

# Kvikksølv i abbor og gjedde fra vannområdene Leira – Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Kvikksølv i abbor og gjedde fra vannområdene Leira – Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma	Løpenr. (for bestilling) 6429-2012	Dato 10.11.2012
	Prosjektnr. Undernr. O-12116	Sider Pris
Forfatter(e) Eirik Fjeld og Sigurd Rognerud	Fagområde Miljøgifter, ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Akershus	Trykktet NIVA

Oppdragsgiver(e) Sekretariatene for vannområdene Leira – Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammenheng**

Konsentrasjonen av kvikksølv ble bestemt i abbor fisket høsten 2011 i innsjøer fra vannområdene Leira – Nitelva (109 fisk, fem bestander) og Hurdalsvassdraget/Vorma (78 fisk, tre bestander). Generelt økte konsentrasjonene med fiskens størrelse, og for begge vannområdene sett under ett ble omsetningsgrensen for konsum (0,5 mg Hg/kg) overskredet når abbor ble omlag 29–34 cm eller 0,3–0,6 kg (gjennomsnitt: 31 cm eller drøyt 0,5 kg). Dette er markert lavere enn konsentrasjonene fra i en regional undersøkelse av abbor fra Sør-Norge, fisket i 2008. De lavere konsentrasjonene antas å skyldes at innsjøene i vannområdene hadde et høyere kalkinnhold og var bedre bufret enn innsjøene i den regionale undersøkelsen. Ingen av de analyserte individene hadde konsentrasjoner lavere enn EQS-verdiene satt i vandirektivet (0,02 mg Hg/kg). Konsentrasjonene i foreliggende undersøkelse er signifikant høyere enn de fra et historisk materiale fra 1989/1990 (Miljøpakke Romerike). Innsjøutvalget i disse to undersøkelsene er imidlertid forskjellig, så hvorvidt dette avspeiler en generell økning må eventuelt verifiseres ved å gjenfiske og analysere et utvalg av innsjøene fra 1989/1990-undersøkelsen. For gjedde (data fra 1989/90) var det ingen fisk som oversteg omsetningsgrensen for konsum (1,0 mg Hg/kg).

<b>Fire norske emneord</b> 1. Kvikksølv 2. Miljøgifter 3. Fisk 4. Ferskvann	<b>Fire engelske emneord</b> 1. Mercury 2. Pollutants 3. Fish 4. Freshwater
---	---



Prosjektleder  
Eirik Fjeld



Forskningsleder

ISBN 978-82-577-6164-6



Forskningsdirektør

Brit Lisa Skjelkvåle Monsen

**Kvikksølv i abbor og gjedde fra vannområdene  
Leira – Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma**

## Forord

På oppdrag fra Vannområde Leira – Nitelva og Vannområde Hurdalsvassdraget/Vorma har NIVA kartlagt nivåene av kvikksølv i abbor i et utvalg innsjøer i vannområdene. Prosjektet er finansiert som et spleiselag fra kommunene Eidsvoll, Fet, Gran, Gjerdrum, Hurdal, Lunner, Lørenskog, Nannestad, Nes, Nittedal, Nord-Odal, Oslo, Rælingen, Skedsmo, Stange, Sørum, Ullensaker, Østre Toten samt Fylkesmannen i Oslo og Akershus og Akershus fylkeskommune.

Prosjektleder ved NIVA har vært forsker Eirik Fjeld og medarbeider har vært seniorforsker Sigurd Rognerud.

Prosjektansvarlige hos oppdragsgiver har vært prosjektleder Helge B. Pedersen (vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma) og prosjektleder Sigrid Louise Bjørnstad (vannområdet Leira-Nitelva).

Undersøkelsen baserer seg på materiale innsamlet av frivillige fra Nittedal og Hakadal Skog JFF, Nannestad JFF, Hurdal JFF, Eidsvoll JFF og Eidsvoll fiskesamvirke. Spesielt takk til Terje Martinsen, Atle Wenger, Knut Harald Bergem og Arvid Sandberg for koordineringen av fiskeinnsamlingen lokalt. Takk også til alle de andre som bidro med innsamlingen av fisken.

Videre vil vi rette en stor takk til Håkon Ørjasæter og hans medarbeidere, for å ha stilt sitt materiale fra 1989/90 til disposisjon for denne undersøkelsen

En stor takk rettes til alle involverte.

Oslo, 8. oktober 2012

*Eirik Fjeld*

# Innhold

<b>1. Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>6</b>
2.1 Lokalteter	6
2.2 Innsamling av fisk	7
2.3 Analyser av kvikksølv	8
2.4 Statistiske analyser	8
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>10</b>
3.1 Vannområdet Leira – Nitelva	10
3.2 Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma	13
3.2.1 Abbor	13
3.2.2 Gjedde	15
3.3 Sammenlikninger med data fra Sør-Norge	17
3.4 Endringer fra 1989/1990 til 2011	18
<b>4. Vurderinger i forhold til spiselighet, vanndirektiv og andre lokale undersøkelser</b>	<b>20</b>
4.1 Omsetning	20
4.2 Vanndirektivet	21
4.3 Vurdering i forhold til andre lokale undersøkelser	21
<b>5. Hovedkonklusjoner</b>	<b>23</b>
5.1 Vannområdet Leira – Nitelva	23
5.2 Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma	24
<b>6. Referanser</b>	<b>25</b>

# 1. Innledning

NIVA har fått i oppdrag fra Vannområde Leira – Nitelva og Vannområde Hurdalsvassdraget/Vorma å gjøre en undersøkelse av kvikksølv i ferskvannsfisk i vannområdene. Målsetningen med oppdraget var tre-delt:

- i. Kartlegge nivåer av kvikksølv i fisk for å få et grunnlag til å foreta klassifisering iht. Vannforskriften hvis/når miljøgifter i biota skal måles i limniske systemer.
- ii. Kartlegge nivåer av kvikksølv i fiskekjøtt mht. å vurdere behovet for å innføre kostholdsrestriksjoner.
- iii. Overføringsverdi. I den grad det er mulig, foreta prediksjoner for innsjøer og andre fiskearter i de to vannområdene som ikke er prøvetatt, på bakgrunn av foreliggende utvalgsundersøkelse og eksisterende forskning/kunnskapsnivå.

Videre var det ønsket en vurdering av forventet tilstand av andre organiske miljøgifter i Vorma, samt tilstand i elvene Leira og Nitelva så langt opp som fisk kan svømme, basert på foreliggende data fra Øyeren (masteroppgaver fra UMB). Disse vurderingene har vi imidlertid ikke hatt faglig grunnlag for å gjøre, noe vi har kommentert ytterligere i rapportens diskusjon.

Kvikksølv er blant miljøforvaltningens prioriterte miljøgifter, og ferskvannsfisk i nordiske skogssjøer – uten kjente punktilførsler – kan ha betenkelig høye konsentrasjoner av kvikksølv (Munthe *et al.* 2007). Kvikksølv i fisk foreligger i all hovedsak som metylkvikksølv (Bloom 1992). Dette er en farlig nervegift, og både FAO/WHO (JECFA 2003) og et ekspertpanel i USA (MRC 2000) har evaluert risiko og grenseverdier for konsum. Som en del av et felles regelverk med EU har det blitt innført grenseverdier i fisk for omsetning til konsum; for de fleste arter fisk er denne 0,5 mg Hg/kg, mens det for gjedde og et fåtalls arter som det antas konsumeres mindre av er grensen 1,0 mg Hg/kg (EC 2006).

På tross av at de atmosfæriske langtransporterte avsetningene i Norden har avtatt siden 1990-tallet (Munthe *et al.* 2007) synes konsentrasjonene i ferskvannsfisk i Sør-Norge, fra innsjøer uten lokale tilførsler, å ha økt i samme periode (Fjeld og Røgnerud, 2009, Fjeld *et al.* 2009). Årsakene til økningen er uviss, men både endringer i vannkjemi (økt avrenning av humus/mørkere innsjøer) og et varmere og våtere klima kan tenkes å bidra til dette. Økt avrenning av humus kan tenkes å øke avrenningen av kvikksølv fra nedbørfeltene (Meili *et al.* 1991) og mørkere innsjøer kan tenkes å redusere nedbrytingen av metylkvikksølv i innsjøene (foto-demetylering) (Seller *et al.* 1996).

Kvikksølvkonsentrasjonen i fisk i de nevnte vannområdene ble sist undersøkt i 1989/1990 i forbindelse med Miljøpakke Romerike (H. Ørjasæter, G. Norheim og T. Ydersbond, upubliserte data). Resultatene fra denne undersøkelsen har vi benyttet i en sammenlikning med dagens nivå.

## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Lokalteter

Undersøkelsen omfatter i alt 17 lokaliteter hvorav 15 innsjøer og to elvestrekninger (**Tabell 1, Figur 1**). Foruten data fra fisk fanget i 2011 (åtte innsjøer), er det inkludert data fra fisk fanget i 1989–1990 (ni lokaliteter). 10 av lokalitetene ligger i vannområdet Leira – Nitelva, mens de øvrige sju ligger i vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma.

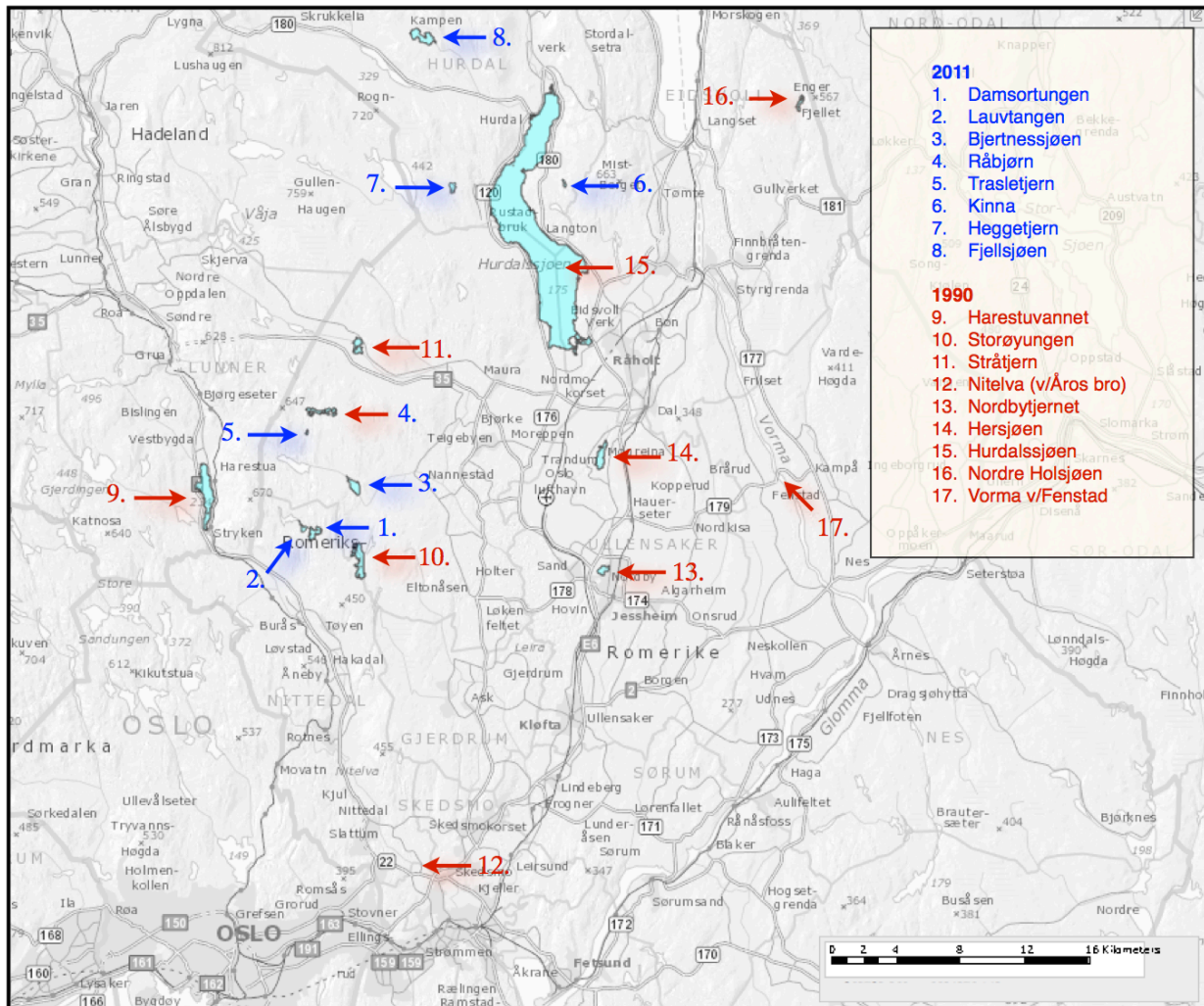
Da kvikksølvkonsentrasjoner i fisk i vesentlig grad kan reduseres i kalkede vann (Håkansson et al., 1988; Andersson et al. 1995; Meli, 1995), er det viktig å kartlegge hvorvidt de undersøkte innsjøene har blitt kalket eller er påvirket av kalk fra overforliggende kalkingsprosjekter.

Samtlige av innsjøene fisket i 2011 kalkes regelmessig, med unntak av Trasletjern hvor kalkingen opphørte i 2004 (Garmo *et al.*, 2011; Hindar og Skancke, 2008; FMOA, 2011). Trasletjerns vannkjemi endret seg lite etter kalkingens opphør og fram til 2008, og er trolig fortsatt sterkt preget av denne.

Av innsjøene fisket i 1989–1990 var Storøyungen og Nedre Holsjøen kalket, mens Stråtjern og Hurdalsjøen i varierende grad er påvirket av oppstrøms kalkingsprosjekter (Pedersen *et al.*, 1990). Hersjøen og Nordbytjernet, som ligger i kalkrike områder, er velbufrete innsjøer med høyt naturlig kalkinnhold (Branderud, 2002). Harestuvannet er ikke kalket, og vannkjemisk er det en oligotrof innsjø med et moderat kalkinnhold (Johnsen, 2010). Elva Leira er kjent som en moderat kalkrik og velbufret vannforekomst, særlig under marin grense mens Vorma er utløpselva fra Mjøsa og vannkvaliteten er følgelig sterkt preget av denne (svakt oligotrof, moderat kalkinnhold).

**Tabell 1.** Lokalteter med i undersøkelsen. NVE nr. er innsjønummer i NVEs innsjødatabase. UTM VØ og NS er koordinatene i UTM sone 33. Vannområde: L-N: Leira – Nitelva; H/V: Hurdalsvassdraget/Vorma.

NVE nr.	Lokalitet	fangst- år	Areal, km <sup>2</sup>	Hoh., m	UTM, VØ	UTM, NS	Vassdrag	Kommune	Vann- område
5021	Damsortungen	2011	0.36	444	269299	6677406	Nitelva	Nittedal	L-N
5014	Lauvtangen	2011	0.12	472	268544	6677644	Buvassbekken	Nittedal	L-N
4981	Bjertnessjøen	2011	0.42	335	271893	6680204	Rotua	Nannestad	L-N
4948	Råbjørn	2011	0.43	490	269499	6684917	Rotua	Nannestad	L-N
4962	Trasletjernet	2011	0.03	473	268708	6683610	Rotua	Nannestad	L-N
4027	Kinna	2011	0.05	312	284767	6699163	Andelva	Hurdal	H/V
4796	Heggetjern	2011	0.18	397	277794	6698869	Hegga	Hurdal	H/V
4711	Fjellsjøen	2011	0.72	520	276185	6708059	Gjødningelva	Hurdal	H/V
116	Harestuvatnet	1990	1.97	234	262677	6680303	Nitelva	Lunner	L-N
5035	Storøyungen	1990	0.97	331	271893	6675919	Gjermåa	Nannestad	L-N
4902	Stråtjern	1989- 1990	0.39	299	271722	6689089	Leira	Nannestad	L-N
	Nitelva v/Åros bro	1989		105	298700	6680000	Nitelva	Nittedal	L-N
4228	Nordbytjernet	1990	0.26	185	287347	6675078	Leira	Ullensaker	L-N
4158	Hersjøen	1990	0.64	158	286944	6681748	Risa	Ullensaker	H/V
141	Hurdalsjøen	1989- 1990	32.81	176	283750	6695397	Andelva	Hurdal	H/V
3983	Nordre Holsjøen	1990	0.17	414	299475	6704127	Jønndalsåa	Eidsvoll	H/V
	Vorma v/Fenstad	1990		120	275840	6656800	Hurdalsvassdraget /Vorma	Nes	H/V



**Figur 1.** Kart over de undersøkte lokalitetene. Blå skrift og piler viser lokaliteter fisket i 2011, mens rødfargede viser lokaliteter fisket i 1989/1990. Kartgrunnet er fra NVE (<http://atlas.nve.no>).

## 2.2 Innsamling av fisk

Materialet fra 2011 ble innsamlet i løpet av slutten av august og i september av frivillige fra Nittedal og Hakadal Skog JFF, Nannestad JFF, Hurdal JFF, Eidsvoll JFF og Eidsvoll fiskesamvirke. All fisk ble pakket i aluminiumsfolie i porsjoner på maksimalt fem individer som så ble merket med prøvetaker, innsjønavn og fangstdato. Deretter ble de frosset ned så snart som mulig. Fisken ble overført til fryserom på NIVA (-18 °C) inntil uttak av prøver kunne gjøres.

I veilederen til prøveinnsamleren ble det presisert at omlag 20 individer fra hver bestand var ønskelig, dette av hensyn til utsagnskraften til de seinere statistiske analysene. Samlet sett ble det tatt prøver av 187 abbor fra 2011. Antallet fisk fra hver bestand varierte fra sju til 32 (**Tabell 2**).

Under prøveopparbeidelsen ble fisken målt og veid, og kjønn og stadium ble bestemt. Under kontrollerte, ukontaminerte forhold ved NIVA ble det dissekert ut skinn- og beinfrie prøver av skjelettmuskulaturen (muskelfilet) fra hver fisk. De individuelle prøvene som skulle analyseres for kvikksølv ble pakket inn i ren aluminiumsfolie som igjen ble lagt inn i en tett polyetylenpose med lynlås. Prøven ble deretter nedfrost inntil de ble analysert. Materialet ble ikke aldersbestemt, men gjellelokk ble dissekert ut for eventuelt seinere å kunne brukes til dette formålet.



Ansvarlig for innsamling og prøvetaking av fisk fra 1989 og 1990 var Håkon Ørjasæter, og undersøkelsen var en del av Miljøpakke Romerike ved Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvernavdelingen. Lokale JFF og grunneiere stod for innsamlingen. Fisken ble frosset ned og senere overført til fryserommet på Zoologisk museum i Oslo. Vi har ikke ytterligere detaljer om innsamlingen.

Under prøveopparbeidelsen ble fisken målt, veid, og kjønn og stadium ble bestemt. Det ble dissekert ut muskelfilet fra hver fisk og lagt i polyetylenposer med lynlås. Prøvene ble deretter frosset ned inntil de ble analysert. Gjellelokk (abbor) og skulderbelte (gjedde) ble dissekert ut. Materialet ble aldersbestemt. Samlet sett ble det inkludert data på 192 abbor og 22 gjedder fra 1989/1990 (**Tabell 2**).

**Tabell 2.** Fordelingen av antall fisk som er med i undersøkelsen. Vannområde: L-N: Leira – Nitelva; H/V: Hurdalsvassdraget/Vorma.

Vannområde	Lokalitet	Fangstår	Abbor (n)	Gjedde (n)
H/V	Hurdalsjøen	1989	0	8
H/V	Hurdalsjøen	1989/1990	50	0
H/V	Hersjøen	1990	19	7
H/V	Hurdalsjøen	1990	0	6
H/V	Nordre Holsjøen	1990	21	0
H/V	Vorma v. Fenstad	1990	16	1
L-N	Harestuvannet	1990	18	0
L-N	Nordbytjernet	1990	16	0
L-N	Storøyungen	1990	12	0
L-N	Stråttjern	1990	40	0
H/V	Fjellsjøen	2011	22	0
H/V	Heggetjern	2011	25	0
H/V	Kinna	2011	31	0
L-N	Bjertnessjøen	2011	32	0
L-N	Damsortungen	2011	18	0
L-N	Lauvtangen	2011	22	0
L-N	Råbjørn	2011	30	0
L-N	Trasletjernet	2011	7	0

### 2.3 Analyser av kvikksølv

Prøvene fra 2011 ble analysert for kvikksølv ved NIVA med en Lumex Mercury Analyser RA 915. Metoden innebærer atomisering ved pyrolyse og direkte bestemmelse ved atomabsorpsjonsspektrometri med Zeeman bakgrunnskorreksjon. Metoden har en deteksjonsgrense på 0,5 µg/kg. Sertifiserte standarder av fisk (DOLT 3) ble kjørt for hver tiende prøve. Samtlige av analyseresultater av standarden var innenfor det oppgitte 95% konfidensintervallet.

Prøvene fra 1989 og 1990 ble analysert ved hjelp av gullfelle og kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri (CV-AAS). Ansvarlig for kvikksølvanalysene var Gunnar Norheim ved fellesavdelingen for farmakologi og toksikologi, Norges veterinærhøgskole. Ytterligere detaljer om analysene er ikke kjent.

Alle konsentrasjonene er oppgitt på våtvektsbasis.

### 2.4 Statistiske analyser

De statistiske analysene er gjort ved hjelp av statistikkprogrammet JMP v. 9.0.3 (SAS 2010). Sammenhengen mellom fiskestørrelse og kvikksølvkonsentrasjoner er vist med lineære regresjoner (log-transformerte kvikksølvverdier og vekt). Endringer i kvikksølvkonsentrasjoner fra undersøkelsen i 1989/1990 til 2011 er belyst med «linear mixed models» (REML; REstricted or REsidual Maximum Likelihood).



### 3. Resultater og diskusjon

Etter ønske fra oppdragsgiver har vi her først behandlet de to vannområdene separat. I den videre statistiske analysen av forskjeller i kvikksølvkonsentrasjonen mellom de to fangstperiodene og sammenlikninger med et større regionalt datasett har vi imidlertid behandlet dataene samlet da vi ikke har noen grunn til å forvente at det skulle være forskjeller mellom responsen til de to vannområdene.

#### 3.1 Vannområdet Leira – Nitelva

Midlere fiskestørrelse for utvalget ( $n = 109$ ) fra de fem bestandene fisket i 2011 var i intervallet 15,7–20,7 cm eller 51–127 g (**Tabell 3**). Fiskene varierte i størrelse fra 12,5 cm til 33,4 cm eller 79 g til 603 g. Midlere kvikksølvkonsentrasjon var i intervallet 0,14–0,31 mg/kg, og de individuelle konsentrasjonene var i intervallet 0,06–0,53 mg/kg.

Størrelsesmessig avvek ikke fisken innsamlet i 1990 signifikant fra fanget i 2011 (variensanalyser av henholdsvis lengde og vekt:  $p = 0,92$ ;  $p = 0,22$ ). Midlere størrelse var i intervallet 14,9–20,4 cm eller 37–105 g. Variasjonsområdet var 9,5–30 cm eller 8–390 g. Midlere kvikksølvkonsentrasjoner var imidlertid markant lavere i 1990 og var i intervallet 0,05–0,21 mg/g, mens de individuelle konsentrasjonene var i intervallet 0,01–0,58 mg/kg.

I **Figur 2** har vi vist forholdet mellom fiskelengde, fiskevekt og kvikksølvkonsentrasjon for materialet fra henholdsvis 2011 og 1990. Vi ser her at konsentrasjonen øker med fiskens lengde eller vekt, men at det er en forholdsvis stor spredning omkring regresjonskurvene. For materialet fra 2011 var det kun ett storvokst individ som oversteg Mattilsynets omsetningsgrense for kvikksølv på 0,5 mg/kg (33,4 cm, 603 g, 0,53 mg/kg). Dette var en fisk fra Bjertnessjøen, hvor omsetningsgrensen syntes å overskrides når fisken ble omlag 30 cm ( $\approx 400$  g).

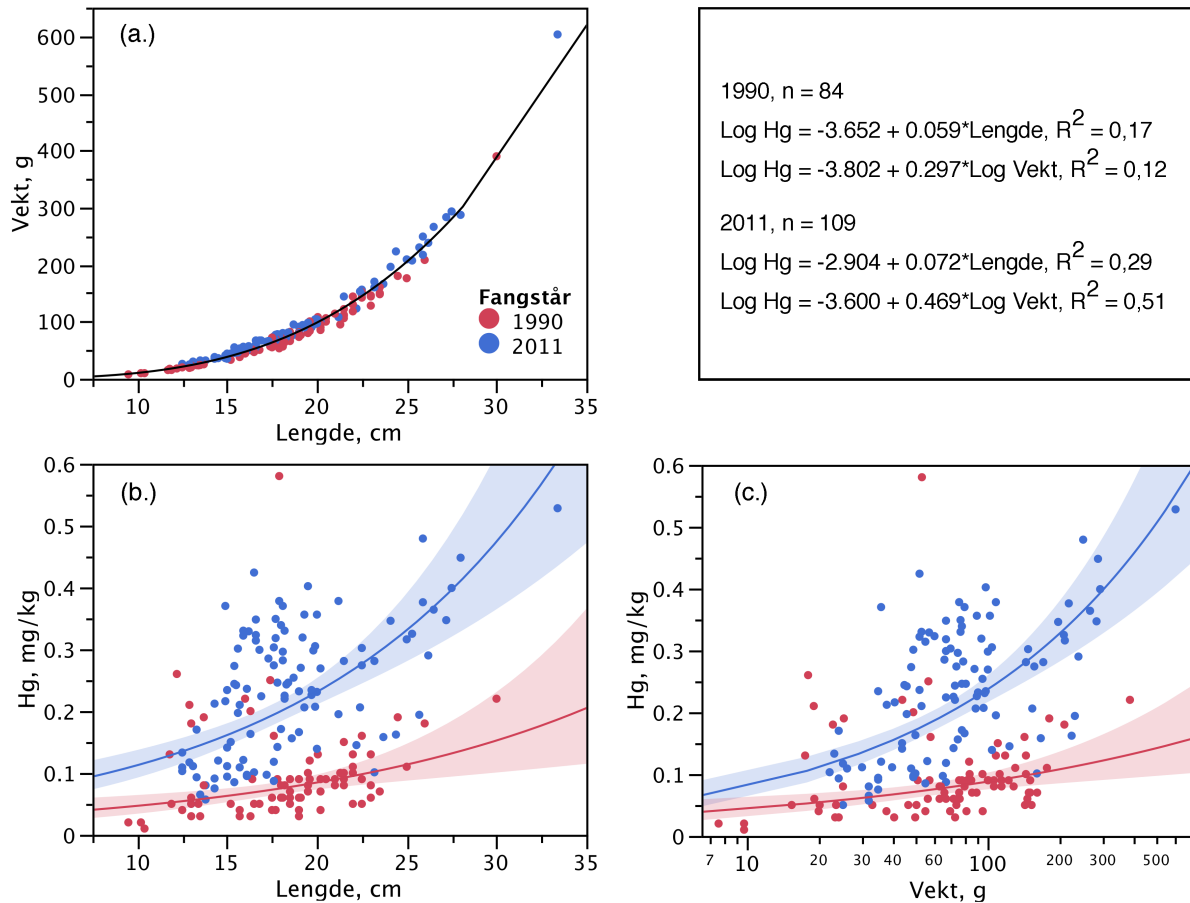
Regresjonskurvene viser at kvikksølvkonsentrasjonen i materialet fra 2011 var markert høyere enn for fisk av samme størrelse fanget i 1990. En statistisk analyse av ulikhetene vil bli gjort på et samlet materiale for de to vannområdene.

I **Figur 3** har vi brutt ned analysene av kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde på de enkelte bestandene, uavhengig av fangstår. Vi ser her at forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde kan variere betydelig mellom bestandene. Det vil si at for en gitt fiskelengde kunne kvikksølvkonsentrasjonene variere mye mellom bestandene – også innen samme fangstår. Alder og vekstrate er kjent å kunne influere kvikksølvkonsentrasjonene (Simenau et al. 2005), og noe av forskjellen mellom populasjonene ville trolig kunne forklares om vi hadde brakt inn disse variablene i vurderingene.

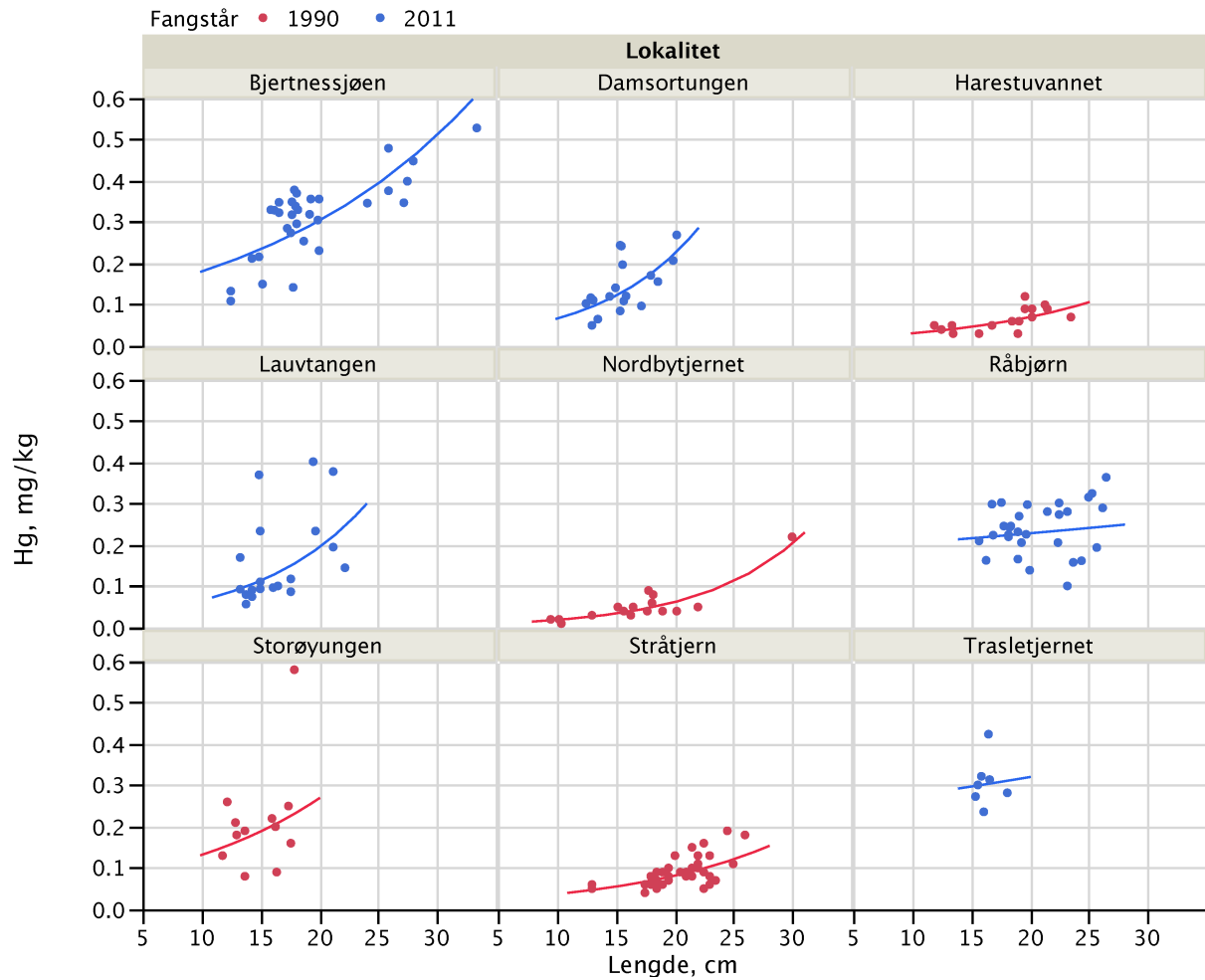
**Tabell 3.** Midlere kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg), lengde og vekt i abbor fisket i 2011 og 1990, vannområde Leira – Nitelva. Standard avvik (SD), minimums- og maksimumsverdier er også oppgitt.

Fangstår	Lokalitet	antall	Hg, mg/kg				Lengde, cm				Vekt, g			
			middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks
2011	Bjertnessjøen	32	0,31	0,10	0,11	0,53	19,4	4,8	12,5	33,4	121	117	23	603
	Damsortungen	18	0,14	0,06	0,05	0,27	15,7	2,3	12,5	20,2	51	23	22	100
	Lauvtangen	22	0,16	0,10	0,06	0,40	16,5	2,7	13,3	22,2	56	31	24	123
	Råbjørn	30	0,24	0,06	0,10	0,36	20,7	3,2	15,7	26,5	127	63	50	266
	Trasletjernet	7	0,31	0,06	0,24	0,42	16,3	0,9	15,4	18,1	55	11	48	79
1990	Harestuvannet	18	0,06	0,03	0,03	0,12	17,3	3,8	11,7	23,5	65	41	15	160
	Nordbytjernet	18	0,05	0,05	0,01	0,22	16,9	5,0	9,5	30,0	73	91	8	390

Fangstår	Lokalitet	antall	Hg, mg/kg				Lengde, cm				Vekt, g			
			middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks
	Storøyungen	12	0,21	0,13	0,08	0,58	14,9	2,2	11,8	17,9	37	17	17	58
	Stråtjern	40	0,09	0,04	0,04	0,19	20,4	2,8	13,0	26,0	105	42	19	208



**Figur 2.** Forholdet mellom fiskelengde og vekt (a); fiskelengde og kvikksølv (b); fiskevekt og kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg) i lokalitetene (c) fra vannområde Leira – Nitelva. Regresjonene for kvikksølv (log-transformert) mot fiskestørrelse er gitt i øvre høyre panel.



**Figur 3.** Forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg) og fiskelengde i abbor fra lokaliteter i vannområdet Leira – Nitelva. Regresjonskurvene er basert på log-transformerte kvikksølvkonsentrasjoner. Blå symboler: fangstår 2011. Røde symboler: fangstår 1990.

## 3.2 Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma

### 3.2.1 Abbor

Midlere fiskestørrelse for utvalget fra de tre bestandene fisket i 2011 var svært likt og lå i området 21,5–22,9 cm eller 165–189 g (**Tabell 4**). Fiskene varierte i størrelse fra 14,5 cm til 38,5 cm eller 36 g til 947 g. Midlere kvikksølvkonsentrasjon var i intervallet 0,24–0,37 mg/kg, og de individuelle konsentrasjonene var i intervallet 0,07–1,04 mg/kg.

Størrelsesmessig avvek ikke fisken innsamlet i 1989/90 signifikant fra de som ble fanget i 2011 (variansanalyser av henholdsvis lengde og vekt:  $p = 0,13$ ;  $p = 0,17$ ). Midlere størrelse var i intervallet 14,3–28,8 cm eller 31–382 g. Variasjonsområdet var 9,0–37,2 cm eller 7–760 g. Midlere kvikksølvkonsentrasjoner var imidlertid markant lavere i 1990 og var i intervallet 0,13–0,32 mg/g, mens de individuelle konsentrasjonene var i intervallet 0,03–1,20 mg/kg.

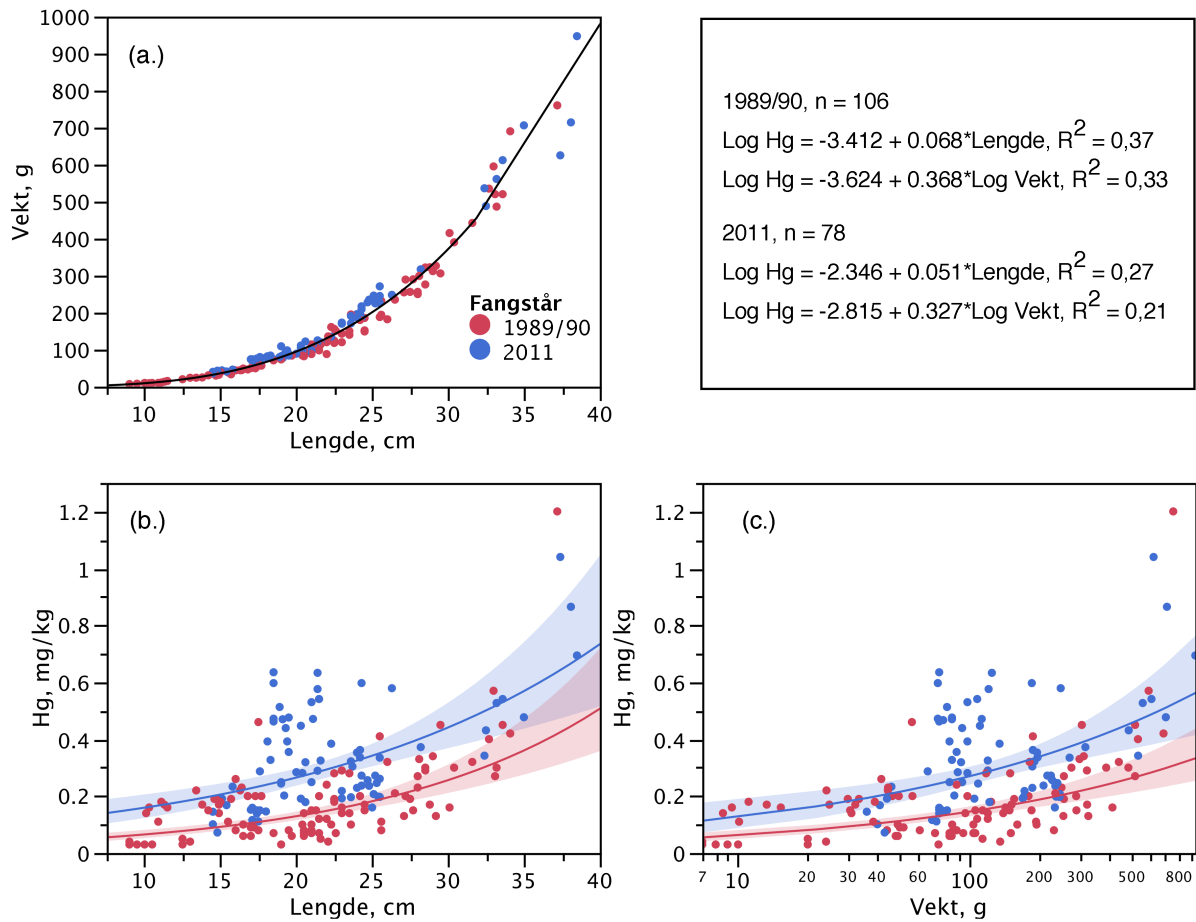
I **Figur 4** har vi vist forholdet mellom fiskelengde, fiskevekt og kvikksølvkonsentrasjon for materialet fra henholdsvis 2011 og 1989/90. Som for vannområdet Leira–Nitelva øker konsentrasjonen med fiskens lengde eller vekt, og det er en forholdsvis stor spredning omkring regresjonskurvene. For materialet fra 2011 var det 14 individer (18 %) som oversteg Mattilsynets omsetningsgrense for kvikksølv på 0,5 mg/kg. Disse var ikke nødvendigvis storvokste; deres størrelse var i området 18,5–38,5 cm eller 73 – 947 g. For materialet fra 1989/90 var det kun ett individ som oversteg denne grensen (33 cm, 595 g).

Regresjonskurvene (**Figur 4**) viser at kvikksølvkonsentrasjonen i materialet fra 2011 var markert høyere enn for fisk av samme størrelse fanget i 1989/89. En mer formell statistisk analyse av ulikhetene vil bli gjort på et samlet materiale for de to vannområdene.

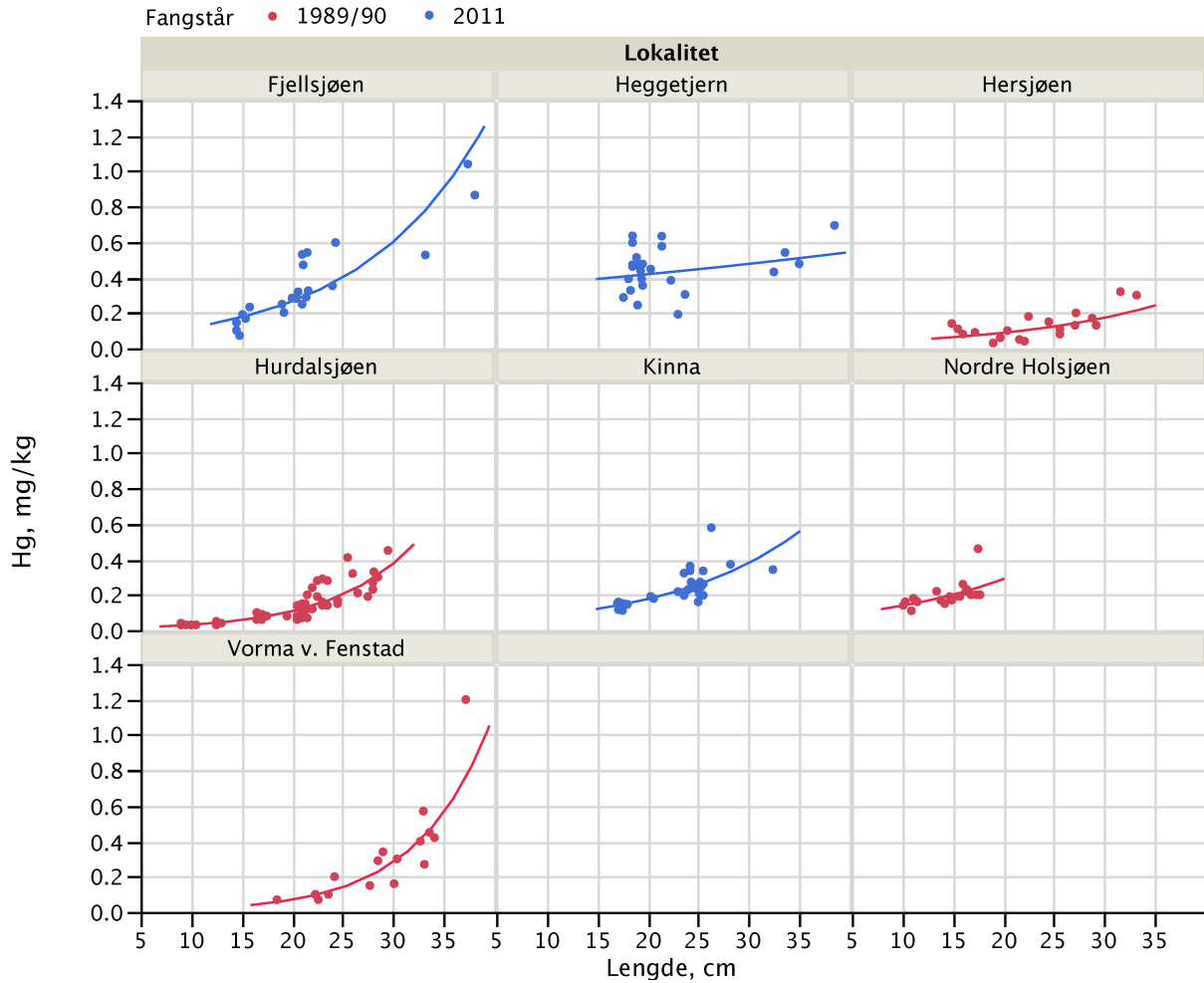
I **Figur 5** har vi brutt ned analysene av kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde på de enkelte bestandene, uavhengig av fangstår. Igjen ser vi at forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde kan variere betydelig mellom bestandene. Det vil si at for en gitt fiskelengde kunne kvikksølvkonsentrasjonene derfor variere mye mellom bestandene – også innen samme fangstår. For 2011-undersøkelsen syntes omsetningsgrensen for fisken fra Fjellsjøen å bli overskredet når fisken ble omlag 28 cm ( $\approx 300$  g), mens tilsvarende størrelse for Kinna og Heggetjern var omlag 33 cm ( $\approx 530$  g).

**Tabell 4.** Midlere kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg), lengde og vekt i abbor fisket i 2011 og 1989/1990, vannområde Hurdalsvassdraget/Vorma. Standard avvik (SD), minimums- og maksimumsverdier er også oppgitt.

Fangstår	Art	Lokalitet	antall	Hg, mg/kg				Lengde, cm				Vekt, g			
				middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks
2011	Abbor	Fjellsjøen	22	0,37	0,24	0,07	1,04	21,5	6,7	14,5	38,1	165	197	36	714
2011	Abbor	Heggetjern	25	0,45	0,12	0,19	0,69	22,1	6,0	17,6	38,5	194	233	66	947
2011	Abbor	Kinna	31	0,24	0,10	0,11	0,58	22,9	3,9	17,0	32,4	189	97	69	536
1990	Abbor	Hersjøen	19	0,13	0,08	0,03	0,32	23,2	5,5	14,9	33,2	185	138	31	486
1990	Abbor	Nordre Holsjøen	21	0,20	0,07	0,11	0,46	14,3	2,5	10,1	17,7	31	16	9	57
1990	Abbor	Vorma v, Fenstad	16	0,32	0,28	0,07	1,20	28,8	5,3	18,5	37,2	382	206	71	760
1989/1990	Abbor	Hurdalsjøen	50	0,14	0,11	0,03	0,45	20,2	5,6	9,0	29,5	112	80	7	306
1990	Gjedde	Hersjøen	7	0,30	0,22	0,10	0,70	45,8	10,6	33,3	62,5	680	461	215	1525
1990	Gjedde	Vorma v, Fenstad	1	0,31		0,31	0,31	64,0		64,0	64,0	1875		1875	1875
1989/1990	Gjedde	Hurdalsjøen	14	0,43	0,21	0,14	0,93	78,6	110,2	38,0	460,0	582	251	308	1130



**Figur 4.** Forholdet mellom fiskelengde og vekt (a); fiskelengde og kvikksølv (b); fiskevekt og kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg) i lokalitetene (c) fra vannområde Hurdalsvassdraget/Vorma. Regresjonene for kvikksølv (log-transformert) mot fiskestørrelse er gitt i øvre høyre panel.



**Figur 5.** Forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg) og fiskelengde i abbor fra lokaliteter i vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma. Regresjonskurvene er basert på log-transformerte kvikksølvkonsentrasjoner. Blå symboler: fangstår 2011. Røde symboler: fangstår 1989/1990.

### 3.2.2 Gjedde

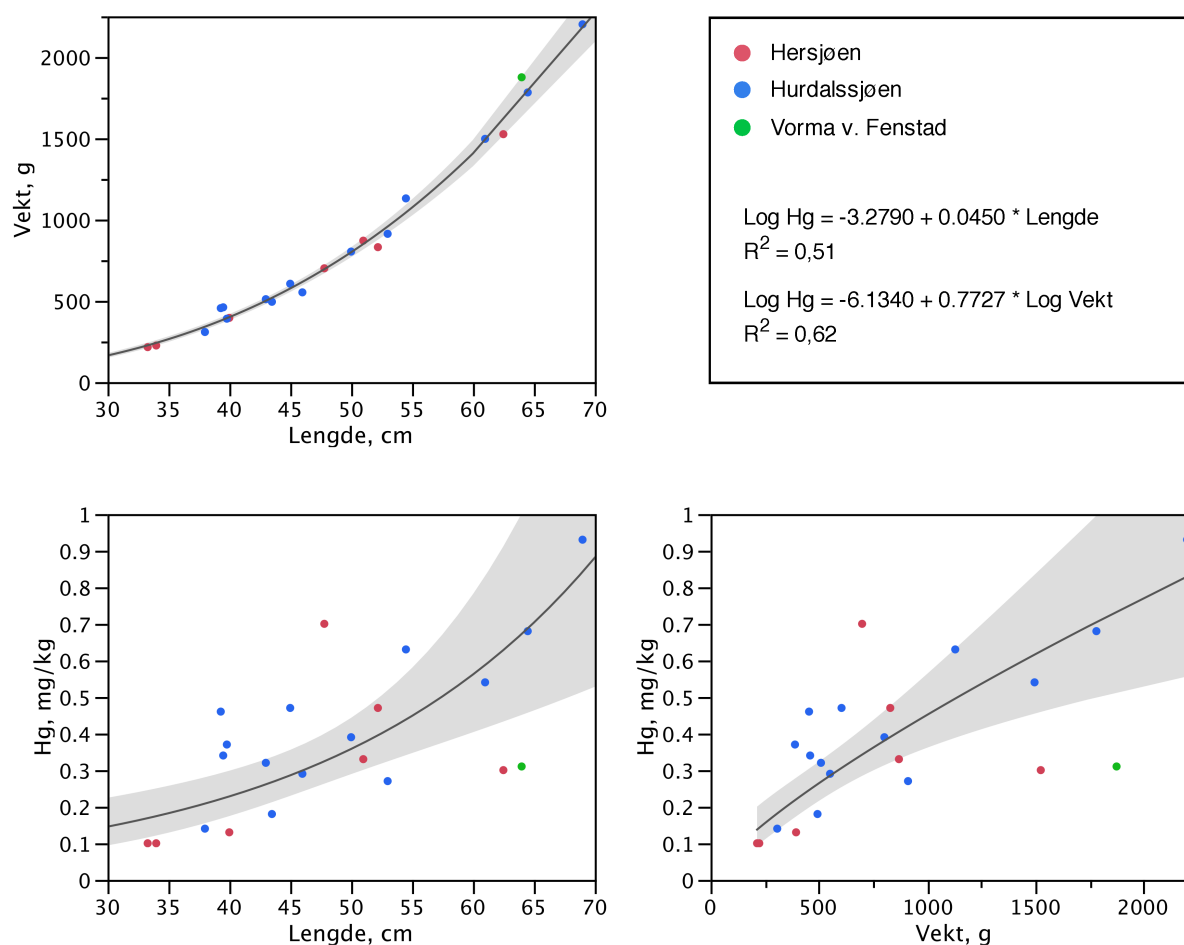
Fra undersøkelsen gjennomført i 1989/1990 har vi data på 22 gjedder fra tre bestander, men fra én av disse (Vorma) har vi bare ett individ (**Tabell 5**). Midlere kvikksølvkonsentrasjon var 0,30–0,43 mg/kg, men kun fire individer hadde konsentrasjoner som overskred 0,5 mg/kg, og ingen overskred omsetningsgrensen som for gjedde er 1,0 mg/kg. Størrelsen på fisken var i området 33–69 cm eller 0,2–2,2 kg.

**Tabell 5.** Midlere kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg), lengde og vekt i gjedde fisket i 1989/1990, vannområde Hurdalsvassdraget/Vorma. Standard avvik (SD), minimums- og maksimumsverdier er også oppgitt.

Fangstår	Lokalitet	N	Hg, mg/kg				Lengde, cm				Vekt, g			
			Middel	SD	Min	Max	Middel	SD	Min	Max	Middel	SD	Min	Max
1990	Hersjøen	7	0,30	0,22	0,10	0,70	45,8	10,6	33,3	62,5	680	461	215	1525
1990	Vorma v. Fenstad	1	0,31				64,0				1875			
1989/1990	Hurdalsjøen	14	0,43	0,21	0,14	0,93	49,0	10,0	38,0	69,0	864	582	308	2201



En nærmere statistisk analyse av forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde (kovariansanalyse) kunne ikke påvise noen signifikante forskjeller mellom de to bestandene fra Hersjøen og Hurdalssjøen ( $p = 0,11$ ). Vi har derfor gruppert disse sammen da vi beregnet de endelige regresjonene mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskestørrelse som vist i **Figur 6**. Vi ser her at konsentrasjonen oversteg 0,5 mg Hg/kg når fisken ble omlag 57 cm eller 1,1 kg. Ved å ekstrapolere forholdet mellom lengde og kvikksølvkonsentrasjon ser vi at kostholdsrådgrensen for gjedde på 1 mg/kg overskrides ved en fiskelengde på omlag 73 cm (korresponderende vekt:  $\approx 2,7$  kg), men usikkerheten (konfidensgrensen) i dette estimatet er stor.



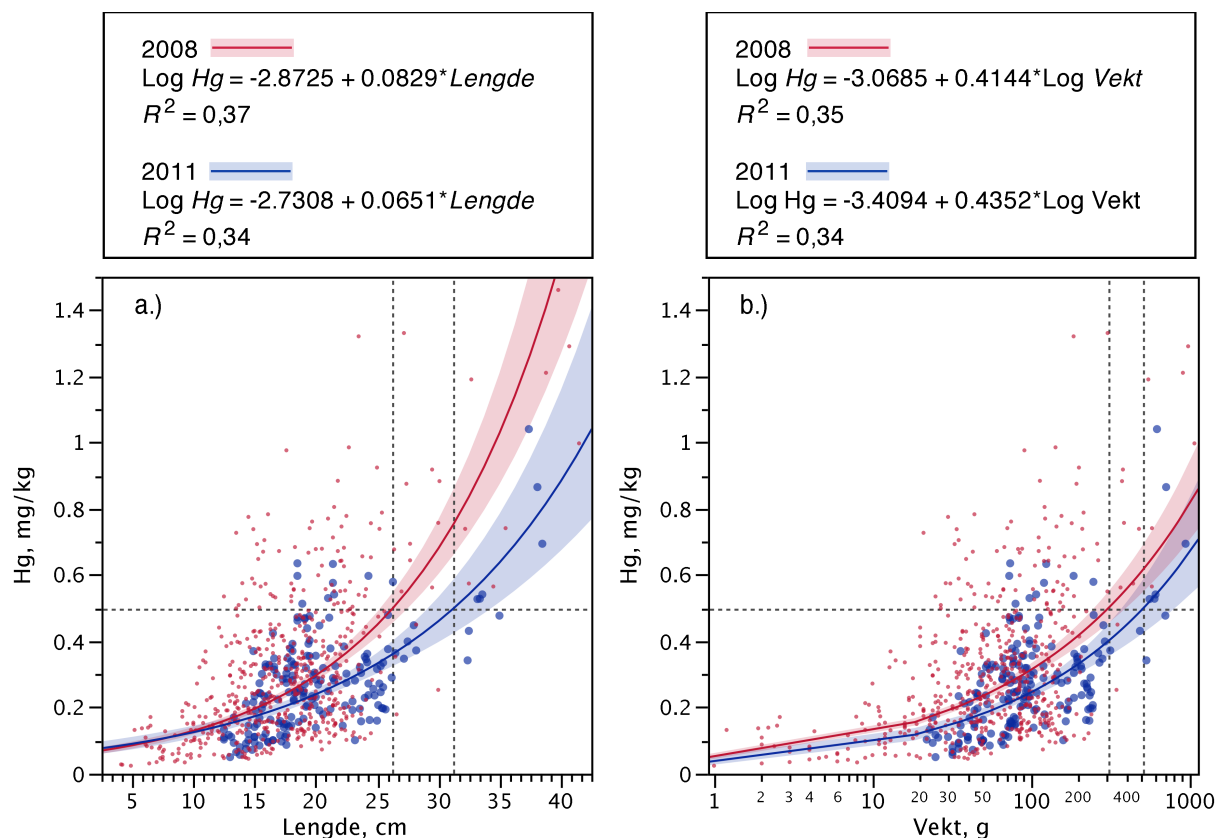
**Figur 6.** Forholdet mellom fiskelengde og vekt (a); fiskelengde og kvikksølv (b); fiskevekt og kvikksølvkonsentrasjon (Hg, mg/kg) for gjedde fra vannområde Hurdalssjøen/Vormå, fisket i 1989/1990. Båndet omkring regresjonene er 95 % konfidensgrense. Regresjonene for kvikksølv (log-transformert) mot fiskestørrelse er gitt i øvre høyre panel.

### 3.3 Sammenlikninger med data fra Sør-Norge

Vi har sammenliknet kvikksølvkonsentrasjonene i abbor fra denne undersøkelsen (data fra 2011, heretter kalt vannområdeundersøkelsen) med data fra regional undersøkelse fra 2008 (Fjeld og Rognerud, 2009). Undersøkelsen fra 2008 omfattet 28 bestander av abbor (totalt 565 individer) fra Sør-Norge. Vi antar at forskjellen i tid mellom disse to undersøkelsene er så vidt kort (tre år) at eventuelle endringer i avsetninger av kvikksølv eller andre vannkjemiske variabler ikke er av betydning.

En visuell sammenlikning av dataene fra de to undersøkelsene viser at konsentrasjonene ved en gitt fiskestørrelse tenderte til å være høyere for den regionale undersøkelsen fra 2008 enn for vannområdeundersøkelsen (**Figur 7**). Ved å plote separate regresjoner av kvikksølvkonsentrasjoner på fiskestørrelse ble dette inntrykket bekreftet. Regresjonene viser at for vannområdeundersøkelsen ble omsetningsgrensen på 0,5 mg Hg/kg overskredet når fisken ble 31 cm eller 514 g, mens tilsvarende størrelse for den regionale undersøkelsen var 26 cm eller 309 g.

Vannkjemisk er innsjøene fra disse to undersøkelsene noe forskjellig. I vannområdeundersøkelsen var innsjøene gjennomgående mindre sure (ofte pga. vassdragskalkinger) og hadde et lavere humusinnhold (farge eller totalt organisk karbon, TOC) enn innsjøene fra den regionale undersøkelsen i 2008. Dette kan ha bidratt til at kvikksølvkonsentrasjonene i fisk var høyere i den regionale undersøkelsen.



**Figur 7.** Forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon i abbor (Hg, mg/kg) og (a.) fiskelengde og (b.) fiskevekt fra foreliggende undersøkelse (2011, n = 187) og en regional undersøkelse fra Sør-Norge (2008, n = 565). Regresjonene for kvikksølv (log-transformert) mot fiskestørrelse er gitt i panelene over grafene. Båndet omkring regresjonene er 95 % konfidensgrense. De stiplede linjene viser omsetningsgrensen (0,5 mg Hg/kg) og de beregnede korresponderende fiskestørrelser.

Som tidligere beskrevet er det vist at fisk fra nøytrale innsjøer eller kalkede innsjøer har en lavere kvikksølvkonsentrasjon enn sure innsjøer (Andersson et al. 1995). Videre er det en tendens til at kvikksølvkonsentrasjonene i ferskvannsfisk i Norge korrelerer (samvarierer) med vannets farge eller humusinnhold (Fjeld og Rognerud, 1993). Generelt synes kvikksølvkonsentrasjonene å øke med innsjøenes brunfarge (økende humusinnhold eller totalt organisk karbon, TOC). Tilsvarende funn er gjort i Sverige (Nilsson og Håkansson, 1990). Årsaksforholdet til assosiasjonen mellom kvikksølv i fisk og innsjøenes humusinnhold er uvisst, men forhold som økt mobilisering av kvikksølv og metylkvikksølv fra nedbørfeltene og/eller økt netto metylering av kvikksølv kan være involvert (Fjeld og Rognerud, 1993).

### 3.4 Endringer fra 1989/1990 til 2011

En statistisk sammenlikning av data fra 2011 med de fra 1989/1990 gir muligheten til å belyse hvorvidt det har skjedd endringer i kvikksølvkonsentrasjonene. Da de samme innsjøene dessverre ikke er gjenfisket, hviler konklusjonene på den forutsetningen at innsjøutvalget fra de to undersøkelsene i statistisk forstand er tilfeldig og trukket fra samme populasjon (lokaliteter med samme egenskaper).

I analysen ekskluderte vi Hersjøen og Nordbytjernet, som er de to innsjøene som har et naturlig svært høyt kalkinnhold, og således avviker sterkt fra de øvrige innsjøene. Videre har vi ekskludert Vorma, som er en elv, og derfor representerer et økosystem som ikke er direkte sammenliknbart med innsjøer. Disse tre lokalitetene, som alle ble fisket i 1989/1990, hadde et kvikksølvinnhold som var vesentlig lavere enn de øvrige innsjøene fra samme undersøkelse.

De resterende innsjøene er forholdsvis like vannkjemisk da de er buffrede/kalkede og ikke spesielt næringsrike (eutrofe). Hurdalssjøen, som var med i undersøkelsen fra 1989/1990, er stor sammenliknet med de øvrige innsjøene, men vi har ingen holdepunkter for å hevde at innsjøstørrelsen er spesielt utslagsgivende for kvikksølvkonsentrasjonene i fisk.

Vi gjør her en analyse av samtlige innsjøer, slik at vi for hver enkelt bestand kan beregne lengdejusterte gjennomsnitt, og teste om det kan påvises en signifikant forskjell mellom nivåene i 1989/1990 og 2011.

Vi benyttet en nøstet variansanalysemodell med blandede effekter (mixed model), dvs. både faste (fixed) og tilfeldige (random) effekter. I denne er innsjøeffekten, lengde og interaksjonen mellom disse nøstet inn under år. Effektene hvor innsjøer inngår er deklarerert som tilfeldige effekter, mens effekten av år og lengde er deklarerert som faste. I modellen er lokalitet og år deklarerert som nominale faktorer, mens lengde er en kontinuerlig variabel (kovariat):

$$\log \text{Hg} = B_0 + B_1 \cdot \text{år} + B_2 \cdot \text{lengde}[\text{år}] + B_3 \cdot \text{lokalitet}[\text{år}] + \text{random} + B_4 \cdot (\text{lokalitet} \cdot \text{lengde})[\text{år}] + \text{random} + \varepsilon$$

Modellen viste at de faste effektene lengde og år var statistisk signifikante (F-tester, lengde:  $p < 0,0001$ ; år:  $p = 0,045$ ) (Tabell 6). Analysen viste at for en abbor på 19,4 cm (gjennomsnitt for de to undersøkelsene) eller omlag 90 g var midlere kvikksølvkonsentrasjon i 1989/1990 lik 0,13 mg/kg mens den i 2011 var 0,26 mg/kg. Under forutsetning av at innsjøene er trukket fra samme statistiske populasjon kan det synes som om kvikksølvkonsentrasjonen har økt betydelig (fordoblet). Standardfeilene på estimatene er imidlertid høye, og signifikansnivået ( $p$ ) ligger nær grensen for at hypotesen om null-hypotesen (ingen forskjeller mellom år) ikke kan forkastes ( $p = 0,05$ ). Resultatet som tyder på at konsentrasjonene har økt fra 1989/1990 til 2011 må derfor ikke vurderes ukritisk. En mer konklusiv test ville være å gjenfiske noen av innsjøene fra 1989/1990-undersøkelsen og sjekke om de lengdejusterte konsentrasjonene i disse hadde øket.

**Tabell 6.** Statistisk analyse av kvikksølvkonsentrasjon i abbor, blandet lineær modell (se tekst). Tabellen viser mengde forklart varians ( $R^2$ ), estimater av varians-komponenter for tilfeldige effekter og signifikanstester for faste effekter.

**Summary of Fit**

RSquare	0.811792
RSquare Adj	0.810038
Root Mean Square Error	0.32523
Mean of Response	-1.77061
Observations (or Sum Wgts)	326

**REML Variance Component Estimates**

Random Effect	Var Ratio	Var Component	Std Error	95% Lower	95% Upper	Pct of Total
Lokalitet[Year]	2.2012902	0.1057366	0.0256	0.0256	0.44008	68.555
Lokalitet*Lengde, cm[Year]	0.0097033	0.23284	0.0006308	-0.00021	0.0022627	0.302
Residual		0.0010264	0.0085971	0.0907574	0.1248744	31.143
Total		0.1057743				100.000
		0.3396407				

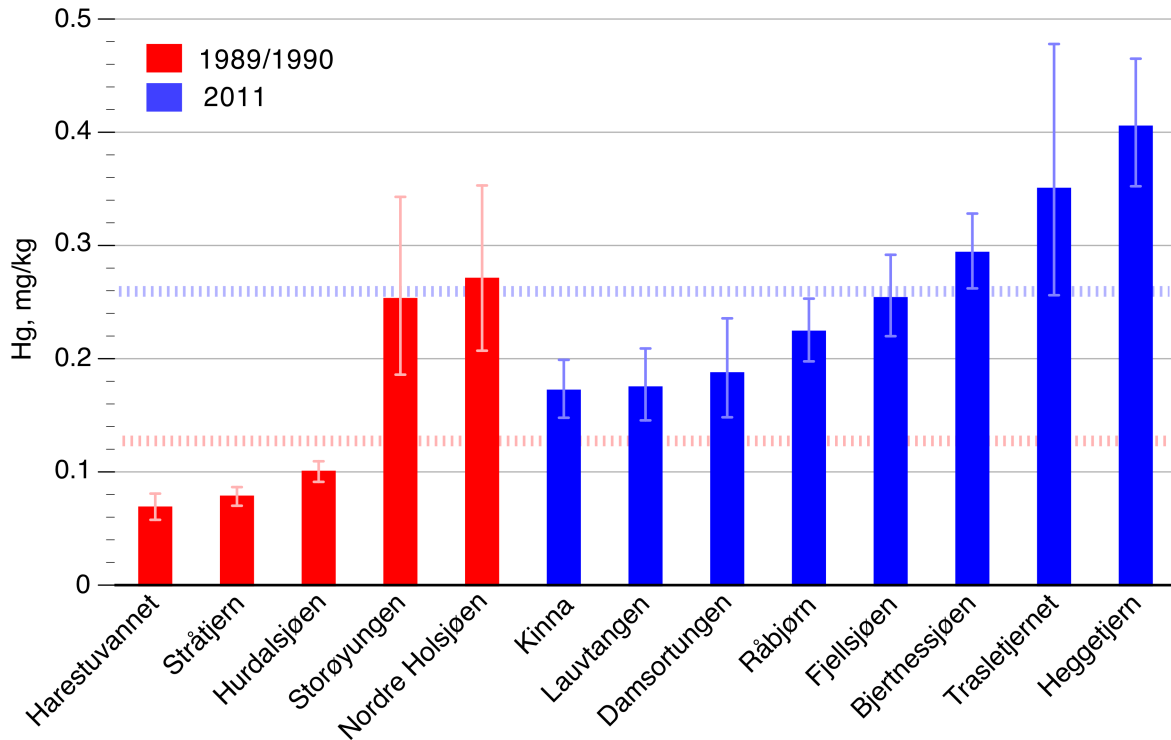
-2 LogLikelihood = 274.91103613

**Fixed Effect Tests**

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
Year	1	1	10.61	5.1530	0.0451*
Lengde, cm[Year]	2	2	9.585	20.9808	0.0003*

**Tabell 7.** Beregnet kvikksølvkonsentrasjonen i en abbor av standard lengde (19,4 cm, dvs. gjennomsnitt for utvalget). Beregningene er gjort med den statistiske modellen gitt i teksten ovenfor. Standard feil (SE) og 95 % konfidensintervaller er gitt.

Undersøkelse	Innsjø	kvikksølvkonsentrasjon, mg/kg			
		justert gjennomsnitt	SE	95% KI, nedre	95% KI, øvre
1989/1990	Harestuvannet	0,07	0,09	0,06	0,08
1989/1990	Hurdalsjøen	0,10	0,05	0,09	0,11
1989/1990	Nordre Holsjøen	0,27	0,13	0,21	0,35
1989/1990	Storøyungen	0,25	0,15	0,19	0,34
1989/1990	Stråtjern	0,08	0,05	0,07	0,09
2011	Bjertnessjøen	0,29	0,06	0,26	0,33
2011	Damsortungen	0,19	0,12	0,15	0,24
2011	Fjellsjøen	0,25	0,07	0,22	0,29
2011	Heggetjern	0,40	0,07	0,35	0,46
2011	Kinna	0,17	0,08	0,15	0,20
2011	Lauvtangen	0,17	0,09	0,15	0,21
2011	Råbjørn	0,22	0,06	0,20	0,25
2011	Trasletjernet	0,35	0,15	0,26	0,48



**Figur 8.** Justert midlere kvikksølvkonsentrasjon (m. 95 % konfidensintervall) i abborbestandene fanget i de ulike fangstårene. Konsentrasjonene er justert for forskjeller i lengde, og er beregnet for fisk hvor lengden satt til utvalgets aritmetiske gjennomsnitt 19,4 cm (ca 90 g). De brede stiplede linjene angir midlere lengdejustert konsentrasjon for de to fangstårene.

## 4. Vurderinger i forhold til spiselighet, vanndirektiv og andre lokale undersøkelser

Her bringes inn vurderinger i forhold til spiselighet, vanndirektivet og andre undersøkelser, jfr. oppdragsgivers spesifiseringer.

### 4.1 Omsetning

I henhold til gjeldende regelverk fra EU (EC 2006) har Mattilsynet innført en omsetningsgrense på 0,5 mg Hg/kg for de fleste arter fisk – abbor inkludert. For et fåtalls arter som det antas det konsumeres mindre av, slik som gjedde, er EUs omsetningsgrense 1,0 mg Hg/kg. I følge mattilsynet er det ikke tillatt å omsette fisk som overstiger grenseverdien, og forbrukere skal ikke finne slik fisk i butikk eller restaurant. Alle aktørene har et særlig ansvar for å sikre at regelverket overholdes, dette gjelder både fisker, fiskemottak, butikk og restaurant (Mattilsynet 2011). Videre har mattilsynet utarbeidet landsdekkende advarsel for ferskvannsfisk på grunn av kvikksølv. Her sies det at gravide og ammende ikke bør spise gjedde, abbor over ca. 25 cm, samt ørret over én kilo eller røye over én kilo. Andre personer bør ikke spise disse fiskeslagene mer enn én gang i måneden i gjennomsnitt.

Forholdsvis få av de undersøkte abborne fra 2011-undersøkelsen hadde konsentrasjoner som oversteg omsetningsgrensen:

i) For vannområdet Leira–Nitelva var det kun ett storvokst individ (33,4 cm, 603 g) fra Bjertnessjøen hvor konsentrasjonen (0,53 mg/kg) overskred grensen. For Bjertnessjøen tyder forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjon og fiskelengde på at omsetningsgrensen sannsynligvis overskrides ved en fiskelengde på omlag 30 cm (**Figur 3**). For de øvrige innsjøene har vi ikke gjort en slik vurdering da det ville bety en grov ekstrapolering av dataene og resultere i et usikkert estimat, men generelt ville de ha nådd grenseverdien ved en større fiskestørrelse.

ii) For vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma ble det påvist konsentrasjoner høyere enn omsetningsgrensen i 18 % (14 individer) av fangsten fra de tre undersøkte innsjøene (**Figur 4**). Forholdene mellom konsentrasjon og fiskelengde varierte mellom de tre innsjøene. For Fjellsjøen syntes omsetningsgrensen å bli overskredet når fisken ble omlag 28 cm, mens tilsvarende størrelse for Kinna og Heggetjern var omlag 33 cm.

For gjedde har vi ingen resultater fra 2011, men i undersøkelsen fra 1989/1990 var det ingen individer som oversteg omsetningsgrensen (1,0 mg Hg/kg), og høyeste konsentrasjon på 0,93 mg/kg ble funnet i et individ fra Hurdalssjøen som var nær 70 cm eller 2 kg. Hvorvidt det for gjedde har skjedd en økning i nivåene fram til i dag har vi ingen data på, men vi ser det ikke som usannsynlig at en tilsvarende økning slik som vi har rapportert for abbor i Sør-Øst Norge (Fjeld og Rognerud 2009) også kan gjelde for gjedde.

## 4.2 Vanddirektivet

EUs vanddirektiv ble gjort gjeldende i Norge i 2008. Hovedformålet med vanddirektivet er å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette forebyggende eller forbedrende miljøtiltak for å sikre miljøtilstanden i ferskvann, grunnvann og kystvann. Kvikksølv er en av de prioriterte miljøgiftene i vanddirektivet. Et regelverk i vanddirektivet omhandler prioriterte substanser og her har det blitt satt grenseverdier for miljøkvalitetsstandarder, såkalte EQS-verdier. For kvikksølv er grensen for god kjemisk status for biota blitt satt til 0,02 mg Hg/kg i fisk og andre akvatiske organismer (EU 2006). Denne grenseverdien (EQS-verdien) er satt for å beskytte fugl og pattedyr som ernærer seg på disse organismene. Norge har implementert denne grenseverdien i vannforskriften (Norsk Lovtidend 2012). Dette er en meget lav grenseverdi, og ingen av prøvene i undersøkelsen fra 2011 hadde så lave konsentrasjoner. Lokalteter hvor det er målt at denne grenseverdien overskrides vil ikke kunne klassifiseres til å ha god kjemisk tilstand.

I tidligere undersøkelse av abbor og ikke-fiskespisende ørret fra Sør-Norge i 2008 (Fjeld og Rognerud 2009; Fjeld *et al.* 2009) fant vi heller ingen individer som lå under denne grenseverdien – ikke engang for ørret fra en høytliggende kald fjellsjø fra Hardangervidda, som representerer en innsjøtype som vi forventer er blant de minst påvirkede i regionen. Vi vil ikke se bort fra at den fastsatte EQS-verdien ligger over det naturlige bakgrunnsnivået i vannforekomster hvor forholdene ligger til rette for høy produksjon av metylkvikksølv, eksempelvis skogsjøer i Øst-Norge. På bakgrunn av dette synes det for oss som miljøkravet for kvikksølv er satt til et urealistisk lavt nivå. Direktivet (EU 2008, §26) gir mulighet til at det kan gjøres en nasjonal reservasjon med hensyn til overskridelser som skyldes «transboundary pollution», men Norge har så langt ikke gjort en slik reservasjon.

## 4.3 Vurdering i forhold til andre lokale undersøkelser

I flere masteroppgaver fra UMB har det blitt analysert kvikksølv i ferskvannsfisk fra Øyeren (Greipsland, 2011; Moseby, 2011; Svae, 2011). Generelt kan det ut fra disse konkluderes med at fiskespisende arter i Øyeren har et kvikksølvinnhold som overstiger 0,5 mg/kg når de når en kritisk størrelse: abbor >25cm (200 g), asp >60 cm (vekt mangler), gjedde >75 cm (2,5 kg) og gjørs >85 cm (2,9 kg). Forfatterne viser at for flere av artene influerer fiskens vekstrate kvikksølvkonsentrasjonene i betydelig grad.

Sammenlikner vi data fra abbor fra foreliggende undersøkelsen med data fra Øyeren ser vi at ved en gitt størrelse har fisken i Øyeren høyere kvikksølvkonsentrasjon enn fisk fra de to undersøkte vannområdene. Kostholdsrådgrensen på 0,5 mg/kg ble overskredet ved en lengde på 25 cm i Øyeren, mens tilsvarende størrelser i lokalitetene fra vannområdene Leira–Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma og var henholdsvis >30 cm og 28–33 cm.

Nasjonale data på kvikksølv viser at det er en forholdsvis god sammenheng mellom lengdejusterte midlere konsentrasjoner i samlevende bestander av abbor og gjedde. En analyse av norske data vi tidligere har brukt i en nordisk undersøkelse av kvikksølv i miljøet (Munthe et al. 2007) viste følgende forhold mellom populasjonsgjennomsnittene (mg Hg/kg) for gjedde (52,5 cm,  $\approx$  950 g) og abbor (22,1 cm,  $\approx$  132 g):

$$\begin{aligned} \text{Hg-gjedde} &= 1,17 \cdot \text{Hg-abbor} + 0,12 \\ R^2 &= 0,72 \\ n &= 36 \end{aligned}$$

Forholdet baserer seg bestander fra 36 innsjøer, hvor midlere antall analyserte individer av abbor og gjedde var henholdsvis 18 og 12. Vi ville forvente å finne et tilsvarende forhold mellom gjedde og abbor i de to undersøkte vannområdene. For abbor og ørret var det stor spredning mellom de lengdejusterte populasjonsgjennomsnittene ( $R^2 = 0,06$ ,  $n = 27$ ). Det var derfor ikke mulig å predikere konsentrasjonene i ørret med tilfredsstillende nøyaktighet ut fra konsentrasjonene i abbor.

Oppdragsgiver ønsket at vi på bakgrunn av disse masteroppgavene skal komme med vurderinger av kvikksølvinnholdet i fisk fra Leira og Nitelvas nedre deler, som begge drenerer til Øyeren. Dette er imidlertid svært forskjellige økosystemer med ulike næringskjeder. Øyeren er Norges mest fiskerike innsjø og har et velutviklet pelagiske næringsnett i den dypere delen i syd. Å bruke resultater herfra til å predikere konsentrasjonene i tilførselselver med til dels andre arter, andre næringskjeder og annen vannkvalitet er en oppgave som vi ikke har faglig grunnlag for å gjøre. Å bruke foreliggende undersøkelse til å vurdere forekomst av andre miljøgifter i fisk har vi heller intet faglig grunnlag for å gjøre.

## 5. Hovedkonklusjoner

Etter ønske fra oppdragsgiver er hovedkonklusjonene gitt for hvert vannområde .

### 5.1 Vannområdet Leira – Nitelva

- Undersøkelsen omfatter 109 abbor fra fem innsjøer i vannområdet Leira – Nitelva (Bjertnessjøen, Damsortungen, Lauvtangen, Råbjørn, Trasletjernet), fisket høsten 2011. Midlere fiskestørrelse i de fem bestandene var 15,7–20,7 cm eller 51–127 g. Midlere kvikksølvkonsentrasjon var 0,14–0,31 mg/kg, og de individuelle konsentrasjonene var 0,06–0,53 mg/kg.
- Sammenliknet med 2011 var midlere kvikksølvkonsentrasjoner i 1990 markant mindre og lå i området 0,05–0,21 mg/g, på tross av at fisken fra de to undersøkelsene størrelsesmessig ikke avvok fra hverandre.
- Konsentrasjonene av kvikksølv økte med fisken størrelse, men i 2011 ble det kun for én bestand (Bjertnessjøen) funnet et individ som oversteg mattilsynets grense for omsetning til konsum (0,5 mg/kg). For Bjertnessjøen ville omsetningsgrensen normalt overskrides når fisken ble større enn 30 cm ( $\approx$  400 g).
- En sammenslåing av data fra vannområdene Leira – Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma viste at kvikksølvkonsentrasjonene her var markert lavere enn de fra en regional undersøkelse i Sør-Øst Norge, fisket i 2008. For de to vannområdene ble omsetningsgrensen på 0,5 mg Hg/kg overskredet når fisken ble 31 cm (95% konfidensgrense: 29–34 cm) eller omlag 500 g (300–600 g) mens tilsvarende størrelse for den regionale undersøkelsen var 26 cm eller 309 g. En årsak til dette kan være at innsjøene i de to vannområdene var mer kalkrike og mer bufret enn de fra den regionale undersøkelsen, noe som vanligvis resulterer i lavere kvikksølvinnhold i fisk. Det var ikke statistisk grunnlag for å skille mellom vannområdene.
- Konsentrasjonene av kvikksølv i abbor fra vannområdene Leira – Nitelva og Hurdalsvassdraget/Vorma i 2011 var signifikant høyere enn de som ble funnet i en undersøkelse i samme område i 1990. Vi har da ekskludert to innsjøer fra 1989/90 med særlig høyt kalkinnhold. Forskjellene kan tyde på at kvikksølvkonsentrasjonene har økt i løpet av de to siste ti-årene, slik som det ellers er vist for Sør-Norge. Da det ikke ble fisket i de samme innsjøene som i 1989/90, hviler denne konklusjonen på at innsjøutvalget er gjort på samme type innsjøer. En mer konklusiv studie ville være å gjenfiske noen av de samme innsjøene fra 1989/90-undersøkelsen og undersøke om konsentrasjonene er endret.
- Abbor fra vannområdet Leira og Nitelva hadde gjennomgående lavere kvikksølvkonsentrasjon enn abbor fra Øyeren som er resipienten for vannområdet (data fra masteroppgaver ved UMB). I Øyeren ble omsetningsgrensen i snitt overskredet når abboeren ble 25 cm ( $\approx$  200 g), mens tilsvarende lengde for vannområdet var 30 cm ( $\approx$  400 g).



## 5.2 Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma

- Undersøkelsen omfatter 78 abbor fra tre innsjøer i vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma (Fjellsjøen, Heggetjern og Kinna), fisket høsten 2011. Midlere fiskestørrelse i de tre bestandene var 21,5–22,9 cm eller 165–189 g. Midlere kvikksølvkonsentrasjon var 0,24–0,37 mg/kg, og de individuelle konsentrasjonene var i intervallet 0,07–1,04 mg/kg.
- Sammenliknet med 2011 var midlere kvikksølvkonsentrasjoner i 1989/90 markant mindre og lå i området 0,13–0,32 mg/g, på tross av at fisken fra de to undersøkelsene størrelsesmessig ikke avvok fra hverandre.
- Konsentrasjonene av kvikksølv økte med fisken størrelse. I alle tre bestandene ble det funnet individer som oversteg mattilsynets grense for omsetning til konsum (0,5 mg/kg), og 18 % av fangsten (14 individer) overskred denne grensen. For Fjellsjøen ble omsetningsgrensen vanligvis overskredet når fisken ble omlag 28 cm ( $\approx$  300 g), mens tilsvarende størrelse for Kinna og Heggetjern var omlag 33 cm ( $\approx$  530 g).
- En sammenslåing av data fra vannområdene Hurdalsvassdraget/Vorma og Leira – Nitelva viste at kvikksølvkonsentrasjonene her var markert lavere enn de fra en regional undersøkelse i Sør-Øst Norge, fisket i 2008. For de to vannområdene ble omsetningsgrensen på 0,5 mg Hg/kg overskredet når fisken ble 31 cm (95% konfidensgrense: 29–34 cm) eller omlag 500 g (300–600 g), mens tilsvarende størrelse for den regionale undersøkelsen var 26 cm eller 309 g. En årsak til dette kan være at innsjøene i de to vannområdene var mer kalkrike og mer bufret enn de fra den regionale undersøkelsen, noe som vanligvis resulterer i lavere kvikksølvinnhold i fisk. Det var ikke statistisk grunnlag for å skille mellom vannområdene.
- Konsentrasjonene av kvikksølv i abbor fra vannområdene Hurdalsvassdraget/Vorma og Leira – Nitelva i 2011 var signifikant høyere enn de som ble funnet i en undersøkelse i samme område i 1989/90. Vi har da ekskludert to innsjøer med særlig høyt kalkinnhold. Dette kan tyde på at kvikksølvkonsentrasjonene har økt i løpet av de to siste ti-årene, slik som det ellers er vist for Sør-Norge. Da det ikke ble fisket i de samme innsjøene som i 1990, hviler denne konklusjonen på at innsjøutvalget er gjort på samme type innsjøer. En mer konklusiv studie ville være å gjenfiske noen av de samme innsjøene fra 1989/90-undersøkelsen og undersøke om konsentrasjonene er endret.
- Undersøkelsen fra 1989/90 omfatter 22 gjedder fra tre bestander (fra én av disse, Vormå, er det kun ett individ). Størrelsen på fisken var i området 33–69 cm eller 0,2–2,2 kg. Midlere kvikksølvkonsentrasjon var 0,30–0,43 mg/kg, men kun fire individer hadde konsentrasjoner som over 0,5 mg/kg, og ingen overskred omsetningsgrensen som for gjedde er 1,0 mg/kg. Statistiske analyser viste at konsentrasjonen oversteg 0,5 mg Hg/kg når fisken ble omlag 57 cm eller 1,1 kg.

## 6. Referanser

- Andersson P., Borg H. and Kärrhage P. 1995. Mercury in fish muscle in acidified and limed lakes. *Wat. Air Soil Pollut.* 80: 889–892.
- Bloom, N.S. 1992 On the methylmercury content of fish tissue. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1010–1017.
- Brandrud, T.E. 2002. Kartlegging av biologisk mangfold (naturtypekartlegging) i ferskvann. Innsjøer. Fylkesoversikt i Oslo og Akershus. – NINA Oppdragsmelding 764: 1-97.
- EU. 2006. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff. 20 pp.  
(<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF>)
- EU. 2008. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:348:0084:0097:EN:PDF>
- Fjeld, E. and Rognerud, S. 1993. Use of path analysis to investigate mercury accumulation in brown trout (*Salmo trutta*) in Norway and the influence of environmental factors. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1150-1167.
- Fjeld, E. og Rognerud, S. 2009. Miljøgifter i ferskvannsfisk, 2008. Kvikksølv i abbor og organiske miljøgifter i ørret. Klif. Statlig program for forurensningsovervåkning, rapport nr. 1956/2009. Klif, rapport TA-2544/2009. 66 s. + vedlegg.
- Fjeld, E., Rognerud, S. og Johannsen, I. 2009. Kvikksølv i ørret fra Sør-Norge, 2008. Klif. Statlig program for forurensningsovervåkning, rapport nr. 1965/2009. Klif, rapport TA-2580/2009. 20 s. + vedlegg.
- Greipsland I. 2011. Kvikksølv i sediment og mort (*Rutilus rutilus*) fra Øyeren – fokus på bioakkumulering og biomagnifisering av metyllkvikksølv. Masteroppgave INA-UMB.
- Håkanson L., Nilsson A. and Andersson T. 1988. Mercury in fish in Swedish lakes. *Environ Pollut.* 49: 145–162.
- JECFA 2003. Joint FAO/WHO committee on food additives. Sixty-first meeting, Rome, 10-19 June 2003. Summary and conclusions. JECFA/61/SC. 22 p. (<ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/jecfa61sc.pdf>)
- Johnsen, S.I. 2010. Nasjonal overvåking av edelkreps. Presentasjon av overvåkingsdata og bestandsstatus. NINA Rapport 492. 95 s.
- Mattilsynet. 2011a.  
[http://www.matportalen.no/matvaregrupper/tema/fisk\\_og\\_skalldyr/ferskvannsfisk\\_og\\_kvikksoelvforurensing](http://www.matportalen.no/matvaregrupper/tema/fisk_og_skalldyr/ferskvannsfisk_og_kvikksoelvforurensing) (sist nedlastet 01.10.2012)
- Meili, M., Iverfeldt, A. and Håkanson, L. 1991. Mercury in the surface water of Swedish forest lakes – concentrations, speciation and controlling factors. *Water Air Soil Pollut.* 56: 439-453.
- Meili M. 1995. Liming effects on mercury concentrations in fish. *In:* L. Henrikson, Y.W. Brodin (Eds.), *Liming of Acidified Surface Waters*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. pp. 83–398.
- Moseby K. 2011. Individuell vekstrate og byttefiskkonsum er bestemmende for kvikksølvkonsentrasjon i abbor (*Perca fluviatilis*), gjedde (*Esox lucius*) og gjørs (*Stizostedion lucioperca*) i Øyeren. Masteroppgave INA-UMB.

- Munthe, J., I. Wangberg, S. Rognerud, E. Fjeld, M. Verta, P. Porvari, and M. Meili. 2007. Hg in Nordic ecosystems, Nordic council of ministers, IVL Report B1761, Stockholm, Sweden
- NRC (National Research Council) 2000. Toxicological Effects of Methylmercury. Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, Board on Environmental Studies and Toxicology. National Academy Press, Washington, DC. 386 pp. ([http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9899](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9899))
- Pedersen H. B., Oppegård B. og Wilberg J. H. 1990. Aksjon 88 - forsureningssituasjonen i Akershus. Rapport fra Akershus Jeger- og Fiskerforbund og Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 84 s. + vedlegg.
- SAS Institute Inc., 2010. JMP v.9.0.3. (computer program). SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Sellers P., Kelly C.A., Rudd J.W.M. and MacHutchon,A.R. 1996. Photodegradation of methylmercury in lakes. Nature. 380: 694–697.
- Simoneau, M., Lucotte, M., Garceau, S. and Laliberte, 2005 D. Fish growth rates modulate mercury concentrations in walleye (*Sander vitreus*) from eastern Canadian lakes. Environ. Res., 98, 73–82.
- Svae, P.S. 2011. Høye kvikksølvkonsentrasjoner i asp (*Aspius aspius*) fra Øyeren er bestemt av byttefiskvalg, alder og individuell vekstrate. Masteroppgave INA-UMB.Ørjasæter H. G. Norheim og T. Ydersbond. Metyllkvikksølvanalyser i abbor og gjedde fra div. innsjøer i Akershus i 1989/1990. Upubliserte data. Finansierte fra Miljøpakke Romerike/Fylkesmannen i Oslo og Akershus.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)