

357

OPPDRA GSMELDING

Konsentrasjoner av metaller i fisk
fra Kola og Øst-Finnmark

Arnfinn Langeland
Hans Mack Berger
Terje Nøst
Ann Kristin Lien Schartau



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Konsentrasjoner av metaller i fisk fra Kola og Øst-Finnmark

Arnfinn Langeland
Hans Mack Berger
Terje Nøst
Ann Kristin Lien Schartau

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Langeland, A., Berger, H. M., Nøst, T. og Schartau, A. K. L. 1995. Konsentrasjoner av metaller i fisk fra Kola og Øst-Finnmark.

NINA Oppdragsmelding 357: 1-18

Trondheim, juni 1995

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0587-4

Forvaltningsområde:

Norsk: Forurensninger ferskvannsfisk

Engelsk: Contamination freshwater fish

Rettighetshaver ©:

NINA•NIKU Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon: Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout: Teresa Sæther

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tel: 73 58 05 00

Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13526

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Langeland, A., Berger, H.M., Nøst, T. og Schartau, A.K.L. 1995. Konsentrasjoner av metaller i fisk fra Kola og Øst-Finnmark. - NINA Oppdragsmelding 357: 1-18.

Det er utført undersøkelser av metallkonsentrasjonen i aure og røye fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Innholdet av **Cu, Zn, Ni, Cd, Hg, Cr og As** er undersøkt i muskel, gjeller, lever, nyrer og skjelett.

Resultatene viser at forurensninger fra smelteverkene er den sannsynlige årsak til høyere konsentrasjoner og bioakkumulering av Ni i fiskevev i området rundt Nikel/Zapolyarny. For de andre elementene er bildet uklart og det er ingen entydig tendens til akkumulering. Akutte forurensningseffekter synes å være begrenset til en radius på 15 km rundt forurensningskildene.

For de undersøkte lokalitetene på Jarfjordfjellet i Norge synes forholdene å være forskjellig fra området rundt Nikel/Zapolyarny. Her ble det påvist høyere konsentrasjoner enn de publiserte bakgrunnsverdier for Cd og Ni hos både aure og røye eller bare en av artene. Vi antar dette har sammenheng med den mineralfattige berggrunnen som gir lav alkalitet og surt miljø (lav pH) med mobilisering av Cd og Ni under forsuringsprosessen.

Ved framtidig overvåking av forurensningseffekter anbefales undersøkt innholdet av Ni og Cd i lever og nyrer hos fisk.

Abstract

Langeland, A., Berger, H.M., Nøst, T. and Schartau, A.K.L. 1995. Concentration of metals in fish from Kola and Eastern Finnmark. - NINA Oppdragsmelding 357: 1-18.

Concentrations of metals (**Cu, Zn, Ni, Cd, Hg, Cr, As**) were investigated in different organs (muscle, gills, liver, kidney, skeleton) of fish (brown trout *Salmo trutta* and Arctic char *Salvelinus alpinus*) from Kola and Eastern Finnmark area in 1992.

Contamination from the smelters were probably the reason for high concentrations and bioaccumulation of Ni in the Nikel/Zapolyarny area. No bioaccumulation were found for the other investigated elements. Lethal pollution effects seem restricted to an radius of 15 km from the pollution sources.

Different pollution effects were recorded in the Jarfjord mountain area in Norway. The concentrations of Cd and Ni in fish tissue in this area were higher than background levels. We suggest that this is due to the poor geology with low alkalinity and pH. Cd and Ni is known to be mobilized during acidification.

We recommend that concentrations of Ni and Cd in liver and kidney are investigated during monitoring of contamination effects in that area.

Forord

I perioden 1990-1993 ble det foretatt ferskvanns-økologiske undersøkelser i grenseområdene mellom Norge og Russland (Nøst et al. 1991, Langeland 1993, Langeland et al. 1994). Hensikten var å beskrive den økologiske tilstanden i vassdragene og vurdere skadevirkninger forårsaket av forurensningene fra smelteverkene i Nikel og Zapolyarny. I nevnte rapporter er det tidligere presentert en del resultater av metallkonsentrasjoner i ulike organer hos fisk samlet inn i 1990-1991. Tungmetaller i fisk fra Pasvik elvesystem er tidligere publisert av Amundsen et al. (1993).

Denne rapporten presenterer analyser av metallkonsentrasjoner i muskel, gjeller, lever, nyre og skjelett hos aure og røye samlet inn i juni og august 1992. Innsamlingen foregikk i samarbeid mellom forskere fra INEP (Institute of the North Industrial Ecology Problems Kola Science Centre) og NINA. Analysene er utført av Syverin Lierhagen ved NINA. Miljøverndepartementet har bevilget kr 94000 til delvis dekning av analysekostnadene for dette materialet. Totalmaterialet av metallkonsentrasjoner i fisk vil bli publisert i en vitenskapelig artikkel (Langeland et al., under arbeid).

Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord	4
Innhold	4
1 Innledning	5
2 Områdebeskrivelse.....	6
3 Materiale og metoder.....	7
4 Resultater	8
4.1 Muskel.....	8
4.2 Lever	8
4.3 Nyre.....	8
4.4 Gjeller.....	8
4.5 Skjelett	8
5 Diskusjon	15
6 Konklusjon og anbefalinger	17
7 Litteratur.....	18

1 Innledning

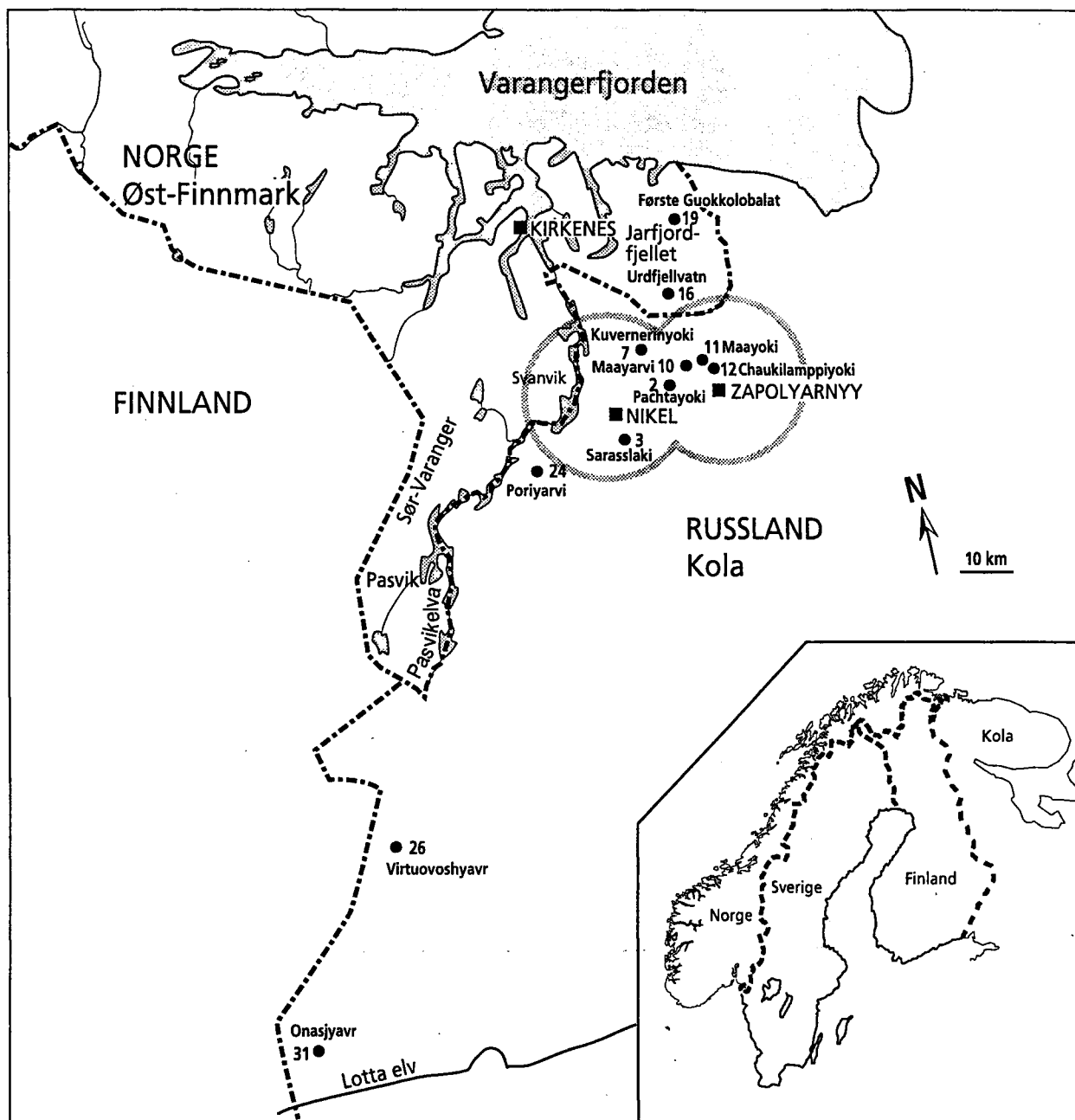
Tungmetallforurensningene fra metallindustrien i Nikel og Zapolyarny er tidligere kartlagt både i vann og sedimenter (Norton et al. 1992, Rognerud et al. 1993, Traaen et al. 1994). I denne undersøkelsen er konsentrasjonene i muskel, gjeller, lever, nyre og skjelett hos fisk analysert med hensyn til følgende metaller: kobber, sink, nikkel, kadmium, kvikksølv og krom (**Cu, Zn, Ni, Cd, Hg, Cr**). I tillegg presenteres en del resultater av halv-metallet arsen (**As**). Litteraturoversikt over mulige forurensningseffekter og tålegrenser for ferskvannsdyr av elementene Cd, Hg og As behandlet i denne rapport, er tidligere presentert av Munitz & Aagaard (1990).

Litteratur om opptak og akkumulering av essensielle og ikke-essensielle metaller er både motstridende og forvirrende (McFarlane & Franzin 1980). Cu, Mn og Zn er essensielle spor-metaller som sannsynligvis er homeostatisk kontrollert (Wiener & Giesy 1979). Selv om Cu og Zn er essensielle elementer så kan de bli akutt giftige ved høye konsentrasjoner. Undersøkelser av metalloptak i fisk med hensyn til vannkvalitet (eks. kalsiuminnholdet og pH) og næringsstatus (eks. fiskespisere), har vist at konsentrasjonene av metaller er et resultat av komplekse interaksjoner av mange faktorer (Giesy & Wiener 1977, Wiener & Giesy 1979). Metall-forgiftning hos fisk er grundig behandlet hos Sorensen (1991). De fleste metaller er giftige for fisk når de forekommer i ionisert form, dvs. ubundet eller i fri form (Sorensen 1991). Bakgrunnsverdier av metaller i ferskvannsfisk fra lite påvirkede områder er tidligere publisert av Grande (1987). Undersøkelser tyder på at Cu, Mn og Zn ikke bioakkumulerer i fiskeorganer på grunn av homeostatisk regulering (Wiener & Giesy 1979). Med dette menes opprettholdelse av konstant indre kjemisk miljø i organismen. Med bioakkumulering menes at stoffer akkumuleres i organismen gjennom livsløpet slik at eldre individer generelt har høyere konsentrasjoner enn yngre. Biokonsentrasjon betyr at stoffer akkumuleres i næringskjeden slik at topp-predatorer generelt har høyere konsentrasjoner enn arter lavere i næringskjeden. Da aure og røye som vi har undersøkt i liten grad antas å være fiskespisere i de aktuelle lokaliteter, forventer vi ikke å finne effekter av biokonsentrasjoner i vårt materiale. Bruk av fisk for overvåking av forurensninger bør begrenses til ikke-essensielle elementer som kan akkumulere i fiskeorganer ved eksponering i miljøet (Wiener & Giesy 1979).

2 Områdebeskrivelse

Undersøkelsen er foretatt i 11 ulike lokaliteter som vist i **Figur 1**. De fleste lokaliteter ligger i nærheten (5-15 km) av utslippene fra industrien i Nikel og Zapolyarny. To lokaliteter (16 og 19) ligger på norsk side. Det er også foretatt undersøkelser i to lokaliteter (26, 31) som ligger 80-110 km sør-vest for Nikel i et område

som må betraktes som lite forurenset. Den framherskende vindretning fra forurensningskildene er mot nord-øst. Vannkvaliteten på russisk side preges av høyt ioneinnhold (blant annet kalsium), høy alkalitet og høy pH. Områdene på norsk side har fattige bergarter. Vannkvaliteten her har lavt ioneinnhold og tendenser til forsurening er påvist i de høyestliggende vann (Langeland 1993, Hesthagen et al., under arbeid).



Figur 1. Undersøkelsesområdet med prøvetakingslokaliteter (2-31).
Investigated area with sampling localities (2-31).

3 Materiale og metoder

I juni og august 1992 ble det samlet inn et antall prøver for undersøkelser av metallinnhold i fiskevev. Fiskematerialet ble samlet inn i samarbeid med russiske forskere fra INEP. Prøvene er analysert ved NINAs kjemiske laboratorium i Trondheim. Etter prøvetaking i felt og lagring ved lav temperatur, ble prøvene frysetørret, veiet og brent i laboratoriet før analyse. Analysene ble utført etter standard metoder ved bruk av atom absorpsjon spektrofotometri med grafittovn eller flamme (Langeland 1993).

Resultatene presenteres som middelveidier for hver lokalitet, fiskeart og ulike organ. I tillegg presenteres standardfeil, antall analyser, minimumsverdier og maksimumsverdier. Verdiene angis som $\mu\text{g/g}$ tørrvekt fiskeorgan. Ved å dividere med 5 kan disse verdier omgjøres til våtvekt da tørrvekten utgjør 20 % av våtvekten (Grande 1987). Materialet er statistisk behandlet og testet med metoder tilgjengelig i SPSS dataprogram på abolute verdier ikke transformerte data (Oneway ANOVA, Regresjonsanalyser og t-tester). Signifikansnivå for forskjell mellom grupper er $p < 0.05$.

4 Resultater

Resultatene for hele materialet (Oneway-ANOVA test) viser høyere middel-konsentrasjoner i lever og nyre sammenlignet med muskel, gjeller og skjelett for alle elementer unntatt Zn og Cr. For Zn var konsentrasjonene like høye eller større i gjeller og skjelett. For Cr var det ingen signifikante forskjeller mellom konsentrasjonene i ulike organer. Konsentrasjonene i muskel var betydelig lavere for alle elementer unntatt Hg. For Hg var konsentrasjonen i muskel like høy eller høyere sammenlignet med de andre organene.

4.1 Muskel

Konsentrasjonene var lave i muskel for alle elementer hos aure (**Tab. 1**). For Zn, Cd, Hg, Cr og As var det ikke signifikante forskjeller mellom lokaliteter. Lokalitet 11 og 12 hadde høyere konsentrasjoner av både Cu og Ni enn noen andre lokaliteter (7, 16, 24, 26, 31). Lokalitetene 11 og 12 ligger nær smelteverket i Zapolyarny. I lokalitet 3 ble kun én aure analysert.

Konsentrasjonene var også lave i muskel hos røye for de norske lokaliteter (16 og 19), (**Tab. 6**). Konsentrasjonene var ikke forskjellig mellom disse lokalitetene unntatt for Hg. Det var ingen forskjeller mellom aure og røye unntatt for Hg hvor røye hadde et høyere Hg-innhold i lokalitet 16 enn aure (t-test).

4.2 Lever

Konsentrasjonene av Cu og Zn var høye i lever hos aure men ikke signifikant forskjellig mellom lokaliteter (**Tab. 2**). For Hg, Cr og As var det heller ikke signifikante forskjeller mellom lokaliteter. Innholdet av Ni var høyere i lokalitet 24 enn i lokalitetene 11 og 16. To målinger av Cd i lokalitet 10 var signifikant høyere enn i de fleste andre lokaliteter (11, 24, 26, 31). Nest høyest middelvei av Cd ble målt i lokalitet 19 på norsk side men middelveien er signifikant forskjellig bare fra lokalitet 11.

Middelkonsentrasjonene i lever hos røye var ikke forskjellig mellom lokalitetene 16 og 19 (**Tab. 6**). I lokalitet 19 var det ikke signifikante forskjeller mellom aure og røye. I lokalitet 16 var innholdet av Cu og Ni høyere hos aure sammenlignet med røye, mens røye hadde et høyere innhold av Cr (t-test).

4.3 Nyre

Med unntak av Ni og Cd var det ingen signifikante forskjeller i middel-konsentrasjoner i nyre mellom lokaliteter hos aure (**Tab. 3**). Konsentrasjonen av Ni var høyest i lokalitetene 12 og 19 og forskjellig fra de fleste andre lokaliteter. Høyest innhold av Cd ble målt i lokalitet 19 på norsk side og var signifikant forskjellig fra alle andre lokaliteter.

Hos røye var innholdet av Cu, Cd og Ni høyere i lokalitet 19 sammenlignet med lokalitet 16 (**Tab. 6**). Innholdet av Zn, Ni og Hg var høyere hos aure sammenlignet med røye i lokalitet 16. Middelkonsentrasjonene av Cd, Cu og Cr var ikke forskjellig mellom aure og røye i lokalitet 16. I lokalitet 19 var Zn-innholdet høyere hos aure enn røye mens det motsatte ble funnet for Cu.

4.4 Gjeller

Konsentrasjoner av fire metaller (Cu, Zn, Ni og Hg) ble målt i gjeller hos aure (**Tab. 4**). For de andre elementer (Cd, Cr, As) har vi ingen data. For Cu og Hg var det ingen signifikante forskjeller mellom lokaliteter. Høyest verdi av Zn ble funnet i lokalitet 31 men bare signifikant forskjellig fra lokalitet 16. Signifikante forskjeller mellom lokaliteter ble påvist for Ni med de høyeste verdier funnet i lokaliteter nær smelteverkene (lok. 2, 10, 11, 12). Høy konsentrasjon ble også funnet i lokalitet 19 på norsk side.

For Ni, Cd og Hg var forskjellene mellom lokalitet 16 og 19 signifikant forskjellig hos røye med de høyeste verdiene for Hg i lok. 16 og for Ni og Cd i lok. 19 (**Tab. 6**). Høyere konsentrasjoner hos aure sammenlignet med røye ble funnet for Zn og Ni i lokalitet 16 og for Zn i lokalitet 19. Røye hadde et høyere Hg-innhold enn aure i lokalitet 16.

4.5 Skjelett

Med unntak av Cu og Ni var det gjennomgående signifikante forskjeller i konsentrasjoner i skjelett mellom lokaliteter hos aure (**Tab. 5**). Høyest innhold av Cu og Cr ble funnet i lokalitetene 2 og 3.

Konsentrasjonene i skjelett var ikke forskjellig mellom lokalitetene 16 og 19 hos røye med unntak for Hg hvor innholdet var høyere i lokalitet 16 (**Tab. 6**). I skjelett hadde aure et høyere innhold av Zn i lokalitet 19 sammenlignet med røye, mens røye hadde høyere innhold av Hg i lokalitet 16 og et høyere innhold av Ni i lokalitet 19 enn aure (t-test).

Tabell 1. Konsentrasjoner av metaller ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt) i muskel hos aure fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Mean = gjennomsnitt, SE = standardfeil, n = antall prøver, Min-Maks = minimum og maksimum konsentrasjoner. # betyr signifikant forskjell mellom lokaliteter basert på Oneway Scheffes test ($p < 0,05$). NS = ikke signifikant forskjell.

Lokalitet	2	3	7	10	11	12	16	19	24	26	31	Forskjell mellom lokaliteter
Cu												
Mean	2,08	1,32	2,71	1,83	3,37	2,86	1,65	2,4	1,57	1,55	1,27	11 # 31, 26, 24 og 16,
SE(n)	0,13(5)	(1)	0,46(4)	0,47(2)	0,37(5)	0,17(5)	0,17(10)	0,25(5)	0,09(5)	0,15(3)	0,09(8)	12 # 31
Min-Max	1,72-2,44		1,70-3,96	1,36-2,30	2,33-4,65	2,37-3,42	0,98-2,64	1,78-3,18	1,18-1,74	1,32-1,84	1,00-1,83	
Zn												
Mean	21,03	20,8	20,33	15,91	23,94	18,7	17,38	24,56	23,46	19,37	17,91	NS
SE(n)	1,59(5)	(1)	1,69(4)	0,80(2)	2,35(5)	0,81(5)	1,05(10)	2,04(5)	2,77(5)	1,14(3)	0,87(8)	
Min-Max	15,55-24,48		15,66-23,80	15,10-16,71	19,67-32,54	16,12-20,74	13,11-24,70	20,50-32,44	18,35-33,76	17,08-20,60	14,90-21,69	
Ni												
Mean	1,13	1,32	0,37	1,26	1,79	1,81	0,54	1,13	0,74	0,29	0,52	11 og 12 # 26, 7, 31 og 16
SE(n)	0,09(5)	(1)	0,09(4)	0,06(2)	0,27(5)	0,14(5)	0,08(10)	0,42(5)	0,08(5)	0,07(3)	0,11(8)	
Min-Max	0,89-1,40		0,21-0,59	1,20-1,33	1,25-2,81	1,34-2,11	0,15-0,98	0,17-2,22	0,59-1,03	0,22-0,43	0,17-1,00	
Cd												
Mean	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,07	0,01	0,01	0,01	NS
SE(n)	0,01(5)	(1)	0,01(4)	0,01(2)	0,01(5)	0,01(5)	0,01(10)	0,03(5)	0,01(5)	0,01(3)	0,01(8)	
Min-Max	0,01-0,02		0,01-0,01	0,01-0,01	0,01-0,02	0,01-0,01	0,00-0,07	0,01-0,20	0,01-0,02	0,01-0,01	0,00-0,01	
Hg												
Mean	0,08	0,12	0,41	0,18	0,2	0,26	0,09	0,09	0,09	0,25	0,31	NS
SE(n)	0,01(5)	(1)	0,21(4)	0,07(2)	0,01(5)	0,04(5)	0,01(10)	0,01(5)	0,02(5)	0,04(3)	0,01(8)	
Min-Max	0,08-0,08		0,13-1,03	0,10-0,26	0,18-0,23	0,20-0,46	0,04-0,18	0,07-0,14	0,05-0,18	0,18-0,34	0,23-0,36	
Cr												
Mean	0,48	0,66	0,1	0,1	0,1	0,1	0,14	0,49	0,1	0,1	0,1	NS
SE(n)	0,23(5)	(1)	0,01(4)	0,01(2)	0,01(5)	0,01(5)	0,06(10)	0,25(5)	0,01(5)	0,01(3)	0,01(8)	
Min-Max	0,10-1,10		0,10-0,10	0,10-0,10	0,10-0,10	0,10-0,10	0,01-0,70	0,10-1,46	0,10-0,10	0,10-0,10	0,10-0,10	
As												
Mean	0,42	0,35	0,28	0,25	0,36	0,36	0,26	0,35	0,3		0,29	NS
SE(n)	0,06(5)	(1)	0,01(4)	0,01(2)	0,05(5)	0,03(5)	0,01(5)	0,02(3)	0,04(5)		0,01(7)	
Min-Max	0,31-0,64		0,26-0,32	0,23-0,26	0,28-0,54	0,27-0,45	0,21-0,30	0,30-0,40	0,24-0,48		0,25-0,34	

Tabell 2. Konsentrasjoner av metaller i lever hos aure fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Forklaringer se tabell 1.

Lokallitet	2	3	7	10	11	12	16	19	24	26	31	Forskjell mellom lokaliteter
Cu												
Mean	321,24	379,93	171,53	852,2	109,61	350,36	485	401,78	132,25	259,97	259,05	NS
SE(n)	46,90(5)	(1)	60,70(4)	672,63(2)	71,23(7)	94,68(5)	64,40(10)	57,89(5)	17,03(5)	71,41(3)	39,42(8)	
Min-Max	166,79-436,47		57,69-336,95	179,57-1524,84	0,75-447,08	13,76-550,60	113,70-802,04	259,72-573,25	85,53-191,79	142,56-389,10	135,46-426,46	
Zn												
Mean	144,59	107,15	144,48	375,04	191,47	116,69	126,51	201,34	279,76	233,64	146,42	NS
SE(n)	13,21(5)	(1)	25,34(4)	303,3(2)	53,51(7)	21,87(5)	5,85(10)	16,55(5)	144,79(5)	23,66(3)	10,44(8)	
Min-Max	112,73-184,96		86,82-208,90	71,73-678,35	43,53-471,50	81,81-202,99	98,88-168,93	153,70-246,07	123,84-858,52	186,91-263,56	102,10-201,83	
Ni												
Mean		15,35	1,77	6,41	1,21	6,57	1,97	2,32	18,39	14,26	8,33	24 # 11 og 16
SE(n)		(1)	0,32(4)	4,12(2)	0,51(7)	3,52(5)	0,21(8)	0,32(5)	3,09(5)	12,47(3)	0,56(8)	
Min-Max			1,06-2,58	2,29-10,53	0,35-4,06	2,67-20,65	1,20-3,08	1,26-3,32	10,00-25,94	0,50-39,17	5,75-10,36	
Cd												
Mean	1,55	0,81	1,08	7,64	0,16	1,83	2,09	4,76	0,33	0,43	0,33	10 # 11, 31, 24, 26 og 19 # 11
SE(n)	0,03(5)	(1)	0,28(4)	6,93(2)	0,07(7)	0,84(5)	0,26(10)	0,80(5)	0,08(5)	0,02(3)	0,04(8)	
Min-Max	1,45-1,64		0,30-1,69	0,70-14,57	0,01-0,48	0,54-5,09	0,67-3,51	2,88-6,93	0,20-0,66	0,38-0,48	0,19-0,52	
Hg												
Mean	0,12	0,23	0,46	0,78	0,12	0,27	0,21	0,19	0,23	0,27	0,55	NS
SE(n)	0,01(5)	(1)	0,27(4)	0,44(2)	0,03(7)	0,05(5)	0,03(10)	0,04(5)	0,01(5)	0,13(3)	0,03(8)	
Min-Max	0,10-0,18		0,12-1,30	0,34-1,23	0,03-0,30	0,16-0,43	0,09-0,49	0,07-0,32	0,17-0,28	0,00-0,42	0,44-0,69	
Cr												
Mean	0,7	0,1	2,52	0,66	0,76	0,19	0,06		0,18	0,3	0,27	NS
SE(n)	0,51(5)	(1)	2,42(4)	0,56(2)	0,39(7)	0,06(5)	0,01(10)		0,08(5)	0,20(3)	0,09(8)	
Min-Max	0,10-2,75		0,10-9,80	0,10-1,23	0,10-2,65	0,10-0,44	0,01-0,10		0,10-0,52	0,10-0,72	0,10-0,85	
As												
Mean	1,76	0,87	0,87	1,49	1,23	0,28	0,5		1,15		0,51	NS
SE(n)	0,44(5)	(1)	0,30(4)	1,20(2)	0,51(5)	0,02(5)	0,06(5)		0,20(5)		0,03(8)	
Min-Max	0,52-2,57		0,21-1,49	0,28-2,70	0,23-2,86	0,21-0,38	0,38-0,72		0,62-1,69		0,36-0,64	

Tabell 3. Konsentrasjoner av metaller i nyrer hos aure fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Forklaringer se tabell 1.

Lokaltet	2	3	7	10	11	12	16	19	24	26	31	Forskjell mellom lokalteter
Cu												
Mean	7,38	8,78	10,37	6,16	112,44	7,1	6,86	12,76	6,11	5,19	5,89	NS
SE(n)	1,68(5)	(1)	1,89(4)	1,50(2)	99,23(5)	1,33(5)	0,36(10)	1,49(5)	0,53(4)	1,09(2)	0,37(7)	
Min-Max	1,01-10,54		6,94-15,40	4,65-7,66	9,96-509,35	2,30-10,13	5,25-8,85	8,00-17,44	5,17-7,63	4,10-6,28	4,67-7,29	
Zn												
Mean	154,75	269,45	194,98	179,01	181,38	173,64	350,22	322,83	264,66	168,43	257,47	NS
SE(n)	34,87(5)	(1)	7,04(4)	70,96(2)	27,77(5)	9,53(5)	38,24(10)	22,19(5)	42,74(4)	37,97(2)	23,69(7)	
Min-Max	19,09-203,99		182,41-210,00	108,05-249,98	85,25-245,00	146,26-196,43	140,19-596,84	263,89-378,60	189,34-343,63	130,45-206,41	177,15-350,36	
Ni												
Mean	3,47	7,43	9,8	8,83	6,47	15,94	8,01	10,13	0,69	3,59	2,38	12 # 24, 31, 2, 26, 11 og 16
SE(n)	1,36(5)	(1)	1,81(4)	1,27(2)	1,12(5)	1,79(5)	0,63(10)	1,46(5)	0,19(4)	2,24(2)	0,70(7)	19 # 24 og 31
Min-Max	0,50-8,22		5,64-13,10	7,55-10,10	3,18-10,14	11,17-21,58	4,05-10,83	5,33-14,40	0,50-1,27	1,35-5,83	0,50-4,86	7 og 16 # 24
Cd												
Mean	2,86	2,28	3,39	2,46	0,94	2,27	5,69	17,25	0,79	0,69	1,02	19 # alle
SE(n)	0,67(5)	(1)	0,89(4)	0,07(2)	0,13(5)	0,31(5)	0,66(10)	2,44(5)	0,07(4)	0,14(2)	0,07(7)	
Min-Max	0,36-4,09		1,73-5,10	2,38-2,53	0,52-1,22	1,12-2,87	3,27-9,61	10,23-24,84	0,61-0,97	0,55-0,83	0,90-1,46	
Hg												
Mean	0,21	0,3	0,73	0,34	0,29	0,26	0,24	0,25	0,3	0,5	0,69	NS
SE(n)	0,07(5)	(1)	0,36(4)	0,01(2)	0,07(5)	0,04(5)	0,02(10)	0,04(5)	0,04(4)	0,01(2)	0,02(7)	
Min-Max	0,02-0,45		0,18-1,81	0,33-0,34	0,20-0,57	0,17-0,41	0,12-0,35	0,13-0,38	0,19-0,42	0,50-0,50	0,55-0,75	
Cr												
Mean	1,28	1,35	0,9	0,3	7,15	0,34	0,35	0,18	24,14	1,77	3,81	NS
SE(n)	0,30(5)	(1)	0,40(4)	0,02(2)	5,54(5)	0,07(5)	0,10(10)	0,08(5)	20,98(4)	1,44(2)	1,50(7)	
Min-Max	0,10-1,85		0,29-2,05	0,27-0,32	0,10-29,25	0,10-0,53	0,07-1,20	0,10-0,54	0,61-86,95	0,33-3,21	1,29-12,37	
As												
Mean	2,71	2,19	2,55	0,52	3,26	0,91	0,84	2,17	2,02	0,96	1	NS
SE(n)	0,94(5)	(1)	1,11(4)	0,17(2)	1,46(5)	0,25(5)	0,18(5)	0,50(5)	0,92(4)	0,71(2)	0,05(7)	
Min-Max	0,47-5,38		0,41-5,25	0,34-0,69	0,24-7,04	0,32-1,81	0,36-1,45	0,91-3,37	0,88-4,77	0,25-1,68	0,80-1,22	

Tabell 4. Konsentrasjoner av metaller i gjeller hos aure fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Forklaringer se tabell 1. For Cd, Cr og As har vi ingen data i gjeller.

Lokalitet	2	3	7	10	11	12	16	19	24	26	31	For forskjell mellom lokaliteter
Cu												
Mean	2,29	6,7	2,58	1,56	6,09	6,92	7,79	8,08	1,97	1,82	1,4	NS
SE(n)	0,17(5)	(1)	0,40(4)	0,14(2)	1,64(5)	0,69(5)	5,21(10)	2,03(5)	0,25(5)	0,37(3)	0,23(8)	
Min-Max	1,73-2,65		1,85-3,62	1,42-1,71	3,64-12,46	4,69-12,46	1,27-54,60	2,98-12,72	1,45-2,62	1,30-2,56	0,28-2,79	
Zn												
Mean	262,04	347,9	242,59	267,37	293,95	203,51	205,02	333,32	300,85	261,3	429,58	16 # 31
SE(n)	14,35(5)	(1)	19,83(4)	56,86(2)	26,19(5)	14,66(5)	26,99(10)	46,94(5)	15,65(5)	119,40(3)	60,39(8)	
Min-Max	226,82-298,72		196,19-292,46	210,51-324,24	248,40-390,96	162,72-250,05	0,00-303,63	203,53-464,93	249,03-329,77	39,11-448,18	112,69-649,30	
Ni												
Mean	3,04	3,36	2,53	2,74	3,42	4,05	1,76	2,7	0,49	0,69	0,4	31 # 7, 19, 2, 11 og 12
SE(n)	0,36(5)	(1)	0,41(4)	0,73(2)	0,74(5)	0,29(5)	0,10(10)	0,22(5)	0,11(5)	0,16(3)	0,05(8)	24 # 19, 2, 11 og 12
Min-Max	1,99-4,01		1,46-3,49	2,01-3,48	1,13-5,82	3,50-4,82	1,28-2,23	1,98-3,22	0,25-0,87	0,40-0,98	0,21-0,71	26 # 11 og 12,
Hg												
Mean	0,03	0,07	0,14	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,07	0,11	NS
SE(n)	0,01(5)	(1)	0,07(4)	0,01(2)	0,01(5)	0,01(5)	0,01(9)	0,00(5)	0,01(5)	0,02(3)	0,01(8)	
Min-Max	0,02-0,05		0,05-0,35	0,06-0,10	0,04-0,10	0,04-0,09	0,01-0,06	0,02-0,05	0,02-0,09	0,02-0,11	0,05-0,15	

Tabell 5. Konsentrasjoner av metaller i skjelett hos aure fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Forklaringer se tabell 1.
 For As har vi ingen data i skjelett.

Lokalitet	2	3	7	10	11	12	16	19	24	26	31	Forskjell mellom lokaliteter
Cu												
Mean	4,61	2,28	1,26	1,37	3,1	0,96	2,22	3,39	1,52	0,74	1,23	NS
SE(n)	2,32(5)	(1)	0,29(4)	0,17(2)	0,19(3)	0,18(5)	0,36(10)	0,75(5)	0,08(5)	0,06(3)	0,07(8)	
Min-Max	2,00-13,87		0,72-2,02	1,20-1,54	2,71-3,35	0,50-1,38	0,58-3,37	1,58-6,16	1,35-1,80	0,64-0,86	0,91-1,53	
Zn												
Mean	344,45	492,73	251,37	214,3	360,67	106,49	160,32	266,95	269,18	218,29	236,5	3 # 2,
SE(n)	56,94(5)	(1)	63,66(4)	13,51(2)	54,60(3)	36,93(5)	15,00(10)	21,46(5)	8,36(5)	25,50(3)	14,17(8)	2 # 12, 16,
Min-Max	248,7-561,48		95,08-406,26	200,78-227,82	251,49-417,45	32,77-215,20	53,91-224,06	221,56-341,46	247,79-293,53	168,14-251,39	190,08-290,03	11 # 12
Ni												
Mean	0,95	1,7	0,67	0,71	0,84	0,48	0,87	0,63	0,55	0,31	0,39	NS
SE(n)	0,14(5)	(1)	0,18(4)	0,41(2)	0,11(3)	0,18(5)	0,15(10)	0,14(5)	0,09(5)	0,02(3)	0,02(8)	
Min-Max	0,67-1,47		0,32-1,18	0,30-1,12	0,63-1,02	0,17-1,19	0,21-1,37	0,36-1,18	0,28-0,83	0,27-0,37	0,30-0,48	
Cd												
Mean	0,05	0,03	0,06	0,03	0,05	0,02	0,35		0,03	0,01	0,02	16 # 12
SE(n)	0,01(5)	(1)	0,03(4)	0,02(2)	0,01(3)	0,01(5)	0,08(10)		0,01(5)	0,01(3)	0,01(8)	
Min-Max	0,03-0,09		0,01-0,16	0,01-0,06	0,04-0,06	0,01-0,03	0,05-0,91		0,01-0,06	0,01-0,01	0,01-0,05	
Hg												
Mean	0,04	0,03	0,05	0,07	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,07	31 # 16
SE(n)	0,0(5)	(1)	0,01(4)	0,01(2)	0,02(3)	0,01(5)	0,01(10)	0,01(5)	0,01(5)	0,01(3)	0,01(8)	
Min-Max	0,02-0,07		0,03-0,08	0,05-0,08	0,03-0,10	0,01-0,04	0,01-0,06	0,02-0,03	0,02-0,03	0,04-0,06	0,05-0,1	
Cr												
Mean	1,0	8,44	0,81	0,47	0,45	0,46	0,42		0,24	0,31	0,5	3 # alle,
SE(n)	0,18(5)	(1)	0,07(4)	0,04(2)	0,07(3)	0,08(5)	0,02(10)		0,06(5)	0,03(3)	0,02(8)	2 # 24,26,16,12 og 31
Min-Max	0,79-1,73		0,64-0,96	0,42-0,51	0,37-0,60	0,29-0,78	0,26-0,51		0,10-0,38	0,25-0,34	0,39-0,60	7 # 24

Tabell 6. Konsentrasjoner av metaller i muskel, lever, nyre, gjeller og skjelett hos røye fra Kola og Øst-Finnmark i 1992. Forklaringer som i tabell 1.

Lokalitet	Muskel		Lever		Nyre		Gjeller		Skjelett	
	16	19	16	19	16	19	16	19	16	19
Cu					#					
Mean	1,38	1,77	129,6	278,68	9,01	31,97	3,6	8,54	2,37	2,43
SE(n)	0,05(10)	0,17(9)	31,74(10)	77,88(10)	1,17(9)	6,73(10)	0,44(10)	2,50(10)	0,49(10)	0,40(10)
Min-Max	1,05-1,58	1,17-2,81	18,71-328,48	39,40-848,34	5,46-16,27	6,25-64,12	1,81-5,45	3,52-26,00	0,50-4,41	1,06-5,04
Zn										
Mean	17,09	19,59	137,51	200,78	114,75	159	98,88	113,43	117,57	75,11
SE(n)	0,67(10)	2,05(9)	9,34(10)	23,89(10)	4,95(9)	15,58(10)	5,51(10)	6,08(10)	24,74(10)	4,21(10)
Min-Max	13,90-20,07	15,41-35,50	78,66-173,20	93,46-342,04	91,96-138,78	85,26-255,91	77,84-135,73	89,50-152,00	54,90-294,61	54,00-94,73
Ni					#		#			
Mean	0,33	0,29	1,03	1,55	5,21	10,77	1,36	2,62	0,92	1,14
SE(n)	0,07(10)	0,04(9)	0,14(10)	0,25(10)	0,79(9)	1,31(10)	0,12(10)	0,23(10)	0,15(10)	0,09(10)
Min-Max	0,16-1,02	0,16-0,52	0,50-1,68	0,63-2,96	2,53-10,27	3,69-17,50	0,36-1,76	1,54-4,00	0,19-1,89	0,73-1,80
Cd					#		#			
Mean	0,03	0,06	2,7	2,98	7,44	19,8	0,47	1,37	0,28	0,43
SE(n)	0,01(10)	0,03(9)	0,70(10)	0,29(10)	1,82(9)	2,52(10)	0,04(5)	0,17(5)	0,15(10)	0,13(5)
Min-Max	0,01-0,13	0,01-0,35	0,79-8,04	1,71-4,82	3,49-21,15	10,35-36,88	0,33-0,57	0,95-1,84	0,01-1,55	0,17-0,93
Hg	#						#		#	
Mean	0,21	0,09	0,27	0,14	0,15	0,26	0,08	0,03	0,06	0,02
SE(n)	0,04(10)	0,01(9)	0,04(10)	0,01(10)	0,02(9)	0,03(10)	0,01(10)	0,01(10)	0,01(10)	0,01(10)
Min-Max	0,07-0,40	0,05-0,13	0,11-0,57	0,03-0,20	0,06-0,24	0,12-0,48	0,01-0,15	0,01-0,06	0,01-0,13	0,01-0,03
Cr										
Mean	0,5	0,09	1,16	0,02	2,87	0,22	0,66	0,73	0,73	0,48
SE(n)	0,43(10)	0,02(9)	0,41(10)	0,01(10)	2,57(9)	0,12(10)	0,08(5)	0,51(10)	0,22(10)	0,01(5)
Min-Max	0,01-4,42	0,01-0,24	0,08-3,91	0,01-0,03	0,12-23,46	0,03-1,35	0,45-0,89	0,10-5,32	0,29-2,69	0,44-0,54

5 Diskusjon

Det generelle mønster viste få signifikante forskjeller i middel-konsentrasjoner av de undersøkte elementer mellom lokaliteter i de ulike organer. Ni og Cd var de elementer som oftest viste forskjeller mellom lokaliteter. Ekstremverdier som ble funnet for de fleste elementer og organer, tyder på stor individuell variasjon i enkeltfisk eller analysefeil på grunn av små prøver og lave verdier omkring eller under deteksjonsgrensen. Store likheter mellom lokaliteter med svært forskjellig miljøbelastning tyder derfor på en stor grad av homeostatisk regulering av metallinnholdet i fiskevev og at konsentrasjonene i mindre grad er et resultat av akkumulering ut over normalt nivå.

Indikasjoner på akkumulering vil være at konsentrasjonene øker med fiskens alder eller størrelse. Sammenhengen mellom fiskens alder og Cu, Zn, Ni, Cd, Hg, Cr og As ble beregnet ved Pearsons korrelasjonskoeffisient for alle organer (muskel, gjeller, lever, nyre og skjelett). For Cu, Hg og Cr var det ingen signifikante sammenhenger med alder. As og Cd var signifikant korrelert i lever, nyre og skjelett. Zn var signifikant korrelert med alder i muskel, gjeller og skjelett men ikke i lever og nyre. Ni var signifikant korrelert med alder i muskel, lever og nyre men ikke i gjeller og skjelett. Andre undersøkelser har heller ikke funnet et entydig bilde av sammenhengen mellom konsentrasjoner og fiskestørrelse eller alder (Wiener & Giesy 1979). I 40 av 56 t-tester (71 %) for 6 metaller og 5 organer var det ikke signifikant forskjell i middel-konsentrasjonene hos aure og røye. I 10 tilfeller (18 %) hadde aure høyere konsentrasjoner, mens i 6 (11 %) tilfeller hadde røye høyere innhold enn aure. Den varierende grad av sammenheng mellom konsentrasjoner og fiskealder og liten forskjell mellom fiskearter, støtter teorien om en sterk grad av homeostatisk regulering. Konsentrasjonene av essensielle elementer som Cu og Zn er homeostatisk kontrollert i organismen (Liebscher & Smith 1968, Giesy & Wiener 1979). Enzymsystemer opprettholder optimalt nivå av slike elementer. Vi fant ingen sammenheng mellom Cu-innholdet i fisken og fiskens alder. Dette støtter teorien om homeostatisk regulering av Cu-innholdet i fiskeorganer. Det er derfor tvilsomt om de høye verdier av Cu i enkelte lokaliteter er et resultat av akkumulering.

En sammenligning med publiserte bakgrunnsverdier for konsentrasjoner i muskel hos fisk (Grande 1987), viser at kun Ni-innholdet hos aure i lokalitetene 2, 10, 11, 12 og 19 ligger signifikant over disse. Ved vurderingen har vi tatt hensyn til at 95 % konfidensintervallet må ligge over bakgrunnsverdien. Med

unntak av lokalitet 19, som ligger i Norge, ligger alle andre nær utslipp fra smelteverkene. For røye som kun er undersøkt på norsk side, lå konsentrasjonene for alle metaller i muskel under bakgrunnsverdien. Det er også publisert bakgrunnsverdier for konsentrasjoner i lever for de undersøkte elementer med unntak for Ni og Hg. For Hg ligger imidlertid konsentrasjonene i lever både hos aure og røye under bakgrunnsverdien for muskel. Konsentrasjonene for Cu i lever hos aure i lokalitetene på norsk side (16,19) ligger signifikant over bakgrunnsverdien, mens verdiene på russisk side ligger innenfor. For Cd er det bare konsentrasjonen hos aure i lokalitet 19 på norsk side som ligger over bakgrunnsverdien. For Zn, Cr og As hos aure ligger konsentrasjonene innenfor bakgrunnsverdien. Røye fra lokalitet 19 hadde et høyere innhold av Cd i lever enn bakgrunnsverdien. Innholdet av tungmetaller i fisk fra deler av Pasvikvassdraget, som drenerer fra Nikel-området gjennom innsjøen Kuetsyarvi, ble undersøkt av Amundsen et al. (1993). Metallinnholdet var av samme størrelsesorden eller litt høyere enn funnet i andre fiskeundersøkelser fra ikke-forurensede områder og på samme nivå som funnet i metall-forurensede innsjøer. Forurensningen av tungmetaller ble karakterisert som moderat eller lav og under kritisk grense for konsum av fisk (Amundsen et al. 1993). Konsentrasjonene av metaller i fiskevev i Pasvikvassdraget var av samme størrelsesorden som funnet i våre undersøkte lokaliteter unntatt for Ni. Ni-innholdet i lever var høyere i områdene rundt Nikel sammenlignet med Pasvikvassdraget. Middelkonsentrasjonene av Hg i muskel hos aure var noe høyere enn tidligere funnet hos aure i en regional undersøkelse fra norske innsjøer (Rognerud & Fjeld 1991). Ved bruk av regresjonsmodeller fant de at Hg, TOC (total organisk karbon) og Se (negativ effekt, reduserer tilgjengelighet av Hg for fisk) i sedimenter var de viktigste faktorer til å forklare (76 %) Hg-konsentrasjonen i fiskekjøtt. Hg-konsentrasjonen var bestemt av atmosfæriske tilførsler. Våre målinger ligger allikevel godt under grenser for konsum anbefalt av WHO (Rognerud & Fjeld 1991).

Resultatene for Ni og Cu i lever i 1992 kan sammenlignes med tilsvarende data fra Nikel-området i 1990/91 (Langeland 1993) og Kola øst i 1993 (Langeland et al. 1994). Cu-innholdet målt i fisk var høyere i 1990/91 sammenlignet med 1992, mens Cu-konsentrasjonene i fisk fra Kola øst var som målt i 1992. Ni-innholdet i 1990/91 var sammenlignbart med målinger i 1992, men høyere enn funnet i fisk på Kola øst.

Atmosfærisk tilførsel av Ni og Cu fra smelteverkene i Nikel og Zapolyarny er hovedkilden for økte

konsentrasjoner påvist i sedimenter innen en distanse på 30 km fra smelteverkene (Rognerud et al. 1993). Atmosfærisk tilførsel fra smelteverkene er også grunnen til høyere konsentrasjoner av Hg i sedimenter fra Nikel-området. Ingen indikasjoner ble funnet på signifikant økt deponering av Pb, Zn og Cd i sedimenter (Rognerud et al. 1993). Forventet biologiske forurensningseffekter burde derfor være å finne for metallene Ni, Cu og Hg. Konsentrasjonene av Ni og Cu i muskel hos aure var signifikant høyere for lokalitetene 11 og 12 som ligger nær forurensningskildene. Cu-konsentrasjonen viste ingen signifikante forskjeller mellom lokaliteter i lever, nyre, gjeller og skjelett hos aure. Høyest konsentrasjon av Ni i nyre ble funnet i lokalitet 12 også nær smelteverkene i Zapolyarny. Høyest Ni-konsentrasjon i lever ble funnet i lokalitet 24 vest for Nikel. For Hg ble det ikke påvist signifikante forskjeller mellom lokaliteter som kan korreleres til forurensninger fra smelteverkene. For røye har vi ikke data fra russisk side.

På grunn av kompliserte bestandsdynamiske forhold i de mange fiskearter som finnes på russisk side, er det vanskelig å trekke sikre slutninger om forurensningenes skadevirkninger på fiskefaunaen. Liten aurebestand i innsjøer på russisk side kan ha sammenheng med tilstedeværelsen av predatorfisk som gjedde og abbor - for eksempel i Maayarvi. Det er ingen klare tegn til skade på zooplanktonsamfunnet i Maayarvi som ligger ca. 10 km nord-øst for Nikel og ca. 5 km nord for Zapolyarny. Uregelmessige fangster av enkelte årsklasser av fisk, lav diversitet av zoobenthos og sykdomstegn hos gjedde i Maayarvi, kan ha sammenheng med forurensninger (Langeland 1993). I 3 små innsjøer beliggende innenfor en radius på 10 km nord-øst for Nikel finnes det ikke fisk og bare et fåtall arter zooplankton er funnet. Vi antar dette kan tilskrives forurensningseffekter fra kildene i Nikel (Langeland 1993). I Sarasslaki som ligger ca. 5 km sør for Nikel, finnes tynne bestander av aure og røye. Etter 2 års fiske er det fanget kun én aure og et fåtall røye i denne innsjøen. Vi antar dette skyldes nær ulevelige forhold for fisken (Langeland 1993). Akutte giftvirkninger for faunaen synes å være begrenset til en radius på 15 km rundt forurensningskildene.

En sammenligning mellom lokalitetene 16 (Urdfjellvatn) og 19 (Første Guokkoluoballat) på norsk side, viser at middelveidene av Cu, Zn, Ni og Cd i alle organer hos røye er høyere i lokalitet 19 enn i lokalitet 16. For Hg og Cr er forholdet omvendt. For aure er bildet noe mindre entydig, men middelveidien for lok. 19 ligger oftest over lok. 16. Det var ingen entydig forskjell mellom fiskeartene aure og røye. I fiskevann nord på Jarfjordfjellet i området rundt lokalitet 19, er det påvist rekrutteringssvikt hos aurebestanden

(Hesthagen et al. 1992, Hesthagen et al., under arbeid). Lav pH (5,0-5,5) og lavt antall av forsuringfølsomme arter av zooplankton og bunndyr er registrert i disse lokalitetene (Langeland 1993). I Urdfjellvatn er det ikke påvist forsuringstendenser. Årsaken til dette er sannsynligvis forskjellig geologi (Thoresen 1990). Urdfjellvatn, som ligger sør for lokalitet 19, ligger i et rikere område bestående av morenemasser. Området rundt lokalitet 19 (Første Guokkoluoballat) består av nakent fjell av granitt og gneis (Sigmond et al. 1984). Fjeld et al. (1994) har undersøkt miljøets betydning for innholdet av tungmetaller i sedimenter i Sør-Norge. De fant at atmosfærisk deponering var hovedårsaken til høye verdier av Hg og Pb, mens Cd og Ni ble mobilisert under forsuring. Forhøyede verdier av Cd og Ni i fiskevev på norsk side kan derfor ha sammenheng med den påviste forsuringstendensen i Jarfjordområdet. Akkumulering av Ni og Cd over kritisk nivå behøver ikke være årsaken til skadevirkningene hos fiskebestanden i Jarfjordområdet. Generelt er det kjent at surt vann kombinert med utløsning av Al i ioneform, er den primære årsak til forsuringsskader på fiskebestander (Overrein et al. 1980).

6 Konklusjon og anbefalinger

Basert på sammenligninger av

- konsentrasjoner i fiskevev mellom lokaliteter,
- metaller i sedimenter,
- publiserte bakgrunnsverdier,
- andre undersøkelser i forurensede områder og
- korrelasjoner mellom konsentrasjoner i fiskevev og fiskens alder,

er det grunn til å anta at forurensninger fra smelteverkene er årsaken til høyere konsentrasjoner og akkumulering av Ni i fiskevev i området rundt Nikel/Zapolyarny på russisk side. For de andre elementene er bildet uklart og det er ingen entydig tendens til akkumulering. Vi antar dette har sammenheng med det høye innhold av mineraler, høy pH og alkalitet i vannet. Resultatene tyder på en sterk grad av homeostatisk regulering av innholdet av metaller i fiskevev for alle undersøkte elementer. Akutte forurensningseffekter synes å være avgrenset til en radius på 15 km rundt forurensningskildene i Nikel/Zapolyarny.

For de undersøkte lokalitetene på Jarfjordfjellet (16 og 19) synes forholdene å være forskjellig fra området rundt Nikel/Zapolyarny. Her ble det påvist høyere konsentrasjoner enn de publiserte bakgrunnsverdier for Cd og Ni hos både aure og røye eller bare en av artene. Vi antar dette har sammenheng med den mineralfattige berggrunnen som gir lav alkalitet og surt miljø (lav pH) med mobilisering av Cd og Ni under forsuringsprosessen.

Denne undersøkelse sammenholdt med litteraturen viser at det er nødvendig med et kritisk valg av elementer til bruk i overvåking av forurensningseffekter. Vi anbefaler at metallene Ni og Cd benyttes i overvåkingen av fauna og flora i ferskvann i grenseområdene mellom Norge og Russland. Ved å begrense utvalget av måleparametre kan undersøkelsene intensiveres med hensyn til antall prøver i tid og rom, fiskearter og fiskens alder. Avgrensningen kan også gjøres mht. antall organer hos fisk som undersøkes. Vi anbefaler at metallkonsentrasjoner hos fisk gjøres på lever og nyrer.

7 Litteratur

- Amundsen, P.-A., Stallvik, F., Lukin, A., Kashulin, N., Reshetnikov, Y.S. & Popova, O. 1993. Ecology and heavy metal contaminations in the fish communities of the Pasvik River System. - University of Tromsø, Tromsø. 29 sider.
- Fjeld, E., Rognerud, S. & Steinnes, E. 1994. Influence of environmental factors on heavy metal concentration in lake sediments in Southern Norway indicated by path analyses. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 1708-1720.
- Giesy, J.P. Jr. & Wiener, J.G. 1977. Frequency distributions of trace metal concentrations in five freshwater fishes. - Trans. Am. Fish. Soc. 106: 393-403.
- Grande, M. 1987. Bakgrunnsnivåer av metaller i ferskvannsfisk. - Norsk Institutt for Vannforskning O-85167, Oslo.
- Hesthagen, T., Berger, H.M. & Larsen, B.M. 1992. Fish population studies in acid-sensitive areas in eastern Finnmark, northern Norway. - Arctic Centre University of Lapland 4: 172-176.
- Langeland, A. (Ed.) 1993. Pollution impact on freshwater communities in the border region between Russia and Norway. II. Baseline study 1990-1992. - NINA Scientific report 44: 1-53.
- Langeland, A., Schartau, A.K.L., Berger, H.M. & Nøst, T. 1994. Samarbeidet Norge-Russland - ferskvannsbiologiske undersøkelser i grensevassdrag i 1993. - NINA Oppdragsmelding 259: 1-23.
- Liebscher, K. & Smith, H. 1968. Essential and nonessential trace elements. - Arch. Environ. Health 17: 881-890.
- McFarlane, G.A. & Franzin, W.G. 1980. An examination of Cd, Cu, and Hg concentrations in livers of northern pike, *Esox lucius*, and white sucker, *Catostomus commersoni*, from five lakes near a base metal smelter at Flin Flon, Manitoba. - Can J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1573-1578.
- Muniz, I.P. & Aagaard, K. 1990. Effekter av langtransportert forurensning på ferskvannsdyr i Norge - virkninger av endel sporelementer og aluminium. - NINA Utredning 13:1-64.
- Norton, S.A., Henriksen, A., Appelby, P.G. & Ludwig, L.L. 1992. Trace metal pollution in Eastern Finnmark, Norway as evidenced by studies of lake sediments. - Norsk Institutt for Vannforskning O-89187, Oslo. 42 sider.
- Nøst, T., Yakovlev, V., Berger, H.M., Kashulin, N., Langeland, A., Lukin, A. & Muladal, H. 1991. Impacts of pollution on freshwater communities in the border area between Russia and Norway. I. Preliminary study in 1990. - NINA Scientific report 26:1-41.
- Overrein, L.N., Seip, H.M. & Tollan, A. 1980. Acid precipitation - effects on forest and fish. Final report of the SNSF-project 1972-1980. - NLVF, NTNF & Miljøverndepartementet Fagrapport FR 19: 1-175.
- Rognerud, S. & Fjeld, E. 1991. National survey of heavy metals in lake sediments and mercury in fish. - Statens Forurensningstilsyn & Statens Næringsmiddeltilsyn Rapport 426/90: 1-77.
- Rognerud, S., Norton, S.A. & Dauvalter, V. 1993. Heavy metal pollution in lake sediments in the border areas between Russia and Norway. - Norsk Institutt for Vannforskning Rapport 522/93: 1-18.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984. Berggrunnskart over Norge. Najonalatlas for Norge. - NGU (Norges Geologiske Undersøkelser), Trondheim.
- Sorensen, E. M. 1991. Metal poisoning in fish. - CRC Press, Boston: 1-374.
- Thoresen, M.K. 1990. Kvartærgeologisk kart over Norge. Tema: Jordarter. Najonalatlas for Norge. - NGU (Norges Geologiske Undersøkelser, Trondheim.
- Traaen, T.S., Rognerud, S. & Steinnes, E. 1994. Forsuring og tungmetallforurensning i grenseområdene Norge/Russland. Årsrapport 1993. - Norsk Institutt for Vannforskning Rapport 567/94: 1-30.
- Wiener, J.G. & Giesy Jr. J.P. 1979. Concentrations of Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn in fishes in a highly organic softwater pond. - J. Fish. Res. Bd. Can. 36: 270-279.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0587-4

357

NINA
OPPDRAGS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Norsk institutt
for naturforskning