

**Undersøkingar av  
fisk, botndyr og vasskvalitet  
i samband med  
fiskedød i Opo  
9.januar 1996**



**Harald Sægrov,  
Geir Helge Johnsen  
og  
Steinar Kålås**

**Rådgivende Biologer AS**  
**INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING**

**Rapport nr. 217, februar 1996.**



# Rådgivende Biologer AS

---

## INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

**RAPPORTENS TITTEL:**

Undersøkingar av fisk, botndyr og vasskvalitet i samband med  
fiskedød i Opo 9.januar 1996

**FORFATTARAR:**

Cand.real. Harald Sægrov      Dr.philos. Geir Helge Johnsen      Cand.scient. Steinar Kålås

**OPPDRAKGJEVAR**

Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelinga.  
Valkendorfsgaten 6, 5012 BERGEN

**OPPDRAGET GJEVE:**

11.januar 1996

**ARBEIDET UTFØRT:**

Januar - februar 1996

**RAPPORT DATO:**

11.februar 1996

**RAPPORT NR:**

217

**ANTALL SIDER:**

15

**ISBN NR:**

ISBN 82-7658-069-6

**RAPPORT SAMANDRAG:**

Den 9. januar 1996 vart det observert mykje daud fisk i nedre del av Opo. Den 15. januar vart det gjennomført undersøkingar av ungfisktettleik på 6 stasjonar og tettleik av botndyr på 4 stasjonar i høve til tre tilviste mogelege utsleppskjelder av miljøgifter. Resultata av undersøkingane gav klare indikasjonar på at av desse tre mogelege kjeldene var kjølevassutsleppet frå Odda Smelteverk den sannsynlege kjelda til det forureinande stoffet som ført til den akutte fiskedøden. Dei to andre kjeldene kunne elimenarast som årsak. Vurdering av analyseresultata av vass- og stoffprøver frå ulike stader i elva, utsleppskjelder og overflatesediment samt av "Venturivatn" konkluderer med at det berre er det høge cyanid / blåsyreinnhaldet i "Venturivatnet" som kunne ha ført til den akutte fiskedøden. Denne konklusjonen føreset at "Venturivatn" faktisk rann ut i elva via kjølevassutsleppet. Høge metallkonsentrasjonar eller uvanleg høge pH-verdiar var ikkje tilstrekkeleg til å forårsake den akutte fiskedøden.

**EMNEORD:****SUBJECT ITEMS:**

- Fiskedød
- Forureinande utslipp
- Odda kommune

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082  
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



## FØREORD

Rådgivende Biologer as. har på oppdrag frå Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernnavdelinga, utført ei undersøking av ungfisk, botndyr og vurdering av vasskvalitet i Opo etter at det vart oppdaga ein omfattande fiskedød i nedre delar av elva tysdag den 9. januar 1996. Eit stort antal daude sjøaure og laks vart observert i elva frå Ivarshølen og nedover. Årsaka til fiskedøden var mest sannsynleg utslepp av forureinande stoff. Innsamling av vassprøver vart sett i gang straks etter at fiskedøden vart oppdaga.

Daud fisk dreiv nedover elva frå strykparti til hølar og det vart lokalt diskutert fleire mogelege utsleppskjelder. Ei nærmare undersøking av førekostane av levande og daud fisk og botndyr kunne lokalisere utsleppsstaden meir nøyaktig enn berre oppsamling av daud fisk. To personar frå Rådgivende Biologer reiste difor til Odda den 15. januar 1996 for å samle inn materiale av fisk og botndyr.

Ved feltundersøkinga i Opo var politiførstebetjent Torleif Fresvik ved Hardanger Politikammer og miljøvernsjef Rolf Bøen frå Odda kommune til stades. Desse orienterte om fiskedødepsoden og om den prøveinnsamlinga som var føreteken i etterkant, og dei peika ut tre ulike mogelege utsleppspunkt i elvekanten som kunne være årsaka.

Denne rapporten har som mål å presentere dei innsamla opplysingane raskast mogeleg, slik at den vidare sakshandsaminga med vurdering av skuldspørsmål kan avklarast. Det er viktig å understreke at den ikkje føretok ei djuptgåande vurdering av omfang av skadane og konsekvensane for fiskebestandane i elva. Det vil vere nødvendig med meir omfattande undersøkinger for å få ei fullstendig oversikt over desse tilhøva.

Botndyra er undersøkt av LFI-Universitetet i Bergen, dei vasskjemiske resultata er stilt til rådvelde av Hardanger Politikammer, medan analysene er utført for Politiet ved Alex Stewart laboratoriet i Odda og ved Chemlab Services sitt laboratorium i Bergen. Opplysingane om giftverknadane av cyanid på fisk vart framskaffa av Torstein Källquist ved NIVA.

Rådgivende Biologer as. takkar særleg Hardanger Politikammer ved Torleif Fresvik for samarbeidet, og Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernnavdelinga, for oppdraget,

Bergen, 11.februar 1996.



## INNHOLD

FØREORD .....	3
INNHOLD .....	4
SAMANDRAG OG KONKLUSJON .....	5
MATERIALE OG METODAR .....	7
UNDERSØKINGAR AV FISK .....	8
Innsamling av daud fisk .....	8
Tettleik av ungfish .....	8
UNDERSØKINGAR AV BOTNDYR .....	10
VASSKVALITET .....	12
Vasskvalitet i elva .....	12
Metallar i avsettingar på substratoverflata i Ivarshølen, Opo .....	13
Vasskvalitet i "Venturivatnet" .....	14
Cyanid og verknadar .....	15
LITTERATUR .....	16

## LISTE OVER FIGURAR

FIGUR 1: Oversiktskart over Opo med prøvetakingsstasjonar .....	7
FIGUR 2: Tettleik av ungfish på dei seks undersøkte stasjonane i Opo 15. januar 1996 .....	8
FIGUR 3: Tettleik av botndyr på dei fire undersøkte stasjonane i Opo 15. januar 1996 .....	10

## LISTE OVER TABELLAR

TABELL 1: Fangst av ungfish ved ein gongs overfiske i Opo 15. januar 1995. ....	9
TABELL 2: Gjennomsnittleg antal botndyr i prøvene frå Opo 15. januar 1996 .....	11
TABELL 3: Analyseresultat av vassprøver frå Opo .....	12
TABELL 4: Metallinnhald i prøver frå stoff avsett på substratoverfalta i Ivarshølen, Opo .....	13
TABELL 5: Kjemiske analyseresultat frå ei prøve av "Venturivatnet" .....	14



## SAMANDRAG OG KONKLUSJON

Tysdag 9. januar 1996 vart det observert store mengder daud og døyande fisk i Opo frå Ivarshølen og nedover. Årsaka til fiskedøden var mest sannsynleg eit episodisk utslepp av forureinande stoff. Det vart straks sett i gang innsamling av vassprøver og fisk. Det vart diskutert tre mogelege utsleppskjelder:

- C) - Ein kommunal kloakkpumpestasjon like nedanfor Hjøllobrua
- B) - Eit kjølevassutslepp frå Odda smelteverk like over Ivarshølen
- A) - Avrenning til Ivarshølen frå kalkdeponiet i Hjøllotippen

Rådgivende Biologer as. gjennomførte ei undersøking av førekomstane av levande og daud fisk og botndyr i elva den 15.januar for å kunne lokalisere den aktuelle utsleppsstaden meir nøyaktig. Vidare er det foreteke ei samla vurdering av resultata av vasskjemiske analyser som er samla inn av Hardanger Politikammer i samband med deira undersøkingar. Det må understrekast at i ettertid er det vanskeleg å prove sikkert kva som har skjedd, men ein må leggje vekt på å sannsynleggjere samanhangar ved å eliminere alternativa.

Denne rapporten tek kun for seg dei mogelege årsakssamanhangane bak episoden med fiskedød i Opo 9.januar 1996. Det er samla inn mykje materiale som ikkje er bearbeidd og presentert, noko som vil vere nødvendig for å vurdere omfanget av skaden og verknadane for fiskebestandane i Opo. Ein veit heller ikkje om laks- og aureegga i elvegrusen har overlevd den forureinande episoden.

### UNGFISKETTELEIK

Den 13. januar vart det plukka opp daud fisk frå Ivarshølen og nedover, men det vart ikkje registrert daud fisk ovanfor Ivarshølen. Ved elektrofiske den 15. januar vart det registrert langt høgare tettleik av ungfish, og mest lakseungar, på dei tre stasjonane ovanfor utslepp B enn på dei tre nedanfor, og dette eliminerer utslepp C som mogeleg kjelde. På strekninga mellom utslepp B og utslepp A vart det ikkje fanga ungfish i det heile, men observert seks daude småfisk og ein daud storlaks. Dette resultatet eliminerer utslepp A og gjev ein klar indikasjon på at det forureinande stoffet kom ut via utslepp B som er kjølevassutsleppet til Odda Smelteverk. Det forureinande stoffet som kom ut i elva den 9. januar medførte tilnærma total dødiegheit på fisken nedanfor utsleppspunktet.

### BOTNDYRTETTELEIK

For tre av botndyrgruppene (døgnflugelarver, knottlarver og fjørmygglarver) var det ein klar tendens til lågare tettleik på dei to stasjonane nedanfor utslepp B enn på dei to stasjonane ovanfor. Prøvane nedstraums utslepp B vart difor slått saman (totalt 6) og samanlikna med alle prøvane ovanfor (totalt 6). For kvar av dei tre ovannemnde botndyrgruppene var det signifikant lågare tettleik ( $t$ -test,  $p<0,02$ ) nedanfor utslepp B enn ovanfor. Dei andre gruppene var fåtallige på alle stasjonane. Resultata frå undersøkingane av botndyr gjev den same indikasjonen som for fiskeundersøkingane og styrkjer konklusjonen om at det giftige stoffet kom ut i elva via kjølevassutsleppet.



## VASSKVALITET

Vasskvaliteten i Opo like etter utsippet var prega av forhøga pH-verdiar, og særleg var verdiane høge i avlaupsvatnet frå kalksteinsdeponiet Hjøllotippen. Innhaldet av metallar i elvevatnet var ikkje ekstremt høgt i nokon av prøvene, men det må understrekast at prøvene er tekne i etertid, og at konsentrasjonane kan ha vore høgare i samband med eit mogleg kortvarig utslepp. Høgt innhald av metallar i vatnet vil likevel ikkje kunne gje slike akutte giftverknadar på fisken som dei som vart observert 9. januar 1996.

Hardanger Politikammer opplyser at eit uhell om morgonen den 9. januar kunne ha medført at såkalla "Venturivatn" rann ut i kjølevassavlaupet frå Odda Smelteverk i ei mengde tilsvarende 6,1 liter/sekund i ein periode på omlag 10 minutt. I så fall vart "Venturivatnet" først blanda inn i kjølevatnet og deretter i elvevatnet. Av den totale vassføringa i elva ville "Venturivatnet" utgjort om lag 0,51%. "Venturivatnet" innheld store mengder metallar og cyanid.

Metallkonsentrasjonane i stoff avsett på substratoverflata i Ivarshølen samsvarer godt med konsentrasjonane i tørstoffet i "Venturivatnet", men konsentrasjonane er litt lågare i elveslammet enn i den moglege kjelda. Sidan finpartikulært materiale vanlegvis vert spylt bort frå elvar ved middels til høg vassføring, må Opo nyleg ha blitt tilført slam med eit høgt innhald av metallar. "Venturivatnet" kan ha vore ei slik kjelde dersom det har kome ut i kjølevatnet og derifrå ut i elva.

Sjølv om eit ukontrollert utslepp av "Venturivatnet" er kjelde for dette slammet, er ikkje konsentrasjonane av metallar i slammet svært høge. Det er difor ikkje sannsynleg at metallane kan ha forårsaka akutt dødelegheit på fisken i elva. Slammet i "Venturivatnet" inneholdt imidlertid heile 20 gram cyanid / kg tørrekt, noko som i tilfelle utslepp ville gje ein samla konsentrasjon av cyanid i elvevatnet på 0,3 mg cyanid/liter. Ein slik konsentrasjon av cyanid / blåsyre i elvevatnet kan eventuelt forklare den akutte fiskedøden som vart observert i Opo den 9. januar 1996. Blåsyra drept ved kvelning, og det vart observert fisk som hoppa på land, noko som er typisk for fisk som får problem med oksygenopptaket.

Det vart imidlertid ikkje påvist cyanid i korkje vassprøvene eller i prøvene frå sedimentet i elva. Eit utslepp av cyanid vil heller ikkje vere mogleg å påvise i etertid, fordi stoffet er svært lettøyseleg i vatn og raskt vil bli ført med elvevatnet til sjøen. Det kan difor ha vore eit utslepp av "Venturivatn" til Opo utan at det er mogleg å påvise cyanid i vassdraget i etertid. Dei mogelege konsentrasjonane av cyanid på 0,3 mg cyanid/liter i elvevatnet i Opo ville ha ført til fiskedød.

## KONKLUSJON

Resultata av undersøkingane gav klare indikasjonar på at av dei tre mogelege kjeldene var kjølevassutsleppet frå Odda Smelteverk den sannsynlege kjelda til det forureinande stoffet som ført til den akutte fiskedøden. Dei to andre kjeldene kunne elimineraast.

Vurdering av analyseresultata av vass- og stoffprøver frå ulike stader i elva, utsleppskjelder og overflatesediment samt av "Venturivatn" konkluderer med at det berre er det høge cyanid/blåsyreinnhaldet i "Venturivatnet" som kunne ha ført til den akutte fiskedøden. Denne konklusjonen føreset at "Venturivatn" faktisk rann ut i elva via kjølevassutsleppet. Høge metallkonsentrasjonar eller uvanleg høge pH-verdiar var ikkje tilstrekkeleg til å forårsake den akutte fiskedøden.



## MATERIALE OG METODAR

Medlemar av Odda Jakt og Fiskelag føretok laurdag den 13. januar innsamling av daud fisk. Desse fiskane vart artsbestemt på staden, dei vart lengdemålte og det vart teke skjellprøver. Hovuda av fiskane vart frosne ned for seinare å kunne plukke ut otolittar for aldersbestemming. Det vart også frose ned eit materiale av småfisk for seinare prøvetaking. Dette materialet vart overlevert til Rådgivende Biologer as. den 15. januar og oppgjort dagen etter.

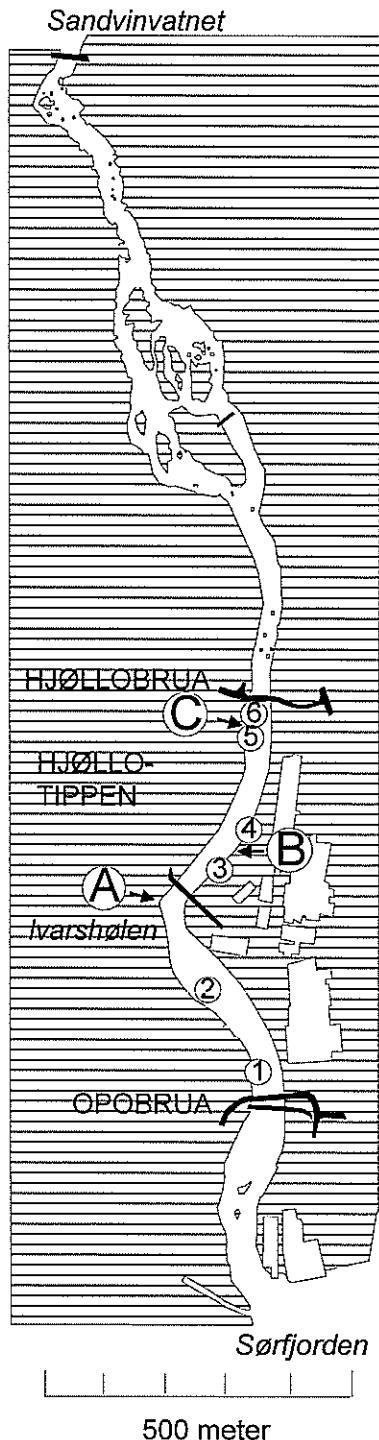
Feltarbeidet den 15. januar omfatta fiske med elektrisk fiskeapparat på seks stader i elva (1-6) og det vart samla inn botndyr med "Surbersamlar" på fire av desse stadene (stasjon 2, 3, 4 og 6) og tre prøver kvar stad (figur 1).

All fisk som var fanga under elektrofisket vart teken med og gjort opp dagen etter. Fisken vart lengdemålt og vegen, kjønn og gonadestatus bestemt og det vart teke skjell og otolittar for aldersanalyse. Nokre fiskar frå kvar stasjon vart konservert på formalin for eventuelle veterinære undersøkingar. Det er dermed sikra eit omfattande fiskemateriale. Dette er ikkje bearbeidd og difor ikkje inkludert i denne rapporten.

Stasjonane der det er undersøkt tettleik av ungfisk og botndyr og dei tre tilviste utsleppskjeldene er:

- 6) Ovanfor kommunal kloakkpumpestasjon (C) og dermed ovanfor alle utpeika moglege utslepp.
- 5) Like nedanfor utslepp frå kommunal kloakkpumpestasjon.
- 4) Like ovanfor utslepp av kjølevatn frå Odda Smelteverk (B), men nedanfor utslepp frå kommunal kloakkpumpestasjon.
- 3) Nedanfor utslepp av kjølevatn frå smelteverket, men ovanfor utslepp frå kalkdeponi (A).
- 2) Nedanfor Ivarshølen som ligg nedfor alle moglege utslepps-punkt og nærmast det moglege utsleppet frå kalkdeponiet.
- 1) Rett ovanfor Opo-brua.

*FIGUR 1: Oversiktskart over Opo der dei seks (1-6) prøvetakingsstasjonane og dei tre tilviste utsleppspunktene (A, B, C) er inntekna. Sjå teksten over for nærmere omtale av dei einstilane og deira plassering i høve til moglege utsleppskjelder.*





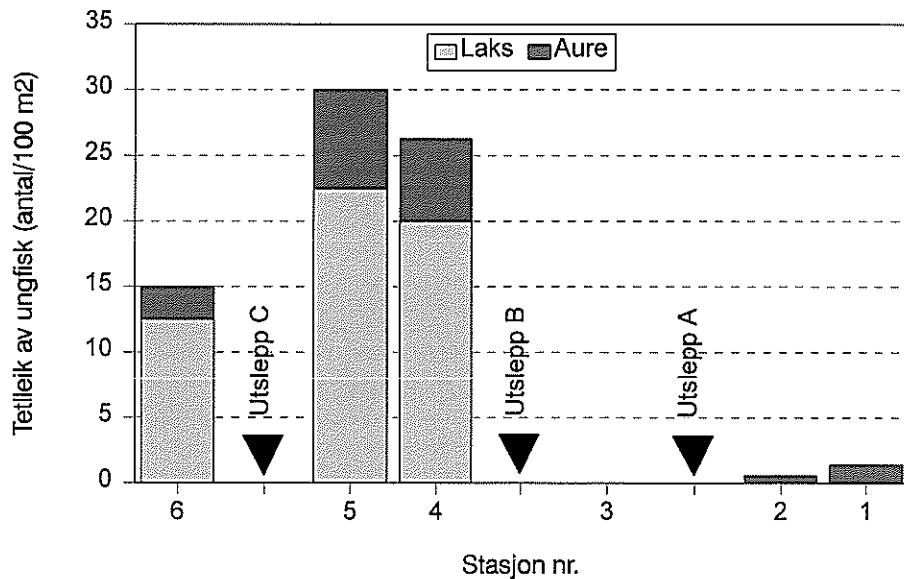
## UNDERSØKINGAR AV FISK

### INNSAMLING AV DAUD FISK

Den 13. januar samla medlemar i Odda Jakt og Fiskelag opp 19 daude vaksne laks og 99 vaksne aurar. I tillegg vart det plukka opp 31 daude lakseungar og 5 aureunger i Ivarshølen og vidare nedover elva, men det vart ikkje lagt vinn på å samle opp all småfisken. Den 15. januar såg vi ein daud laks rett ovanfor Ivarshølen og ein daud stor aure i Ivarshølen. Det låg i tillegg nokre få daude fiskar lenger nede i elva.

### TETTLEIK AV UNGFISK

Det var høg tettleik av ungfish på dei tre stasjonane (6, 5 og 4) ovanfor utsleppspunkt B. På dei tre stasjonane nedanfor (3, 2 og 1) var det lite eller ikkje ungfish. Det var vidare ein klar dominans av lakseungar på dei tre øvste stasjonane, men berre aure på dei tre nedste (figur 2). Under oppsamlingsaksjonen den 13. januar vart det likevel plukka opp flest daude lakseungar på strekninga frå Ivarshølen og nedover (31 laks og 5 aurar). På stasjonen mellom kjølevassutsleppet og Ivarshølen vart det ikkje fanga ungfish i det heile, men observert 6 daude (tabell 1). Samla gjev resultata ein sterk indikasjon på at forureinande stoff kom ut via kjølevassutsleppet og medførte dødlegheit på fisken (figur 2).



FIGUR 2: Tettleik (antal/100m<sup>2</sup>) av ungfish fanga ved ein gongs overfiske på seks stasjonar i Opo den 15. januar 1996. For nærmere omtale av stasjonane, sjå figur 1.

I hølen der kjølevatnet kjem ut, vart det registrert fem store (2-3 kg) levande fiskar som ikkje vart tekne opp og i hølen nedanfor var det tre av same storleik. Dette kan synest som ein motsetnad til det som er sagt ovanfor, men dette kan forklaraast enkelt ved at hølen går vidare framom utsleppet og denne delen av hølen er ca. 20 m<sup>2</sup> der dei store fiskane kan ha stått når utsleppet eventuelt skjedde. Det treng difor ikkje vere nokon motsetnad mellom observasjon av stor fisk og fråver av levande småfisk.

For elektrofiske i elvar finst det standardiserte metodar som mellom anna inneber 3 gongers fiske med ein halv times mellomrom på kvar stasjon (Bohlin et. al 1989). På stasjon 1-3 var det lite aktuelt fordi det var svært låg fisketettleik og det vart i staden fiska over større areal ein gong. På stasjon 4 vart det fiska



over 3 gonger etter standard metode, og dette var også planlagt å gjøre på stasjon 5 og 6. Her viste det seg å stå mykje stor laks og aure og sidan desse har høg fangbarheit vart dei svært stressa av elektrofisket. For å unngå unødig stress vart det difor berre fiska over ein gong. Resultata etter ein gongs elektrofiske er likevel svært einptydige med omsyn til skilnader mellom stasjonane. Resultat frå elektrofiske i mange andre elvar har vist at ein ved 1. gongs overfiske fangar mellom 40 og 60% av totalfangsten etter 3. gongers overfiske. Den reelle tettleiken av ungfish er difor minst dobblet så høg som tala i figur 2 og tabell 1 antydar.

*TABELL 1. Fangst av ungfish ved ein gongs overfiske i Opo 15. januar 1995. Nummereringa føl stasjonsoppsettet på figur 1. Stasjon 4 vart overfiska tre gonger for å rekne ut tettleiken etter standard metode (Bohlin et.al 1989). Ved første gongs overfiske vart det fanga 16 laks og 5 aure. Totalt vart her fanga 51 laks og 11 aure.*

Stasjon	Areal	Antal			Antal/ 100 m <sup>2</sup>	Merknader
		laks	aure	sum		
6	80 m <sup>2</sup>	10	2	12	15,0	Ingen daude ungfish
5	40 m <sup>2</sup>	9	3	12	13,3	Ingen daude ungfish
4	80 m <sup>2</sup>	16	5	21	26,3	Ingen daude ungfish
3	140 m <sup>2</sup>	0	0	0	0,0	6 daude ungfish (5 aurar og 1 laks)
2	175 m <sup>2</sup>	0	1	1	0,6	Daude ungfish i elva
1	425 m <sup>2</sup>	0	6	6	1,4	Daude ungfish i elva

I slutten av august i 1994 vart det gjennomført elektrofiske på 5 stasjonar i Opo. Det vart då fanga lakseungar (eldre enn årsyngel) på alle stasjonane og av eldre ungfish var det ein dominans av laks. Dei beste oppvekstområda for ungfish i Opo er frå sjøen og opp til Hjøllobrua, ei strekning på ca 1 km. Strekninga på 1 km frå Hjøllobrua og opp til Sandvinvatnet er strid og med grov stein i elvebotnen. Trass i at dei beste oppvekstområda er i nedre del av elva var det lågast fisketettleik på stasjonane i nedste delen.

Det vart fanga svært lite ungfish under elektrofisket den 15. januar på stasjonane nedanfor kjølevassutsleppet og dette indikerer at dei fiskane som var der før utsleppet døydde slik dei vaksne fiskane gjorde. Utfrå habitatkvalitetane burde ein før utsleppet forvente ein ungfiskettelleik i nedre del som det vi fann på stasjonane ovanfor kjølevassutsleppet, tilsvarende ca 30-60 ungfish (eldre enn årsyngel) per 100m<sup>2</sup>. Det totale arealet i elva frå utsleppspunkt B og nedover er ca 10.000m<sup>2</sup> (700mx15m). Det burde dermed ligge 3000 - 6000 daude ungfish med alder 1-5 år på botnen av elva. Totalt vart det plukka opp 36 daude ungfish den 13. januar. Det vart ikkje lagt vinn på å plukke opp all småfisken. Eit så stort tal tilseier likevel at daud småfisk burde vore svært påfallande og på grunn av den låge vassføringa ville fisken vore synleg på det meste av arealet. I følgje Torleif Fresvik ved Hardanger Politikkammer var det ikkje påfallande mykje daud småfisk å sjå den 9. januar og det var heller ikkje spesielt stor aktivitet av fugl som plukka fisk.

Dette kan indikere at det ikkje var høg tettleik av ungfish før den 9. januar, noko som er vanskeleg å forklare med anna enn tidlegare utslepp. Dersom det kom dødlege dosar av giftstoff ut i elva som berre har påverka ungfisken, er det mest sannsynleg at dette har skjedd i ein periode då mesteparten av den vaksne fisken heldt seg i sjøen, dvs. mellom mai og juli. På denne tida av året er vassføringa høg slik at forureinande stoff blir raskt fortynna, men det inneber også at døyande fisk vil vere vanskeleg å oppdage på botnen av elva og mange vil drive ut i sjøen og av den grunn ikkje bli oppdaga.



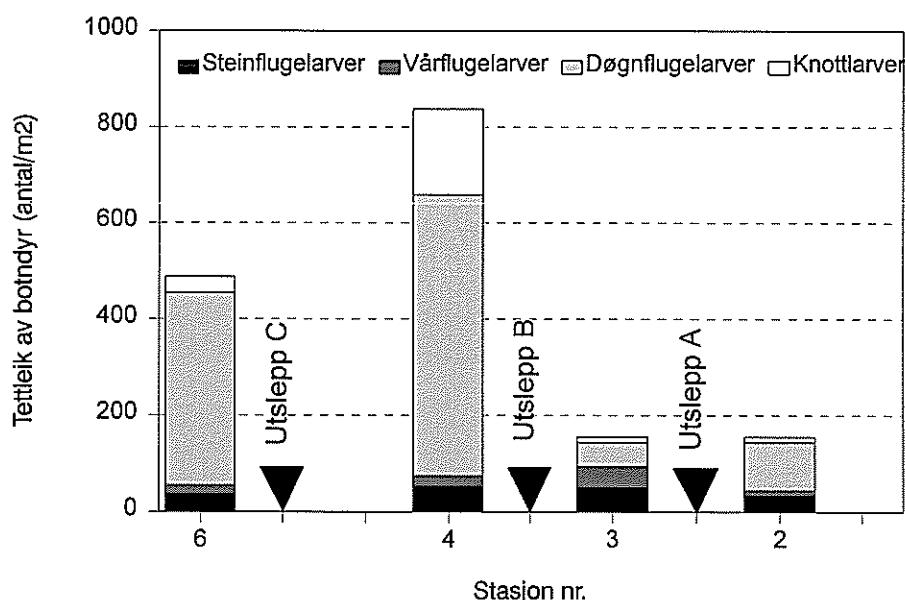
## UNDERSØKINGAR AV BOTNDYR

Tettleik av botndyr vart undersøkt på fire stasjonar med tre prøver pr. stasjon og substratet var mykje det same der alle prøvene vart tekne. På dei to øvste stasjonane var tettleiken av botndyr høgare enn på dei to nedre stasjonane, og dette gjeld særleg for dei talrike botndyra som lever oppå elvebotnen, -døgnflugelarver, knottlarver og til dels fjørmygglarvar. For alle gruppene av botndyr som lever oppå botnen var tettleiken på dei to nederste stasjonane berre 20 - 25% av det ein fann på dei øvste. Det er normalt stor variasjon i antal dyr mellom prøvene pr. stasjon slik at tre prøver er i minste laget for å dokumentere skilnadene i tettleik mellom stasjonar.

Fleire av gruppene er fåtallig representert i alle prøvene og det er ingen skilnad mellom stasjonane. Dei ulike botndyrgroupene held seg på ulike stader i botnsubstratet, nokre held seg godt ned i substratet medan andre held seg i øvre deler. Skilnaden i oppholdstad og også aktivitet inneber at nokre grupper førekjem oftare drivande med elvevatnet enn andre. Den 9. januar var vassføringa svært låg ( $1,02 \text{ m}^3/\text{sekund}$ ) og sjølv om det vart litt høgare vassføring dei etterfølgjande dagane er det lite sannsynleg med målberr rekolonisering via drivande botndyr frå elvestrekningane ovanfor (tabell 2).

For to av dei fire botndyrgroupene som lever på elvebotnen, - døgnflugelarver og knottlarver, er det høgare gjennomsnittleg tettleik på kvar av dei to stasjonane ovanfor utslepp B enn på dei to stasjonane nedanfor (figur 3). Det same gjeld også for fjørmygglarvane, der fleire også er aktive oppå elvebotnen (tabell 2). Dette er og dei mest talrike gruppene. For dei andre to gruppene som lever på botnen, -steinflugelarver og vårfugelarver, var det ikkje skilnad i tettleik mellom prøvene. Dette kan skuldast at låg tettleik av dyr mellom anna vil kunne gje stor variasjon mellom prøvene og med berre tre prøver frå kvar stad er det lite sannsynleg at ein finn skilnader. Nokon av vårfugelarvene er og husbyggjande og fastsitjande, og ein kan difor heller ikkje vente at dei utan vidare forsvinn når dei dør.

**FIGUR 3:** Gjennomsnittleg tettleik (antal dyr/ $\text{m}^2$ ) av fire grupper av botndyr som lever på elvebotnen, innsamla med "Surber"-samlar på fire stasjonar i Opo den 15. januar 1996. For nærmare omtale av stasjonane blir det vist til kart i figur 1.





For dei dominante gruppene er det vidare liten skilnad mellom stasjon 6 og 4 og tilsvarende liten skilnad mellom stasjon 3 og 2. Dette gjev ein indikasjon på at det kom ut forureinande stoff via utslepp B (kjølevassutsleppet). Tettleiken av ungfisk gav den same indikasjonen. På denne bakgrunn har vi slått saman prøvene frå stasjon 6 med prøvene frå stasjon 4 og testa statistisk mot alle prøvene frå stasjon 3 og 2. For dei tre dominante gruppene, fjørmygglarver, døgnflugelarver og knottlarver (figur 3 og tabell 2) var det signifikant lågare tettleik nedanfor utslepp B enn ovanfor (t-test,  $p < 0,02$  for kvar av dei tre gruppene). Botndyrprøvene gjev ingen indikasjon på at det skal ha kome forureinande stoff frå utslepp C eller A, men gjev ein sterk indikasjon på forureinande stoff frå utslepp B.

Det er også verd å merke seg at den dominante døgnflugearten på alle stasjonane var *Baetis rhodani*. Denne arten toler ikkje surt vatn og førekost og tettleik av arten er brukt som indikator for å klassifisere elvar som sure eller ikkje (Fjellheim & Raddum 1990). Førekosten av denne arten på alle fire stasjonane viser også at det for tida ikkje er nemneverdige problem med forsuring i Opo.

*TABELL 2. Gjennomsnittleg antal botndyr ( $\pm$  standard avvik) i botndyrprøver frå Opo, 15. januar 1996. På kvar stasjon er det innsamla 3 prøver ved bruk av "Surber"- samlar som dekkjer eit areal på 30x30 cm (tilsvarende 0,09 m<sup>2</sup>). Denne metoden er halvvegs kvantitaiv, og gjev informasjon om relative skilnader mellom stasjonane.*

Gruppe/art	Ovanfor kjølevassutsleppet		Nedanfor kjølevassutsleppet	
	Stasjon 6 ved Hjøllobrua	Stasjon 4 10 m ovanfor kjølevassutslepp	Stasjon 3 10 m ovanfor Ivarshølen	Stasjon 2 utlaup Ivarshølen
Turbellaria			6,5 ± 2,5	5,5 ± 1,5
Nematoda		1,0 ± 0,0	16,3 ± 14,1	1,7 ± 0,9
Oligochaeta	23,0 ± 11,0	53,0 ± 27,9	35,7 ± 21,7	36,3 ± 14,8
Acari	6,0 ± 1,0	1,0 ± 0,0	11,0 ± 2,0	2,0 ± 0,8
Døgnflugelarver	36,0 ± 23,3	52,7 ± 9,0	4,5 ± 2,5	9,0 ± 5,7
Steinflugenym.	3,3 ± 1,2	4,7 ± 0,9	4,5 ± 3,5	3,0 ± 1,0
Vårflugelarver	1,7 ± 0,9	2,0 ± 0,8	4,0 ± 1,0	1,0 ± 0,0
Fjørmygglarver	132,3 ± 49,3	130,3 ± 14,6	66,0 ± 34,8	54,3 ± 15,6
Fjørmyggupper	0,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Knottlarver	3,0 ± 1,0	16,0 ± 1,4	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Hoppekreps	3,0 ± 0,0	2,7 ± 0,9	18,7 ± 11,0	5,5 ± 2,0
Sum	203,3 ± 85,4	263,0 ± 43,8	158,0 ± 82,3	113,7 ± 39,4



## VASSKVALITET

Den 9. januar 1996 var vassføringa i Opo i utlaupet av Sandvinvatnet 1,02 m<sup>3</sup>/sekund (1020 liter/s) (Olav Fundingsland, NVE, pers. med.). Kjølevassutsleppet frå Odda Smelteverk har ei vassføring på 167 liter i sekundet. Total vassføring nedanfor utsleppsstaden var dermed minst 1187 liter/seksund.

Hardanger Politikammer opplyser at eit uhell om morgonen den 9. januar gjorde at såkalla "Venturivatn" kunne ha runne ut i kjølevassavlaupet i ei mengde tilsvarende 6,1 liter/sekund i ein periode på omlag 10 minutt (600 sekund) (Torleif Fresvik, Hardanger Politikammer, pers. med.). "Venturivatnet" vart først blanda inn i kjølevatnet og deretter i elvevatnet. Av den totale vassføringa i elva utgjorde altså "Venturivatnet" 0,51%.

Ein kan rekne med at alt vatnet var godt blanda når det kom ned i Ivarshølen. Munninga av røyret som fører kjølevatnet ut i elva ligg om lag midt ute i ein høl som på låg vassføring er 4-5 meter brei. Rett ovanfor er det eit stryk og den smale elveprofilen gjer at vatnet har stor vasshastigheit gjennom hølen. Vidare nedover er det ein liten høl til og eit strykparti før elva renn inn i Ivarshølen (Figur 1). På denne strekninga vil vatnet blande seg raskt og vil truleg vere nærmare fullblanda før det kjem inn i Ivarshølen.

## VASSKVALITET I ELVA

Hardanger Politikammer har teke vassprøver frå ulike deler av elva som er analyserte med omsyn på surleik, cyanid og metallar (tabell 3).

*TABELL 3: Vasskjemiske analyseresultat frå prøver tekne frå Opo 9. og 11.januar 1996. Prøvene er innhenta og resultata er stilt til rådvelde av Hardanger Politikammer. Analysane er utført av Alex Stewart laboratoriet i Odda og Chemlab Services sitt laboratorium i Bergen.*

Prøve nr. & dato	Prøve id. Lokalitet	Surleik pH	Cyanid ppm CN	Bly mg/kg Pb	Kadmium mg/kg Cd	Kopar mg/kg Cu	Sink mg/kg Zn	Nikel mg/kg Ni	Kvikksølv mg/kg Hg
1 9/1	Opobrua vest	6,93	<0,0002	4	1	<4	11	<4	0,12
3 9/1	Ivarshølen	6,63	<0,0002	<4	2	<4	12	<4	<0,01
4 9/1	Kanal Hjøllotipp	9,31	<0,0002	5	<1	<4	<4	<4	<0,01
14 9/1	Ende steinlager	7,11	<0,0002	<4	<1	11	31	<4	<0,01
21 11/1	Kanal Hjøllotipp	9,50	<0,0002	<4	<1	13	<4	4	<0,01

Vasskvaliteten i Opo var prega av relativt høge pH-verdiar, og særleg var verdiane høge i avlaupet frå Hjøllotippet. Innhaldet av dei einskilde metallane var ikkje særskilt høgt i nokon av prøvane. Vurdert i høve til SFTs vasskvalitetskriteriar for ferskvatn (SFT 1992) ligg verdiane for bly innan tilstandsklassane I-III, der klasse I=god og klasse IV=svært dårlig vasskvalitet. For kadmium er analysene ikkje gode nok til å seie noko særleg, men verdien på 2 µg Cd/l i Ivarshølen må reknast som vasskvalitet V=svært dårlig.



For kopar vil verdiane på 11 og 13 µg Cu/l i høvesvis enden av kalksteinlageret og i avlaupet frå Hjøllotippen svare til klasse III=nokså dårlig. Alle målingane av sink svarer til klassane I=god og II=mindre god, noko som og gjeld for nikkel. Verdiane for kvikksølv er heller ikkje spesielt høge, med høgaste verdi 0,12 µg Hg/l ved Opobrua som svarer til klasse III=nokså dårlig.

## METALLAR AVSETT PÅ BOTNEN I IVARSHØLEN

To dagar etter fiskedødepisoden vart det teke prøver av overflatesedimentet i Ivarshølen i Opo. Årsaka var at det vart observert eit tunt lag med nyleg avsett materiale i området, noko som og var synleg ved befaringa utført av Rådgivende Biologer as. mandag 15. januar. Prøver av dette laget vart forsøksvis samla inn og analysert for innhald av metallar og gift (tabell 4).

TABELL 4: Analyseresultat frå prøver tekne av stoff avsett på botnen i Ivarshølen i Opo 11.januar 1996. Prøvene er innhenta og resultata er stilt til rådvelde av Hardanger Politikammer. Analysene er utført av Alex Stewart laboratoriet i Odda og Chemlab Services sitt laboratorium i Bergen.

Prøve nr.	Prøve id.	Cyanid ppm CN	Bly mg/kg Pb	Kadmium mg/kg Cd	Kopar mg/kg Cu	Sink mg/kg Zn	Nikkel mg/kg Ni	Kvikksølv mg/kg Hg
3-S	Ivarshøl nord	<1	123,5	8,4	50,3	181,5	8,3	0,27
4-S	Ivarshøl midt	<1	147,1	8,2	60,6	217,0	7,5	0,50
5-S	Ivarshøl sør	<0,1	31,8	11,1	19,9	132,6	12,5	0,06
7-S	Ivarshøl tipp	<0,1	19,7	7,6	11,2	108,0	10,5	0,005

Det finst ikkje eit like godt klassifiseringsgrunnlag for vurdering av innhald av metallar i sediment som det gjer med omsyn til vasskvalitet, men verdiane er her samanlikna med det ein har funne i innsjøundersøkingar i Hordaland. Dette gjeld undersøkingar frå Dalevågen i Vaksdal (Johnsen 1995), Storavatnet i Bømlo (Lehmann & Johnsen 1992), Tveitevatn i Bergen (Bjørklund mfl. 1992), Vangsvatnet i Voss (Johnsen 1994) og ein serie innsjøar i Bergensregionen (Jacobsen 1991). Det føreligg og ei nasjonal undersøking av tungmetall i innsjøsediment der nokre få innsjøar frå Hordaland er tekne med (Rognerud & Fjeld 1990).

I innsjøane vil ein ha ei kontinuerleg akkumulering av metallhaldig sediment, slik at det ein finn på botnen er samla opp over lang tid. I ei elv vil ein kun ha akkumulering av fint sediment i periodar med låg vassføring, men dette vil bli utspylt i periodar med høg vassføring. Materialet det her er analysert på frå Opo var finpartikulært, dekka elvebotnen i Ivarshølen og må såleis vere avsett i elva i perioden etter siste høgvassføringa seint i oktober. Vi har av praktiske årsaker valgt å samanlike det som var avsett på elvebotnen i Opo med det som er registrert i innsjøsediment.

Generelt sett var ikkje innhaldet av metallar i det analyserte avsetningsmaterialet frå Opo urovekjande høgt. Konsentrasjonane av dei fleste stoffa låg på det nivå ein kan rekne med å finne i innsjøsediment i Hordaland. Ein må imidlertid kunne vente at nyleg avsatt sediment i elvar har lågare konsentrasjonar av metallar enn det ein finn i innsjøsediment, fordi det i innsjøar er akkumulert metallar i sedimentet over lang tid. Såleis vil ein ved undersøking i elvar kunne registrere nylege tilførslar av metallhaldig slam på ein heilt anna måte enn det ein kan i innsjøar.



Innhaldet av bly i sedimentprøvene var ikke ekstremt høge, og verdiane frå prøvane nederst i Ivarshølen er omlag det ein til vanleg finn på Vestlandet. Verdiane var klart høgare øvst i hølen, der ein vil vente at innstrøymane materiale vil sedimentere. Konsentrasjonane på opp mot 150 mg Pb/kg er likevel ikke ekstremt høge,- og er godt innafor det som er registrert for innsjøsediment i område med mykje biltrafikk (Jacobsen 1991).

Innhaldet av kadmium på rundt 10 mg/kg er 20 gongar høgare enn det Rognerud & Fjeld (1990) omtalar som vanleg i overflatesediment i innsjøar på Vestlandet, men Jacobsen (1991) omtalar verdiar på 2-5 mg/kg frå mange innsjøar i Hordaland. Dei målte verdiane i Ivarshølen i Opo er blant dei høgaste verdiane som er rapportert frå Hordaland. Opo må difor ha hatt ei betydeleg tilførselskjelde av kadmium.

Kopar- og sinkinnhaldet i sedimentet er også høgast øvst i Ivarshølen, men verdier rundt 50 mg Cu/kg og mellom 100 og 200 mg Zn/kg er ikke rekna for spesielt høgt. Samanlikna med dei verdiane Jacobsen (1991) har funne, er dette heller moderate til låge konsentrasjonar. Nikkelinnhaldet på rundt 10 mg Ni/kg er ikke høgt samanlikna med innsjøsediment på Vestlandet, der verdiar på 20 - 50 mg Ni/kg er vanleg. Det høgaste kvikksølvinnhaldet i sedimentprøvene frå Ivarshølen er noko høgare enn det ein har funne i andre sediment på Vestlandet, men dei øvrige målingane skil seg ikke frå det som er funne andre stadar.

## VASSKVALITET I "VENTURIVATNET"

Det vart også teke ei prøve av "Venturivatn" som eventuelt kan ha kome ut i vassdraget. Dette "Venturivatnet" hadde høg pH-verdi og inneheldt 2,935 gram/liter av suspendert stoff. Dette stoffet inneheldt svært høge konsentrasjonar av cyanid (tabell 5). Konsentrasjonane av metallar (tabell 5) var ikke særleg større enn det som vart funne avsett i Ivarshølen (tabell 4).

*TABELL 5: Analyseresultat frå prøver tekne frå tørrstoffet og vassfasen av "Venturivatnet". Prøvene er innhenta og resultata er stilt til rådvelde av Hardanger Politikammer. Analysane er utført av Alex Stewart laboratoriet i Odda og Chemlab Services sitt laboratorium i Bergen.*

Prøve nr.	Prøve id.	Surleik pH	Cyanid ppm	Bly	Kadmium	Kopar	Sink	Nikel	Kvikksølv
8-F	Filtrat	11,97	<0,0002	<4 µg/l	<1 µg/l	<4 µg/l	39 µg/l	<4 µg/l	<0,01 µg/l
8-S	Tørrstoff	-	20.000	187 mg/kg	14 mg/kg	79 mg/kg	523 mg/kg	46 mg/kg	0,19 mg/kg

Sidan finpartikulært materiale vert spylt bort frå elvar ved middels til høg vassføring, er det rimeleg å anta at ein i Opo må ha hatt ei lokal kjelde for tilførslane av metallar til sedimentet. "Venturivatnet" kan ha vore ei slik kjelde dersom det har kome ut i kjølevatnet og derifrå ut i vassdraget i ein ti minuttars periode. Dette utgjer då heile 3.660 liter, som med eit tørrstoffinhald på nær 3 gram/liter har ført med seg omlag 11 kg tørrstoff. Dette vart eventuelt ført til Ivarshølen og spreidd utover botnen og mykje ville ha samle seg i dei djupaste partia i hølen. Prøvene derfrå inneheldt også dei høgaste konsentrasjonane av metallar.

Samanliknar ein metallkonsentrasjonane i botnsedimentet midt i Ivarshølen med konsentrasjonane i stoffet i "Venturivatnet" finn ein at høvet mellom konsentrasjonane dei to stadane ligg på 79% for bly, 61% for kadmium, 77% for kopar, 41% for sink, 17% for nikkel og meir kvikksølv i sedimentet enn i den moglege kjelda. Sedimentprøvene er tekne eit par dagar etter det eventuelle utsleppet, slik at det ikke er uventa at det vart funne lågare konsentrasjonar av dei lettare løyselege metallane i det avsette stoffet enn i den eventuelle slamkjelda.



Men sjølv om eit ukontrollert utslepp av "Venturivatn" er kjelde for dette slammet med høgt metallinnhald i elva, så vil ikkje slike konsentrasjonar av metallar kunne verke akutt dødeleg på fisken i elva. I verste fall vil dette vatnet kunne verke skadeleg over tid og noko meir akutt akkurat i utsleppsområdet, men ikkje med omsyn til innhald av metallar i Ivarshølen. Av innhaldet i "Venturivatnet" er det berre cyanid / blåsyre som kan forklare dei akutte effektane som vart observert i Opo 9. januar 1996. Blåsyra drep ved kvelning og etter det vi får opplyst hoppa mange av fiskane på land før dei døydde. Dette er typisk åtferd dersom fisken får for lite oksygen, som t.d. ved blåsyreforgifting der cyanidet utkonkurrerer oksygenet ved binding til dei raude blodlekamane.

## CYANIDINNHALD OG VERKNAD

Dersom vi antek at det kom "Venturivatn" ut i avlaupet til kjølevasssystemet til Odda Smelteverk kan vi også anta følgjande: Det suspenderte stoffet i "Venturivatnet" innheldt 20 gram cyanid pr. kg, og med nær 3 gram tørrstoff pr liter vatn, vert konsentrasjonen i "Venturivatnet" 60 mg cyanid/liter. Dette vatnet vart tilført i ei mengd på 6,1 liter/sekund og skulle blandast i ei total vassmengde i elva på omlag 1200 liter/sekund. I elva var det dermed ein samla cyanidkonsentrasjon på 30 mg/liter dei 10 minutta utsleppet pågjekk. Totalt rann det 211 gram cyanid ned i Ivarshølen og vidare nedover elva.

I dei analysane som er utført, vart blåsyra berre funnen i høge konsentrasjonar i tørrstoffet frå "Venturivatnet" men korkje i elvesedimentet eller i filtratet (vatnet) i "Venturivatnet". Dette kan i fyrste omgang verke noko underleg sidan cyanidar i all hovudsak er lett løyselige i vatn. Fråver av cyanid alle andre stadar enn i den eventuelle utsleppskjelda kunne ved første tanke tyde på at det ikkje har vore noko utslepp. Årsaka til dette er at løysinga av cyanid i vatn avheng av surleiken til vatnet. Ved høge pH-verdiar vil cyanid ikkje vere løyst, men felt ut som salt. Dette vert nytta når ein skal analysere på cyanid ved at ein stabiliserar prøvene ved å tilsette lutperler. Når prøvene så skal analyserast må dei først surgjerast slik at cyaniden igjen blir vassløyselig. Dersom ein ikkje er svært nøyne med denne surgjeringa, vil ein ikkje kunne påvise cyanid i prøva, sjølv om han finst, fordi han då er bunden og ikkje påviseleg i vassfasen. Ved analyse av cyanid i slammet, vart slammet berre tilsett destillert vatn, og cyaniden vart direkte påvist i vassløyst form.

Dette har to sentrale konsekvensar. For det første er det mogeleg at det har vore eit utslepp av "Venturivatn" til Opo utan at det er mogleg å påvise cyanid i vassdraget i ettertid. Slammet på elvebotnen innehold ikkje cyanid fordi den er blitt løyst i ellevatnet der surleiken gjer han løyselig. Det er heller ikkje mogleg å påvise cyanid i ellevatnet anna ein umiddelbart etter utsleppet, fordi vassmengdene i elva fortynnar den nokså raskt og fører den til fjorden.

For det andre vil dei utrekna konsentrasjonane av cyanid på i gjennomsnitt 0,3 mg cyanid/liter i alt vatnet i elva under utsleppet vere vassløyst og svært giftig. Det har vore utført testar på kva laks kan tåle av cyanid i samband med ei undersøking frå 1978. Der testa ein effektane av nettopp avlaupsvatn frå smelteverk (Tryland 1978), og fann at dødeleg dose (LD50) var på 0,09 mg cyanid /liter for laks som vart utsett for gifta i fire døgn. Midlere levetid for lakseungane var i timer dersom konsentrasjonane var på 1 mg/liter og opp til eit halvt døgn når konsentrasjonane var på 0,5 mg / liter. Desse resultata tyder på at fisken i Opo kan ha fått klart dødelege konsentrasjonar av cyanid i elva dersom eit slikt utslepp av "Venturivatn" har funne stad i ei kort periode.



## LITTERATURREFERANSAR

BJØRKLUND, A., G.H. JOHNSEN, Å. ÅTLAND & A. KAMBESTAD 1992.

Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune i 1992.

Rådgivende Biologer as, rapport nr 81, 168 sider.

BOHLIN, T. S. HAMRIN, T.G. HEGGBERGET, G. RASMUSSEN & S.J. SALTVEIT. 1989. Electrofishing-  
Theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173, 9-43.

JACOBSEN, J. 1991.

Heavy metal concentrations in recent lake sediments along a west-east transect in the Bergen  
area.

Hovedfagsoppsave ved Botanisk Institutt, Universitetet i Bergen, 80 sider.

JOHNSEN, G.H. 1994.

Enkel undersøkelse av metaller i sediment i Vangsvatnet utenfor tidligere fyllplass på Vangen.

Rådgivende Biologer as, rapport 112, 7 sider, ISBN

JOHNSEN, G.H. 1995

Tilstanden i Begsdalsvassdraget 1994-95.

Rådgivende Biologer as., rapport nr 158, 90 sider, ISBN 82-7658-054-8

KÅLÅS, S & H. SÆGROV 1996. Laks og sjøaure i Opovaldraget, Odda kommune.

Rådgivende Biologer as, rapport nr 214, 24 sider, ISBN 82-7658-065-3.

LEHMANN, G.B. & G.H. JOHNSEN 1992.

Resipientundersøkelse av Storavatn og Selvatn, Børmlø i Hordaland.

Rådgivende Biologer as, rapport nr 78, 49 sider.

ROGNERUD, S. & E. FJELD 1990.

Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk.

Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 426/90, 87 sider,

TRYLAND, Ø. 1978.

Mangansmelteverkenes avløpsvann.

NIVA-rapport O-95-77, 53 sider, ISBN 82-577-0123-8