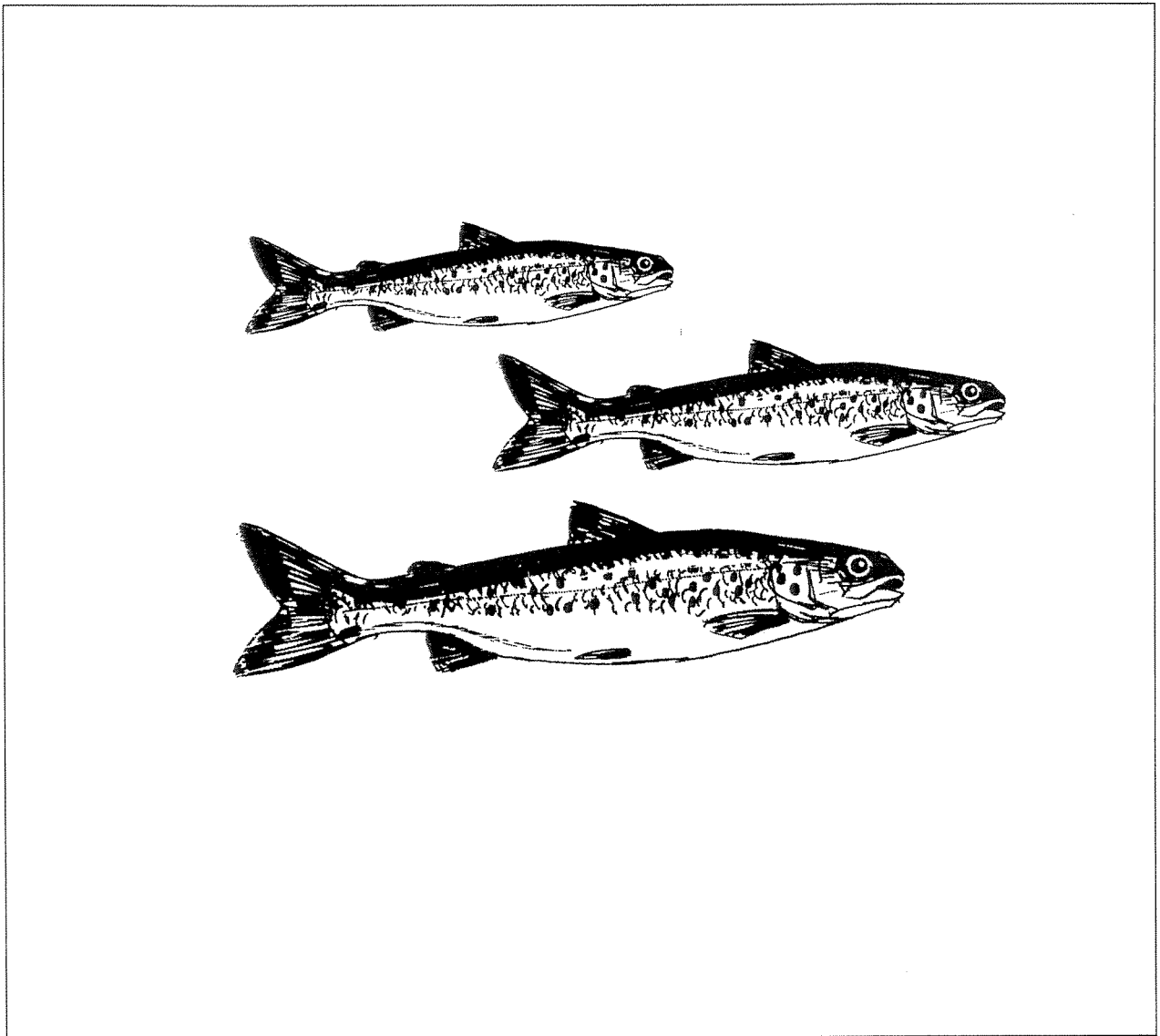



RAPPORT LNR 3417-96

Vannkjemisk overvåkning av Statkrafts fiskeanlegg i Eidfjord



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-94276	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3417-96	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Vannkjemisk overvåkning av Statkrafts fiskeanlegg i Eidfjord	Dato: 21.02.96	Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Akvakultur	
Forfatter(e): Espen Lydersen	Geografisk område: Eidfjord, Hordaland	
	Antall sider: 9	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Direktoratet for naturforvaltning (DN), Statkraft SF v/region Sør-Norge, SG Eidfjord	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt: Fiskeanleggene i Eidfjord består av et settefiskanlegg for laks, sjøørret og fjellørret og en genbank for laks. Hovedråvannskildene er to separate systemer av grunnvannsbrønner, hvor genbanken har og har hatt fiskedød. Det har vært svært vanskelig å avdekke vann-kjemiske forskjeller mellom de to vannkildene, med unntak av at genbanken gjennomgående har 20-25% mindre ioner i vannet. Mulig kjemisk årsak til problemene er de høye jernverdiene som ofte opptrer i begge vannkildene ($< 100 \mu\text{g/L}$), til tross for meget lite organisk materiale i vannet ($\text{TOC} < 0.2 \text{ mg C/L}$). Dette tyder på at uorganisk, positivt ladete Fe-kolloider er tilstede. Oppholdstiden før vannet når fisken blir derfor avgjørende for giftigheten. Vannkvaliteten vil kunne forbedres med: 1) Økt oppholdstid, 2) Vanninntak høyere opp i grunnvannsprofilen, 3) Tilsetning av salter for å øke ionestyrken. Vi vil likevel anbefale at grunnvannskildene byttes om, fordi det ikke har vært tilsvarende fiskeproblemer i settefiskanlegget, fordi vi mener det er viktig å ha den beste vannkvaliteten i genbanken. Når dette er gjort, kan de andre anbefalte tiltak eventuelt utføres i settefiskanlegget.

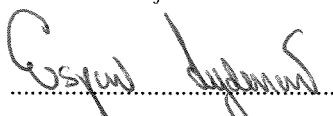
4 emneord, norske

1. Oppdrettsanlegg
2. Fiskedød
3. Grunnvann
4. Vannkjemisk


4 emneord, engelske

1. Hatchery
2. Fish mortality
3. Ground water
4. Water chemistry

Prosjektleder


.....
Espen Lydersen

For administrasjonen


.....
Bjørn O. Rosseland

ISBN-82-577-2950-7

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
P.B. 173 Kjesås, 0411 Oslo**

O-94276

**VANNKJEMISK OVERVÅKNING AV STATKRAFTS FISKEANLEGG
I
EIDFJORD**

Saksbehandler: Espen Lydersen

Forord

Fiskeanleggene i Eidfjord består av et Settefiskanlegg for laks, sjøørret og fjellørret og en Genbank for laks. Settefiskanlegget er eid og drevet av Statkraft SF v/region Sør-Norge, SG Eidfjord, mens Genbanken er drevet av Statkraft på oppdrag for Direktoratet for naturforvaltning (DN). Hovedråvannskildene til de to anleggene kommer fra to ulike systemer av grunnvannsbrønner som er boret i nærheten av anleggene. Bakgrunnen for en vannkjemisk overvåkning av fiskeanleggene var at genbanken har, og har hatt fiskedød og mistrivsel blandt fisken. På den bakgrunn inngikk NIVA (ved forsker Espen Lydersen) og DN en kontrakt hvor hovedmålet var og avdekke eventuelle vannkjemiske årsaker til problemene i Genbanken. Videre skulle NIVA komme med en risikovurdering, foreslå eventuelle tiltak angående driftsrutiner og eventuelle forslag til prøvetakingsrutiner for framtiden. Kontrakten hadde en økonomisk ramme på NOK 56.000,-, hvor Statkraft SF v/region Sør-Norge gikk inn med NOK 20.000,-. I kontrakten inngikk også pålegg om reise til Eidfjord for besiktigelse av anlegget og tilrettelegging av prøvetaking. NIVA har analysert hovedkjemien, mens NILU har analysert på tungmetaller/sporelementer.

NIVA, Oslo, februar 1996

Espen Lydersen

1 Innledning

Prosjektets hovedmål har vært å vurdere vannkvaliteten ved fiskeanleggene til Statkraft i Eidfjord, på basis av regelmessig prøvetaking i ca ett år fra desember 1994. Fiskeanleggene består av et Settefiskanlegg for laks, sjøørret og fjellørret, mens Genbank kun har laks. Hovedråvannskildene til de to anleggene kommer fra to ulike systemer av grunnvannsbrønner som er boret i nærheten av anleggene. Genbanken har to grunnvannsbrønner som er 18 meter dype, mens Settefiskanlegget har tre brønner med dyp 6-10 meter. Bakgrunnen for en vannkjemisk overvåking av fiskeanleggene var at genbanken har, og har hatt fiskedød og mistriksel blandt fisken. De fysiske/kjemiske parameterne som har vært fulgt i overvåkingsperioden er: pH, ledningsevne (K_{25}), SO_4 , Cl, NO_3 , Ca, Mg, Na, K, TOC (totalt organisk karbon), RAL (total reaktivt aluminium), OAL, (organisk bundet Al), LAL (uorganisk Al), NH_4 , tot-N (total nitrogen), UOC (uorganisk løst karbon), Alkalinitet (ΣHCO_3 , CO_3), Pb, Cr, Cu, Cd, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, As, Sr, Be, Rb. All hovedkjemi er analysert etter standard metoder på NIVA, mens NILU har analysert på alle tungmetallene/sporelementene v.h.a. ICP-MS. Turbiditet og Si (silisium) inngikk i kontrakten, men på basis av konsultasjon med daglig leder av anlegget R.Y. Jenssen fant vi ingen grunn til å analysere på disse parameterne. I stedet har vi analysert på ulike former av Al, samt Sr, As og Rb som det var en viss mengde av i grunnvannet.

Vi har vurdert 3 mulige årsaker til fiskeproblemene i Genbanken:

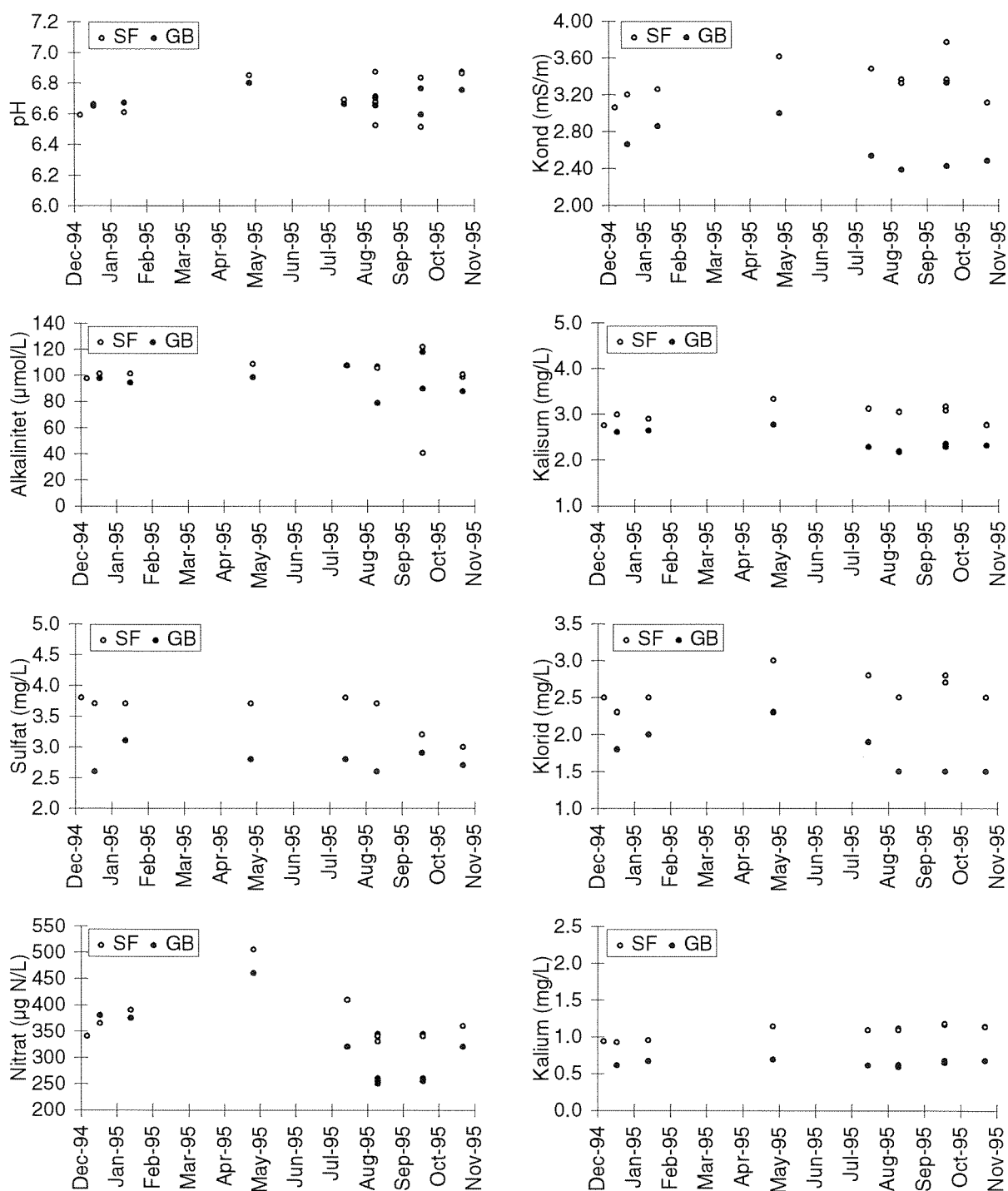
- 1) Fysisk årsak: gass over-/under-metningsproblemer m.h.p. CO_2 , N_2 og O_2 .
- 2) Kjemisk årsak: Om konsentrasjoner av elementer/stoffer i grunnvannet til Genbanken er så høye at dette kunne tenkes å skape problemer for fisken.
- 3) Fysisk/kjemisk årsak: At enkelte grunnstoffer har endret sine fysiske/kjemiske egenskaper fra grunnvannskilden og til anlegget og gjennom dette, p.g.a. pH-endringer og/eller endringer i redokspotensialet (mengde O_2 i vann), har kunnet skade fisken.

2 Resultater

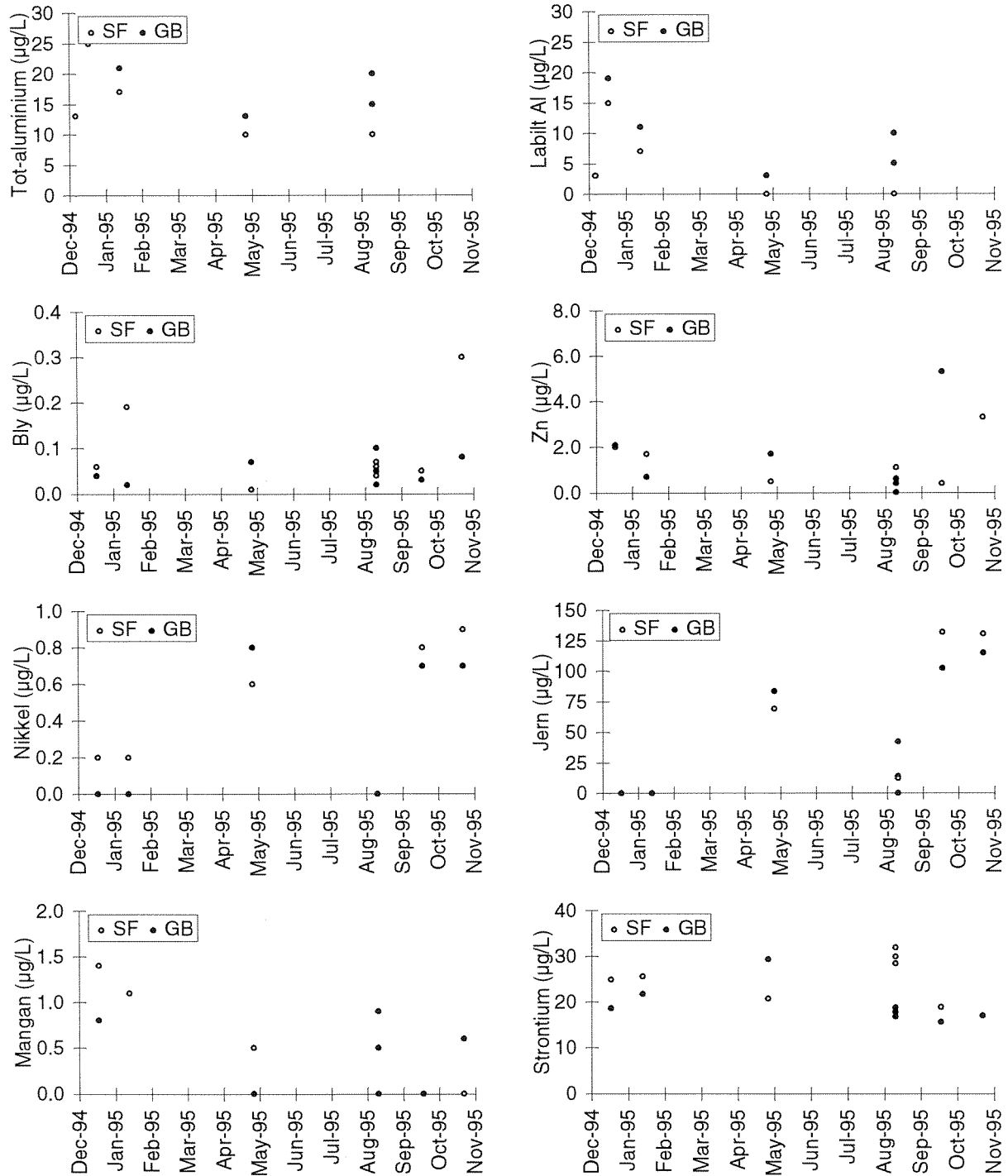
Kjemiske resultater fra grunnvannsanalysene er angitt i tabell 1 (SF: Settefiskanlegget) og tabell 2 (GB: Genbanken)

Vannkvaliteten i begge grunnvannsbrønnene må generelt vurderes som bra (Figur 1 og 2). Middel pH perioden er 6.69 i begge brønnene, med relativt små variasjoner over tid. I et slikt pH nivå er alkaliniteten relativt høy, ca $100 \pm 20 \mu\text{mol/L}$ (SF) og $93 \pm 13 \mu\text{mol/L}$ (GB). Alkalinitet er på mange måter et uttrykk for hvor godt vannet buftrer mot pH-variasjoner, slik at høy alkalinitet betyr god pH-bufring.

Til å være grunnvann er total mengde av løste komponenter relativt lave. En ledningsevne på $3.33 \pm 0.21 \text{ mS/m}$ (SF) og $2.64 \pm 0.32 \text{ mS/m}$ (GB) er nivåer typisk for overflatevann mange steder i Norge. Det som er noe spesielt med de to grunnvannskildene er de relativt høye nitratverdiene (NO_3^-). Dette kan tyde på at grunnvannskildene er påvirket av jordbrukskjødsling. I sur nedbør er det også relativt høye nitratverdier, men høye nitratverdier her sammenfaller med høye sulfatverdier. Dette er ikke tilfelle i disse to grunnvannsbrønnene, hvor sulfatkonsentrasjonene må betraktes som lave. Nitratverdiene synes å ha en topp om våren som sannsynligvis har sammenheng med vårsmelting og/eller vårgjødsling. Kalium konsentrasjonene i de to grunnvannsbrønnene er også relativt høye i forhold til de andre basekationene Ca, Mg, Na, men dette er ikke uvanlig i grunnvann.



Figur 1 pH, ledningsevne (Kond), alkalinitet, Ca, SO₄, Cl, NO₃ og K i grunnvannet til Settefiskanlegget (SF) og Genbanken (GB) i perioden desember 1994 til november 1995. Prøvene er tatt fra ulike steder, h.h.v. ved inntak til anleggene, etter lufting av vannet, og ved ulike fiskekar.



Figur 2 Total-aluminiumium, labilt, uorganisk Al, bly, sink, nikkel, jern, mangan og Strontium i grunnvannet til Settefiskanlegget (SF) og Genbanken (GB) i perioden desember 1994 til november 1995. Prøvene er tatt fra ulike steder, h.h.v. ved inntak til anleggene, etter lufting av vannet, og ved ulike fiskekar.

De relativt høye konsentrasjonene av andre mer sjeldne basekationer som strontium (Sr) og rubidium (Rb) er også vanlig å finne i grunnvann. Når det gjelder tungmetaller/sporelementer i grunnvannsbrønnene må disse generelt vurderes som lave, kanskje med unntak av jerninnholdet. Konsentrasjonene av jern kan i perioder være relativt høye, spesielt så lenge vannets innhold av organisk materiale er meget lavt. I overflatevann med høyt redokspotensialet (høyt O_2 innhold) og lav TOC vil jern kun eksistere i svært lave konsentrasjoner. Derimot behøver ikke organisk materiale være tilstede for å ha jern i løsning hvis redokspotensialet er lavt, fordi jern da vil reduseres fra Fe^{3+} til Fe^{2+} som øker mulighetene for høyere jernkonsentrasjoner. De høye verdiene av jern i grunnvannet i perioder kan tyde på en viss jernreduksjon i grunnvannet. Jernproblematikken vil bli mer utførlig kommentert senere i rapporten.

Det er ingen konsentrasjoner av noen kjemiske komponenter som klart er forskjellig i de to grunnvannsbrønnene. Det er likevel et generelt trekk at grunnvannsbrønnen til GB inneholder ca 20-25% mindre ioner enn grunnvannsbrønnen til SF. Dette gjelder alle hovedkjemiske komponenter. Høyere ionestyrke er godt dokumentert å kunne beskytte fisken mot giftige metaller i noen grad, d.v.s. at ved samme konsentrasjon av et giftig metall vil vannet være mindre giftig ved høy ionestyrke. Høy ionestyrke betyr i praksis summen av konsentrasjonene av Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , og K^+ med deres normalt tilhørende anioner SO_4^{2-} , Cl^- og NO_3^- .

3 Fysisk/kjemiske årsaker til fiskedød

Som presentert tidligere har vi vurdert tre mulige årsaker til fiskeproblemene i Genbanken:

- 1) Fysisk årsak: gass over-/under-metningsproblemer m.h.p. CO_2 , N_2 og O_2 .
- 2) Kjemisk årsak: Om konsentrasjoner av elementer/stoffer i grunnvannet til Genbanken er så høye at dette kunne tenkes å skape problemer for fisken.
- 3) Fysisk/kjemisk årsak: At enkelte grunnstoffer har endret sine fysisk/kjemiske egenskaper fra grunnvannskilden og til anlegget og gjennom dette p.g.a. pH-endringer og/eller endringer i redokspotensialet (mengde O_2 i vann) har kunnet skade fisken.

1) Fysisk årsak

Det er tatt noen prøver for analyse av uorganisk løst karbon i grunnvannsbrønnene, men generelt sett gir dette ingen indikasjoner på at luftingen i anlegget ikke er tilfredstillende. I tillegg har det til nå ikke latt seg gjøre å ta prøver i selve grunnvannskilden, slik at vi ikke har fått noen bekreftelse på om grunnvannet har et høyt CO_2 innhold og ditto lavt O_2 innhold. Derimot under besøket på anlegget, målte vi gassmetning med et saturometer. Dette ble gjort inne i Genbanken ved fiskekar. Det var en liten gassovermetning (1-2%), men dette lå innenfor hva en må betrakte som usikkerhet i målingene. Etter besiktigelsen av anlegget vil jeg også vurdere vannluftingsanlegget som tilfredstillende. Jeg vil ikke utelukke gassovermetning som mulig årsak, fordi vi kun har vært å målt gassmetning en gang (august 1995). Alikevel anser vi gassovermetning som lite sannsynlig årsak til problemene, med bakgrunn i at SF og GB har samme luftesystem, og at tilsvarende problemer ikke er registrert i SF.

2) Kjemisk årsak

Det er ingen enkelt parameter i grunnvannet fra GB som adskiller seg spesielt fra SF, kun det generelle bildet at konsentrasjoner av ioner gjennomgående er noe høyere i SF enn i

GB. Dette gjelder også for jern. Konsentrasjonen av de andre sporelementene/metallene vil vi betrakte som ufarlige, med unntak av jern som vurderes spesielt under Årsak 3 (under).

3) Fysisk/kjemisk årsak

Når overflatevann og grunnvann forsures til $\text{pH} < 5.0$ vil uorganisk aluminium ofte være tilstede i så høye konsentrasjoner at det er giftig for fisk, eksempelvis ørret/laks. Når et slikt vann eller vassdrag kalkes og pH igjen blir høy ($\text{pH} > 6.0$) avtar igjen løseligheten til aluminium og aluminium felles ut, eller går over på kjemiske former som ikke lenger er giftige for fisk. Det som derimot er interessant er at etter en slik pH -økning, blir vannet enda giftigere enn det sure Al -rike vannet var før kalking (Rosseland et al., 1992; Poléo et al., 1994; Lydersen et al., 1995), en effekt som kan vare i flere minutter (30-60 min), lengst tid når vanntemperaturen er lav. Årsaken er at slike reaksjoner tar tid, de er ikke spontane. Når Al skal gå fra noe som er giftig til noe som er ugiftig v.h.a. av kalking tar dette tid, noe som i kjemien kalles reaksjonskinetikk. Grunnen til at jeg bruker dette eksempelet er at dette fenomenet er vel kjent og dokumentert for aluminium og fisk. Tilsvarende reaksjonskinetikk er også beskrevet for andre metaller, bl.a. jern, men det er ikke testet om giftigheten til Fe under en slik prosess er som for aluminium, men kjemisk vurdert burde disse prosessene værre relativt like. Vi vet at ved grøfting av myrer vil jern frigjøres å komme ut i vassdrag, med jernakkumulering (okerfelling) på fiskegjellene og fiskedød som resultat (Peuranen et al., 1994), helt identisk med det en har observert i forbindelse med fiskedød og aluminium.

I grunnvannsbrønnene til SF og GB er det derfor de høye jernverdiene som er interessante, men hvorfor skal da SF være mindre giftig så lenge vannet her gjennomgående har høyere jernverdier ?

For å få løst uorganisk jern i særlig grad når redokspotensialet er høyt (mye løst O_2 i vannet) må pH være ekstremt lav (pH : 3-4). Høyt jerninnhold under slike betingelser forekommer derfor kun hvis mye organisk materiale er tilstede, slik at jern kompleksbindes til det organisk materialet (humus). Slike Fe -komplekser er ikke giftig for fisk, og et slikt vann er vanligvis tydelig brunfarget. Dette er ikke tilfelle i disse grunnvannsbrønnene hvor konsentrasjonene av organisk materiale (TOC) er minimale. Ved et lavt redokspotensialet ($< 200 \text{ mV}$) vil jern reduseres fra Fe^{3+} til Fe^{2+} som øker mulighetene for løst jern i vann. Hvor mye Fe^{2+} som kan være i løsning er ofte avhengig av vannets alkalinitet, som ved pH 6-7 primært betyr mengden HCO_3^- . Høy HCO_3^- betyr mindre Fe i løsning. Alkalinitets-verdiene i grunnvannsbrønnene er i denne sammenheng ikke spesielt høye. Det er heller ikke uvanlig at jern kan være tilstede som suspendert treverdlig hydroksid, $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Med de pH -verdier som er i grunnvannskildene vil disse kolloidene eller partiklene være positivt ladete. Både redusert jern (Fe^{2+}) og/eller positivt ladete jernhydroksider kan være tilstede i grunnvannsmagasinet. Om redusert toverdlig jern er tilstede p.g.a. reduserende forhold ved grunnvanninntakene eller andre steder i grunnvannskilden, vil økning i redokspotensialet føre til dannelse av positivt ladete Fe^{3+} komplekser (Theis og Singer, 1973). Positivt ladete metallkomplekser er kjent å være giftige for fisk, fordi gjelleoverflaten i stor grad er negativt ladet. Aluminiums giftighet for fisk er en god parallell til dette. Som for aluminium vil sannsynligvis disse kompleksenes giftighet avta med tiden, d.v.s. ved å øke oppholdstiden fra vannet luftes til det når fisken. Andre muligheter for å redusere/nøytralisere disse positivt ladete kompleksene er å øke konsentrasjonen av ioner i løsning, eller tilsette leirpartikler og/eller organiske kolloider. Dette er kjent å kunne nøytralisere slike positivt ladete komplekser (Biesinger og Stoke, 1986; Scott Hall og Mirenda, 1991; Goodrich et al., 1991). Den noe høyere ionestyrken i grunnvannsbrønnen til SF kan muligens være nok til at dette vannet ikke er giftig, mens grunnvannet til GB fortsatt er skadelig for fisken der. Jeg anser jernproblematikken som den mest aktuelle kjemiske forklaringen på hvorfor vannet i GB synes å kunne skade fisken i dette anlegget.

4 Tilltak for å bedre på vannkvaliteten i Genbanken

NIVA vil foreslå følgende alternative løsninger for å bedre de vannkjemiske forholdene ved Genbanken i Eidfjord:

1) Hvis tiden det tar fra vannet pumpes opp fra grunnvannsbrønnen og ut til fisken er lengre for Settefiskanlegget enn tilfellet er for Genbanken, bør oppholdstiden fra vannet pumpes opp fra grunnvannsbrønnen og når fisken i Genbanken økes tilsvarende det som er i Settefiskanlegget, eller økes ytterligere om mulig.

2) Siden grunnvannspumpa står høyere oppe (nærmere overflaten) i grunnvannsbrønnen for Settefiskanlegget enn tilfellet er for Genbanken, kan dette bety at oksygenforholdene i grunnvannsbrønnen for Settefiskanlegget er bedre. Dette kan bety at jernkjemien har modnet noe lengre, d.v.s. er blitt mindre giftig allerede ved vann-inntaket for Settefiskanlegget sammenliknet med Genbanken. Et alternativ kan derfor være å heve pumpa i grunnvannsbrønnen til Genbanken til samme nivå som for Settefiskanlegget.

3) Økning av den generelle ionestyrken i grunnvannet til Genbanken. Hvis betingelsene som nivå for grunnvannsinntak og oppholdstid er den samme for både Settefiskanlegget og Genbanken, og det fortsatt er problemer med fisken i Genbanken, burde ionestyrken i vannet til Genbanken økes med minst 20-25%. Dette kan oppnåes med minimale tilsetninger av salter eller sjøvann. Om en vil bruke sjøvann og antar en salinitet i Eidfjorden på 3 ‰ (rent hav-vann 3.5 ‰) og at dette primært er NaCl, vil det si at sjøvannet inneholder 30 g NaCl/L, d.v.s. 11.8 g Na/L og 18.2 g Cl/L. For å øke ionestyrken i grunnvannet til Genbanken opp til det nivå som er i Settefiskanlegget, vil en måtte tilsette gjennomsnittlig 4.06 mg NaCl pr liter, d.v.s 0.135 mL sjøvann (3 ‰) pr liter, eller 135 mL sjøvann/m³. Dette er ubetydelig, men p.g.a. smittefare må selvsagt sjøvannet UV-behandles. Et slikt anlegg finnes derimot på plassen. En kan selvsagt også lage en kunstig NaCl løsning for tilsetning, eksempelvis en 1N NaCl løsning. Dette oppnåes ved å veie inn 58-60 g NaCl pr. liter vann. Denne løsningen er dobbelt så sterk som sjøvannet, slik at volumene som tilsettes blir halvert, d.v.s. ca 70 ml/m³.

4) Grunnvanskildene kan byttes om. Siden det ikke er påvist problemer med fisken i Settefiskanlegget, bør en ombytting av de to grunnvanskildene være en god løsning. Dette vil sannsynligvis medføre noe fiskedød i Settefiskanlegget, men en viss dødelighet der er sannsynligvis av mindre betydning enn i Genbanken.

Hvilke alternativ (er) som er rimeligst og mest praktisk må anlegget selv vurdere. Siden det ligger en del usikkerhet i tolkningene bak alternativene 1-3, vil NIVA foreslå det sikreste alternativet, d.v.s. alternativ 4. De andre alternativene kan så eventuelt utredes/testes når dette vannet er ledet over til Settefiskanlegget. Hvis disse forsøkene fører frem kan eventuelt den grunnvannsbrønnen som i dag forsyner Genbanken med vann, igjen ledes til Genbanken, hvis dette er ønskelig.

Referanser

Biesinger, K.E.; Stokes, G.N. *J. Water Poll. Cont. Federat.* 1986, 58, pp. 207-213.

Scott Hall, W.; Miranda, R.J. *J. Water Poll. Cont. Federat.* 1991, 63, 895-899.

Goodrich, M.S.; Dulak, L.H.; Friedman, M.A.; Lech, J.L. *Environm. Toxicol. & Chem.* 1991, 10, 509-515.

Rosseland, B.O.; Blakar, I.; Kroglund, F.; Kvellestad, A.; Lydersen, E.; Staurnes, M.; Salbu, B.; Vogt, R.; Bulger, A. *Environmental Pollut.* 1992, 78, 3-8.

Polèo, A.B.S.; Lydersen, E.; Rosseland, B.O.; Kroglund, F.; Salbu, B.; Vogt, R.; Kvellestad, A. *Water, Air, Soil Pollut.* 1994, 75, 339-352.

Lydersen, E.; Polèo, A.B.S.; Nandrup Pettersen, M.; Riise, G.; Salbu, B.; Kroglund, F.; Rosseland, B.O. *J. Ecol. Chem.* 1995, 3, 357-265.

Theis, T.L. and Singer, P.C. (1973) In: Trace metals and metal organic interactions in natural waters (P.C. Singer, ed.) Ann. Arbor Sci. Publish., Ann. Arbor, Michigan. 303-320.

Peuranen, S., Vuorinen, P.J.; Vuorinen, M.; Hollender, A. (1994) The effects of iron, humic acids and low pH on the gills and physiology of brown trout (*Salmo trutta*). *Ann. Zool. Fennici.* 31, 389-396.

Tabell 1 Vannkjemiske data av grunnvannet til Settefiskanlegg (SF) i Eidfjord i perioden desember 1994 til november 1995. Prøvene er tatt fra ulike steder, h.h.v. ved inntak til anlegget, etter lufting av vannet, og ved ulike fiskekar. Vannkjemiske variasjonene m.h.t. prøvetakingsted er så minimale at vi har slått alle verdiene sammen i en tabell.

DATO	pH	K25	SO4	Cl	NO3	Ca	Mg	Na	K	TOC	RAI	OAI	LAI	NH4-N	Tot-N	UOC	Alk
SF		ms/m	mg/L	mg/L	µg N/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg C/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg N/L	µg N/L	mg C/L	µmol/L
19/12/94	6.59	3.06	3.8	2.5	340	2.76	0.36	1.69	0.94	0.22	13	10	3		350		97.4
30/12/94	6.65	3.20	3.7	2.3	365	2.99	0.41	1.73	0.92	0.21	25	10	15		390	3.6	101.4
25/01/95	6.61	3.26	3.7	2.5	390	2.89	0.40	1.83	0.95	0.30	17	10	7		489		101.4
09/05/95	6.85	3.61	3.7	3.0	505	3.32	0.45	1.94	1.14	0.33	10	10	0		550		108.4
27/07/95	6.69	3.48	3.8	2.8	410	3.11	0.44	1.76	1.09	0.23				<5	420	3.1	107.4
22/08/95	6.67	3.32	3.7	2.5	345	3.04	0.41	1.75	1.09	<0.20	10	<10	0	5	335		106.4
22/08/95	6.52	3.36	3.7	2.5	340	3.03	0.41	1.76	1.11	0.20	15	<10	5	5	345		106.4
22/08/95	6.87	3.32	3.7	2.5	330	3.03	0.42	1.73	1.09	<0.20	15	<10	5	5	330		105.4
29/09/95	6.83	3.36	3.2	2.7	345	3.16	0.41	1.88	1.16	0.28				19	390		121.4
29/09/95	6.51	3.77	3.2	2.8	340	3.07	0.41	1.92	1.18	0.23				9	390		40.4
02/11/95	6.87	3.11	3.0	2.5	360	2.77	0.39	1.83	1.14	0.20				19	360	5.5	98.4
02/11/95	6.86	3.11	3.0	2.5	360	2.76	0.4	1.79	1.13	<0.20				9	360	2.7	100.4
Middel	6.69	3.33	3.52	2.59	369	2.99	0.41	1.80	1.08	0.24	15	10	5	10	392	3.7	99.5
± stdev		0.21	0.32	0.19	49	0.17	0.02	0.08	0.09	0.05	5	0	5	6	66	1.2	19.7

DATO	Pb	Cd	Zn	Ni	Co	Fe	Mn	As	Sr	Be	Rb	Cu
SF	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
30/12/94	0.06	0.01	2.00	0.20	<0.01	<10	1.40	<0.1	24.90	0.04		
25/01/95	0.19	<0.01	1.70	0.20	<0.01	<10	1.10	0.10	25.60	0.04		
09/05/95	0.01	<0.01	0.50	0.60	0.04	69.00	0.50		20.70	0.02	2.40	
22/08/95	0.04	0.00	0.60	0.00		12.10	0.00	0.00	29.90	0.07	3.10	
22/08/95	0.06	0.00	0.60	0.00		13.80	0.00	0.00	31.80	0.08	3.60	
22/08/95	0.07	0.00	1.10	0.00		12.00	0.00	0.00	28.30	0.06	3.00	
29/09/95	0.05	0.00	0.40	0.80		131.60	0.00	0.40	18.80	0.05		0.50
02/11/95	0.30	0.02	3.30	0.90		130.30	0.00	0.40	17.00	0.05		1.20
Middel	0.10	0.01	1.28	0.34	0.04	61.47	0.38	0.15	24.63	0.05	3.03	0.85
± stdev	0.10	0.01	1.01	0.37		58.09	0.57	0.20	5.36	0.02	0.49	0.49

Tabell 2 Vannkjemiske data av grunnvannet til Genbanken (GB) i Eidfjord i perioden desember 1994 til november 1995. Prøvene er tatt fra ulike steder, h.h.v. ved inntak til anlegget, etter lufting av vannet, og ved ulike fiskekar. Vannkjemiske variasjonene m.h.t. prøvetakingsted er så minimale at vi har slått alle verdiene sammen i en tabell.

DATO	pH	K25	SO4	Cl	NO3	Ca	Mg	Na	K	TOC	RAI	OAI	LAI	NH4-N	Tot-N	UOC	Alk
GB		ms/m	mg/L	mg/L	µg N/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg C/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg N/L	µg N/L	mg C/L	µmol/L
19/12/94																	
30/12/94	6.66	2.66	2.6	1.8	380	2.61	0.34	1.61	0.61	0.20	29	10	19	385	2.8	97.4	
25/01/95	6.67	2.86	3.1	2.0	375	2.64	0.36	1.61	0.67	0.20	21	10	11	392		94.4	
09/05/95	6.8	3.00	2.8	2.3	460	2.77	0.37	1.68	0.69	0.10	13	10	3	470		98.4	
27/07/95	6.66	2.53	2.8	1.9	320	2.28	0.31	1.42	0.61	0.20				335	2.7	107.4	
22/08/95	6.65	2.38	2.6	1.5	250	2.16	0.29	1.36	0.59	<0.20	15	<10	5	250		78.4	
22/08/95	6.70	2.38	2.6	1.5	260	2.18	0.28	1.41	0.62	<0.20	15	<10	5	250		78.4	
22/08/95	6.71	2.38	2.6	1.5	255	2.19	0.28	1.40	0.6	<0.20	20	<10	10	250		78.4	
29/09/95	6.59	2.42	2.9	1.5	260	2.35	0.29	1.59	0.68	0.26				325		89.4	
29/09/95	6.76	3.33	2.9	1.5	255	2.28	0.28	1.56	0.65	<0.20				255		117.4	
02/11/95	6.75	2.48	2.7	1.5	320	2.32	0.31	1.48	0.68	<0.20				345	2.4	87.4	
02/11/95																	
Middel	6.69	2.64	2.76	1.70	314	2.38	0.31	1.51	0.64	0.19	19	10	9	326	2.63	92.7	
± stdev	0.32	0.17	0.17	0.29	72	0.22	0.03	0.11	0.04	0.06	6	0	6	76	0.21	13.1	
DATO	Pb	Cd	Zn	Ni	Co	Fe	Mn	As	Sr	Be	Rb	Cu					
GB	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L					
30/12/94	0.04	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	18.60	0.01							
25/01/95	0.02	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	21.70	0.02							
09/05/95	0.07	0.00	1.70	0.80	0.04	83.40	0.00	0.00	29.30	0.05	2.80						
22/08/95	0.05	0.00	0.40	0.00		42.00	0.90	0.00	17.80	0.03	2.50						
22/08/95	0.10	0.00	0.60	0.00		0.00	0.50	0.00	18.70	0.03	2.80						
22/08/95	0.02	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	16.70	0.02	2.10						
29/09/95	0.03	0.01	5.30	0.70		102.10	0.00	0.00	15.60	0.00		0.00					
02/11/95	0.08	0.02	12.10	0.70		114.80	0.60	0.00	17.00	0.00		0.00					
Middel	0.05	0.00	2.86	0.28	0.01	42.79	0.59	0.00	19.43	0.02	2.55	0.00					
± stdev	0.03	0.01	4.09	0.38	0.02	50.25	0.64	0.00	4.38	0.02	0.33						

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

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

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3417-96

ISBN 82-577-2950-7