

NOTAT

24. februar 2017

Mottakere: Drammens Sportsfiskere, Fiskestell.
Utarbeidet av NIVA v/: Marthe Torunn Solhaug Jenssen
Kopi: Arkiv
Journalnummer: 0219/17
Prosjektnummer: 14064.4

Sak: Kvikksølvundersøkelse av abbor fra to innsjøer i Finnemarka

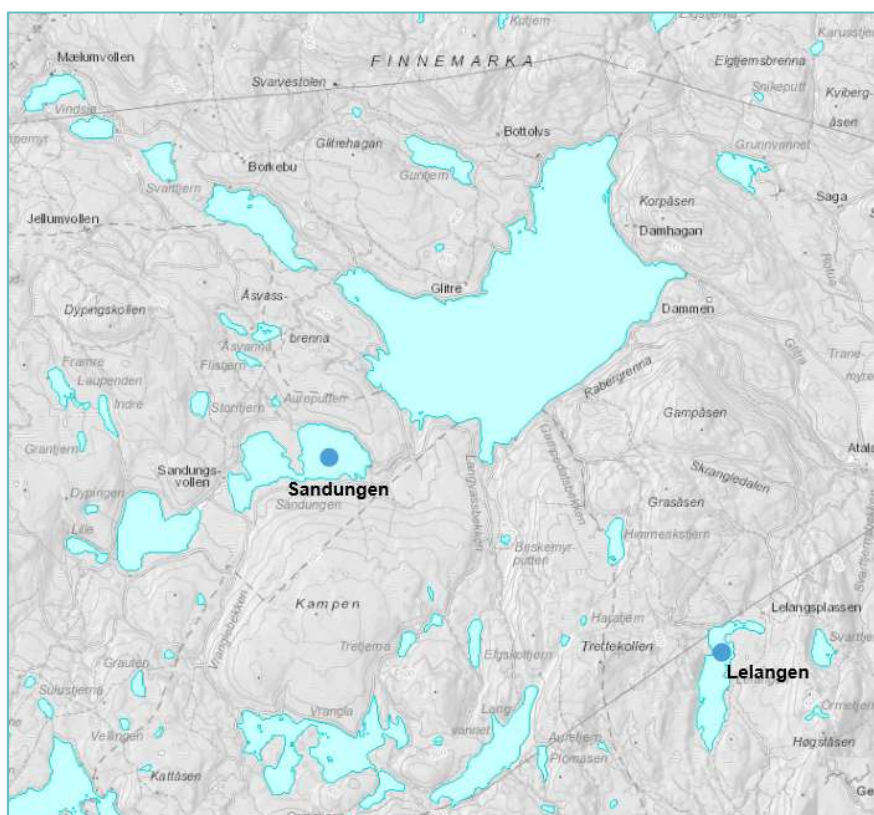
1. Beskrivelse av formål med oppdraget

Overvåkning fra flere innsjøer på Østlandet har vist at selv små abbor kan ha nivåer av kvikksølv som overskrider Mattilsynets kostholdsråd for ferskvannsfisk [1, 2]. Drammens Sportsfiskere, Fiskestell ønsker derfor å få bedre oversikt over hvordan situasjonen er i sitt nærområde ved å undersøke konsentrasjonen av kvikksølv i to abborpopulasjoner fra Finnemarka ved Drammen.

2. Gjennomføring og metoder

2.1. Lokalteter og prøvetakning

Drammens Sportsfiskere, Fiskestell samlet inn fisk fra to innsjøer i Finnemarka: Sandungen og Lelangen i mai og juni 2015 (Figur 1, Tabell 1). Fisken ble frosset ned så raskt som mulig etter fangst og holdt frossen (-18°C) inntil uttak av vevsprøver. Fisken ble opparbeidet på NIVAs fiskelab, hvor lengde, vekt og kjønn ble notert og muskelprøver ble tatt ut etter Miljøprøvebankens prosedyre for opparbeiding av ferskvannsfisk [3]. Alder ble estimert ved hjelp av gjellelokk og otolitter av professor Thronnd Haugen ved NMBU i oktober 2016.



Figur 1: Kart med plassering av de to innsjøene i Finnemarka: Sandungen og Lelangen. Kartkilde: NVE atlas (<http://atlas.nve.no/>)

Tabell 1: Innsjøene som er med i undersøkelsen. NVE-nr er innsjønummer i NVEs innsjødatabase. Koordinatene er gitt for UTM sone 33.

NVE-nr	Innsjø	Kommune	Areal (km ²)	Hoh.	Nedbørsfelt (km ²)	UTM ØV	UTM NS	Fangst dato
5448	Sandungen	Øvre Eiker	0,4639	380	17,9	222123	6645566	9.6.2015
5476	Lelangen	Lier	0,2402	427	2,01	225563	6643568	14- og 21.5.2015

2.2. Kvikksølvanalyser

Etter avtale med Drammens Sportsfiskere ble prøvene analysert med en Lumex Mercury Analyser RA 915 (atomisering ved pyrolyse og direkte bestemmelse ved atomabsorbsjonspektrometri). Duplikater ble analysert for alle prøvene fra Lelangen. For Sandungen ble kun enkelte prøver duplisert. Rådata fra analysene finnes i Vedlegg 1. Nøyaktigheten av analysene ble bestemt ved bruk av sertifisert referansemateriale som ble

analysert 13 ganger i løpet av prosedyren. Gjennomsnitt og standardavvik var 0.371 ± 0.01 mg Hg/kg, som er godt innenfor gitt variasjon til det sertifiserte referansematerialet på 0.370 ± 0.055 mg Hg/kg. Dette er en god og robust metode for å analysere kvikksølv i biologiske matrikser. Resultater fra rapporten *Miljøovervåking av kvikksølv i abbor (2010)* viser for eksempel at Lumex og akkreditert analyse av kvikksølv viste svært god overensstemmelse ($r = 0,99$; parvis test for forskjeller: $t = 0.04$; $p = 0.97$; $N = 60$) [1].

2.3. Statistikk

Statistiske analyser ble gjort med statistikkprogrammet Stata SE.14.2.

3. Resultater og diskusjon

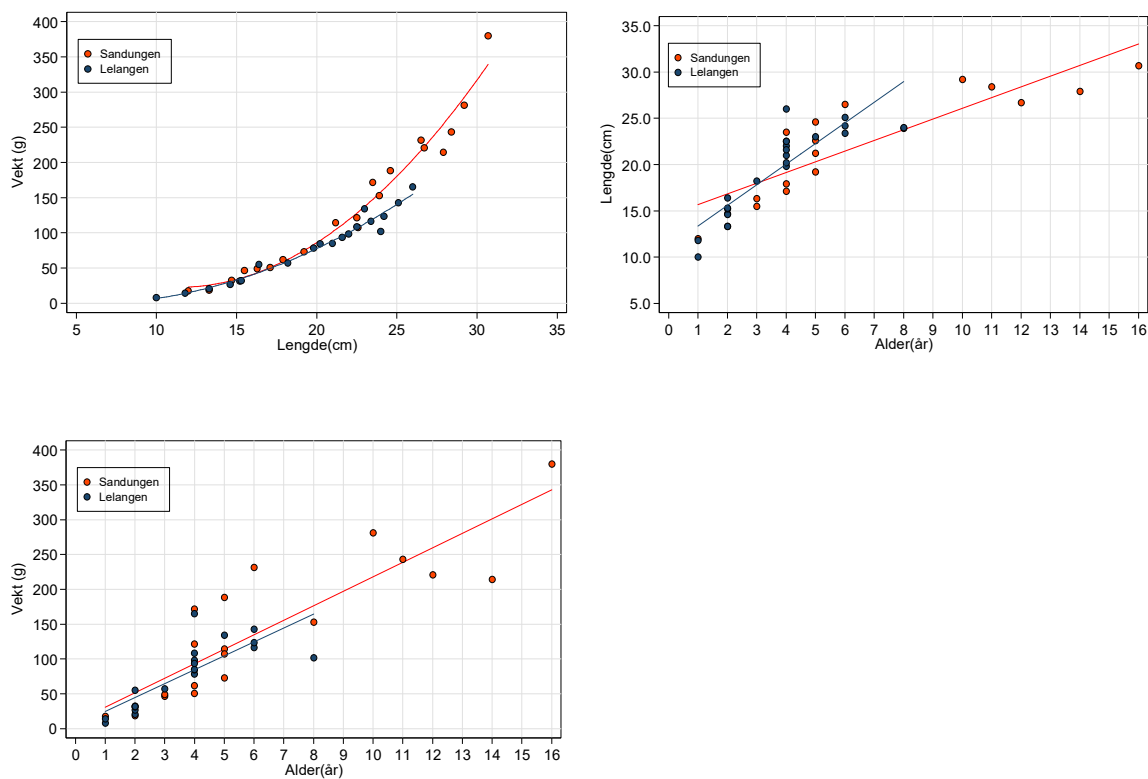
I 2015 ble det samlet inn og analysert kvikksølv på 20 abbor fra hver av innsjøene Lelangen og Sandungen. Statistikk for lengde, vekt, alder og kvikksølvkonsentrasjon er gitt i Tabell 2.

Rådata fra analysene finnes i Vedlegg 1.

Tabell 2: Lengde, vekt, alder og kvikksølvkonsentrasjon i abbor fra Lelangen og Sandungen fanget i 2015. Antall (n), middelvei, standardavvik (SD), min- og maksimumsverdier.

	Lelangen (n=20)				Sandungen (n=20)			
	middel	SD	min	maks	middel	SD	min	maks
Lengde, cm	19,4	4,7	10	26	21,7	5,7	12	30,7
Vekt, g	79	46	8	165	139	100	18	380
Alder, år	3,7	1,9	1	8	6,2	4,2	1	16
Hg, mg/kg v.v.	0,35	0,20	0,13	1,02	0,27	0,14	0,09	0,61

En grafisk sammenligning av lengde-vekt-, lengde-alder- og vekt-aldersforholdet til abbor fra de to lokalitetene fra Finnemarka er gitt i Figur 2. Figur 3 viser kvikksølvkonsentrasjonene i abbor fra de to innsjøene mot fiskelengde, vekt og alder.



Figur 2: Øverst til venstre vises forholdet mellom vekt og lengde i abbor fra innsjøene Sandungen og Lelangen i Finnemarka, øverst til høyre vises abborens lengde - alder forhold og nederst til venstre vises vekt - alder forholdet. Prøvene av abbor fra Sandungen og Lelangen er merket med henholdsvis rødt og blått.

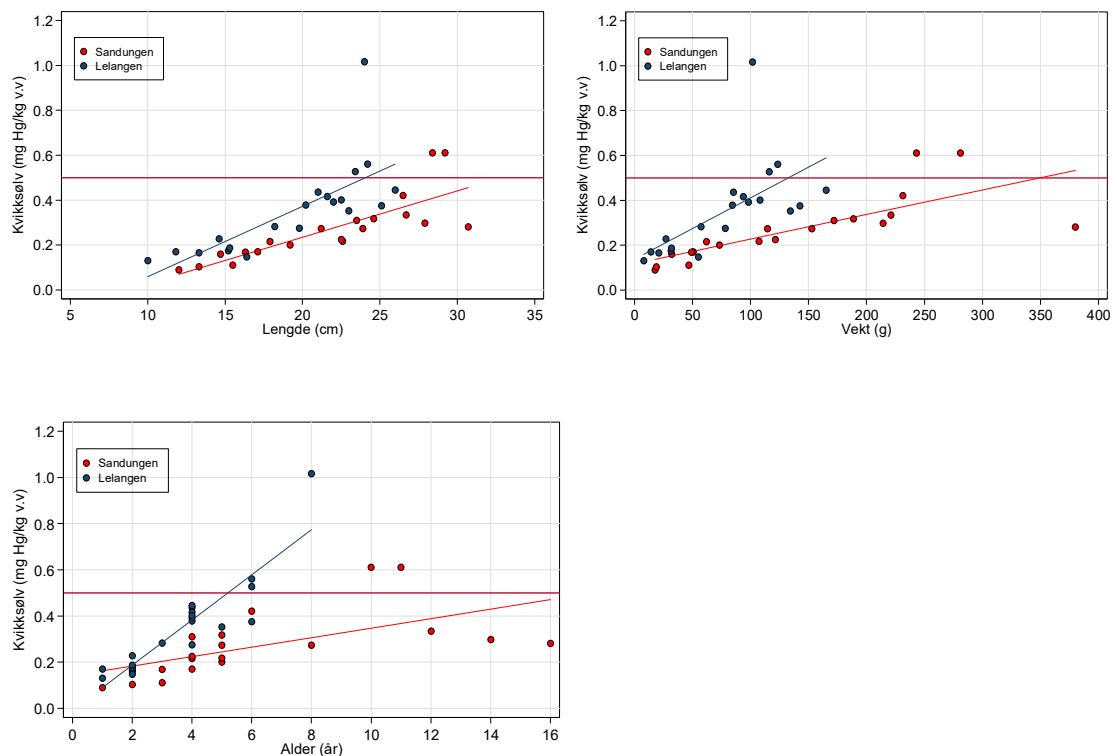
I Sandungen har spesielt stor abbor svært god vekst, noe som fører til vekstfortynning av kvikksølv (Figur 3). Den eldste fisken fra Sandungen ble målt til 16 år, 30,7 cm, veide 380 gram og hadde en kvikksølvkonsentrasjon på kun 0,28 mg Hg/kg (Figur 2 og 3) I Lelangen hvor vekstforholdene er dårlige for eldre fisk, ser det motsatte ut til å skje og kvikksølv akkumuleres i muskelvevet i større grad. Den høyeste kvikksølvkonsentrasjonen på 1.0 mg/kg ble funnet i den eldste abboren fra Lelangen, en 8-åring på 24 cm og 101,7 gram, hvor veksten tydelig har stoppet opp (Figur 2 og 3). Om man antar at resultatene viser spredningen i populasjonene, ser det ut til at abbor fra Lelangen begynner å få problemer rundt denne alderen.

Kvikksølvinnholdet i fisk vil variere fra innsjø til innsjø, basert på fiskens størrelse, alder, diett og vekst (Figur 3). Hg i abbor er ofte høyest i innsjøer med brunt, humusrikt vann [1, 4]. Vannkjemisk informasjon om Lelangen var tilgjengelig i Vannmiljø, som viser at det er en liten, kalkfattig, humøs skogssjø [5, 6]. Tilsvarende informasjon ble ikke funnet for Sandungen, men pH i sjøene ligger begge på rundt 6.5 [7].

Forskning viser at selv om utslippene av kvikksølv til luft er redusert, kan f.eks. klimaendringer [8], redusert forsuring [9] og skogsdrift [10] føre til økte konsentrasjoner av kvikksølv i fisk. Flere andre ting som for eksempel størrelse på nedbørsfeltet og andel myr og våtmark kan også spille inn på kvikksølvbelastningen [4, 11].

Kultiveringstiltak, vil også kunne påvirke konsentrasjonen av kvikksølv ved at det ofte påvirker habitatbruk, tilgangen på byttedyr og fiskens vekstrate.

I Sandungen skal det være en god bestand av abbor og ørret og Drammens Sportsfiskere har gjennomført tynningsfiske med abborruser i Sandungen, hvor all stor abbor ble satt ut igjen [12]. Større fisk har i lav K-faktor i Lelangen, og her har kultiveringstiltakene vært fikseutsetting, rusefiske og rognslurping av abbor i håp om å bedre dette [13].



Figur 3: Forholdet mellom kvikksølvkonsentrasjonen i abbor fra Sandungen og Lelangen i Finnemarka og: fiskelengde (øverst til venstre), vekt (øverst til høyre) og alder (nederst til venstre). Horisontal linje representerer konsumgrensen på 0.5 mg Hg/kg. Prøvene fra Sandungen og Lelangen er merket med henholdsvis rødt og blått.

Kostholdsrad for ferskvannsfisk

Ferskvannsfisk er spesielt utsatt for høye kvikksølvkonsentrasjoner og Mattilsynet har derfor innført generelle landsdekkende kostholdsrad for ferskvannsfisk for å beskytte befolkningen. Disse advarslene er spesielt rettet mot de som fisker ferskvannsfisk til bruk i egen husholdning [14] og er som følgende:

- Ikke spis stor gjedde eller abbor over ca 25 cm, ørret over en kilo eller røye over en kilo.
- Gravide, ammende og små barn advares mot å spise ferskvannsfisk fra selvangst i det hele tatt.

EUs omsetningsgrense for kvikksølv i fisk er satt til 0.5 mg Hg/kg. For enkelte rovfisker som gjedde er denne verdien 1.0 mg Hg/kg [15-17]. For torsk, og arter som spises ofte, anbefaler man for barn og gravide gjerne en «føre var»-grense på 0.2 mg Hg/kg i fiskefilet [18].

Tabell 2 viser at kvikksølvkonsentrasjonene er høyere i Lelangen enn i Sandungen, med gjennomsnittsverdier på henholdsvis $0,35 \pm 0,20$ og $0,27 \pm 0,14$ mg Hg/kg.

Regresjonsmodellen $\text{Log (THg)} = -3,371 + 0,467 * \text{Lelangen} + 0,0890 * \text{Lengde (Adj. R}^2=0,784, p \leq 0,0001)$ (Vedlegg 2) viser at ved lik fiskelengde vil konsentrasjonen av kvikksølv i abbor fra Lelangen gjennomsnittlig være 59,5% høyere enn i abbor fra Sandungen ($\text{exp}(0,46) = 1,595$). Basert på regresjonsmodellen vil kvikksølvkonsentrasjonene overskride EUs omsetningsgrense for fisk på 0.5 mg Hg/kg i Lelangen og Sandungen ved predikerte fiskelengder på henholdsvis 24,8 cm (95% CI: 23,3 - 26,6) og 30,1 cm (95% CI: 28,3 - 32,3). Av den analysert fisken overskred 15% omsetningsgrensa i Lelangen og 10 % i Sandungen. Konsentrasjonen av kvikksølv i abbor fra de to innsjøene i Finnemarka ser ut til å ligge rundt samme nivå og noe lavere enn hva som er funnet i andre østlandssjøer [1, 2, 19].

Tolerabelt ukentlig inntak av metylkvikksølv

Kvikksølv i fisk består i all hovedsak som metylkvikksølv [20] og i Norge blir vi først og fremst eksponert for metylkvikksølv via fisk og sjømat [21].

Den Europeiske myndighet for næringsmiddeltrygghet (EFSA) har satt tolerabelt ukentlig inntak av Metylkvikksølv til 1.3 µg per kilo kroppsvekt per uke [22, 23] (på engelsk; tolerable weekly intake, forkortet til TWI) og er et estimat på den gjennomsnittlige mengden av et stoff som kan konsumeres daglig, ukentlig og gjennom livet, uten at dette medfører helseskade.

Verdien er fastsatt for å beskytte hele befolkningen, men en moderat overskridelse av TWI innimellom antas å være av mindre betydning da flere sikkerhetsfaktorer virker beskyttende.

Unntaket er for gravide og ammende kvinner, som bør holde seg innenfor denne grensen da metylkvikksølv er spesielt farlig for utviklingen av hjernen hos foster og spedbarn [18]

Drammens Sportsfiskere, Fiskestell ønsker å kunne estimere eget kvikksølvinntak. Og formelen til TWI µg Hg pr kilo kroppsvekt kan brukes til å gjøre egne overslag:

Om man for eksempel spiser 200 gram av en fisk med en kvikksølvkonsentrasjon tilsvarende omsetningsgrensen på 0,5 mg/kg og veier 75 kilo vil verdien så vidt tangere verdien for

tolerabelt ukentlig inntak: $\frac{(0,5 \text{ mg/kg} * 1000) (\frac{200 \text{ g}}{1000})}{75 \text{ kg}} = 1,33 \text{ } \mu\text{g/kg}$ kroppsvekt.

4. Konklusjon

Konsentrasjonen av kvikksølv i abbor fra de to innsjøene i Finnemarka ser ut til å ligge rundt samme nivå og noe lavere enn hva som er funnet i andre østlandssjøer. EUs omsetningsgrense for fisk på 0.5 mg Hg/kg ble overskredet i Lelangen og Sandungen ved predikerte fiskelengder på henholdsvis 24,8 cm og 30,1 cm. En kan ikke ut fra resultatene fra disse to innsjøene si noe generelt om forholdene i alle innsjøene i Finnemarka. Derfor bør man følge de landsdekkende kostholdsrådene til Mattilsynet for kvikksølv i ferskvannsfisk om man fisker i området.

5. Referanser:

1. Fjeld, E., et al., *Miljøovervåkning av kvikksølv i abbor, 2010*. 2010, LNR 6090-2010: NIVA rapport. p. 28.
2. Moseby, K., *Undersøkelse av kvikksølvinnhold i fisk fra innsjøer i vannområde Øyeren. Mars 2015*. 2015: Vannområde Øyeren.
3. Miljøprøvebanken, *Prosedyre 001 : Innsamling og prøvetaking av ferskvannsfisk*, E. Fjeld, Editor. 2015, Miljøprøvebanken - Nasjonal prøvebank for miljøgifter. p. 10.
4. Braaten, H.F.V., et al., *Environmental factors influencing mercury speciation in subarctic and boreal lakes*. Science Of The Total Environment, 2014. **476-477**: p. 336-345.
5. Veileder 02:2013 – revidert 2015, *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifi seringsystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*. . p. 80.
6. Vannmiljø, *Vannlokalitet: Lelangen. Vannlokalitetskode:011-42969*. 2017.
7. Drammens Sportsfiskere. *Resultater av vannprøver i Drammensmarka og Finnemarka*. 2015 10.02.2017]; Available from: <http://drammenssportsfiskere.no/resultater-av-vannprover-i-drammensmarka-og-finnemarka/>.
8. Freeman, C., et al., *Export of organic carbon from peat soils*. . Nature, 2001. **412**: p. 785.
9. De Wit, H.A., et al., *De Wit, H. A., Mulder, J., Hindar, A. & Hole, L. 2007. Long-term increase in dissolved organic carbon in streamwaters in Norway is response to reduced acid deposition*. . Environmental Science & Technology 2007. **41**: p. 7706-7713.
10. Porvari, P., et al., *Forestry practices increase mercury and methyl mercury output from boreal forest catchments*. Environmental Science & Technology, 2003. **37**(11): p. 2389-2393.
11. Eklöf, K., et al., *Spatial and temporal variation of THg concentrations in run-off water from 19 boreal catchments, 200-2010*. Environmental Pollution, 2012. **164**: p. 102-109.
12. Drammens Sportsfiskere. *Sandungen*. 2014 02.02.2017]; Available from: <http://drammenssportsfiskere.no/2014/11/sandungen/>.

13. Drammens Sportsfiskere. *Lelangen*. 2014 02.02.2017]; Available from: <http://drammenssportsfiskere.no/2014/11/lelangen/>.
14. Mattilsynet. *Ferskvannsfisk og kvikksølvforurensing*. 2011 14.09.2015 [cited 2017 20.01.2017]; Available from: http://www.matportalen.no/matvaregrupper/tema/fisk_og_skalldyr/ferskvannsfisk_og_kvikksolvforurensing.
15. EU, *Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff*. 20 pp. 2006.
16. Lovdata, *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*, in FOR-2015-07-03-870. 2015.
17. Codex, *Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed. CODEX STAN 193-1995*, p. 1-41.
18. VKM, *Risikouurdering av kvikksølv i torskefilet. Uttalelse for faggruppen for forurensninger, naturlige toksiner og medisinrester i matkjeden*. 2006, Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM). p. 6.
19. Braaten, H.F.V., et al., *Seasonal and year to year variation in perch (Perca fluviatilis) in boreal lakes*. Environmental toxicology and chemistry, 2014. **33**(12): p. 2661-2670.
20. Bloom, N.S., *On the chemical form of mercury in edible fish and marine invertebrate tissue*. Canadian Journal of Fish and Aquatic Science, 1992. **49**: p. 1010-1017.
21. Jenssen, M.T.S., et al., *Dietary mercury exposure in a population with a wide range of fish consumption - Self-capture of fish and regional differences are important determinants of mercury in blood*. Science of the Total Environment, 2012. **439**: p. 220-229.
22. EFSA, *Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food*. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM, European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy EFSA journal, 2012. **10**(12): p. 241.
23. VKM. *EFSA har fastsatt ukentlig tolerabelt inntak for metylkvikksølv og uorganisk kvikksølv*. 2012 20.12.2012 Available from: http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=277&trg=Content_6715&Main_6177=6714:0:31,2720&Content_6715=6752:1990965::0:6713:1::0:0.

Vedlegg 1: Rådata

Fisk ID	Lokalitet	Fangstdato	Lengde, cm	Vekt, g	Alder	Kjønn	THg mg/kg ¹	THg mg/kg ²	THg mg/kg
L-1	Lelangen	09.06.2015	10	7.9	1	F	0.13	0.13	0.13
L-2	Lelangen	09.06.2015	11.8	14	1	M	0.17	0.17	0.17
L-3	Lelangen	09.06.2015	13.3	20.7	2	M	0.17	0.16	0.17
L-4	Lelangen	09.06.2015	14.6	27	2	M	0.22	0.23	0.23
L-5	Lelangen	09.06.2015	15.2	31.5	2	M	0.18	0.17	0.18
L-6	Lelangen	09.06.2015	15.3	31.8	2	F	0.18	0.20	0.19
L-7	Lelangen	09.06.2015	16.4	55	2	F	0.15	0.14	0.15
L-8	Lelangen	09.06.2015	18.2	57.2	3	M	0.28	0.28	0.28
L-9	Lelangen	09.06.2015	19.8	78.2	4	F	0.26	0.29	0.28
L-10	Lelangen	09.06.2015	20.2	84.3	4	F	0.40	0.36	0.38
L-11	Lelangen	09.06.2015	21	85.1	4	F	0.46	0.42	0.44
L-12	Lelangen	09.06.2015	22	98.1	4	M	0.38	0.40	0.39
L-13	Lelangen	09.06.2015	21.6	93.7	4	F	0.44	0.39	0.42
L-14	Lelangen	09.06.2015	23	134.2	5	F	0.36	0.34	0.35
L-15	Lelangen	09.06.2015	22.5	108.1	4	F	0.42	0.38	0.40
L-16	Lelangen	09.06.2015	23.4	116.2	6	F	0.57	0.49	0.53
L-17	Lelangen	09.06.2015	24	101.7	8	F	1.04	0.99	1.02
L-18	Lelangen	09.06.2015	24.2	123.4	6	F	0.56	0.56	0.56
L-19	Lelangen	09.06.2015	25.1	142.6	6	F	0.36	0.39	0.37
L-20	Lelangen	09.06.2015	26	165.1	4	F	0.46	0.43	0.45
S-1	Sandungen	21.05.2015	12	17.5	1	M	0.09		0.09
S-2	Sandungen	21.05.2015	13.3	18.7	2	F	0.10	0.11	0.10
S-3	Sandungen	21.05.2015	14.7	32.1	2	M	0.16		0.16
S-4	Sandungen	21.05.2015	15.5	46.7	3	F	0.11		0.11
S-5	Sandungen	21.05.2015	17.1	50.5	4	F	0.17		0.17
S-6	Sandungen	21.05.2015	16.3	48.9	3	F	0.17		0.17
S-7	Sandungen	21.05.2015	17.9	61.9	4	F	0.22		0.22
S-8	Sandungen	21.05.2015	19.2	73	5	F	0.20		0.20
S-9	Sandungen	14.05.2015	21.2	114.5	5	F	0.27		0.27
S-10	Sandungen	21.05.2015	22.6	107.3	5	F	0.22		0.22
S-11	Sandungen	14.05.2015	22.5	121.4	4	F	0.22		0.22
S-12	Sandungen	21.05.2015	23.5	171.8	4	F	0.31		0.31
S-13	Sandungen	21.05.2015	24.6	188.6	5	F	0.32		0.32
S-14	Sandungen	21.05.2015	23.9	152.8	8	F	0.27		0.27
S-15	Sandungen	21.05.2015	26.5	231.3	6	F	0.42		0.42
S-16	Sandungen	14.05.2015	26.7	220.9	12	M	0.33		0.33
S-17	Sandungen	14.05.2015	28.4	243.2	11	M	0.61	0.62	0.61
S-18	Sandungen	14.05.2015	27.9	214.2	14	M	0.30		0.30
S-19	Sandungen	21.05.2015	29.2	281.1	10	F	0.61		0.61
S-20	Sandungen	21.05.2015	30.7	380	16	F	0.27	0.29	0.28

Vedlegg 2: Lineær regresjonsmodell av relasjonen mellom den naturlige logaritmen av kvikksølvkonsentrasjon i abbor (avhengig variabler) og innsjø og lengde (uavhengige variabler).

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	40
Model	8.90506576	2	4.45253288	F(2, 37)	=	71.72
Residual	2.29711874	37	.06208429	Prob > F	=	0.0000
Total	11.2021845	39	.2872355	R-squared	=	0.7949
				Adj R-squared	=	0.7839
				Root MSE	=	.24917

log_THg	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Lelangen	.4673793	.0807908	5.79	0.000	.3036817	.631077
Lengde	.0891141	.0077452	11.51	0.000	.0734208	.1048074
_cons	-3.371526	.1769552	-19.05	0.000	-3.730071	-3.012981