper har fått økt dominans i bunndyrmaterialet fra 1989. Dette er særlig grupper som rundmark, børstemark og vannmidd.

Resultatene fra artsbestemmelsen av stein-, døgn- og vårfluelarver i materialet er vist i tabell B. Tabellen viser hvilke arter som dominerer innen hver hovedgruppe og hvordan materialet de to årene er sammensatt. Døgnfluene som tallmessig er den dominerende gruppen blant disse 3 grupper er totalt dominert av arten Baetis rhodani. Dette er vår vanligste døgnflue i rennende vann og en viktig næringsorganisme for fisken i vassdraget. Av de andre to artene ble registrert i døgnfluematerialet er det interessant å legge merke til at Heptagenia sulphurea ble funnet på stasjon 2. Denne arten vil vanligvis forsvinne når substratet slammes ned.

Blant steinfluene var antallet arter noe lavere i 1989 på de øverste to stasjonene i vassdraget, mens det motsatte var tilfelle på st. 1 og 2 når dette materialet sammenlignes med 1988. I alt ble det funnet 10 steinfluearter i prøvene fra Vossovassdraget. Sammenligner vi artssammensetningen på st. 4 og st. 3 de to årene ser vi at kun en art var felles på st. 4, mens på st. 2 var to arter felles. Videre kom det en ny art til i materialet fra 1989 nemlig Amphinemura borealis på st. 4 og 3, en art som ellers har vist seg å tåle noe nedslamming.



Artsbestemmelsen av vårfluematerialet viser at reduksjonen i tettheten på st. 3 og 4 først og fremst skyldes en tilbakegang i antallet arter som får sin føde ved å filtrere vannet for organiske partikler. En økt transport av uorganiske partikler vil hemme denne dyregruppen ved at fangstredskapen ødelegges og/eller tettes til med uspiselige partikler.

#### 4.5. Diskusjon og konklusjon

##### Diskusjon

Materialet som ble samlet inn fra bunndyrfaunaen i Vossovassdraget viser flere forskjeller når de to prøvetakingene i 1988 og 1989 sammenlignes. Noe av forskjellene kan tilskrives årsvariasjoner knyttet til hydrologiske og klimatiske forskjeller i perioden forut for selve prøvetakingen. Men analysen av materialet viser også at utover de forskjellene som kan tilskrives naturlige variasjoner kan det spores endringer i faunaen som viser tegn på at det i perioder kan ha vært en økning i transporten av uorganiske partikler i vassdraget.

Dette kommer frem i resultatene ved at den funksjonelle gruppen i bunnfaunaen som har sitt næringsopptak ved å filtrere ut organiske partikler fra vannet har fått redusert tetthet øverst i vassdraget.

Eksempler her er dyregruppen Hydra, flere vårfluer og fjærmygg samt gruppen knott. Videre har grupper som rundmark, børstemark og muslinger fått økt tetthet øverst i vassdraget, noe som kan kobles sammen med at mengden av finmateriale (slam) i substratet har økt. Men samtidig ble det i materialet for 1989 funnet arter (*H. sulphurea*) og grupper (biller og vannmidd) som er følsomme for nedslamming.

Ut fra de resultatene bearbeidelsen har gitt ser det ut til at den reduksjon vi fant på st. 4 øverst i Voss i 1989 har bidratt til en økning i tettheten av bunndyr lengre nede i

vassdraget (st. 2 og st. 3). Dette forklares ved at den mengde næringspartikler som kommer fra Vangsvannet (den såkalte utløpseffekt) i 1988 ble omsatt gjennom bunnfaunaen øverst i Vosso. Reduksjonen i bunnfaunaen i 1989 på dette elveavsnittet fører til at næringspartiklene føres lengre ned i vassdraget før de omsettes. Denne økte næringstilgangen bidrar så til den økte bunndyrtettheten som ble registrert på st. 2 og 3 i 1989. I tillegg kommer drift av bunndyr fra områder øverst i vassdraget under episoder med økt partikkeltransport.

Økt næringstilgang og drift av bunndyr inn på områder i midtre og nedre deler av Vosso bidrar til en heving av bunndyrtettheten her, slik det ble registrert i materialet fra 1989. Dette er forhold som har betydning når en skal vurdere om de endringer vi har funnet i vassdragets bunnfauna har hatt negative effekter på næringspotensiale for fisken i vassdraget.

Undersøkelsen viste også markerte forskjeller i bunnfaunaen på st. 1 de to årene. Stasjonen ligger øverst i Bolstadelvi like nedstrøms Evangervannet. Det har vist seg vanskelig å finne noen enkel forklaring på disse endringene i bunnfaunaen. Evangervannet vil i stor grad virke som en felle for partikler som transporteres inn i innsjøen. En forklaring kan være at planktonproduksjonen i innsjøen i 1989 har vært lavere enn normalt pga. f.eks. økt turbiditet, men her er dataene mangelfulle.

### Konklusjon

Bearbeidelsen av materialet fra bunnfaunaen i vassdraget har vist at Vosso, og da særlig stasjonene nær Vangsvannet og anleggsområdet, i perioder har vært påvirket av økt transport av uorganiske partikler.

Dette har gitt en noe lavere tetthet for enkelte bunndyrgrupper og derved et noe redusert næringstilbud for fisken på dette

avsnittet av Vosso. Dette kan ha redusert fiskeproduksjonen og tettheten av fisk øverst i Vosso dersom det er næringen som her er begrensende for fiskeproduksjonen. Men bunndyrmaterialet viste også at den reduksjon vi fant øverst i Vosso i bunndyrtetthet nok i stor grad blir oppveiet av en økt bunndyrproduksjon lengre nede i Vosso. Variasjonen i bunndyrfaunaen og innslaget av arter som er følsomme for nedslamming viser også at den effekt anleggsarbeidet har hatt på bunndyrfaunaen ikke har vært alvorlig. De negative effekter som er avdekket vil vassdraget selv naturlig raskt kunne reparere, dersom det da ikke blir utsatt for nye tilførsler av uorganiske partikler.

## LITTERATUR

- Alabaster, J.S. og Lloyd, R.R. 1980 (Eds.). Water quality criteria for freshwater fish. 2nd ed. Butterworths, London, 361 s.
- Aanes, Karl Jan, 1980. Økologiske studier av resipientforhold i Folla. Et vassdragsavsnitt påvirket av gammel og ny gruveindustri. Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi, Universitetet i Bergen, 1980. (Upubl.) VI + 325 s.
- Aanes, K.J. & T. Bækken 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifiseringen. Nr. 1. Generell del. O-87119. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Bjerknes, V., Aanes, K.J. & Grande, M. 1988. Vetlefjordvassdraget, Balestrand, Sogn og Fjordane. Auka slamføring som følgje av anleggsarbeid. Effekter på fisk og botndyr i vassdraget. O-88016. NIVA-notat, Bergen.
- Bjerknes, V., Aanes, K.J. og Tjomsland, T. 1988. Miljøvirkninger av slam fra vegfylling i Vangsvatnet, RV 13 ved Bulken, Voss kommune. O-88029. NIVA-notat, Bergen.
- Bjerknes, V. og Erga, S.R. 1989. Registrering av partikkelkonsentrasjoner og planktonalger i Bolstadfjorden, Simanesfjorden og Veafjorden 25. mai 1989. O-88222. NIVA-notat, Bergen.
- Hawkes, H.A. 1979: Invertebrates as Indicators of River Water Quality. In: James, A. & Evison, L. (eds): Biological Indicators of Water Quality. John Wiley & Sons, N.Y.
- Hessen, D., Bjerknes, V., Bækken, T. og Aanes, K.J. 1989. Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA-rapport nr. 2226, Oslo.
- Holtan, H., Bakketun, Å., Brettum, P., Løvik, J.E. & Lindstrøm, E.A. 1986. Overvåking av Vossevassdraget 1981-84. Sammenfattende rapport (Overvåkningsrapport nr. 217/86). NIVA-rapport nr. 1831, Oslo.

- Hynes, H.B.N., 1966: The biology of polluted waters. Liverpool University Press, Liverpool, England. 202 pp.
- Jacobsen, P., Grande, M., Aanes, K.J. Kristiansen, H. & Andersen, S. 1987. Vurdering av årsaker til fiskedød ved G.P. Jægtvik A/S, Langstein O-87114, Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- McNeil, W.J. and Ahnell, W.H. 1964. Success of Pink Salmon spawning relative to size of spawning bed materials. U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Rept. Fish. 469 (1964).
- NCASI, 1984. The effects of fine sediment on salmonid spawning gravel and juvenile rearing habitat - a literature review, NCASI Tech. Bull. No. 428. New York.
- Nordland, J. 1981. 10-års verna vassdrag i Vest-Norge. Samlerapport. Rapport DVF, Fisekrikonsulenten i Vest-Norge, Bergen.
- Nuttall, P.M. (1972): The effects of sand deposition upon the macro invertebrate fauna of the River Camel, Cornwall. Freshwat. Biol.2: 181-6.
- Tagart, J.V. 1976. The survival from egg deposition to emergence of Coho Salmon in the Clearwater River, Jefferson County, Washington. M.S. Thesis, Univ. of Washington, Seattle.
- Tjomsland, T. 1983. Longitudinal dispersion in a stream calculated by one dimensional numerical model. Nordic Hydrology. 14: 41-46.
- Vasshaug, Ø. 1989. Registrering av laks- og sjøaureungar i Vossovassdraget i november 1988. Tiltak mot negative verknadar av partikkelforureining o.l. frå anleggsverksemd. Rapport, Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavingdelinga, Bergen.

**VEDLEGG 1.**

Dødelighet av lakserogn.  
-----

Ved undersøkelse av 13 gytegroper i Skorvehølen i slutten av april 1990, fant forskere fra Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen (Harald Sægrov, pers. komm.), en rogn dødelighet på over 50 % i gjennomsnitt (se faksimile fra Bergens Tidende 21. mai 1990). I 5 av gropene var dødeligheten total. Iflg. Sægrov er dødelighetstap i inkubasjonsperioden for naturlig gytt lakserogn på opptil 20 % å anse som normalt.

Ved oppgraving av gytegroper i Skorvehølen i Vosso ble det virvlet opp uvanlig mye finpartikulært slam.

Ovennevnte observasjoner viser at sedimentasjon av finpartikler har funnet sted i kulper i vassdraget, og at dette kan ha vært medvirkende årsak til en unormalt høy rogn dødelighet vinteren 1989-90, i det minste i Skorvehølen.

Hos en rekke arter av stillehavslaks er det påvist at dødeligheten på rogn i naturlige gytegroper øker med økende innslag av finpartikler under 1 mm diameter på grunn av redusert vanngjennomstrømming og dermed redusert oksygentilførsel (bla. McNeil og Ahnell 1964, Tagart 1976, NCASI 1984). Materiale i denne størrelsesfraksjonen har utgjort hovedbestanddelen av det suspenderte finmaterialet fra vegfyllingen ved Bulken, og sedimentasjon i stilleflytende områder som Skorvehølen kan ha medvirket til redusert permeabilitet (gjennomstrømming) i gytegrus.

Iflg. vår karakteristikk av partikkelfordeling i tunnelsubb av samme type som er benyttet i vegfyllingen ved Bulken (tab. 2.1), består ca. 29 % (vekt) av finmaterialet, av partikler på under 1 mm diameter. Torrstoffinnholdet i elvevannet ble i gjennomsnitt redusert til 74 % ved utløpet av Seimsvatnet og til 39 % ved

Bergens Tidende mandag 21. mai 1990

# Mykje død lakserogn i Vosso

OLAV KJELSVIK

Det er fleire gytegroper i Vosso med berre død lakserogn i vår. I nokre groper er det over 60 prosent døde rognegg. Jant over er det meir enn 50 prosent død rogn i dei 13 gytegropane som er undersøkte.

— Dette er verkeleg ille. Det er godt at Vosso fekk sitt nye klekkeri i fjor haust, seier fiskeforvaltar Øivind Vasshag til BT. Han vil ikkje ha noka meining om rogn-døden før det er gjort nærare granskingar.

Lærdalselva har ei lovande gyting denne sesongen, med mindre enn 5 prosent død rogn i gropene. I norske elver vil 80 prosent av egga i gjennomsnitt verta til yngel.

Det vonde varsel om katastrofe for gytinga i Vosso kom som eit «biprodukt» frå ei gransking om innslaget av rømt oppdrettelaks på gyteplassane. I vår er 8 elver på Vestlandet med i ei slik undersøking som Zoologisk Museum ved Universitet i Bergen arbeider med.

— Når vi såg at det var så mykje død lakserogn i Skorvehølen og området ovanfor slo vi alarm slik at Fiskeforvaltinga i fylket kan sjå nærare på dette, seier stipendiat i zoologisk økologi, Harald Sægrov til BT.

— Vi har ikkje fått resultatet for innslaget av «rømlingrogn» på gyteplassane enno.

## Anleggsarbeid

Voss Jeger- og Fiskarlag sine talsmenn har lenge hevda at slam frå anleggsarbeid ved Bulken ville verta til skade for gytinga i vassdraget nedanfor. NIVA har ei gransking av slamtilhøva i elva, resultatet av dette er venta med det første. Det er knytt stor spenning til denne granskinga.

NIVA har oppdrag med undersøking av vassdraget nedanfor Bulken, i fjor vart det sagt at slam i elva ikkje såg ut til å skada fisken. Men eit prøvafiske fiskeforvaltaren sine folk gjorde syntte mindre yngel enn normalt.

— Med det første skal vi til Vosso og ta ein sjekk med «elektrofiske», vi sjokkar fisken så den flyt upp for nokre sekund. På den måten kan vi få vita meir om kor gytinga har vore i elva denne sesongen, seier Vasshag.

## «Silting»

Etter det BT høyrer skal vit-skapsfolka ha ein teori om rogn-døden dei ikkje vil gå ut med enno. Sjølv om fisken kan overleva bra i ei slamelv, kan det verta verre under gytinga. Det finaste slammet legg seg ned i grusen i gytegropane. Det vert «silting», ei slags fortetting av gruslaget.

— Er rogn frå rømt oppdrettelaks meir utsett for død enn frå vill elvelaks?

— Dette vart sett på gytinga i Etneelva og Oselva i fjor, og det ser ikkje ut til å vera nokon skilnad såleis, seier Sægrov.

I vår vart det ikkje funne gytegroper i Arnaelva, men det kan har vore gyting likevel. Elles vart det sett på gytegroper i Loneelva, Håelva på Jæren, Eksingedalselva, Lærdalselva, Vosso, Oselva og Etneelva.

utløpet av Evangervatnet, sammenliknet med utløpet av Vangsvatnet (100 %). Reduksjonene skyldes til en viss grad fortynning, men har i hovedsak sammenheng med sedimentasjon i innsjøer og stilleflytende elvepartierpartier (jfr. kap. 3.1).

Det kan ikke utelukkes at sedimentasjon av finpartikulært materiale har medvirket til økt rognfødelighet i Vosso vintrene 1988-89 og 1989-90. NIVA's undersøkelser var imidlertid konsentrert om suspendert finpartikulært materiale, og virkninger av dette, og har ikke tatt for seg problemer knyttet til sedimentasjon. Forsøk med utsetting av esker med nybefruktet rogn, ble satt igang vinteren 1988-89 for studier av slike effekter, men ble spolert av unormalt høy vintervannføring (jfr. rapportens forord).

De tørrstoffverdiene som er registrert i vannprøver har ligget langt under det som regnes som skadelig for fisk (Alabaster og Lloyd 1980). Undersøkelser foretatt av NIVA og andre gir imidlertid ikke tilstrekkelig grunnlag for å fastslå årsak til- og omfang av påvist rognfødelighet med sikkerhet.



## VEDLEGG 2.

LISTE OVER RAPPORTER OM VOSSEVASSDRAGET

1023, 0-76088 (02), Faafeng B:

"Vossevassdraget. Statusrapport pr. 1/1 1978.."

Oppdragsgiver: Voss kommune

Oversikt over hva som var gjennomført på prosjektet, og noen problemområder som burde undersøkes nærmere.

1162, 0-76088 (03), Faafeng B; Brettum, Pål; Kristoffersen T; Lindstrøm, Eli-Anne; Matzow D; Nilssen J P; Tjomsland, Torulv:

"En undersøkelse av Vossevassdraget 1977."

Oppdragsgiver: Vassdragsrådet, Voss kommune

Rapporten presenterer resultater fra undersøkelser i Vossevassdraget 1977 som var et samarbeidsprosjekt mellom NIVA og Zoologisk Institutt ved Universitetet i Oslo. Det går fram av disse undersøkelsene at området ved Vangen er sterkt belastet med utslipp av urensset husholdningskloakk og at vassdragsreguleringer frarås inntil utslippene er samlet opp og rensset i kloakkrenseanlegg

1280, 0-76088 (06), Brettum, Pål; Faafeng B; Matzow D; Kvalvågnæs, Knut; Rørslett B:

"Undersøkelser i Vossevassdraget 1978 og 1979."

Oppdragsgiver: Vassdragsrådet, Voss

Rapporten presenterer resultater fra undersøkelser i Vossevassdraget 1978 og 1979, som var et samarbeidsprosjekt mellom NIVA og Zoologisk institutt ved Universitetet i Oslo. Det ble påvist betydelig forurensning fra silosaft, husdyrgjødsel og husholdningskloakk. I undersøkelsesperioden var det store utslipp av urensset kloakkvann i Vangsvatnet nær Vangen

1343, 0-80002-09, Bakketun Å:

"Overvåking av Vossevassdraget 1977 - 1980. Overvåkingsrapport 17/81."

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn; Statlig program for forurensningsovervåking

Fra 1977 til 1979 ble det gjennomført en større undersøkelse av Vossevassdraget. Undersøkelsene fortsatte i 1980 som en enkel overvåking av tilstanden i vassdraget. Vossevassdraget er i betydelig grad utsatt for forurensningstilførsler fra jordbruk, boligbebyggelse og industri. I den senere tid har kommunen arbeidet med å sanere kloakkvannsproblemene. Høy vannføring om sommeren medfører en betydelig utspyling av forurensninger, og vassdraget er til tross for stor forurensningsbelastning næringsfattig (oligogrof). Etter at kommunen satte i verk oppsamlingstiltak for

kloakkvann, har de bakteriologiske forhold bedret seg betydelig. Dette gjelder særlig de sentrale områdene ved Vossevangen

1394, O-8000209 (02), Bakketun Å; Brettum, Pål; Romstad, Randi; Aanes K J  
:

"Overvåking av Vossevassdraget 1981. Overvåkingsrapport 40/82."

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn; Hordaland fylke

Overvåkingen som startet i 1980 fortsatte i 1981. Et redusert program vil bli gjennomført i de påfølgende år. Vossevassdraget er i betydelig grad utsatt for forurensningstilførsler fra jordbruk, boligbebyggelse og industri. I 1970 startet kommunen arbeidet med å sanere kloakkvannsproblemene, et arbeid som fortsatt pågår. Etter at dette oppsamlingstiltaket for kloakkvann ble satt i verk, har de bakteriologiske forhold bedret seg betydelig, særlig i områdene ved Vossevangen. Høg vannføring om sommeren medfører en betydelig utspyling av forurensningene, og vassdraget er til tross for stor forurensningsbelastning næringsfattig (oligotroft)

1478, O-83055, Tjomsland, Torulv:

"Utbygging av Raundalsvassdraget. Konsekvenser for vannkvaliteten i Vossevassdraget og Bolstadfjorden."

Oppdragsgiver: Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap

Reguleringen fører til reduserte vannføringer i deler av Raundalselva. I Vosso blir flommene noe redusert, mens lavvannføringene om vinteren og tildels også om høsten blir økt. Det vil ventelig oppstå begroingsproblemer og økt bakteriologisk forurensning i nedre deler av Raundalselva samt i Vosso oppstrøms Vangsvatn ved ett av reguleringsalternativene. I resten av vassdraget blir forholdene ventelig tilfredsstillende. I Bolstadfjorden kan vannutskiftningen bli dårlig. Nye undersøkelser bør gjøres for å klarlegge dette

1490, O-8000209 (03), Bakketun Å; Brettum, Pål:

"Overvåking av Vossevassdraget 1982. Overvåkingsrapport nr. 81/83."

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn; Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåkingen som startet i 1981 fortsatte i 1982 med en stasjon på det dypeste i Øvre Vangsvatn. Vossevassdraget er i betydelig grad utsatt for forurensningstilførsler fra jordbruk, boligbebyggelse og industri. Utslipp av kloakkvann på dypt vann har ført til at dyplagene er blitt sterkere belastet, mens overflatelaget imidlertid har tilfredsstillende badevannskvalitet i sommermånedene. Prøver ble ikke tatt fra badeplassene i 1982. Til tross for store forurensningstilførsler fører ikke dette til særlig forandring i eutrofigrad fordi den høye vannføringen i stor grad spylar ut forurensningen. Vangsvatnet kommer tross tilførslene i kategorien næringsfattig (oligotroft)

1636, O-8000209 (04), Bakketun Å; Løvik, Jarl Eivind; Sahlquist E Ø:  
"Overvåking av Vossevassdraget 1983. (Overvåkingsrapport nr 156/84)."  
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn; Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåkingen som startet i 1981 fortsatte fra 1982 med en stasjon, V3, på det dypeste i Øvre Vangsvatn. Vossevassdraget er i betydelig grad utsatt for forurensningstilførsler fra jordbruk, boligbebyggelse og industri. Utslipp av kloakkvann på dypt vann har ført til at dyplagene er blitt sterkere belastet de siste årene. Overflatelaget på stasjon V3 hadde imidlertid tilfredsstillende badevannskvalitet ved prøvetakingstidspunktene i 1983. Til tross for store forurensningstilførsler fører ikke dette til særlig forandring i eutrofigrad. Den store nedbøren i 1983 har ført til en større fortynning og utspyling av forurensningene enn året før. Vangsvatnet kommer i 1983 som foregående år i kategorien næringsfattig (oligotroft)

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll  
0808 Oslo 8

ISBN 82-577-1733-4