




O-8000217

Supplerende undersøkelser i Orrevassdraget

Metaller og
PCB i Frøylandsvatnet

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-8000217	Undernr.:
Løpenr.: 2730	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

Rapportens tittel: Supplerende undersøkelser i Orrevassdraget Metaller og PCB i Frøylandsvatnet	Dato: 19.12.1991	Trykket: NIVA 1992
Forfatter(e): Lars Lingsten	Faggruppe: Vassdrag	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider: 25	Opplag: 100
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):	

Ekstrakt: Utslipp av miljøgifter til Frøylandsvatnet er undersøkt. To tilløpsbekker har forhøyete konsentrasjoner av tungmetaller. Sedimentene i store deler av Frøylandsvatnet har noe høye blyverdier. Dette skyldes sannsynligvis atmosfærisk tilført bly. Det er markerte overkonsentrasjoner av tungmetaller i sedimentene like utenfor et industrianlegg. Sedimentene og fisk i Frøylandsvatnet har noe høyere innhold av PCB enn det antatte bakgrunnsnivået.
--

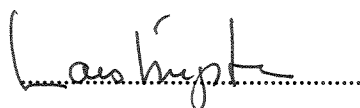
4 emneord, norske

1. Sedimenter
2. Fisk
3. Tungmetaller
4. PCB

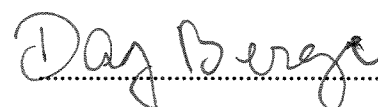
4 emneord, engelske

1. Sediments
2. Fish
3. Heavy metals
4. PCB

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN 82-577 -2093-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING OSLO
OSLO

0-8000217

SUPPLERENDE UNDERSØKELSER I ORREVASSDRAGET

METALLER OG PCB I FRØYLANDSVATNET

Oslo 5.9.1990

Saksbehandler: Lars Lingsten
Medarbeider : Bjørn Faafeng

FORORD

På oppdrag fra Statens forurensningstilsyn, har Norsk institutt for vannforskning gjennomført en undersøkelse av miljøgifter i Frøylandsvatnet i Rogaland. Foreliggende rapport presenterer resultatene fra undersøkelser i Frøylandsvatnet samt tilløpsbekkene Linlandsbekken og bekk fra Kverneland Klepp A/S.

Undersøkelsen er finansiert av Statens forurensningstilsyn.

Feltarbeidet og prøvetaking ble utført av fil. kand. Lars Lingsten og cand. real. Bjørn Faafeng.

Alle analyser er utført ved NIVA's laboratorium.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1. SAMMENDRAG - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	1
2. INNLEDNING	2
3. PRØVESTEDER, MATERIALE OG METODER	3
4. RESULTATER OG DISKUSJON	7
4.1 Vannkjemi	7
4.1.1 pH, konduktivitet og næringssalter	7
4.1.2 Tungmetaller	9
4.1.3 Polyklorerte bifenyler (PCB), Toluen, xylol, og olje	10
4.2 Vannmoser	12
4.2.1 Tungmetaller	12
4.3 Sedimenter	15
4.3.1 Tungmetaller	15
4.3.2 Polyklorerte bifenyler (PCB)	18
4.4 Sik og ørrets innhold av polyklorerte bifenyler (PCB)	19
4.5 Sammenfattende diskusjon	20
5. REFERANSER	22
6. VEDLEGG	24

1. SAMMENDRAG – KONKLUSJONER – TILRÅDNINGER

Konklusjoner:

Linlandsbakkens nedre deler er påvirket av tungmetaller

Bekken ved Kverneland Klepp A/S har forhøyete konsentrasjoner av tungmetaller, særlig bly og krom

Sedimentene i store deler av Frøylandsvatnet har noe høye blyverdier. Dette skyldes sannynligvis atmosfærisk tilført bly.

Like utenfor Kverneland A/S vinkelbygg var det markerte overkonsentrasjoner av tungmetaller i sedimentene. I henhold til retningslinjer som er brukt i Nederland, et av de få land som har slike, (Ministerie van VROM 1983, Siegrist 1989) overskrider blyverdiene i de øverste 4 cm grenseverdien for tiltak/opprydding (C). Verdiene for kobber, sink og nikkel overskrider grenseverdien for behov for ytterligere undersøkelser (B).

Selv om sedimentenes innhold av PCB var 3-10 ganger høyere enn bakgrunnsnivået var disse verdier klart under de Nederlandske grenseverdiene for tiltak.

Tilrådnings:

Nåværende og tidligere bruk av tungmetaller og organiske miljøgifter i nedbørfeltet til Frøylandsvatnet bør kartlegges nærmere.

Der bør tas prøver av grunnvann på "fyllplasser" (ev. jord/sandprøver).

Tungmetallinnhold i større bunndyrspisende fisk (ørret) i Frøylandsvatnet bør undersøkes og sammenliknes med innholdet av tungmetaller i en nærliggende innsjø som ikke har hatt utslipp av miljøgifter.

PCB-innholdet i større bunndyrspisende fisk bør undersøkes.

2. INNLEDNING

På bakgrunn av Rapport 191A/85 i Statlig program for forurensnings-
overvåking om Orrevassdraget 1979-83, utarbeidet av NIVA (Faafeng og
medarb. 1985), ble det arrangert et møte i Stavanger 8.11.86 mellom
represententer for Fylkesmannens miljøvernnavdeling og NIVA. Det kom
der fram ønske om at NIVA skulle utarbeide et arbeidsprogram for
supplerende undersøkelser i Frøylandsvatnet.

Hensikten med undersøkelsen skulle være å avklare forhold som ble fun-
net verdt ytterligere oppmerksomhet etter undersøkelsen av Orrevass-
draget 1979-83 (Faafeng og medarb. 1985). Dette gjelder særlig spørs-
målet om industriutslipp av miljøgifter til Frøylandsvatnet.

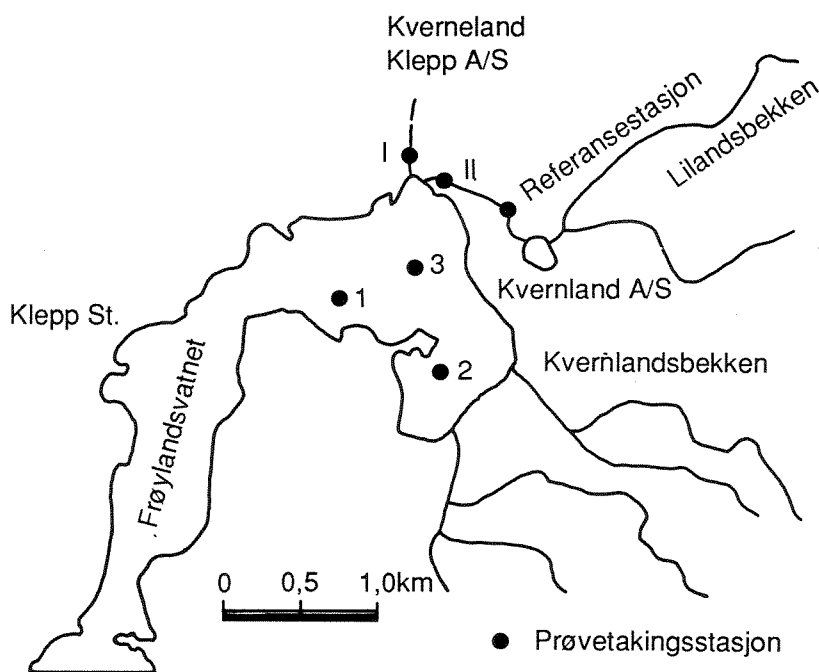
På møtet mellom Miljøvernnavdelingen og NIVA ble det skissert et opp-
legg for en orienterende undersøkelse av omfanget av dette problemet.

I november 1986 og mai 1987 ble det samlet inn prøver i Frøylands-
vatnet og i to tilløpsbekker til Frøylandsvatnet.

3. PRØVESTEDER, MATERIALE OG METODER

Feltarbeidet ble gjennomført den 13.-14. november 1986 og 19-20 mai 1987. Prøvetakingsstedene fremgår av figur 1.

Den 13.-14. november 1986 ble det tatt vannprøver for analysering av næringsalter, tungmetaller, PCB, toluen, xylol og total olje fra Frøylandsvatnet med de to tilløpsbekkene Linlandsbekken og bekk fra Kverneland Klepp A/S. Prøvestedene fremgår av figur 1. Tabell 1 viser hvilke vannprøver som er tatt, og hvor de er tatt.



Figur 1. Frøylandsvatnet. Kart over undersøkelsesområdet med prøvesteder.

Tabell 1. Frøylandsvatnet og to tilløpsbekker til Frøylandsvatnet.
Vannprøver tatt 13-14. november 1986

Prøvested	Nærings- salter	Tungme- taller	PCB	Toulen Xylol Tot. olje
Frøylandsv.(N) St. 1	A		A	A
Bekk fra Kverneland Klepp A/S	A	A	A	
Linlandsbekken	A		A	
Sigevann fra idrettsplass	A			

A= Prøve er analysert

Det ble også tatt sedimentprøver med sedimentprøvetaker fra båt for analysering av tungmetaller og PCB på to steder i Frøylandsvatnet samt fra bekk ved Kverneland Klepp A/S, se tabell 2.

Tabell 2. Frøylandsvatnet og bekk ved Nye Kverneland. Sedimentprøver tatt 13-14. november 1986.

FRØYLANDSVATNET 13 NOVEMBER 1986				BEKK VED KVERNELAND KLEPP 14 nov. 1986		
Prøvested	Prøve- dyp (cm)	Tung- met.	PCB	Prøvested	Prøve- dyp (cm)	Tung- met.
St. 1 A	0-2	A			0-2	A
	2-4	A				
	4-6	L				
B	0-2		A			
	2-4		A			
St. 2 A	0-2	A				
	2-4	A				
B	0-2		A			
	2-4		A			

A= Prøve er analysert

L= Prøve er lagret for eventuell senere analysering

Innhold av metaller i moser er ofte benyttet som mål for belastning av av metaller. Konsentrasjonene av tungmetaller i vannmose gir et integrert bilde av konsentrasjonene av tungmetaller i det aktuelle elveavsnittet i perioden før prøven blir tatt (Lingsten 1984). Av denne grunn ble det satt ut vannmoser (Fontinalis spp) i Linlandsbekken og i bekken ved Kverneland Klepp A/S. Videre ble det fisket med garn på st. 1 i Frøylandsvatnet (fig. 1). Det ble tatt 6 ørret og en stor mengde sik. Det ble tatt prøver fra fileter fra alle ørretene og fra 5 av sikene. Vekt, lengde og filetvekt fremgår av tabell 3. Fileter fra sik og ørret er analysert på PCB.

Tabell 3. Frøylandvatnet, nord, 14 november 1986. Vekt, lengde og filetvekt på ørret og sik

	Vekt g	Lengde cm	Filetvekt g
Ørret	210	26.5	
	99	19.5	
	58	17.5	
	69	17.5	
	63	17.0	
	51	15.0	
			58 (sum)
Sik	623.8	37.0	150.5
	431.4	31.0	150.6
Sik	522	35.0	150.5
			150.9
	844	42.0	150.3

Den 19-20 mai 1987 ble det tatt sedimentprøver i Frøylandsvatnet ved industriområdet til Kverneland A/S Vinkelbygg. Sedimentprøvene ble tatt ved hjelp av dykker. Tabell 4 viser hvilke prøver som er tatt og hvor de er tatt samt hvilke analyser som er foretatt. Det ble også tatt vannprøver for analyser av næringssalter og tungmetaller fra bekk ved Kverneland Klepp A/S samt tungmetaller fra Linlandsbekken. Videre ble det tatt vannmoser og alger for analyser av tungmetaller fra de to nevnte bekkene.

Tabell 4. Frøylandsvatnet. Sedimentprøver tatt 20 mai 1987.

Prøvested	Sediment Sjikt (cm)	Tung- met.	PCB	Prøvested	Sediment Sjikt (cm)	Tung- met.	PCB
St. 3 A på 3 m dybde	0-2	A		St. 3 B på 6 m dybde	0-2	A	
	2-4	A			2-4	A	
	4-6	L			4-6	L	
	6-8	L			6-8	L	
	8-10	A			8-10	L	
St. 3 A på 5 m dybde	0-2		A		10-12	L	
	2-4		A		12-14	L	
	4-6	L		St. 3 B på 9 m dybde	0-2		A
	6-8	L			2-4		A
	8-10	L			5-7	L	
10-12	L		7-9		L		
St. 3 A på 7 m dybde	0-2	A		9-11	L		
	2-4	A		11-13	L		
	4-6	L		13-15	L		
	6-8	L		15-17	L		
	8-10	L					
	10-12	L					
	12-14	L					
	14-16	L					
	16-18	L					
18-20	A						

A=prøve er analysert

L=prøve er lagret for eventuell senere analysering

Samtlige analyser er utført ved NIVA's laboratorium. Tabell I i vedlegg viser analyseparametre og analysemetode.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Vannkjemi

4.1.1 pH, konduktivitet og næringsalter

Analyseresultatene fra 1986/87 er vist i tabell 5 og 6. Fra Frøylandsvatnet og Linlandsbekken finnes vannkjemiske data fra perioden 1979-83 (Faafeng og medarb. 1985), mens vi ikke kjenner til tilsvarende vannkjemiske data fra bekken ved Kverneland Klepp A/S.

Nivået av konduktivitet og næringsalter i Frøylandsvatnet og Linlandsbekken samsvarer godt med de tidligere undersøkelsene (Faafeng og medarb. 1985). Frøylandsvatnet og Linlandsbekken har høye konsentrasjoner av næringsalter.

Sigevann fra Frøylands idrettsplass ved Linlandsbekken hadde høyere konduktivitet og nitrogenkonsentrasjoner, men lavere fosforkonsentrasjoner, enn Linlandsbekken. Dette viser at sigevannet er mer influert av grunnvann enn av overflateavrenning.

Tabell 5. Frøylandsvatnet og Linlandsbekken 13. november 1986.
Konduktivitet og næringsalter.

	Kond. mS/m	Tot-P µg P/l	P04-P µg P/l	Tot-N µg N/l	NO3-N µg N/l
Frøylandsv. St. 1 overfl.	10.51	60.0	48.8	1800	945
Linlandsbekken; St. II	10.05	39.0	26.0	3100	1350
Sigevann fra idr.plass	19.68	9.0	5.0	4500	4100

Bekken ved Kverneland Klepp A/S har betraktelig lavere vannføring enn Linlandsbekken. Bekken drenerer et bolig- og industriområde, bl. a. fabrikkområdet Kverneland Klepp A/S, men her finnes også annen industrivirksomhet. Konduktiviteten og nitrogenkonsentrasjonene var høye. Konsentrasjonene av fosfor var også høye, hvilket tyder på at denne

bekken i høyere grad var påvirket av overflateavrenning fra jordbruk og eventuelt utslipp av urensset kloakkvann enn Linlandsbekken.

Tabell 6. Bekk ved Kverneland Klepp A/S 13. november 1986 og 19. mai 1987. pH, konduktivitet og næringssalter.

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-p µg P/l	P04-p µg P/l	Tot-N µg N/l	NO3-N µg N/l
13.11.86	-	27.0	79.0	60.5	6200	4800
19.5.87	6.68	20.1	42.0	21.0	2732	2400

4.1.2 Tungmetaller

Analyseresultatene er vist i tabell 7. Konsentrasjonene av tungmetaller i Linlandsbekken var lave og lå på det forventede bakgrunnsnivået, mens tungmetallene i bekken ved Kverneland Klepp A/S lå stort sett 2-4 ganger høyere enn bakgrunnsnivået. Imidlertid var disse konsentrasjoner ikke spesielt høye tatt i betraktning den lave vannføringen i bekken selv om de indikerer at bekken er påvirket av tungmetalltilførsler.

Tabell 7. Bekk ved Kverneland Klepp A/S og Linlandsbekken 13. november 1986 og 19. mai 1987. Tungmetaller $\mu\text{g/l}$.

Parameter	Bekk fra Kvernel. Klepp A/S St. I		Linlands- bekken St. II
	13. nov. 1986	19. mai 1987	19. mai 1987
Kobber $\mu\text{g Cu/l}$	3.7	1.5	1.2
Sink $\mu\text{g Zn/l}$	40	30	<10
Bly $\mu\text{g Pb/l}$	3.2	0.8	0.7
Kadmium $\mu\text{g Cd/l}$	<0.1	<0.1	<0.1
Krom $\mu\text{g Cr/l}$	1.0	0.5	<0.5

4.1.3 Polyklorerte bifenyler (PCB), Toluen, xylol, og olje

Polyklorerte bifenyler (PCB),

Stoffet er en velkjent miljøgift som er svært tungt nedbrytbar (persistent) og er mistenkt for å ha gitt skader på dyr både i Norge og i Sverige.

Analyseresultatene er vist i tabell 8. Erfaringsmaterialet om bakgrunnskonsentrasjonene av PCB i ferskvann er mangelfullt. Ettersom PCB i hovedsak er knyttet til partikler i vann vil bakgrunnsverdiene variere med vannets partikkelinnhold. Det er imidlertid klart at konsentrasjonene både i Frøylandsvatnet, som lå under deteksjonsgrensen, og i bekken ved Kverneland Klepp A/S er lave. Like klart er det at 140 ng/l PCB i vannet i Linlandsbekken er en særdeles høy konsentrasjon.

Tabell 8. Frøylandsvatnet 13. november 1986. PCB i vann, ng/l.

Prøvested	PCB ng/l	Haloformer
Frøylandsv. St.1 overflaten	<1	-
Bekk fra Kvernel. Klepp A/S; St. I	2	Ikke påvist
Linlandsbekken; St. II	140	"

Toluen, xylol, og olje

Analyseresultatene er vist i tabell 9. Selv om overflatevannets innhold av toluen, xylol og olje var lave, indikerer dette at Frøylansvatnet blir tilført disse stoffer.

Tabell 9. Frøylansvatnet, nord, 13 november 1986. Toluen, xylol, og olje (mg/l) i overflatevannet.

Toluen	mg/l	0.001
Xylol	"	0.004
Tot. olje	"	0.14

4.2 Vannmoser

4.2.1 Tungmetaller

Metallinnholdet i elvemoser er tidligere benyttet som mål for belastning av tungmetaller, (Lingsten 1984). Metoden går i korthet ut på å analysere toppskuddene på elvemosen Fontinalis spp. på forskjellige tungmetaller. Konsentrasjonene av tungmetaller i vannmosen gir da et tidsintegret bilde av konsentrasjonene av tungmetaller i det aktuelle elveavsnittet.

I tabell 10-13 er analyseresultatene gitt sammen med intervallet for bakgrunnskonsentrasjon av tungmetaller i Fontinalis.

Linlandsbekken

I Linlandsbekken oppstrøms bebyggelsen (referansestasjon) lå konsentrasjonene av kobber på bakgrunnsnivået. Sink lå noe over, mens kadmium lå ca. dobbelt så høyt som antatt bakgrunnsnivå, hvilket kan tyde på at bakgrunnsnivået for sink og kadmium i dette området, som er sterkt påvirket av langtransporterte luftforurensninger, er noe høyere enn hva man finner på f.eks Østlandet.

Tabell 10. Linlandsbekken 19. mai 1987. Innhold av kobber, sink og kadmium i Fontinalis, µg/g tørrstoff.

Bakgrunnsnivå/ stasjon	Kobber µg/g TS	Sink µg/g TS	Kadmium µg/g TS
Bakgrunnsnivå	15-25	75-250	0,1-0,5
Linlandsbekken Ref. st. ¹⁾	14	260	1.01
St. II ¹⁾	16	680	4.00

¹⁾ Mose; Fontinalis antipyretica

Nedstrøms bebyggelsen (st.II) økte konsentrasjonene av sink og kadmium med 2.5 respektive 4 ganger. Kobber lå fortsatt på bakgrunnsnivået.

Konsentrasjonene for bly, krom og nikkel lå på bakgrunnsnivået oppstrøms bebyggelsen, men økte med 2 til 3 ganger høyere nedstrøms

bebyggelsen.

Tabell 11. Linlandsbekken 19. mai 1987. Innhold av bly, krom og nikkel i Fontinalis, µg/g tørrstoff.

Bakgrunnsnivå/ stasjon	Bly µg/g TS	Krom µg/g TS	Nikkel µg/g TS
Bakgrunnsnivå	5-10	1-5	2-7
Linlandsbekken Refe. st. 1)	8.31	3.59	6.87
St. II 1)	14.9	6.01	16.1

1) Mose; Fontinalis antipyretica

De forhøyede konsentrasjonene av flere tungmetaller på den korte strekningen fra referansestasjonen til utløpet av Linlandsbekken viser at bekken er påvirket av tilførsler av tungmetaller fra det lokale nedbørfeltet.

Bekk ved Kverneland Klepp A/S

Ettersom det ikke finnes referansekonsentrasjoner i denne bekken er det naturlig å gå ut fra konsentrasjonene på referansestasjonen i Linlandsbekken. Det er også naturlig å sammenligne med den "rene" moseprøven av Fontinalis, se tabell 12 1), og ikke den moseprøve som var nedslammet av sedimentert materiale 2).

Kopperverdiene lå opptil 5 ganger over bakgrunnsverdiene. Sink og kadmium lå ca. 4 respektive 3 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene.

Tabell 12. Bekk ved Kverneland Klepp A/S 19. mai 1987. Innhold av kobber, sink og kadmium i Fontinalis, µg/g tørrstoff.

Bakgrunnsnivå/ stasjon	Kobber µg/g TS	Sink µg/g TS	Kadmium µg/g TS
Bakgrunnsnivå	15-25	75-250	0,1-0,5
Bekk fra Kverneland Klepp; St. 1			
1)	68	950	2.97
2)	38	1060	3.26
3)	60	260	0.69

1) Mose; Fontinalis antipyretica

2) Fontinalis antipyretica + sediment

3) Alge

Blyverdien lå ca. 25 ganger høyere enn bakgrunnsnivået, mens krom og nikkel lå ca. 12 respektive 2 ganger høyere.

Tabell 13. Bekk ved Kverneland Klepp A/S 1987. Innhold av bly, krom og nikkel i Fontinalis, µg/g tørrstoff.

Bakgrunnsnivå/ stasjon	Bly µg/g TS	Krom µg/g TS	Nikkel µg/g TS
Bakgrunnsnivå	5-10	1-5	2-7
Bekk fra Kverneland Klepp			
1)	211.0	41.58	14.7
2)	101.0	22.12	30.9
3)	72.1	18.78	6.53

1) Mose; *Fontinalis antipyretica*

2) *Fontinalis antipyretica* + sediment

3) Alge

De forhøyede konsentrasjonene av bly, krom og kobber viser at bekken ved Kverneland Klepp A/S var markert påvirket av tilførsler av disse tungmetaller fra det lokale nedbørfeltet.

4.3 Sedimenter

4.3.1 Tungmetaller

Analyseresultatene er vist i tabell 14 og 15 sammen med antatte bakgrunnsverdier og Nederlandske grenseverdier (Ministerie van VROM 1983, Siegrist 1989).

Tabell 14. Frøylandsvatnet og bekk ved Kverneland Klepp A/S 1986 og 1987. Kobber, sink og bly i sedimenter, $\mu\text{g/g TS}$, (PPM)

		Kobber $\mu\text{g/g TS}$	Sink $\mu\text{g/g TS}$	Bly $\mu\text{g/g TS}$
"Antatte bakgrunnsverdier"		15-25	50-200	5-25
"Nederlandske grenseverdier" B ¹⁾		100	500	150
C		500	3000	600
Prøvested/sedimentsjikt				
St. 1	0-2 cm	34	412	123
	2-4 "	27	335	108
St. 2	0-2 "	24	243	140
	2-4 "	17	218	67
St. 3 A (3 m)	0-2 "	9	96	41
	2-4 "	3	29	3
	8-10 "	5	34	4
St. 3 A (7 m)	0-2 "	33	325	162
	2-4 "	34	356	178
	18-20 "	16	65	11
St. 3 B (6 m)	0-2 "	74	331	332
	2-4 "	292	2593	1960
	14-16 "	68	230	289
Bekk ved Kverneland Klepp A/S; St. I		43	262	163

¹⁾ B = behov for ytterligere undersøkelser

C = tiltak; opprydding

(innen parentes); Prøvetakingsdybde

St. 1 Frøylandsvatnet, (N) 13/11-86

St. 2 Utafor Kverneland og Sønner 13/11-86

St. 3 A Kverneland A/S, vinkelb;(smie) 20/5-87

St. 3 B Kverneland A/S, vinkelbygg 20/5-87

Ved st. 1 og 2 lå sedimentenes innhold av de målte tungmetaller stort sett på bakgrunnsverdiene unntatt bly. Blyverdiene lå 5-10 ganger høyere enn bakgrunnsverdien. Imidlertid har senere undersøkelser vist at disse verdier er vanlige i overflatesedimenter på Vestlandet (Rognerud og Fjeld 1990). Man kan derfor anta at hovedparten av overkonsentrasjonene av bly i overflatesedimentene stammer fra atmosfæriske avsetninger.

Like utenfor området til Kverneland A/S vinkelbygg, st. 3, særlig på 6 og 7 meters dybde var det markerte overkonsentrasjoner av tungmetaller i sedimentene. De øverste 4 cm av sedimentene hadde forhøyete verdier av alle de målte tungmetallene unntatt kadmium. I henhold til retningslinjer som er brukt i Nederland (Ministerie van VROM 1983, Siegrist 1989), oversteg verdiene for kobber, sink og nikkel grenseverdiene for ytterligere undersøkelser (B) i sedimentlaget 2-4 cm. Tilsvarende blyverdier overskrider grenseverdien for tiltak/opprydding (C).

De undersøkte sedimentene i bekken ved Kverneland Klepp A/S lå stort sett på bakgrunnsnivået, unntatt bly som oversteg den Nederlandske grenseverdien for behov for ytterligere undersøkelser (B).

Tabell 15. Frøylandsvatnet og bekk ved Kverneland Klepp A/S 1986 og 1987. Kadmium, krom og nikkel i sedimenter, µg/g TS,(PPM)

		Kadmium	Krom	Nikkel
		µg/g	µg/g	µg/g
"Antatte bakgrunnsverdier"			10-20	10-20
"Nederlandsske grenseverdier"	B	5	250	100
	C	20	800	500
Prøvested/sedimentlag				
St. 1	0-2 cm	1.0	30	19
	2-4 "	0.9	25	16
St. 2	0-2 "	1.7	21	12
	2-4 "	1.3	16	11
St. 3 A (3 m)	0-2 "	0.3	23	10
	2-4 "	0.1	10	4
	8-10 "	0.2	11	6
St. 3 A (7 m)	0-2 "	1.2	37	24
	2-4 "	1.4	39	25
	18-20 "	0.1	23	18
St. 3 B (6 m)	0-2 "	0.9	106	91
	2-4 "	1.3	210	295
	14-16 "	0.8	90	98
Bekk fra Kverneland Klepp A/S		0.3	46	18

1) B = behov for ytterligere undersøkelser

C = tiltak; opprydding

(innen parentes); Prøvetakingsdybde

St. 1 Frøylandsvatnet, (N) 13/11-86

St. 2 Utafor Kverneland og Sønnen 13/11-86

St. 3 A Kverneland A/S, vinkelb;(smie) 20/5-87

St. 3 B Kverneland A/S, vinkelbygg 20/5-87

4.3.2 Polyklorerte bifenyler (PCB)

Analyseresultatene fremgår av tabell 16.

Kunnskapen om bakgrunnsnivåer for PCB i sedimenter fra ferskvannslokaliteter er mangelfull. Imidlertid indikerer analyseresultater fra Akerselva, Oslo (Lingsten 1989) og Loeselva i Buskerud (Lingsten 1990), at bakgrunnsnivået trolig ligger på 10-30 µg/kg tørrvekt. St. 2 og 3 A lå i dette område, hvilket sannsynliggjør at dette bakgrunnsnivået også gjelder i Frøylandsvatnet. På stasjon 1 var sedimentenes innhold av PCB ca. 3-5 ganger bakgrunnsnivået. På stasjon 3 B lå konsentrasjonene av PCB ca. 5-10 ganger over bakgrunnsnivået. Dette viser at det er sannsynlig at Frøylandsvatnet blir og er blitt tilført PCB fra det lokale nedbørfeltet. Ettersom innholdet på st. 2 og 3 A var nær bakgrunnsnivået, ser det ut til at de diffuse tilførslene av PCB som stammer fra langtransporterte luftforurensninger ikke kan forklare de forhøyete konsentrasjonene av PCB på st. 1 og 3B.

Tabell 16. Frøylandsvatnet 1986-1987. Sedimentenes innhold av PCB (µg/kg TS).

		µg/kg TS
"Nederlandske grenseverdier" B ¹⁾ C		1000 10000
Prøvested/sedimentlag		
St. 1	0-2 cm	104
	2-4	85
St. 2	0-2	36
	2-4	17
St. 3A (5m)	0-2	28
	2-4	<10
St. 3B (9m)	0-2	236
	2-4	103

¹⁾ B = behov for ytterligere undersøkelser

C = tiltak; opprydding

(innen parentes); Prøvetakingsdybde

St. 1 Frøylandsvatnet, (N) 13/11-86

St. 2 Utafor Kverneland og Søner 13/11-86

St. 3 A Kverneland A/S, vinkelb;(smie) 20/5-87

St. 3 B Kverneland A/S, vinkelbygg 20/5-87

Selv om st. 1 og 3 B lå 3-10 ganger over bakgrunnsnivået, var disse verdier klart under de Nederlandske grenseverdiene. Imidlertid er det påfallende at en ferskvannslokalitet som Frøylandsvatnet med et relativt lite nedbørfelt har forhøyete konsentrasjoner av PCB.

4.4 Sik og ørrets innhold av polyklorerte bifenyler (PCB)

Analyseresultatene fremgår av tabell 17.

Svenske undersøkelser (Statens Naturvårdsverk 1982) viser at bakgrunnsnivået for PCB i gjedde ligger på mellom 1-2 ppm, mens det for ørret ligger på ca. 5 ppm. Vekten på ørretene fra Frøylandsvatnet lå mellom 51-210 g mens tilsvarende vekt på ørretene i den svenske undersøkelsen lå mellom 710-3810 g. Det er sannsynlig at stor ørret i Frøylandsvatnet har vesentlig høyere innhold av PCB og vil da samsvare bedre med sedimentenes innhold av PCB.

Tabell 17. Frøylandsvatnet 1988. Polyklorerte bifenyler (PCB) i fileter fra Ørret og Sik, $\mu\text{g/g}$ fett.

	PCB	
	$\mu\text{g/g}$ fett	% fett
"Stor" ørret	4.6	10.0
"Små" ørret	2.0	3.6
Sik	1.0	10.0

4.5 Sammenfattende diskusjon

Tungmetaller

Vannets innhold av tungmetaller i Linlandsbekken var lave, mens tungmetallene i bekken ved Kverneland Klepp A/S lå stort sett 2-4 ganger høyere enn bakgrunnsnivået.

Tungmetallinnholdet i elvemoser viste imidlertid at nedre delen av Linlandsbekken var påvirket av tungmetaller. Bekken ved Kverneland Klepp A/S var markert påvirket av tungmetaller, særlig bly og krom. Sedimentene i denne bekken hadde også høye blykonsentrasjoner.

Relativt høye blyverdier ble også funnet i sedimentene i store deler av Frøylandsvatnet. Dette skyldes sannsynligvis atmosfærisk tilført bly. Like utenfor området til Kverneland A/S vinkelbygg, var det markerte overkonsentrasjoner av tungmetaller i sedimentene. I henhold til retningslinjer som er brukt i Nederland (Ministerie van VROM 1983, Siegrist 1989) overskrider blyverdiene i de øverste 4 cm grenseverdien for tiltak/opprydning (C). Verdiene for kobber, sink og nikkel passerer grenseverdien for behov av ytterligere undersøkelser (B).

Analyser av tungmetaller i fiskefileter er ikke gjennomført.

Polyklorerte bifenyler (PCB)

I Frøylandsvatnet og i bekken ved Kverneland Klepp A/S var vannets innhold av PCB lavt. Derimot viste en prøve i Linlandsbekken, st. II, særdeles høyt PCB-innhold. Selv om sedimentene og til dels fisk har forhøyete konsentrasjoner av PCB i Frøylandsvatnet, burde konsentrasjonene i sedimentene og fisk være høyere sett i forhold til den høye konsentrasjonen i Linlandsbekken. Årsaken til dette kan være feil ved analysen av prøven i Linlandsbekken. En annen forklaring kan være at PCB, som i høy grad er partikkelbundet, er sedimentert i deltaområdet til Linlandsbekken og blir ikke i så stor grad ført ut i Frøylandsvatnet.

5. REFERANSER

- Faafeng, B., Å. Brabrand, P. Brettum, T. Gulbrandsen, J.E. Løvik, B. Rørslett, S.J. Saltveit og T. Tjomsland, 1985. Overvåking av Orrevassdraget 1979-83. Hovedrapport. Rapport 191A/85 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000217, 128 s.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer og foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøgifter. NIVA-rapport 0-8612602.
- Lingsten, L. 1984. Moser som metallindikatorer i noen norske vannforekomster. NIVA-rapport 0-80076-02., 37 s.
- Lingsten, L. 1985. Bakgrunnsnivåer av utvalgte metaller i ferskvannsmoser og mulighet for bruk av moser som indikator på organiske miljøgifter. NIVA-rapport 0-85167, 14 s.
- Lingsten, L. 1988. Undersøkelser av sedimenter i Loeselva. Foreløpig rapport. NIVA-rapport 0-88138, 17 s.
- Lingsten, L. 1990. Undersøkelser av sedimenter i Loeselva. Tungmetaller, PCB, PAH og dioksiner. NIVA-rapport 0-88138, 28 s.
- Lingsten, L., Å. Brabrand, T. Bremnes, J. Brittain, H. Efraimsen, T. Källqvist, S.J. Saltveit og B. Økland, 1989. Undersøkelser i Akerselva 1988. Kartlegging av glødeskallenes beliggenhet og mektighet, sedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter samt effekter på bunndyr og fisk. NIVA-rapport 0-88066/ 0-88125, 59 s. + vedlegg
- Lingsten, L. 1990. Undersøkelser av sedimenter i Loeselva. Tungmetaller. PCB, PAH og dioksiner. NIVA-rapport 0-88138. Under utarbeidelse.
- Ministerie van VROM, 1983. Leidraad Bodemsanering. Staatsuitgeverij, Den Haag, 1983. In English: VROM: Ministry of Housing, Physical Planning and Environment. "Guideline Soil Clean up", Staatsuitgeverij, The Hague, The Netherlands, 1983.
- Reutergårdh, L. 1988. Identification and distribution of chlorinated organic pollutants in the environment. National Swedish environmental protection board. Report 3465.

- Rognerud, S. og E. Fjeld, 1990. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk. Rapport 426/90 og TA 714/1990 tinnen Statlig program for forurensningsovervåking, 87 s.
- Siegrist, R.L. 1989. International Review of approaches for establishing cleanup goals for hazardous waste contaminated land. Institute for Georesources and Pollution Research. Postbox 9, N-1432 Aas-NLH, Norway.
- Statens Naturvårdsverk 1982. Monitor 1982. Tungmetaller och organiske miljøgifter i svensk natur. Statens Naturvårdsverk. Meddelande 3/1982. Solna, Sverige.
- Statens naturvårdsverk 1987. Hantering av slam från avloppsreningsverk. Naturvårdsverket. Allmänna råd 87:9. SNV, Solna, Sverige.

6. VEDLEGG

Tabell I. Enheter og analysemetoder for kjemiske metoder

Parametre	Enhet	Analyseinstrument - metode
Surhetsgrad; pH		Norsk standard NS 4720
Konduktivitet	mS/m	Norsk standard NS 4721
Totalfosfor	µg/l	Norsk standard NS 4725 ¹⁾
Ortofosfat	µg/l	Norsk standard NS 4724 ¹⁾
Totalnitrogen	µg/l	Norsk standard NS 4743
Nitrat	µg/l	Norsk standard NS 4745
Kobber	µg/l	Norsk standard NS 4773
Sink	µg/l	Norsk standard NS 4770 og NS 4773
Kadmium	µg/l	Norsk standard NS 4773
Bly	µg/l	Norsk standard NS 4770
Krom	µg/l	Norsk standard NS 4773
Nikkel	µg/l	Norsk standard NS 4773

¹⁾ Automatisert versjon

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2093-3