

RAPPORT LNR 4523-2002

**Kvikksølv** i sedimenter  
fra Drammenselva og i  
abbor fra indre  
Drammensfjord.

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-niva
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 3	Sandvikaveien 41	Nordnesboder 5	
0411 Oslo	4979 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9296 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 29 50 55	Telefon (47) 67 57 64 00	Telefon (47) 55 30 22 50	Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 30 22 51	Telefax (47) 77 75 03 01
Internet: www.niva.no				

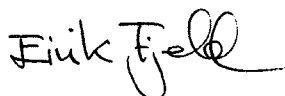
Tittel Kvikksølv i sedimenter fra Drammenselva og i abbor fra indre Drammensfjord, 2000–2001	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	4523-2002	april 2001
Forfattere Eirik Fjeld og Sigurd Rognerud	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-20114	28 s
	Fagområde	Distribusjon
	Miljøgifter	Fri
	Geografisk område	Trykket
	Norge	NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse Erik Garnås
--	----------------------------------

**Sammendrag**

Det har blitt gjort en kartlegging av kvikksølvkonsentrasjonene i sedimenter fra nedre Drammenselv og i abbor fra indre Drammensfjord. På elvestrekningen Mjøndalen–Holmen (utløpet av elva) ble kvikksølvkonsentrasjonene bestemt på 27 ulike stasjoner. De totale konsentrasjonene i overflatesedimentene var i hovedsak lave og i flertallet av prøvene (75%) var konsentrasjonene i området 0,015–0,25 mg Hg/kg (tørrvekt), men enkelte steder ble det imidlertid funnet markert forhøyede nivåer. Høyeste konsentrasjon var 7,9 mg Hg/kg, noe som indikerer sterkt forurensede sedimenter. Flertallet av sedimentprøvene hadde lavt innhold av organisk innhold (ble dominert av geologisk materiale som silt og sand), men visse steder ble funnet prøver med høyt innhold av trefiber og papirrester. Ved å justere for mengden organisk materiale framkom det at mange av prøvene var betydelig påvirket av kvikksølvforurensninger (hadde et avvikende høyt forhold mellom kvikksølv og organisk innhold). Det ble bestemt kvikksølvkonsentrasjoner i muskelprøver fra 25 abbor fra indre Drammensfjord, fanget på strekningen Holmen–Gilhusodden. Nivåene varierte mellom 0,085–2,2 mg Hg/kg (våtvekt) hos fisk som var i størrelse 18,5–40,5 cm (81–1215 g). Konsentrasjonene økte med lengde og alder, og hos fisk som var større enn 34 cm (0,5 kg) oversteg konsentrasjonen 0,5 mg Hg/kg, dvs. grensen Statens næringsmiddeltilsyn har satt for omsetning til konsum. Konsentrasjonene var imidlertid lavere enn de som tidligere (1998) ble funnet i hos like stor eller like gammel fisk fra nederste deler av vassdraget. Fisken fra fjordområdet hadde også en høyere vekstrate. Disse forskjellene kan tyde på at fisken er forholdsvis stasjonær, og i liten grad veksler mellom å utnytte de ulike ernæringsområdene i indre fjord og vassdraget.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. kvikksølv	1. mercury
2. forurensninger	2. pollutants
3. ferskvannsfisk	3. freshwater fishes
4. Norge	4. Norway



Prosjektleder  
Eirik Fjeld



Forskningsleder  
Brit Lisa Skjelkvåle



Forskningsjef  
Nils Roar Sælthun

**Kvikksølv i sedimenter fra Drammenselva og i abbor fra  
indre Drammensfjord, 2000–2001**

av

Eirik Fjeld og Sigurd Rognerud

## Forord

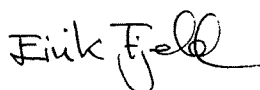
Foreliggende undersøkelse er utført for Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen. Prosjektet er ment som en oppfølging av miljøgiftundersøkelsen fra 1997–1999, (Fjeld et al. 1999), hvor det ble funnet tildels svært høye konsentrasjoner av kvikksølv i abbor fanget omkring munningsområdet av Drammenselva. Det var da et åpent spørsmål om hvorvidt disse forhøyede konsentrasjonene kunne skyldes at sedimentene i nedre del av vassdraget fortsatt var påvirket av de tidligere kvikksølv-utslippene fra treforedlingsindustrien, og hvorvidt tilsvarende høye konsentrasjoner også kunne finnes i abbor fra indre deler av Drammensfjorden. Disse problemstillingene belyses i denne oppfølgende undersøkelsen.

Prosjektleder ved NIVA har vært Eirik Fjeld, og medarbeider har vært Sigurd Rognerud. Prosjektkontakt hos oppdragsgiver har vært fiskeforvalter Erik Garnås.

De kjemiske analysene er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Vi vil med dette takke alle de involverte personer for deres innsats i prosjektet.

Oslo, april 2002



Eirik Fjeld



---

## Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>11</b>
2.1 Sedimenter	11
2.2 Fisk	12
2.3 Kvikksølvanalyser	12
<b>3. Kvikksølv som miljøgift</b>	<b>13</b>
<b>4. Kvikksølv i sedimenter</b>	<b>14</b>
4.1 Overflatesedimentene	14
4.2 Kvikksølv og sedimentenes organiske innhold	16
4.3 Kvikksølv i ulike sedimentsjikt	18
<b>5. Kvikksølv i abbor</b>	<b>19</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>23</b>
<b>Primærdata</b>	<b>25</b>



---

## Sammendrag

Det rapporteres her resultatene fra en undersøkelse av kvikksølvkonsentrasjonene i sedimenter fra nedre Drammenselva og i fisk i fra indre Drammensfjord. Bakgrunnen for undersøkelsen er at det i 1998 ble funnet tildels betydelig forhøyde kvikksølvkonsentrasjoner i abbor fra nederste deler av vassdraget (elveavsnittet Sølvestøya-Holmen) (Fjeld et al. 1999). Drammenselva har tidligere mottatt store utslipp av kvikksølv fra treforedlingsindustrien. Det var derfor et behov å få gjort en nærmere kartlegging av sedimentenes kvikksølvinnhold for å vurdere deres forurensningsgrad, samt å undersøke om abbor fra indre Drammensfjord hadde like høye kvikksølvnivåer som abbor fra nederste deler av vassdraget.

Undersøkelsen av sedimenter fra 27 stasjoner på elveavsnittet Mjøndalen–Holmen viste at de totale konsentrasjonene i overflatesedimentene i hovedsak var lave og at flertallet av prøvene (75%) hadde konsentrasjoner i området 0,015–0,25 mg Hg/kg (tørrvekt). Enkelte steder ble det imidlertid funnet markert forhøyde nivåer. Høyeste konsentrasjon var 7,9 mg Hg/kg, noe som indikerer meget sterkt forurensede sedimenter. De analyserte sedimentene hadde i hovedsak et lavt innhold av organisk materiale som vanligvis virker som kompleksbindere av en rekke tungmetaller og sporelementer. Ved å justere for sedimentenes organisk innhold viste det seg at de mange steder var tydelig påvirket av kvikksølv-forurensninger (høyt forhold mellom kvikksølv og organisk innhold).

Kvikksølvkonsentrasjonene ble analysert i 25 abbor fra indre Drammensfjord, fanget på området Holmen–Gilhusodden. Nivåene var avhengige av fiskens størrelse (og alder) og lå i intervallet 0,08 og 2,2 mg Hg/kg hos fisk av lengde 18,5–40,5 cm (80–1200 g). Ved en størrelse på omlag 34 cm (ca 500 g) oversteg gjennomsnittlig kvikksølvinnhold 0,5 mg Hg/kg, dette er grenseverdien som Statens næringsmiddeltilsyn har satt for omsetning av fisk til konsum.

Kvikksølvkonsentrasjon hos abbor fra indre Drammensfjord var generelt lavere enn den som ble funnet i like stor eller like gammel abbor fra nederste deler av Drammenselva (fanget i 1998). Fisken fra indre fjord hadde også en hurtigere vekst enn fisk fra vassdraget. Disse karakteristiske forskjellene mellom gruppene tyder på at fisken er forholdsvis stasjonær og i liten grad veksler mellom å utnytte de ulike ernæringsområdene (habitatene) i indre fjord og vassdraget.

De svært høye kvikksølvnivåene som i 1998 ble funnet i abbor fra nedre deler av Drammenselva (elveavsnittet Langesøya–Holmen) skyldes derfor spesielle forhold på dette elveavsnittet, og ikke oppvandring av fisk med høye konsentrasjoner fra Drammensfjorden. Et mulig årsaksforhold kan være at kvikksølvforurensningene i sedimentene bringes inn i næringskjedene via bunnlevende og gravende byttedyr som utnytter den organiske fraksjonen i sedimentene. Et annet mulig årsaksforhold kan også være at næringskjedene i dette elveavsnittet er lange på grunn av det komplekse og artsrike fiskesamfunnet, og at effekten av oppkonsentrering i næringskjedene (biomagnifisering av kvikksølv) derfor gir kraftig utslag på predatorer som abbor som står høyt oppe i næringskjedene.



# 1. Innledning

Drammenselva renner igjennom et av de tidligste industrialiserte områdene i Norge, og området har vært et viktig senter innefor norsk treforedlingsindustri. Tidligere lå det mange treforedlingsbedrifter nedover vassdraget, og under produksjonen av tremasse ble det fram til 1970 benyttet kvikksølv (fenylikvikksølvacetat) som et soppdrepende slimbekjempende middel i prosessen. Dette førte til at fisk fra vassdraget og fjorden fikk uakseptabelt høye kvikksølv-konsentrasjoner (Snekvik 1969, Underdal 1970).

I 1997–1998 ble det gjennomført en ny miljøgiftundersøkelse i Drammenselva, og det ble da funnet tildels betydelig forhøyde kvikksølvkonsentrasjoner i abbor fra nedre Drammenselv (Fjeld et al. 1999). Nivåene i eldre fisk herfra kunne komme opp i området 5–6 mg Hg/kg, noe som er oppsiktsvekkende høyt. I øvre Drammenselv ble det derimot funnet en betydelig reduksjon i kvikksølvnivåene i fisk sammenliknet med tidligere data fra slutten av 1960-tallet.

Det var derfor et åpent spørsmål om hvorfor en tilsvarende endring ikke ble funnet i fisk fra nedre deler av elva. En mulig forklaring var at sedimentene i nedre deler av elva fortsatt er betydelig forurenset av tidligere kvikksølvutslipp, noe som fører til opphopning av kvikksølv i de akvatiske næringskjedene. Det var kjent at det fantes områder nær munningen av elva som hadde kvikksølvkonsentrasjoner opp mot 2,6 mg Hg/kg tørrstoff (Bækken og Lien 1994), noe som er en betydelig overkonsentrasjon sammenliknet med dagens bakgrunnsnivå.

En annen mulighet er at abbor fra nedre Drammenselv kan migrere ut i brakkvannsområdet i indre Drammensjord – og omvendt. En kjenner dårlig til nivåene av kvikksølv i abbor som er på næringsvandring i indre Drammensfjord, men det er kjent at sedimentene i indre Drammensjord kan inneholde tildels betydelige mengder kvikksølv (Knutzen et al. 1993).

På bakgrunn av dette ønsket miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Buskerud å gjøre en nærmere kartlegging av kvikksølvnivåene i sedimentene i nedre Drammenselv, samt en kartlegging av kvikksølvnivåene i abbor fra indre Drammensfjord. NIVA fikk dette oppdraget og påbegynte feltarbeidet høsten 2000. Flom og høy vannstand vanskeliggjorde feltarbeidet som derfor først kunne avsluttes høsten året etter. Foreliggende rapport redegjør for resultatene av denne undersøkelsen.

## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Sedimenter

Det ble hentet sedimenter på 27 ulike stasjoner på elevavsnittet Mjøndalen og til utløpet ved Holmen i løpet av høsten 2000 og 2001 (Tabell 1, Figur 1). Posisjonen til stasjonene ble stedfestet geografisk ved hjelp av GPS. Sedimentprøvene ble tatt med en modifisert Kajak-Brinkhurst sedimenthenter (6,5 mm indre diameter, 2 mm rørtykkelse).

Stasjonene måtte nøye utvelges fordi prøvetakning ikke var mulig alle steder på grunn av et tildels høyt sand- og grusinnhold i sedimentene (prøvene skled ut av sedimenthenteren), eller vanskelige bunnforhold med mye stein. Andre steder hvor sedimentene besto av betydelige banker av tre- og papirmasse kunne det være problemer med prøvetakningen på grunn av gass i sedimentene, noe som førte til bobledannelse i sedimentkjernene og utglidning fra sedimenthenteren. Sedimentkjernene ble splittet i ulike sjikt: overflatesjiktet varierte fra 0–2 cm og til 0–0,5 cm, alt etter sedimentenes beskaffenhet (tynne sjikt der hvor tynne organiske overflatesjikt lå på et dekke av sand eller grus).

Kvikksølvkonsentrasjonen og glødetapet i sedimentprøvene ble bestemt. Kvikksølv ble analysert med NIVA-metode nr. E 4-3. Glødetapet ble bestemt etter gløding ved 520 °C i to timer. Glødetapet og kvikksølvkonsentrasjon er beregnet ut fra tørkede prøver (60 °C). Store og lite nedbrutte plante-fragmenter som blad og stengler ble fjernet fra prøvene før analyse. Det ble i alt analysert 43 prøver, hvorav 27 var overflatesjikt.

**Tabell 1.** Stasjonsangivelse for sedimentprøvene. UTM-koordinatene refererer til sone 32.

Stasj. nr	Beskrivelse	Prøve-dyp, m	UTM øst-vest	UTM sør-nord
1	Småbåthavn, Bragernes-Holmen	2.5	568748	6622905
2	Bukt nedenfor Jernbanebrua	1.5	568213	6622691
3	Ovenfor Jernbanebrua	3.0	568109	6622808
4	Utenfor Jernbanest.	4.8	567952	6622946
5	Like nedenfor Bybrua	7.0	567680	6623197
6	Utenfor Fylkeshuset	1.5	567370	6623385
7	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	6.0	567343	6623397
8	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	7.0	567326	6623410
9	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	6.0	567315	6623412
10	Utenfor Vektergården	3.0	567280	6623429
11	Ovenfor Politihuset	6.0	567266	6623450
12	Utenfor grå bygning ovenfor Politihuset	4.5	567209	6623478
13	Utenfor Union scene	2.0	567080	6623548
14	Pølsebukta, nedenfor Lyche	1.5	566539	6623580
15	Småbåthavn, nordsiden, ovenfor bru ved Gulskogen	2.0	565177	6624070
17	Sør for Sølvfastøya, i sundet mellom øya og fastlandet	1.8	563333	6623787
16	Sund, nedenfor fergerleie Langesøya, ovenfor camping	2.0	563548	6624062
18	Nedenfor fergerleie, nord for Sølvfastøya	1.5	562781	6624378
19	Utløpet av Solbergelva	2.0	560847	6624613
20	Nedenfor nye Mjøndalen bru	2.0	559300	6624564
21	Nedenfor nye Mjøndalen bru	1.5	557966	6624365
22	Mjøndalen gml. bru ved Trelleborg	2.0	556860	6624464
23	Utenfor COOP Mjøndalen	1.5	556057	6624385
24	Utenfor Buskerud Storsenter	2	555902	6624619
25	v. Steinberg	0.5	554237	6625296
26	Utløpet av Loselva	2	553844	6625702
27	Loselva	0.5	553531	6625616

## 2.2 Fisk

Fisken ble fanget høsten 2001 med garn i området ved munningsutløpet nord for Holmen og fram til Gilhusodden (Lierstranda). I alt ble det fanget 25 abbor. All fisk ble overført til NIVA hvor den ble oppbevart i dypfryser (-18 °C) inntil uttak av vevsprøver.

Under prøveopparbeidelsen ble fisken målt og veid, kjønn og modningsstadium ble bestemt, og strukturer til alderbestemmelse (øresteiner, gjellelokk) ble dissekert ut. Under kontrollerte, ukontaminerte forhold ble det skåret ut skinn- og beinfrie prøver av skjelettmuskulaturen (muskelfilet) fra hver fisk. Hver prøve ble pakket inn i ren aluminiumsfolie som igjen ble lagt inn i en tett plastpose med lynlås. Alle prøvene ble oppbevart i fryser ved -18°C inntil de ble sendt til NIVAs laboratorium for bestemmelse av kvikksølvkonsentrasjonen.

Alle primærdata på fisken er oppgitt i vedlegget.

## 2.3 Kvikksølvanalyser

Kvikksølv i både fisk og sedimenter ble bestemt med «NIVA metode nr. E 4-3, Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam og sedimenter og biologisk materiale med Perkin-Elmer FIMS-400». Metoden baserer seg på kalddamp atomabsorbsjonspektrometri. Benyttede instrumenter er en Perkin-Elmer FIMS med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgeringssystem. Prøvene frysetørres forut for autoklaving med salpetersyre, hvor det organiske bundet kvikksølv oksideres til toverdlig kvikksølv på ioneform ( $\text{Hg}^{2+}$ ). Det ioniske kvikksølv reduseres til metallisk kvikksølv ( $\text{Hg}^0$ ) med  $\text{SnCl}_2$ , og en inert bæregass (argon) transporterer kvikksølv til spekrofotometeret. Kvikksølv oppkonsentreres i et amalgeringssystem. Nedre grense for faste prøver er 0,005 µg/g.

### 3. Kvikksølv som miljøgift

Kvikksølv i ferskvannsfisk foreligger i all hovedsak (95–99%) som den metallorganiske forbindelsen metylkvikksølv,  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  (Grieb et al. 1990) – som har en betydelig evne til å biomagnifiseres (Wiener and Sprey 1996). Metyleringen av uorganiske kvikksølvioner ( $\text{Hg}^{2+}$ ) til metylkvikksølv skyldes for en stor del mikrobielle prosesser i sedimenter og vann (Furutani and Rudd 1991). Metylkvikksølv er en farlig nervegift, og særlig synes utviklingen av sentralnervesystemet til fostre å være følsomme for eksponering, med effekter på kognitiv og psykomotorisk utvikling i senere barneår (Grandjean et al. 1997, Grandjean et al. 1998).

Verdens helsorganisasjon (WHO) har fastsatt et provisorisk, tolerabelt ukeinntak av metylkvikksølv på 0,2 mg Hg/uke for en voksen person (60 kg) (JECFA 1987). Bakgrunnen for dette er erfaringen for at den tidligste langtidseffekten hos voksne opptrer etter langtids daglig inntak på 3–7 mg/kg kroppsvekt. Ved dette inntaket opptrer effekter på perifere nerver med lammelser hos ca 5% av voksne individer. En sikkerhetsfaktor på 10 som skal ta hensyn til individuelle forskjeller i følsomhet er lagt inn i beregningsgrunnlaget for det antatt tolerable ukeinntaket (0,2 mg Hg/uke). Nyere undersøkelser viser effekter på barns kognitive utvikling ved prenatal eksponering hvor mors inntak ligger lavere enn nivået som er ansett som sikre for voksne personer (Grandjean 1998). I USA har grensene for tolerabelt kvikksølvinntak nylig blitt revidert, og er satt lavere enn de førnevnte anbefalingene fra WHO (NRC 2000)

Som en del av et felles EU-reglement er det blitt innført grenser på konsentrasjoner på kvikksølv i fisk beregnet for salg til konsum. I følge dette reglementet skal konsentrasjonene i fisk ikke overstige 0,5 mg Hg/kg, men for gjedde (som det antas konsumeres mindre av) er grensa satt til 1,0 mg Hg/kg. NIVA har tidligere vist at nivåene i ferskvannsfisk fra Sør- og Øst-Norge generelt er høyt, og for gjedde og stor abbor overskrides ofte EUs grenseverdier (Rognrud et al. 1996).

---

## 4. Kvikksølv i sedimenter

### 4.1 Overflatesedimentene

Sedimentenes sammensetning og grad av sjiktning varierte betydelig. Noen sedimenter besto av silt eller sand, overdekket av et tynt sjikt med et høyere organisk innhold. Andre sedimentkjerner hadde betydelig innslag av forskjellig organisk materiale som tre- og papirfiber, ofte fordelt i markerte sjikt nedover i sediment-kjernen.

Under seksjoneringen av sedimentkjernene varierte vi tykkelsen på overflatesjiktene, fra 0–2 cm og til 0–0,5 cm, alt etter sedimentenes beskaffenhet: tynne sjikt der hvor tynne organiske overflatesjikt lå på et dekke av sand eller grus, tykkere sjikt der hvor sedimentene var mer homogene. På denne måten sikret vi oss mot at uorganisk geologisk materiale skulle fortynne kvikksølv-konsentrasjonene så mye at analysene ble usikre eller kom under metodens deteksjonsgrense.

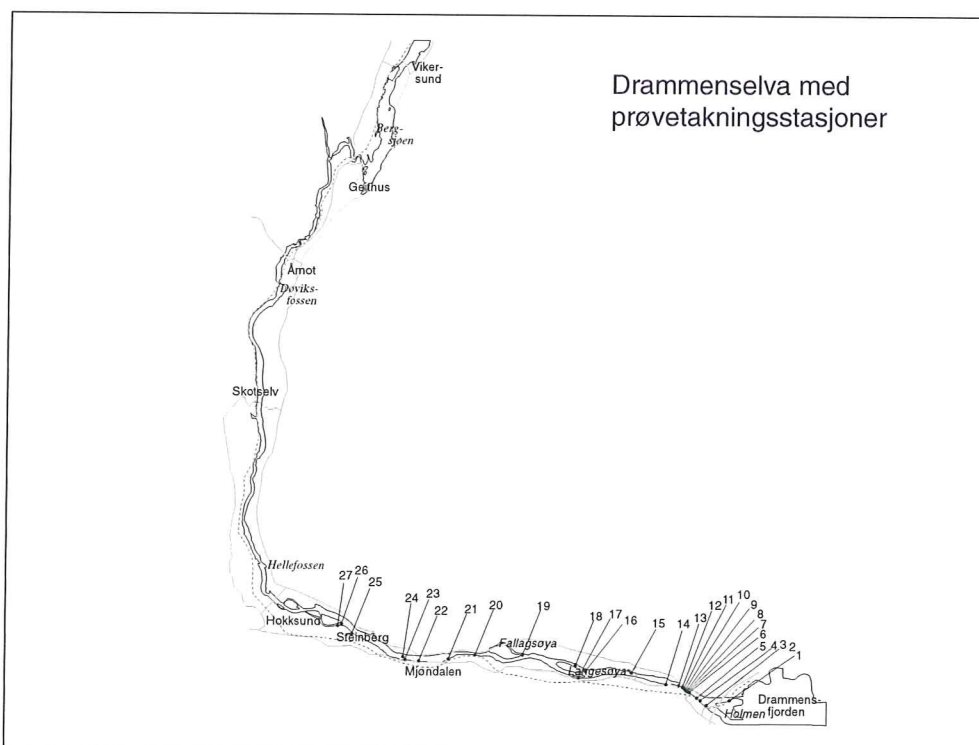
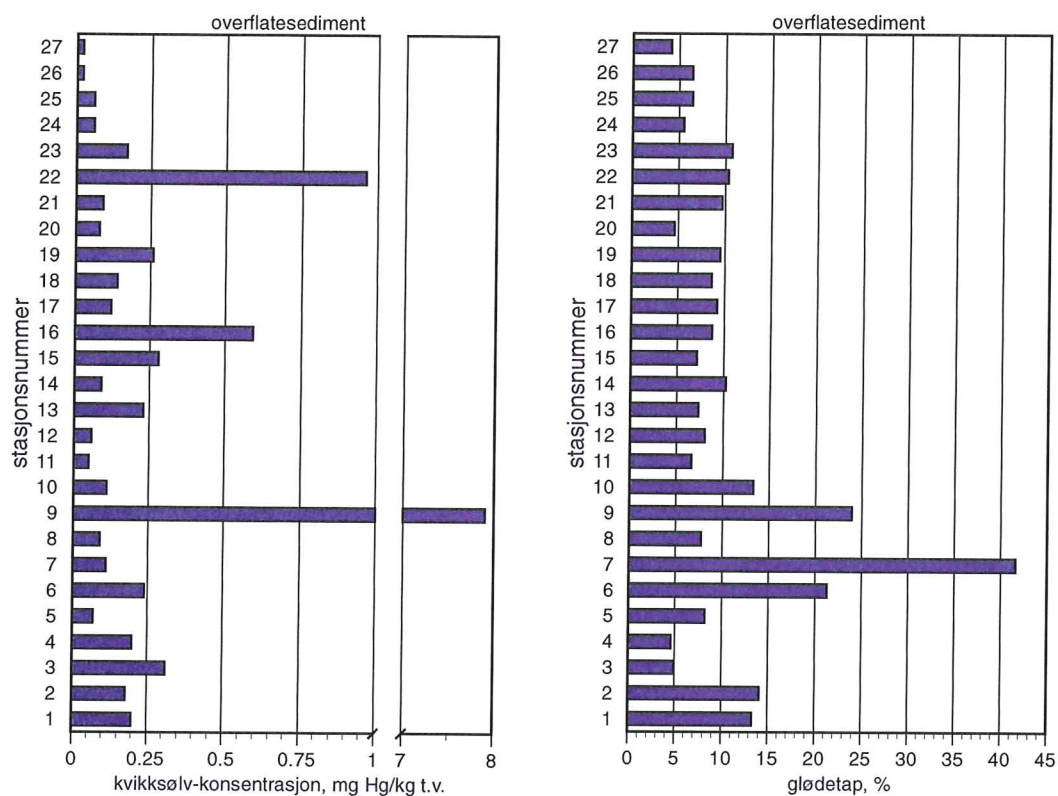
Kvikksølvkonsentrasjonene i overflatesedimentene varierte fra 0,016 til 7,9 mg Hg/kg, med medianverdi på 0,12 mg Hg/kg (50% av prøvene er større enn medianen). Glødetapet i sedimentene varierte mellom 4,1 og 41,6 %, med en medianverdi på 8,6 %. I Figur 1 har vi vist kvikksølvkonsentrasjonene og glødetapet i overflatesedimentene fra de ulike stasjonene.

Maksimalverdien for kvikksølv på 7,9 mg Hg/kg er særdeles høy. I henhold til SFTs klassifiseringssystem (Andersen, J.R. et al. 1997) er den meget sterkt forurenset (tilstandsklasse 5; >3 mg Hg/kg), noe som sannsynligvis skyldes de tidligere kvikksølvutslippene fra treforedlingsindustrien. Den ble funnet på stasjon 9, mellom Fylkeshuset og Vektergården, i en sedimentbanke med høyt innslag av tre- og papirfiber (glødetap: 23,9 %).

Den nest høyeste verdien var på 0,96 mg Hg/kg, og ble funnet betydelig høyere oppe i elva, på stasjon 22 (like ved Mjøndalen gamle bru, utenfor Trelleborg). I henhold til SFTs klassifiseringssystem er den markert forurenset (tilstandsklasse 3; 0,6 til <1,5 mg Hg/kg). Denne prøven hadde et lavere glødetap (10,3 %) og det var ikke synlige rester av trefiber i denne prøven.

I de resterende prøvene var kvikksølvkonsentrasjonene såvidt lave at de må karakteriseres som lite (tilstandsklasse 1; <0,15 mg Hg/kg; 12 prøver) til moderat forurenset (tilstandsklasse 2; 0,15 til <0,60 mg Hg/kg; 10 prøver).

Den store variabiliteten i kvikksølvkonsentrasjonene var i overensstemmelse med tidligere analyser fra Drammenseelva. Bækken og Lien (1994) rapporterte om konsentrasjoner i intervallet 0,12–2,59 mg Hg/kg i sedimenter hentet fra elveavsnittet Gulskogen–Holmen. Prøven med den høyeste konsentrasjonen, som må karakteriseres som sterkt forurenset, ble funnet på elvas sørside nær Strømsøbrua. En annen undersøkelse fra elveavsnittet ved Mjøndalen (sørlige side) viste konsentrasjoner i intervallet <0,04–0,30 mg Hg/kg (Bækken og Lien 1997), som er omlag innenfor det intervallet vi fant her (0,06–0,96 mg Hg/kg, stasjon 21–24).



**Figur 1.** Kvikksølvkonsentrasjonene og glødetapet i overflatesedimenter (0 – ≤ 2 cm). Glødetapet er et uttrykk for sedimentenes organiske innhold. Stasjonsnummerene er inntegnet på kartet i nedre panel.

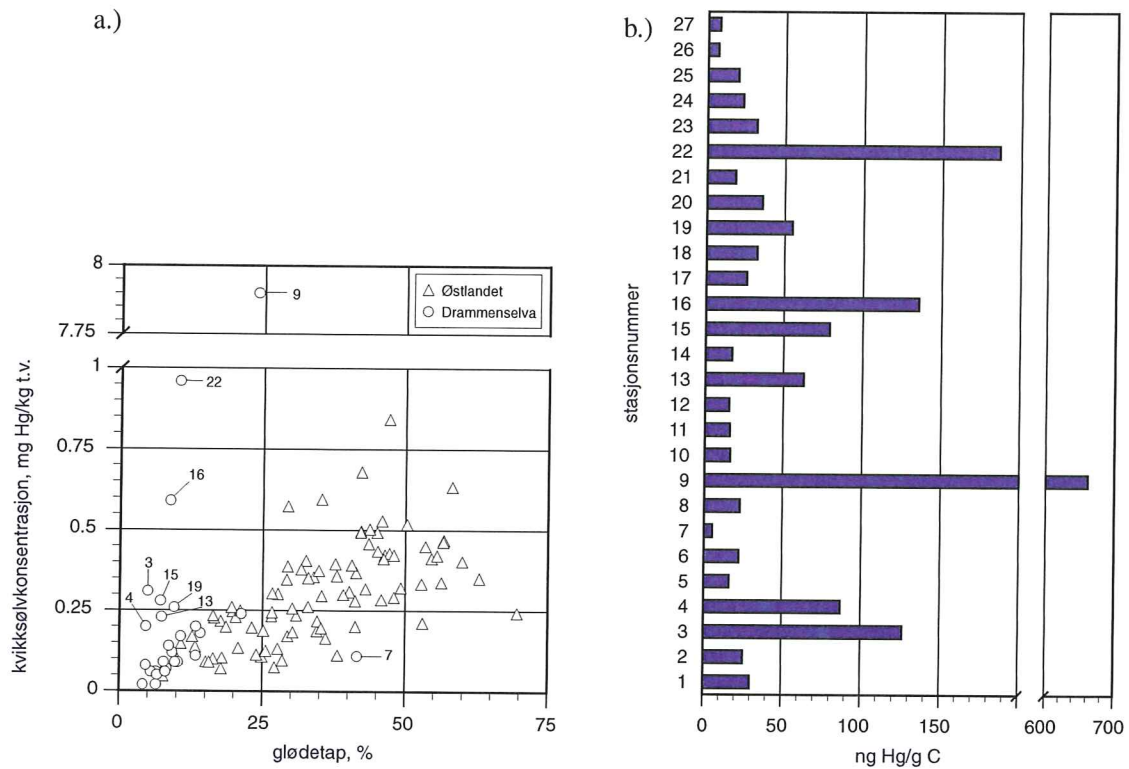
---

## 4.2 Kvikksølv og sedimentenes organiske innhold

I ferskvann er det ofte nær sammenheng mellom sedimentenes innhold av visse tungmetaller og organisk materiale. Sedimentenes glødetap (reduksjon i masse etter gløding) gir et uttrykk for deres innhold av organisk materiale. I naturlige sedimenter i ferskvann består dette organiske materialet av mer eller mindre nedbrutte planterester og humusstoffer. Humusstoffene er tungt nedbrytbare organiske rester av dekomponert plantemateriale fra nedbørfeltet. De er effektive kompleksbinder av en rekke ioner av metaller og metalloider, og spiller derfor en viktig rolle for tilstandsformen og transporten av mange metaller og sporelementer i vann. Sedimentene i Drammenselva inneholder imidlertid også organiske fibre fra treforedlingsindustrien, og tidligere kvikksølvforurensninger fra denne industrien kan forventes å være assosiert til denne trefibermassen i sedimentene. Vi vil derfor her diskutere kvikksølvkonsentrasjonene i sedimentene sammen med sedimentenes glødetap.

Ved å plote forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjonene og glødetapet i sedimentene kan man gjøre en sammenlikning av kvikksølvnivåene i sedimenter med forskjellig organisk innhold. En sammenlikning av datamaterialet fra Drammenselva med data fra innsjøer på Østlandet (et utvalg fra den nasjonale sedimentundersøkelsen fra 1996–1997, Rognerud og Fjeld 1999) viser at flere av prøvene fra Drammenselva hadde et svært avvikende og forhøyet forhold mellom kvikksølv og glødetap (Figur 2). Innsjøene fra den nasjonale undersøkelsen var i all hovedsak uten betydelige lokale kvikksølvforurensninger, og langtransporterte atmosfæriske avsetninger var hovedkilden for kvikksølv. Det høye forholdet mellom kvikksølv og glødetap som fantes blant prøvene fra Drammenselva skyldes derfor mest sannsynlig de tidligere lokale utslippene fra treforedlingsindustrien.

Det var særlig prøvene fra stasjonene 9 og 22, samt stasjon 16 (sundet på sørsiden av Sølvfastøya) som hadde betydelig forhøyde forhold mellom kvikksølvkonsentrasjon og glødetap. Noe mindre forhøyde forhold ble også funnet på stasjonene 3, 4, 13, 15 og 19, dette er stasjoner som ligger spredt oppover elva. Prøven fra stasjon 7 (en av stasjonene mellom Fylkeshuset og Vektergården) avvek sterkt fra de andre i Drammenselva med et svært lavt forhold mellom kvikksølv og glødetap. I denne prøven kunne det indentifiseres store mengder papirrester og glødetapet var tilsvarende høyt (41,6 %), noe som tyder på at prøvens hovedbestanddel var papirmasse med lavt kvikksølvinnhold.



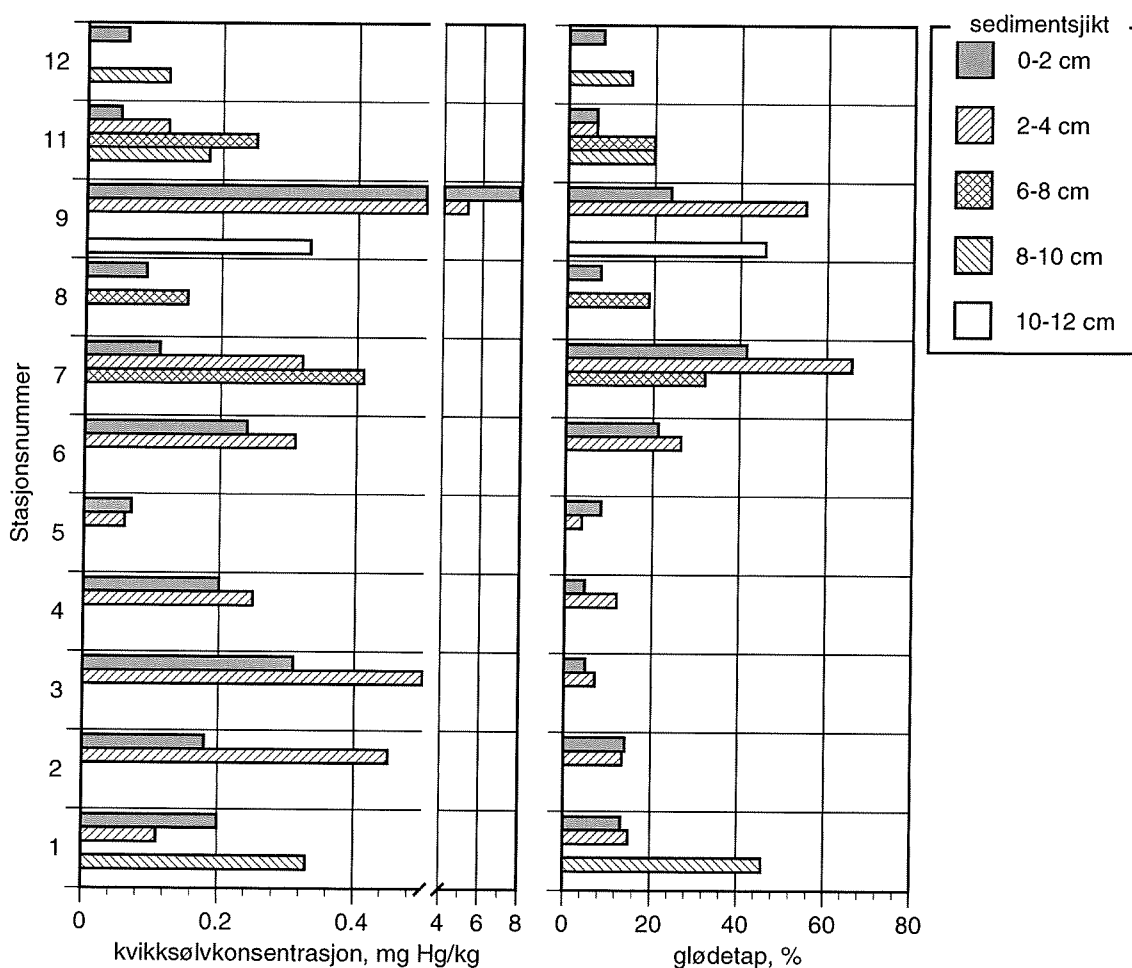
**Figur 2.** a.) Sammenhengen mellom kvikksølvkonsentrasjon og glødetap i overflatesedimenter fra Drammenselva (0 –  $\leq 2$  cm) og fra innsjøer på Østlandet (0 – 0,5 cm,  $n = 80$ , innsamlet i 1996–1997, Rognerud og Fjeld 1999). I figuren er prøvene med et sterkt avvikende forhold mellom kvikksølv og glødetap merket med stasjonsnummeret. b.) Kvikksølvkonsentrasjonene i overflatesedimentene fra Drammenselva omregnet til forholdet mellom mengdene av kvikksølv og organisk karbon (ng Hg/g C). Det er her benyttet en omregningsfaktor på 0,5 fra glødetap og til organisk karbon (Rognerud et al. 1998)



### 4.3 Kvikksølv i ulike sedimentsjikt

For et utvalg av sedimentkjernene (12 stk.) analyserte vi også noen dypereliggende sedimentsjikt. Det var særlig sjiktet 2-4 cm som ble analysert, men også 6-8 cm, 8-10 cm og 10-12 cm. Generelt var det en økning i kvikksølvkonsentrasjonen nedover i kjernene, men denne økningen ble ikke ledsaget av en like systematisk korresponderende økning i sedimentets organiske innhold (Figur 3). Konsentrasjonsøkningen nedover i sedimentprofilene kan derfor ikke alene forklares med endringer i sedimentets organiske innhold, men må også skyldes tidligere avsetninger av et mer kontaminert organisk materiale.

På stasjon 9, hvor overflatesedimentet (0-2 cm sjiktet) var meget sterkt forurenset, var også det underliggende 2-4 cm sjiktet meget sterkt forurenset (5,22 mg Hg/kg). Det dypereliggende sjiktet fra 10-12 cm var kun moderat forurenset (0,33 mg Hg/kg). Sedimentene på denne stasjonen hadde et relativt høyt organisk innhold og besto for en stor del av trefiber og papirrester.



Figur 3. Kvikksølvkonsentrasjonen og glødetapet i ulike sedimentsjikt fra et utvalg stasjoner i Drammenselva.

## 5. Kvikksølv i abbor

En undersøkelse fra 1997–1998 viste at kvikksølvkonsentrasjonen i abbor fra Drammenselva økte nedover vassdraget, og at det i nedre deler av elva kunne finnes abbor med svært høye konsentrasjoner, helt opp til 5–6 mg Hg/kg (Fjeld et al. 1999). I foreliggende undersøkelse har det blitt samlet inn et komplementerende materiale fra indre Drammensfjord, fra Holmen og til Gilhusodden, for å undersøke om abboren herfra hadde tilsvarende høye kvikksølvnivåer.

I alt ble det analysert kvikksølv i muskelprøver fra 25 individer av varierende størrelse. Fiskens lengde og vekt var innenfor intervallene 18,5–40,5 cm og 81–1215 g, med gjennomsnittsverdier ( $\pm$  standardavvik) på henholdsvis 28,5 cm ( $\pm$  7,1 cm) og 381 g ( $\pm$  315 g). Tilsvarende varierte konsentrasjonen av kvikksølv mellom 0,085–2,2 mg Hg/kg, med et gjennomsnitt på 0,44 ( $\pm$  0,6) mg Hg/kg

Det var en klar sammenheng mellom kvikksølvkonsentrasjonen og fiskens lengde eller alder, og ved en størrelse på omlag 34 cm eller 500 g var gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i abbor fra indre Drammensfjord større enn 0,5 mg Hg/kg (dette er SNTs omsetningsgrense for konsum) (Figur 4).

En sammenlikning med de tidligere dataene fra de enkelte elveavsnittene av Drammenselva viste at kvikksølvkonsentrasjonen i abbor fra indre Drammensfjord var lavere enn i fisk av sammenliknbar størrelse fra nedre elveavsnitt (Langesøya–Holmen) (Tabell 2). En statistisk analyse viste at forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde varierte signifikant mellom de forskjellige fangststedene (indre Drammensfjord og de enkelte elveavsnittene) (kovariansanalyse m. interaksjoner:  $\ln \text{Hg} = \text{lokalitet} + \text{lengde} + \text{lokalitet} \cdot \text{lengde} + \text{konst.}$ ,  $r^2 = 0,61$ , test av effekter: lokaliteter,  $p = 0,001$ ; lengde,  $p < 0,001$ ; lokalitet  $\cdot$  lengde,  $p = 0,11$ ).

Forskjellene i kvikksølvakkumuleringen ble enda mer påfallende ved sammenlikning av forholdene mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskens alder (Figur 4). I nedre deler av Drammenselva (elveavsnittet Langesøya–Holmen) var det en kraftig økning i kvikksølvkonsentrasjonen med fiskens alder, mens den tilsvarende økningen for abboren fanget i indre Drammensfjord var betydelig lavere og var mellom de som fantes for Bergsjø og elveavsnittet Mjøndalen–Langesøya. En statistisk analyse viste at forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon og alder varierte signifikant mellom de forskjellige fangststedene (kovariansanalyse m. interaksjoner:  $\ln \text{Hg} = \text{lokalitet} + \ln \text{alder} + \text{lokalitet} \cdot \ln \text{alder} + \text{konst.}$ ,  $r^2 = 0,74$ , test av effekter: lokaliteter,  $p < 0,001$ ;  $\ln \text{alder}$ ,  $p < 0,001$ , lokalitet  $\cdot \ln \text{alder}$ ,  $p = 0,005$ ).

På grunnlag av denne analysen kan det konkluderes med at kvikksølvkonsentrasjonene i fisken fra indre Drammensfjord var signifikant lavere enn de som ble funnet i fisken fra nedre deler av Drammenselva. Kvikksølvakkumuleringen som funksjon av fiskens alder var også signifikant forskjellig fra det som ble funnet i nedre Drammenselv. Slike forskjeller kan kun forventes å oppstå og vedvare dersom fisken som ble fanget på de respektive områdene var forholdsvis stasjonær, og i liten grad vekslet mellom å utnytte de ulike ernæringsområdene (habitatene).

Ytterligere indikasjoner på at fisken i liten grad vekslet mellom å utnytte ernæringsområdene i indre Drammensfjord og nedre Drammenselv ser man av de noe ulike vekstmønstrene hos fisken fanget i de respektive habitatene (Figur 5). Vekstraten i fisken fra indre Drammensfjord var signifikant høyere enn vekstraten til fisken fra nedre deler Drammenselv (elveavsnittet Langesøya–Holmen) (kovariansanalyse:  $\text{lengde} = \text{lokalitet} + \ln \text{alder} + \text{konst.}$ ,  $r^2 = 0,71$ , test av effekter: lokaliteter,  $p < 0,001$ ;  $\ln \text{alder}$ ,  $p < 0,001$ ). Det er lite trolig at slike vekstforskjeller kan oppstå når fisken kun i liten grad veksler mellom å utnytte de ulike ernæringsområdene.

De svært høye kvikksølvnivåene som i 1998 ble funnet i abbor fra nedre deler av Drammenselva (elveavsnittet Langesøya–Holmen) skyldes derfor sannsynligvis spesielle forhold på dette elveavsnittet, og ikke oppvandring av fisk med høye konsentrasjoner fra Drammensfjorden. Selv om sedimentene her

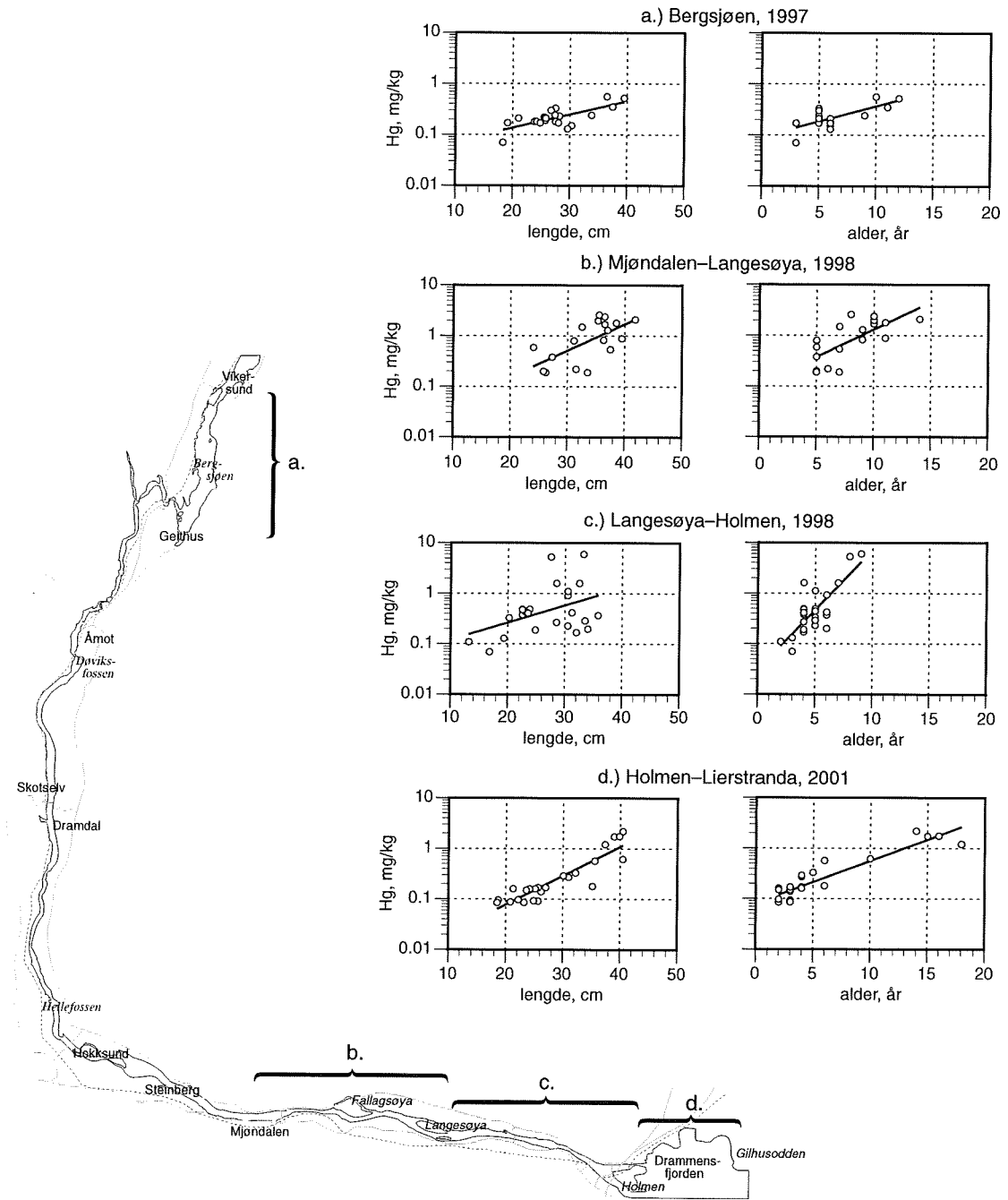
i hovedsak hadde relativt lave konsentrasjoner av kvikksølv ble det påvist et område med meget sterkt forurensede sedimentene. En korrigering for sedimentens organiske innhold viste også at sedimentene på mange stasjoner fortsatt var betydelig påvirket av kvikksølvutslippene. En mulig årsak til de forhøyde kvikksølvkonsentrasjonene i fisk kan derfor være at de bunnlevende og gravende byttedyra som utnytter sedimentenes organiske fraksjon bidrar til å bringe kvikksølvet inn i næringskjedene. I tillegg til dette kan et annet årsaksforhold, som vi her ikke har hatt muligheten for å undersøke, være at næringskjedene i dette elveavsnittet er lange på grunn av det komplekse og artrike fiskesamfunnet som finnes her, og at effekten av biomagnifisering av kvikksølv (oppkonsentrering i næringskjedene) derfor gir kraftig utslag på abbor som er en predator som står på et høyt trofisk nivå (høyt oppe i næringskjedene).

**Tabell 2.** Lineære regresjoner av kvikksølv (mg Hg/kg) på fiskelengde (cm), samt beregnede kvikksølvkonsentrasjoner ved ulike fiskelengder. Regresjonen er gjort på log-transformerte kvikksølvdata:  
 $\ln Hg = a + b \cdot \text{lengde}$ .

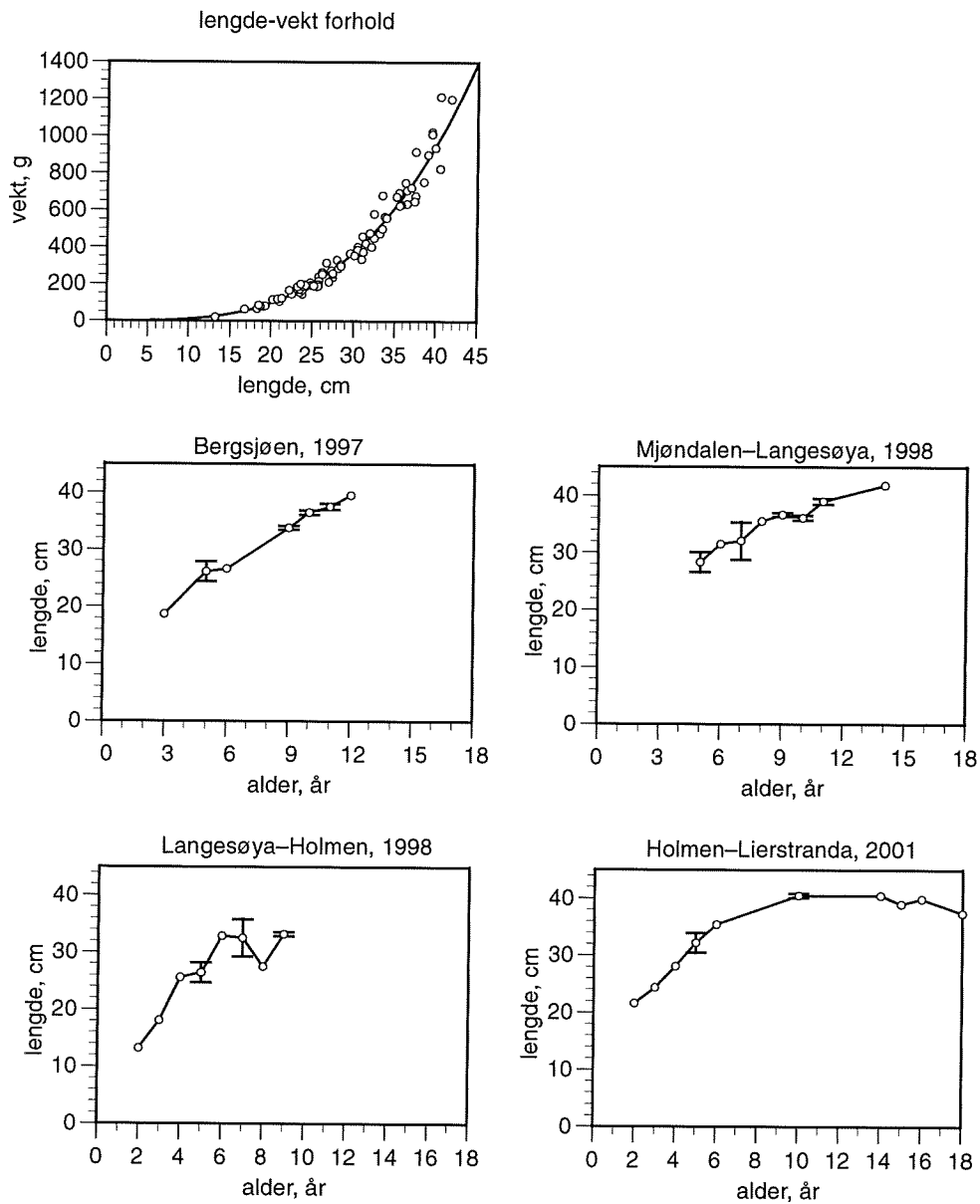
fangststed, år	a	b	n	$r^2$	estimert kvikksølvkonsentrasjon, mg Hg/kg		
					20 cm	30 cm	40 cm
Bergsjøen, 1997	-3.177	0.060	22	0.52	0.14	0.25	0.45
Mjøndalen–Langesøya, 1998	-4.267	0.120	18	0.43	0.15	0.51	1.71
Langesøya–Holmen, 1998	-2.893	0.079	25	0.19	0.27	0.59	1.28
Holmen–Gilhusodden, 2001	-5.189	0.132	25	0.83	0.08	0.29	1.08

**Tabell 3.** Lineære regresjoner av kvikksølv (mg Hg/kg) på alder (år), samt beregnede kvikksølvkonsentrasjoner ved ulike fiskelengder. Regresjonen er gjort på log-transformerte data:  
 $\ln Hg = a + b \cdot \ln \text{lengde}$ .

fangststed, år	a	b	n	$r^2$	estimert kvikksølvkonsentrasjon, mg Hg/kg			
					4 år	6 år	8 år	10 år
Bergsjøen, 1997	-3.143	0.915	22	0.51	0.15	0.22	0.29	0.35
Mjøndalen–Langesøya, 1998	-4.378	2.049	18	0.54	0.21	0.49	0.89	1.40
Langesøya–Holmen, 1998	-4.669	2.499	25	0.55	0.30	0.86	1.69	2.96
Holmen–Gilhusodden, 2001	-3.353	1.334	25	0.85	0.22	0.38	0.56	0.75



**Figur 4.** Sammenhengen mellom kvikksølvkonsentrasjonen i abbor og fiskelengde og alder. Dataene fra Indre Drammensjord (Holmen–Gilhusbukta) stammer fra fisk innfanget høsten 2001. Dataene fra de ulike områdene i Drammenselva stammer fra fisk fanget i 1997–1998, og er tidligere rapportert i Fjeld et al. 1999.



**Figur 5.** Forholdet mellom lengde og vekt til den analyserte abborren (øvre panel), samt vekstkurver for abbor fra de ulike fangststedene (se kart på Figur 4 for stedfesting). Middellengde med standard feil er inntegnet for aldersgrupper hvor  $n \geq 2$ .

---

## 6. Referanser

- Bækken, T. og Lien, L. 1994. Konsekvensanalyse "Lukket løsning Bragerne". Konsekvensanalyse for Drammenselva – trinn 1. Sedimentundersøkelser. *Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Report no. 3137-94*. 18 s.
- Bækken, T. og Lien, L. 1997. Drammenselva. Miljøvurderinger i forbindelse med utfylling av strandsone ved Mjøndalen. *Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Report no. 3687-97*. 28 s.
- Fjeld, E., Lien, L., Rognerud, S. and Underdal, B. 1999. Miljøgiftundersøkelse i Drammenselva, 1997–1998. Tungmetaller og organiske mikroforurensninger i fisk, moser og muslinger. *Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Report no. 4502-02*. 42 s.
- Furutani, A. and Rudd, J.W.M. 1991. Measurement of mercury methylation in lake water and sediment samples. *Applied Environmental Microbiology* 40: 770–776.
- Grandjean, P., Weihe, P., White, R.F., Debes, F., Araki, S., Yokoyama, K., Murata, K., Sorensen, N., Dahl, R. and Jorgensen, P.J. 1997. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol. Teratol.* 19: 417-28.
- Grandjean, P., Weihe, P., White, R.F. and Debes, F. 1998. Cognitive performance of children prenatally exposed to "safe" levels of methylmercury. *Environ. Res.* 77, 165-72.
- Grieb, T.M., Driscoll, C.T., Gloss, S.P., Scofield, C.L., Bowie, G.L. and Porcella, D.B. 1990. Factors affecting mercury accumulation in fish in the user Michigan Penninsula. *Environ. Tox. Chem.* 9: 919–930.
- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, World Health Organization. and International Program on Chemical Safety). 1987. *Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants*. Published by Cambridge University Press on behalf of the World Health Organization, Cambridge; New York. 286 s.
- Knutzen, J., Kopperud, I., Magnusson, J., Utne Skåre, J. 1993. Overvåkning av miljøgifter i fisk fra Drammensfjorden og Drammenselva 1991. *Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Report no. 2838-93*. 50 s.
- NRC [National Research Council (U.S.). Board on Environmental Studies and Toxicology]. 2000. *Toxicological effects of methylmercury*. National Academy Press, Washington, DC. xvii, 344 s.
- Rognerud, S. and Fjeld, E. 1999. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i norske innsjøsedimenter. *Statlig program for forurensningsovervåkning, Statens forurensningstilsyn (SFT) Report no. 759/99*,. 71 s. + vedlegg
- Rognerud, S., Fjeld, E. and Eriksen, G.S. 1996. Landsomfattende undersøkelse av kvikksølv i ferskvannsfisk og vurdering av helsemessige effekter ved konsum. *Statlig program for forurensningsovervåkning (SFT), Report no. 673/96*, 21s. + vedlegg
- Rognerud, S., Skotvold, T, Fjeld, E., Norton, S.A. and Hobæk, A. 1998. Concentrations of heavy metals in recent and preindustrial sediments from Norwegian and Russian Arctic lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1512–1523.
- Snekvik, E. 1969. Kvikksølvforurensning i vassdrag, spesielt i Drammensvassdraget. *Jakt–Fiske*

*Friluftsliv*. 5: 214–217.

Underdal, B. 1970. Kvikksølvundersøkelser av fisk frå Drammensvassdraget og Drammensfjorden. *Norges veterinærhøgskole. Institutt for næringsmiddelhygiene. Rapport*. 6 s. + vedlegg.

## Primærdata

**Tabell 4.** Data for sedimentprøvene. Stasjonsnummer (St. nr.) refererer til nummereringen på kartet i Figur 1. Hg er konsentrasjonen av kvikksølv. GT er glødetapet. Stasjonenes posisjon er oppgitt i lengde- og breddegrader (desimalgrader)

St. nr.	Stedsangivelse	Dato	Prøvedyp, m.	Sjikt, cm	Hg, mg/kg	GT, %	Bredde	Lengde
1	Småbåthavn, Bragernes-Holmen	09.08.00	2.5	0-2	0.20	13.3	59.738	10.223
1	Småbåthavn, Bragernes-Holmen	09.08.00	2.5	2-4	0.11	15.0	59.738	10.223
2	Bukt nedenfor Jernbanebrua	09.08.00	1.5	0-2	0.18	14.1	59.736	10.213
2	Bukt nedenfor Jernbanebrua	09.08.00	1.5	2-4	0.45	13.5	59.736	10.213
3	Ovenfor Jernbanebrua	08.08.00	3	0-2	0.31	4.9	59.738	10.212
3	Ovenfor Jernbanebrua	08.08.00	3	2-4	0.50	7.0	59.738	10.212
4	Jernbanest.	08.08.00	4.75	0-2	0.20	4.6	59.739	10.209
4	Jernbanest.	08.08.00	4.75	2-4	0.25	12.0	59.739	10.209
5	Like nedenfor Bybrua	09.08.00	7	0-2	0.07	8.2	59.741	10.204
5	Like nedenfor Bybrua	09.08.00	7	2-4	0.06	3.8	59.741	10.204
6	Utenfor Fylkeshuset	08.08.00	1.5	0-2	0.24	21.3	59.743	10.199
6	Utenfor Fylkeshuset	08.08.00	1.5	2-4	0.31	26.6	59.743	10.199
7	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	6	0-2	0.11	41.6	59.743	10.198
7	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	6	2-4	0.32	65.9	59.743	10.198
7	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	6	4-6	.	70.4	59.743	10.198
7	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	6	6-8	0.41	31.9	59.743	10.198
8	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	7	0-2	0.09	7.7	59.743	10.198
8	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	7	2-4	.	13.7	59.743	10.198
8	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	7	4-6	.	16.7	59.743	10.198
8	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.04.01	7	6-8	0.15	18.8	59.743	10.198
9	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.08.00	6	0-2	7.90	23.9	59.743	10.198
9	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.08.00	6	2-4	5.22	55.0	59.743	10.198
9	Mellom Fylkeshuset og Vektergården	09.08.00	6	10-12	0.33	45.7	59.743	10.198
10	Vektergården	08.08.00	3	0-2	0.11	13.3	59.743	10.197
11	ovenfor Politihuset	09.04.01	6	0-2	0.05	6.6	59.743	10.197
11	ovenfor Politihuset	09.04.01	6	2-4	0.12	6.5	59.743	10.197
11	ovenfor Politihuset	09.04.01	6	4-6	.	8.3	59.743	10.197
11	ovenfor Politihuset	09.04.01	6	6-8	0.25	19.9	59.743	10.197
11	ovenfor Politihuset	09.04.01	6	8-10	0.18	19.8	59.743	10.197
12	v grå lagerbygn. ovenfor Politihuset	09.04.01	4.5	0-2	0.06	8.0	59.744	10.196
12	v grå lagerbygn. ovenfor Politihuset	09.04.01	4.5	2-4	.	8.4	59.744	10.196
12	v grå lagerbygn. ovenfor Politihuset	09.04.01	4.5	4-6	.	5.2	59.744	10.196
12	v grå lagerbygn. ovenfor Politihuset	09.04.01	4.5	6-8	.	8.8	59.744	10.196
12	v grå lagerbygn. ovenfor Politihuset	09.04.01	4.5	8-10	0.12	14.5	59.744	10.196
13	Union scene	08.08.00	2	0-2	0.23	7.3	59.744	10.193
14	Pølsebukta, nedenfor Lyche	09.08.00	1.5	0-2	0.09	10.2	59.745	10.184
15	småbåthavn, n/ø, ovenfor bru ved Gulskogen	09.08.00	2	0-2	0.28	7.1	59.749	10.160
16	Sund, nedenfor fergeleie Langesøya, ovenfor camping	09.08.00	2	0-2	0.59	8.7	59.750	10.131
17	Sør for Sølvfastøya, sundet	09.08.00	1.75	0-2	0.12	9.2	59.747	10.127
18	Nedenfor fergeleie, n/ø for Sølvfastøya	09.08.00	1.5	0-2	0.14	8.6	59.752	10.117



**Tabell 4.** (Fortsettelse) Data for sedimentprøvene. Stasjonsnummer (St. nr.) refererer til nummereringen på kartet i Figur 1. Hg er konsentrasjonen av kvikksølv. GT er glødetapet. Stasjonenes posisjon er oppgitt i lengde- og breddegrader (desimalgrader)

St. nr.	Stedsangivelse	Dato	Prøvedyp, m.	Sjikt, cm	Hg, mg/kg	GT, %	Bredde	Lengde
19	Utløpet av Solbergelva	09.08.00	2	0-2	0.26	9.5	59.755	10.083
20	Nedenfor nye Mjøndalen bru, vestre side	09.04.01	2	0-0.5	0.08	4.6	59.755	10.055
20	Nedenfor nye Mjøndalen bru, vestre side	09.04.01	2	3-4	.	7.6	59.755	10.055
21	Nedenfor nye Mjøndalen bru, v. utløpet av Veia, vestre side	09.04.01	1.5	0-1	0.09	9.7	59.753	10.032
22	Mjøndalen, Gml. brua, v. Trelleborg	09.04.01	2	0-1	0.96	10.3	59.754	10.012
23	Mjøndalen, Vestsiden, v. COOP/OBS	09.04.01	1.5	0-0.5	0.17	10.7	59.754	9.998
24	Buskerud Storsenter, v. trafostasjonen	09.04.01	2	0-1	0.06	5.5	59.756	9.995
25	v. Steinberg, utløp av elv	09.04.01	0.5	0-1	0.06	6.4	59.762	9.965
26	Utløpet av Loselva	09.04.01	2	0-0.5	0.02	6.4	59.766	9.959
27	Loselva	09.04.01	0.5	0-0.5	0.02	4.1	59.765	9.953

**Tabell 5.** Primærdata på abbor fanget i Drammenselva og indre Drammensjord. Kjønn: hann, 1; hunn, 2. Kvikksølvkonsentrasjon: [Hg].

lokalitet	fangst-dato	nr	lengde, cm	vekt, g	alder, år	kjønn	stadium	[Hg], mg/kg
Bergsjø	23.09.97	1	23.8	146.5	5	2	3	0.180
Bergsjø	23.09.97	2	24.2	187.5	6	2	3	0.180
Bergsjø	23.09.97	3	27.5	237.5	6	2	3	0.180
Bergsjø	23.09.97	4	30.3	376.5	6	2	3	0.150
Bergsjø	23.09.97	5	27.5	256	5	2	3	0.330
Bergsjø	23.09.97	6	25.7	197.5	6	2	3	0.190
Bergsjø	23.09.97	7	25.5	201	5	1	3	0.220
Bergsjø	23.09.97	8	33.8	566.7	9	2	3	0.240
Bergsjø	23.09.97	9	37.5	679	11	2	3	0.350
Bergsjø	23.09.97	10	25.6	187.5	5	2	3	0.210
Bergsjø	23.09.97	11	28.2	287.2	5	2	3	0.230
Bergsjø	23.09.97	12	27.4	262.5	5	2	3	0.240
Bergsjø	23.09.97	13	24.8	196.5	5	2	3	0.170
Bergsjø	23.09.97	14	19.1	79.5	3	1	5	0.170
Bergsjø	23.09.97	15	26.7	316.5	5	2	3	0.300
Bergsjø	23.09.97	16	21	107	6	2	3	0.210
Bergsjø	23.09.97	17	29.6	367.5	6	2	3	0.130
Bergsjø	23.09.97	18	25.8	242.3	5	2	3	0.210
Bergsjø	23.09.97	19	28	332.5	6	2	3	0.170
Bergsjø	23.09.97	20	18.3	67	3	2	2	0.070
Bergsjø	23.09.97	21	39.5	1025	12	2	3	0.520
Bergsjø	23.09.97	22	36.5	711	10	2	3	0.560
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	1	31.1	460	5	1	3	0.800
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	2	36.5	710	10	1	3	1.700
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	3	26.2	265.5	7	2	3	0.190
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	4	27.3	275.5	5	1	3	0.380
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	5	25.8	218	5	2	3	0.200
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	6	24	198	5	1	3	0.590
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	7	31.5	422	6	2	3	0.220
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	8	35.3	673	10	1	3	2.000
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	9	41.8	1202	14	2	3	2.100
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	10	37	724	9	2	3	1.300
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	11	39.5	1013	11	1	3	0.890
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	12	38.5	755	11	2	3	1.800
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	13	36.3	751	9	1	3	0.830
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	14	36.5	637	10	2	3	2.400
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	15	32.5	582	7	2	5	1.500
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	16	37.5	918	7	2	5	0.540
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	17	33.5	682	5	2	5	0.190
Mjøndalen–Langesøya	15.09.98	18	35.5	696	8	2	5	2.600
Langesøya–Holmen	15.09.98	1	30.5	403	6	1	3	0.920
Langesøya–Holmen	15.09.98	2	33.2	475	9	1	3	6.000
Langesøya–Holmen	15.09.98	3	27.5	260	8	1	3	5.300
Langesøya–Holmen	15.09.98	4	32.5	451	7	2	3	1.600
Langesøya–Holmen	15.09.98	5	28.5	308	4	2	3	1.600
Langesøya–Holmen	15.09.98	6	22.5	146	4	1	5	0.490
Langesøya–Holmen	15.09.98	7	22.5	156.5	4	2	7.2	0.380

**Tabell 5.** (Fortsettelse) Primærdata på abbor fanget i Drammenselva og indre Drammensjord. Kjønn: hann, 1; hunn, 2. Kvikksølvkonsentrasjon: [Hg].

lokalitet	fangst-dato	nr	lengde, cm	vekt, g	alder, år	kjønn	stadium	[Hg], mg/kg
Langesøya–Holmen	15.09.98	8	16.8	64	3	2	2	0.070
Langesøya–Holmen	15.09.98	9	23.5	156	5	2	7.2	0.450
Langesøya–Holmen	15.09.98	10	20.2	116.5	5	2	7.2	0.330
Langesøya–Holmen	15.09.98	11	23.8	168.5	5	2	7.2	0.490
Langesøya–Holmen	15.09.98	12	23	170.5	5	2	7.2	0.440
Langesøya–Holmen	15.09.98	13	22.5	146.5	4	2	7.2	0.480
Langesøya–Holmen	15.09.98	14	23.5	172.5	4	2	7.2	0.410
Langesøya–Holmen	15.09.98	15	30.5	376.5	5	2	7.2	1.110
Langesøya–Holmen	15.09.98	16	35.8	632	6	2	7.2	0.370
Langesøya–Holmen	15.09.98	17	30.5	387	5	2	7.2	0.230
Langesøya–Holmen	15.09.98	18	34	559.5	6	2	7.2	0.200
Langesøya–Holmen	15.09.98	19	32	478	4	2	7.2	0.170
Langesøya–Holmen	15.09.98	20	31.2	376	6	2	7.2	0.420
Langesøya–Holmen	15.09.98	21	28.5	298.5	4	1	7.2	0.270
Langesøya–Holmen	15.09.98	22	33.5	501	5	2	7.2	0.290
Langesøya–Holmen	15.09.98	23	24.8	209.5	4	1	7.2	0.190
Langesøya–Holmen	15.09.98	24	19.3	82.5	3	1	7.2	0.130
Langesøya–Holmen	15.09.98	25	13.2	21.8	2	2	7.2	0.110
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	1	35.2	675	6	1	7.5	0.180
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	2	35.6	627	6	2	7.5	0.570
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	3	37.4	650	18	1	7.5	1.210
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	4	31.0	336	4	2	7.5	0.270
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	5	25.7	200	3	2	5	0.091
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	6	26.2	254	3	2	5	0.140
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	7	24.9	195	3	2	5	0.093
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	16.10.01	8	23.9	190	3	2	5	0.150
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	17.10.01	9	40.5	827	14	2	7.5	2.200
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	17.10.01	10	32.2	403	5	2	7.5	0.330
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	17.10.01	11	25.7	190	3	2	5	0.170
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	17.10.01	12	25.2	192	2	2	2	0.160
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	21.10.01	13	40.5	1215	10	2	7.5	0.620
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	21.10.01	14	30.1	356	4	2	5	0.290
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	21.10.01	15	27.0	213	4	2	5	0.170
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	21.10.01	16	22.2	168	2	1	5	0.097
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	21.10.01	17	23.6	202	2	2	5	0.150
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	18	20.8	120	3	2	2	0.088
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	19	24.2	195	4	1	5	0.160
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	21	23.2	187	3	2	2	0.086
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	20	39.9	939	16	2	5	1.760
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	22	18.7	81	2	1	5	0.096
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	23	18.5	87	2	1	5	0.085
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	24	39.0	902	15	2	5	1.740
Dr.fjorden: Holmen-Gilhusodden	28.10.01	25	21.3	124	2	2	2	0.160