

351

# OPPDRA GSMELDING

Miljøovervåking Tjeldbergodden  
Metallinnhold i Terrestriske  
Næringskjeder  
Grunnlagsundersøkelse 1993-94

John Atle Kålås  
Per Jordhøy



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Miljøovervåking Tjeldbergodden  
Metallinnhold i Terrestriske  
Næringskjeder  
Grunnlagsundersøkelse 1993-94

John Atle Kålås  
Per Jordhøy

**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 befæringsrapporter, 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, 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.

Kålås, J.A. & Jordhøy, P. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Metallinnhold i terrestriske næringskjeder. Grunnlagsundersøkelse 1993-94 - NINA Oppdragsmelding 351: 1-19.

Trondheim, mai 1995

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0578-5

Forvaltningsområde:

Naturovervåking

Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

(NINA•NIKU)

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Eli Fremstad og Synnøve Vanvik, NINA

Opplag: 250

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tlf: 73 58 05 00

Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 12764 Tjeldbergodden, fauna

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Statoil

## Referat

Kålås, J.A. & Jordhøy, P. 1995. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Metallinnhold i terrestriske næringskjeder. Grunnlagsundersøkelse 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 351: 1-19.

I forbindelse med etablering av metanolfabrikk på Tjeldbergodden er det på oppdrag fra Statoil utført en basis-kartlegging av metallinnhold i terrestriske næringskjeder. Dette er et grunnlag for senere kvantifisering av eventuelle endringer i forekomster av metaller i dette naturelementet. I kartleggingen inngår det prøver av planteartene: reinlav, etasjehusmose, furumose, røsslyng, blåbær, dvergbjørk, bjørk og vier, og dyreartene spissmus, klatremus, hare, kjøttmeis, svarthvit fluesnapper, lirype, fjellrype og orrfugl. Resultatene fra prøvene fra planter og dyr samsvarer godt og viser lave konsentrasjoner for Pb og Cd som er to av de elementene som i sterkeste grad tilføres Norge som langtransportert luftforurensning. Dette samsvarer også med NILU sine målinger av innhold av metaller i nedbør i området. For Hg finner vi derimot relativt høye forekomster både i planter og dyr fra innsamlingsområdet ved Kjørsvik - Reinsjøen. Vi finner ingen umiddelbar forklaring på dette fenomenet. Det kan skyldes en marin påvirkning, men det foreligger ingen målinger av Hg-innhold i nedbør som kan bistå oss i en nærmere vurdering av kilden for Hg. Al, Cu og Zn er vanligvis godt regulert i friske dyr, og våre målte verdier for innhold av disse metallene i leverprøver fra dyr innsamlet ved Tjeldbergodden ligger alle innen 'normalnivåer'. Samtlige dyreprøver hadde Ni-konsentrasjonen under de aktuelle deteksjonsgrensene. Basert på våre målinger konkluderer vi med at området i liten grad er påvirket av metallforurensning. Dette gjelder for både langtransporterte luftforurensninger og for lokale/regionale forurensningskilder. Vi antar at de relativt høye forekomstene av Hg har naturlige årsaker uten at vi med bakgrunn i denne undersøkelsen kan si noe mer om dette.

Emneord: Miljøovervåking, metaller, planter, fugler, pattedyr.

John Atle Kålås og Per Jordhøy, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim.

## Abstract

Kålås, J.A. & Jordhøy, P. 1995. Environmental monitoring at Tjeldbergodden. Content of metals in terrestrial food chains; pilot study 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 351:1-19.

In connection with the establishment of a methanol plant at Tjeldbergodden, Møre & Romsdal, central Norway, Statoil commissioned a pilot project to carry out primary mapping of the content of metals in terrestrial food chains. This will form the basis for quantifying changes which may take place in the occurrence of metals in the natural environment here. To carry out this mapping, samples were taken of a number of plant species: lichen (*Cladonia* spp.), mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) and vascular plants (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Betula nana*, *Betula pubescens*, *Salix* spp.), and animal and bird species: *Sorex araneus*, *Clethrionomys glareolus*, *Lepus timidus*, *Parus major*, *Ficedula hypoleuca*, *Lagopus lagopus*, *Lagopus mutus* and *Tetrao tetrix*. The results of these samples agree closely with each other and show low concentrations of both Pb and Cd, which are two of the elements that are most actively introduced into Norway by long-range transported air pollution. They also agree with measurements carried out by the Norwegian Institute for Air Research on metals in the precipitation in the same area. However, we found relatively high concentrations of Hg in both plants and animals from the sampling area near Kjørsvik and Reinsjø, for which no obvious explanation can be proposed. They may be accounted for by maritime influence, but no measurements of the Hg content in precipitation are available to help us with a fuller evaluation of the source for the Hg. Al, Cu and Zn are generally well regulated in healthy animals, and the measurements we obtained for the content of these elements in livers from the animals collected at Tjeldbergodden are within 'normal range'. All the Ni analyses from animals show values beneath the relevant detection limits. Based on our measurements, we conclude that the area is little affected by metal pollution. This applies to both long-range transported air pollution and local or regional sources of contamination. We believe that the relatively high occurrence of Hg has a natural explanation, but the present investigation gives us no grounds for saying more about this.

Keywords: Environmental monitoring, metals, plants, birds mammals.

John Atle Kålås and Per Jordhøy, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.

## Forord

I forbindelse med etablering av metanolfabrikk på Tjeldbergodden i Aure kommune, Møre og Romsdal utføres det flere typer biologiske undersøkelser. Disse har blant annet som mål å beskrive forurensingssituasjonen i området før oppstarting av industriaktivitet. Vi rapporterer her en kartlegging av metallbelastninger i terrestriske næringskjeder fra ett område ved Tjeldbergodden. Denne undersøkelsen utføres i regi av Statoil og vil danne grunnlag for senere overvåking av eventuelle endringer i metallbelastninger i disse næringskjedene som følge av utslipp fra metanolanlegget.

En rekke personer har bistått oss i forbindelse med innsamlingen av prøver. Først vil vi takke grunneierne i området for bistand og velvillig innstilling til vår aktivitet i området. Dette omfatter særlig innsamlingsaktiviteten vår i Kjorsvik - Reinsjøområdet og innsamlingen av hare og hønefugler i området omkring Fonna. Helge Gjerde har bistått oss ved innsamling av data fra fuglekassene, Endre Hage ved innsamling av småpattedyr, og Tord Bretten og Henrik Brøseth ved innsamling av hare og hønefugl. Preparering av planteprøver og dyreprøver for metallanalyser er utført av Tord Bretten og Erik Kvam, mens Syverin Lierhagen har hatt ansvaret for metallanalysene. Disse samt alle andre som har gitt oss assistanse underveis takkes hjertligst.

Trondheim mai, 1995

John Atle Kålås

## Innhold

Referat.....	3
Abstract .....	3
Forord .....	4
1 Innledning .....	5
2 Metoder .....	5
2.1 Prøveinnsamling .....	5
2.2 Laboratorierutiner .....	7
2.3 Kjemiske analyser .....	7
3 Resultater og diskusjon.....	9
3.1 Planteprøver .....	9
3.2 Dyr .....	11
4 Litteratur.....	14
Vedlegg 1 Metallinnhold i planter.....	15
Vedlegg 2 Metaller i lever fra spurvefugl og småpattedyr .....	17
Vedlegg 3 Metaller i lever fra hare og hønefugler .....	19

# 1 Innledning

Norsk natur påvirkes av en rekke antropogene forurensninger som kan medføre forandringer i naturmiljøet. En viktig del av slike forurensninger er tungmetaller som ved høye forekomster kan ha negative effekter på dyrelivet. Tungmetaller tilføres norsk natur via luftmasser fra Europa (gjelder særlig de sørligste delene av landet (Steinnes et al. 1993, Kålås & Lierhagen 1992)), og fra lokal industri (for eksempel smelteverksindustrien). Tilgjengeligheten av potensielle skadelige metaller til næringskjedene økes også ved forurensning av jordsmonnet (f.eks. på grunn av økt tilførsel av SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>) (Løbersli 1991). Opptak og ekskresjon av tungmetaller påvirkes forøvrig av annet innhold i føden. Av viktige faktorer som reduserer omfang av akkumulering av metaller kan nevnes inntak av Ca (Barton et al. 1978, Rowland & Bray 1980) og Se (McGowan & Donaldson 1987, Cuvin-Aralar & Furness 1991). På denne måten vil akkumulering av metaller i dyr påvirkes av mineralinnhold i jordsmonnet (berggrunnen). Også lokale vegetasjonsforhold og klima er med på å påvirke opptak av metaller, da særlig i plantespisende dyr. Dette skyldes at potensielle beiteplanter naturlig har forskjellig innhold av metaller (Kålås & Framstad 1993) og at deres tilgjengelighet for plantespisende arter kan variere (f.eks. pga. snødekning). All slik naturlig variasjon må tas hensyn til når en skal kvantifisere eventuelle endringer i metallinnhold i næringskjeder forårsaket av menneskelig aktivitet.

Målsetningen med denne undersøkelsen er å kartlegge forekomstene av potensielt skadelige metaller i det terrestriske miljøet innen ett område ved Tjeldbergodden i forbindelse med oppstart av industriaktivitet i dette området. Denne kartleggingen skal danne grunnlag for senere kvantifisering av eventuelle endringer i forekomstene av metaller i utvalgte arter fra terrestriske næringskjeder i dette området (Thomassen & Framstad 1993).

# 2 Metoder

Tjeldbergodden ligger i Aure kommune, Møre og Romsdal (63° 25' N, 8° 40' Ø). Mesteparten av innsamlingen av prøver er konsentrert til området mellom Kjørsvik og Reinsjøen, 1-3 km fra sjøen og 70-90 m over havet (figur 1). Disse områdene ligger like i nærheten av NILU sin stasjon for måling av luft og nedbørskvalitet. Hønsefugler og hare er imidlertid innsamlet i området omkring fjellet Fonna, 2-4 km mot SV.

Berggrunnen i Tjeldbergoddenområdet er av prekambrisk-ordovicisk opprinnelse og består i all hovedsak av foliert kvartsdioritt og magmatittisk amfibolitt som gir næringsfattige jordsmonn (Askvik & Rokoengen 1985). Selv om området ligger nær sjøen finnes her lite marine løsavsetninger. Vegetasjonen i området mellom Kjørsvik og Reinsjøen er dominert av furuknauser, ombrotrof tuemyr og fattig, glissen furuskog der røsslyng og blokkebær dominerer i feltskiktet. Det er forøvrig noen mindre områder med rikere furuskog og noe dyrka mark i området nærmest Kjørsvik. For nærmere beskrivelse av vegetasjonforholdene viser vi til Fremstad (1994) og Eilertsen & Fremstad (1994). Ved Fonna danner bjørkeskog skoggrensene som ligger omkring 300 m over havet.

## 2.1 Prøveinnsamling

Kartleggingen av forekomstene av miljøgifter i terrestriske næringskjeder er valgt utført etter samme modell som Direktoratet for naturforvaltning sitt program for "Terrestrisk naturovervåking" (TOV) (Løbersli 1989, Kålås et al. 1991a, Kålås et al. 1994). Dette programmet ble startet opp i 1990 og har som målsetning å supplere allerede løpende overvåkingsprogrammer for å belyse eventuelle effekter av langtransporterte luftforurensninger på terrestrisk naturmiljø i Norge. TOV dekker i all hovedsak nordboreale og alpine områder, og det opplegg som er benyttet på Tjeldbergodden er derfor justert noe i forhold til TOV (ut fra lokale forekomster av de arter som er aktuelle for innsamling). Lokale variasjoner i forekomster av arter og store variasjoner mellom år i forekomster av enkelte av de aktuelle artene (f.eks. smågnagere) medfører at innsamlingen av prøver fra TOV-områdene vanligvis foregår over en treårsperiode. I TOV-områdene foregår det innsamling av prøver for miljøgiftanalyser fra følgende næringskjeder:

- Lav - reinsdyr
- Vegetasjon - lirype/orrfugl/hare - kongeørn/jaktfalk
- Vegetasjon - smågnagere - kongeørn/jaktfalk/fjellrev
- (Invertebrater) -spissmus/svarthvit fluesnapper/kjøttmeis - (dvergalk)

Parentes angir at denne gruppen foreløpig ikke samles inn i TOV-regi. Ut fra kunnskap om faunaforholdene i Tjeldbergoddenområdet er det samlet inn prøver fra de grupper/arter som er uthevet i overstående oversikt. Innsamlingen av prøver fra Tjeldbergoddenområdet er utført i 1993 og 1994

(Thomassen & Fremstad 1993). Vi har utført følgende innsamling av prøver for analysering av forekomster av metaller (for nærmere sammenligning med TOV-aktiviteter vises til Kålås et al. 1991a).

## Plantepøver

Plantepøver ble samlet inn fra seks forskjellige lokaliteter i området Nordgård - Reinsjøen (figur 1, felt A-F). Det ble totalt samlet inn 5-6 parallelle prøver av reinlav (*Cladonia* spp.), moser (etasjehusmose (*Hylocomium splendens*) og furumose (*Pleurozium schrebeni*)) og karplanter: røsslyng (*Calluna vulgaris*), blåbær (*Vaccinium myrtillus*), dvergbjørk (*Betula nana*), bjørk (*Betula pubescens*) og vier (*Salix* spp.), 28 august 1993. Dette er de samme plantearter som benyttes i TOV-programmet (Kålås et al. 1991a).

## Småpattedyr

Det er samlet inn smågnagere og spissmus ved fellefangst. Smågnagerpopulasjonene varierer sterkt mellom år og har vanligvis faste sykluser med fire år mellom hver populasjonstopp. Mulighetene for å få fatt i dyr avhenger sterkt av stadium i smågnagersyklusen. Fellefangst etter smågnagere ble også utført i området Nordgård - Reinsjøen med fangstlinjer (å 50 feller) i tilknytning til feltene der plantepøver ble samlet inn (figur 1, felt A-F). Det ble fanget i periodene 25-28 august og 13-28 oktober 1993, og i perioden 1-4 september 1994. I hver periode ble det fanget med totalt 300 feller hver natt.

I 1993 ble det i første fangstperioden fanget tre vanlig spissmus (*Sorex araneus*) og ingen smågnagere, noe som gir en lav fangstindeks (0,3 spissmus pr. 100 felledøgn). Siste fangstperiode i 1993 var planlagt til perioden 13-15 oktober, men fangstene ble forstyrret på grunn av sterkt snøfall natt til 14 oktober, noe som medførte at fellene ikke kunne tas inn før 28 oktober. Det hadde vært snødekke i mesteparten av denne perioden og det var en spissmus og en klatremus (*Clethrionomys glareolus*) i fellene da de ble hentet inn. Disse prøvene kan ikke benyttes til metallanalyser på grunn av for langt tidsrom mellom fangst og nedfrysing. I 1994 var småpattedyrbestanden betydelig høyere, og det ble fanget 32 klatremus, fire markmus (*Microtus agrestis*), 22 vanlig spissmus og en dvergspissmus (*Sorex minutus*). Dette gir en fangstindeks på 4,0 smågnagere pr. 100 felledøgn og 2,6 spissmus pr. 100 felledøgn. Dette indikerer relativt høye bestandstettheter i området i 1994 (Kålås et al. 1994). Av de innsamlede småpattedyrene ble 13 klatremus tyngre enn 24 g (seks hunner og syv hanner) og 13 vanlig spissmus (tre fra 1993 og ti fra 1994) tyngre enn 8,3 g (syv hunner og seks hanner) benyttet for kjemiske analyser av metallinnhold i lever. Et slikt utvalg vil hovedsakelig bestå av kjønnsmodne individer med en alder mellom 1 og 5 md.

## Spurvefugler

For måling av miljøgiftbelastninger i spurvefugler er det benyttet unger av svarthvit fluesnapper (*Ficedula hypoleuca*) og kjøttmeis (*Parus major*). For innsamling av slike prøver ble det hengt opp 50 fuglekasser fordelt på tre områder, med henholdsvis 30 kasser ved Nordgård, 15 kasser mellom Småvatna og Reinsjøen og 15 kasser ved Reinsjøen (figur 1). Kassene ble hengt opp 30 april 1993 og ble holdt under oppsyn fra midten av mai til midten av juli både i 1993 og 1994. I 1993 ble det registrert egglegging av svarthvit fluesnapper i 15 kasser og av kjøttmeis i to kasser. Hovedandelen av fluesnapperkullene ble ferdiglagte i perioden 25 mai-5 juni, mens begge kjøttmeiskullene var sene kull ferdiglagt ca 15 og 30 juni. Det ble i perioden 23-24 juni samlet inn tre fluesnapperunger fra hver av seks utvalgte reir. Videre ble tre kjøttmeisunger fra hvert av de to aktuelle reirene samlet inn henholdsvis 12 og 23 juli. I 1994 ble det registrert egglegging av svarthvit fluesnapper i 24 kasser og av kjøttmeis i ti kasser. For svarthvit fluesnapper var hovedtidspunkt for egglegging også i 1994 mellom 25 mai og 5 juni, men fire tidlige kull var ferdiglagt før 25 mai. For kjøttmeis var det fire tidlige kull ferdiglagt før 23 mai og seks sene kull lagt i perioden 15-30 juni. Det ble samlet inn tre kjøttmeisunger fra hvert av tre kjøttmeisreirene i perioden 18-25 juli.

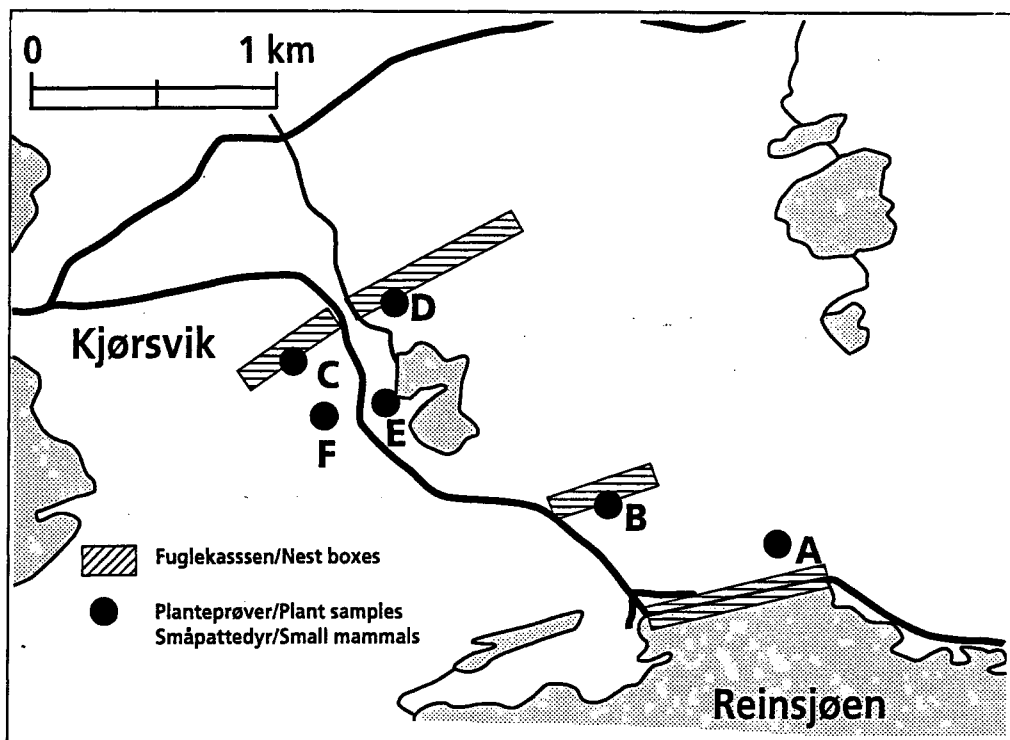
Alle innsamlede fugleunger er fra 10 til 13 dager gamle. Innen hvert enkelt kull kan vekten og dermed utviklingen av ungene variere noe. For å unngå å få med svekkede/dårlig utviklede unger er det for svarthvit fluesnapper bare benyttet unger med vekt over 9 g (9-14,5 g) og for kjøttmeis unger med vekt over 13 g (13-18 g). En fluesnapperunge og en kjøttmeisunge var under de aktuelle vektene og er ikke inkludert i de kjemiske analysene.

## Hønsfugl/hare

Som for TOV baserte vi i 1993 innsamling av prøver av liryte (*Lagopus lagopus*), orrfugl (*Tetrao tetrix*) og hare (*Lepus timidus*) på kontakt med lokale jegere i forbindelse med den tradisjonelle høstjakta. Det er imidlertid lite jakt på de aktuelle småviltartene innen det aktuelle området og 1993-sesongen resulterte i ingen innsamlede småvilt. Høsten 1994 ble det derfor benyttet eget personell for denne innsamlingen. Innsamlingsarbeidet foregikk i perioden 28 september - 8 desember og ble konsentrert til høyde-nivået 250-700 m o.h. ved Fonna 3-5 km SSØ for det nyetablerte industriområdet.

Også i 1994 var det lave tettheter av småvilt i området. På grunn av potensielle konflikter med hjortejakta i området var mulighetene for innsamling av orrfugl og hare noe begrenset. Totalt ble det samlet inn 10 stk. småvilt fordelt på tre liryper, fire fjellryper (*Lagopus mutus*), to orrfugl og en hare. For å unngå forurensing av disse prøvene med bly ble alle individene felt med stålhagl.

Figur 1. Oversikt over innsamlingsområdene for plantemateriale, spurvefugleunger og småpattedyr som ligger mellom Kjørsvik og Reinsjøen. - Location of sampling sites for plants, chicks from passerine birds and small mammals in the Kjørsvik - Reinsjø area.



## 2.2 Laboratorierutiner

### Planteprøver

Hver planteprøve består av materiale fra et utvalg av individer innen et område på under 10 m<sup>2</sup>, og avstanden mellom hvert prøvepunkt er minst 20 m. Materialet ble samlet i papirposer og oppbevart nedfrosset ved -20 °C. For nærmere beskrivelse av innsamlingsmetoder viser vi til Fremstad (1991).

For plantematerialet er følgende prosedyrer fulgt i laboratoriet:

- Et utvalg av materiale ble tatt fra forskjellige deler av posen. Øvrig materiale ble frosset ned igjen umiddelbart for videre oppbevaring.
- Ved all håndtering av materialet ble det benyttet én-gangs plasthansker.
- Ved mekanisk oppdeling av materialet ble det benyttet kniver/pinsetter av titan.
- furumose-levende del, ca 2,0 g; blåbær - blader, ca 2,0 g, blåbær - årsskudd, ca 0,8 g; vier - blader, 2,0 g, vier - årsskudd ca 0,8 g; dvergbjørk - blader ca 2,0 g; dvergbjørk - årsskudd, ca 0,8 g; bjørk - blader ca 2,0 g, bjørk - årsskudd, ca 0,8 g; røsslyng - årsskudd med blader ca 0,8 g.

### Animalske prøver

Etter avlaving av fugler ble de oppbevart i papirpose. Deretter ble de lagt i plastposer og frosset ned ved -20 °C så snart som mulig (innen 2-10 t).

Ved uttak av prøver ble fuglene tint til ca 0 °C. Det er tatt prøve av lever for analysering av metaller. For spissmusene, klatremusene og fugleungene ble hele levera benyttet, og dette utgjorde 0,3-0,8 g våtvekt. For hønsefuglene ble det tatt ut et ca 1,5 g (våtvekt) tverrsnitt av levera. Bare uskadde organer/deler av organer er benyttet. Ved uttak av prøver ble det brukt kniver og pinsetter av titan. Utstyret ble rensset mellom hvert individ i 1 mol HNO<sub>3</sub> og skylt i destillert vann.

## 2.3 Kjemiske analyser

Samtlige prøver er analysert for forekomster av aluminium (Al), bly (Pb), kadmium (Cd), kopper (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni) og sink (Zn). I tillegg er det analysert for innholdet av kalsium (Ca) i planteprøvene. Følgende rutiner er fulgt ved analysering for forekomster av metaller i de innsamlede prøvene:

- Prøvene ble tørket i frysetørrer (Christ LDC-1) i ca 17 timer.
- 0,1-0,4 g prøve (tørrvekt) oppsluttes. Prøvene av reinlav, moser og blader ble etter frysetørring homogenisert ved å bruke teflonspatel. Prøvene av årsskudd lar seg ikke homogenisere på denne måten. Derfor blir det for



denne prøvetypen benyttet flere små prøver (0,5-1,0 cm lange) fra et utvalg av individer.

- Prøvene oppsluttes ved bruk av konsentrert HNO<sub>3</sub> og inndamping i mikrobølgeovn (Milestone MLS 1200) i beholdere av perfluoralkohol (PFA).
- Konsentrasjoner av metaller bestemmes ved hjelp av atomabsorpsjon-spektroskopi (Perkin Emler, modell 1 100B) med grafittovn (HGA 700) og hydridsystem (FIAS 200) som tilleggsutstyr.
- Nøyaktigheten av analyseprosedyrene kontrolleres ved hjelp av internasjonale standarder (NBS): Bovine liver, Dogfish liver, Dogfish muscle og Rye gras (Kålås & Lierhagen 1992) (tabell 1).

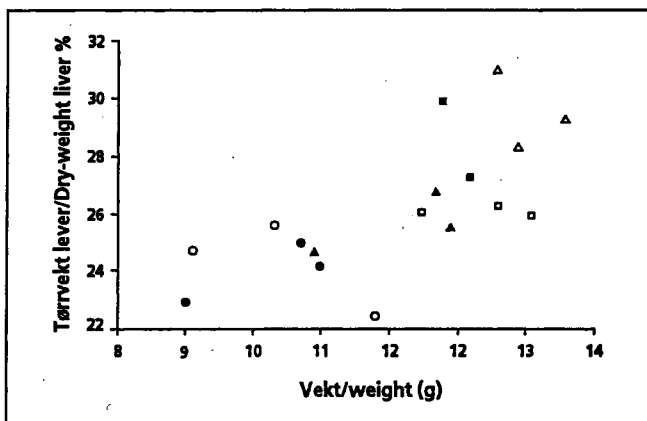
For de fleste prøvene har vi følgende deteksjonsgrenser (alle verdier gitt som mg kg<sup>-1</sup> tørrvekt (tv)): Al = 0,5 (0.3), Ca = 10, Cd = 0,015 (0.01), Cu = 0,5, Hg = 0,02 (0.015), Ni = 0,2, Pb = 0,2 (0,15) og Zn = 0,5. Tallene i parentes angir verdier benyttet ved beregninger og statistiske analyser der konsentrasjonene var under deteksjonsgrensen. Deteksjonsgrensene varierer imidlertid med innveid prøvemengde. For leverprøvene fra spissmusene og fugleungene var disponibel levermengde begrenset og vi har benyttet prøvemengder ned til 0,1 g (tv). For disse prøvetypene har vi derfor noe forhøyede deteksjonsgrenser for Ni, og for fugleungene også for Pb. For enkelte av svarthvit fluesnapper ungene (n = 3) og spissmusene (n = 3) var leverprøven så liten at deteksjonsgrensen for Al, Ni og Pb for disse var høyere en benyttet deteksjonsgrense. Dersom disse prøvene hadde verdier under deres spesifikke deteksjonsgrense er de utelatt for det aktuelle metallet. For planteprøvene er deteksjonsgren for Ni satt til 0,5 mg kg<sup>-1</sup> tørrvekt og for Al 5 mg kg<sup>-1</sup> tørrvekt.

**Tabell 1.** Analyserte referansestandarder for kontroll av analysekvalitet. Verdier gitt som mg kg<sup>-1</sup>, tørrvekt - International reference standards analysed (National Bureau of Standards). Values are given as mg kg<sup>-1</sup>, dry wt.

Standard/Element	Sertifisert verdi Certified value		Våre resultater Present study		
	Mean	± Values	Mean	SD	n
<b>Bovine liver (1577b)</b>					
Aluminium (Al)	Ikke sertifisert		0,92	0,08	4
Cadmium (Cd)	0,5	0,03	0,52	0,03	11
Copper (Cu)	160	8	184	5,5	11
Zinc (Zn)	127	16	133	10,3	61
<b>Dogfish liver (DOLT-2)</b>					
Aluminium (Al)	10,9	1,7	12,1	0,6	6
Cadmium (Cd)	20,8	0,5	22,6	0,7	10
Copper (Cu)	25,8	1,1	30,9	1,9	10
Mercury (Hg)	1,99	0,1	2,07	0,1	17
Lead (Pb)	0,22	0,02	0,158	0,1	12
Zinc (Zn)	85,8	2,5	101	5,0	10
<b>Dogfish muscle (DORM-2)</b>					
Cadmium (Cd)	0,043	0,008	0,048	0,003	18
Copper (Cu)	2,34	0,16	2,62	0,22	18
Mercury (Hg)	4,64	0,26	3,49	0,29	12
Zinc (Zn)	25,6	2,3	27,0	6,2	18
Nikkel (Ni)	19,4	3,1	10,7	1,8	18
<b>Rye Gras</b>					
Cadmium (Cd)	0,12	0,003	0,118	0,009	5
Copper (Cu)	9,65	0,38	12,0	0,40	5
Mercury (Hg)	0,021	0,002	0,022	0,002	5
Lead (Pb)	2,38	0,11	2,36	0,32	5
Zinc (Zn)	31,5	1,4	34,0	0,38	5
Nikkel (Ni)	3,0	0,17	2,45	0,23	5

På grunn av lave konsentrasjoner av Al i prøver fra dyr og høy forekomst av dette metallet i våre omgivelser, kan slike prøver lett bli kontaminert ved håndtering i laboratoriene. Flere tiltak ble gjort for å hindre slik kontaminering. Blindprøver indikerer imidlertid at slik kontaminering fortsatt forekommer for noen få prosenter av alle prøvene. For å hindre at slik kontaminering influerer på konklusjonene vår har vi ekskludert alle prøver fra dyr som har vist Al verdiene over  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  (tv). For denne undersøkelsen utgjorde dette tre prøver (4,5 %).

For de aktuelle leverprøvene har vi følgende tørrvektprosent for spissmus ( $31,5 \pm 2,3$  (sd),  $n = 13$ ) og klatremus ( $29,4 \pm 2,9$  (sd),  $n = 13$ ). For hare, rype og orrfugl er antall prøver i minste laget for å beregne pålitelige tørrvektprosent. Tilsvarende tørkemetoder har tidligere gitt følgende verdier: hare ( $29,9 \pm 3,1$  (sd),  $n = 125$ ), rype ( $31,5 \pm 2,9$  (sd),  $n = 273$ ) og orrfugl ( $32,1 \pm 2,5$  (sd),  $n = 86$ ) (Kålås & Lierhagen 1992). Videre er gjennomsnittlig tørrvektprosent for svarthvit fluesnapper lever  $26,1 \pm 2,3$  (sd),  $n = 17$ , og for kjøttmeis lever  $25,6 \pm 1,4$  (sd),  $n = 14$ . For prøvene fra svarthvit fluesnapperungene er bildet noe komplekst i og med at vi har en systematisk endring med økende tørrvektprosenten på leverprøvene i perioden like før ungene blir flyvedyktige og forlater reiret (figur 2) (sammenheng 'vekt av fugl - 'tørrvektprosent for lever': svarthvit fluesnapper,  $y = 0,009x + 0,15$ ,  $r = 0,68$ ,  $n = 17$ ,  $p = 0,003$ ). Dette kan skyldes endring i levera, men er trolig også påvirket av at størrelsen på levera øker i denne perioden og at de minste leverprøver ved uttak og veiging omslutes av en forholdsvis større andel væske enn større prøver.



**Figur 2.** Sammenheng mellom 'flugeungers vekt' og 'prosent tørrvekt i lever' for svarthvit fluesnapper. Like symboler viser unger fra samme reir. - Relationship between 'chick weight' and 'percentage dry weight of the liver' for the *Ficedula hypoleucos* sample. Identical symbols indicate that chicks are from the same nest-box.

## 3 Resultater og diskusjon

Denne kartleggingen omfatter metallene Al, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn. Al, Cd, Hg, Ni og Pb har ingen kjente funksjoner i levende organismer. Disse metallene er inkludert i denne undersøkelsen fordi for høye vevskonsentrasjoner kan medføre skadelige effekter på dyr. Cu og Zn er nødvendige metaller for dyr og konsentrasjonene av disse metallene er vanligvis nøye regulert. Konsentrasjoner av Cu og Zn i vev kan imidlertid påvirkes av forekomstene av Cd, og både for høye og for lave konsentrasjoner av Cu og Zn kan være skadelig. For mer informasjon om opptak, ekskresjon og skadevirkninger av de aktuelle metallene på pattedyr og fugl viser vi til Nybø (1991). Ca-innhold i planter er inkludert fordi forekomster av dette metallet i føden påvirker opptak og skadevirkninger av flere av tungmetallene (Barton et al. 1978, Rowland & Bray 1980).

### 3.1 Plantep prøver

Plantep prøvene fra Tjeldbergodden viser i stor grad de samme forhold som undersøkelsene fra TOV-områdene når det gjelder forskjeller i metallinnhold mellom plantearter. De forskjellige metallene viser her følgende mønster (tabell 2): Moser, reinlav og blåbær inneholder mest Al, mens røsslyng, dvergbjørk og bjørk har lavest innhold av dette metallet. Det er stor variasjon mellom plantearter i innhold av Cd. Høyest verdier av Cd finner vi i vier etterfulgt av bjørk og dvergbjørk. Vier inneholder i størrelsesorden 50-100 ganger mer Cd enn blåbær og røsslyng. Cd-innholdet i moser og reinlav er også lavt sett i forhold til de forvedede artene. Det er relativt små forskjeller mellom plantearter i innhold av Cu. Moser og reinlav har noe mindre innhold enn karplantene, og for karplantene inneholder årsskudd noe mer Cu enn blad. Moser og reinlav inneholder mest Hg. For de andre planteartene er innholdet av Hg svært lavt. Høyest verdier av Pb finner vi i mose og reinlav. Variasjonen i Pb-innhold mellom de aktuelle planteartene er imidlertid relativt liten. Zn varierer mye både innen arter og mellom arter. Lavest verdier av dette metallet finner vi i lyngartene etterfulgt av moser og reinlav. Innen TOV analyseres det ikke for innhold av Ni, og resultatene for Ca er foreløpig ikke bearbejdet og publisert. For Tjeldbergodden finner vi at Ca-innholdet er høyest i blader fra de forvedede artene og lavest i moser og reinlav. For Ni finner vi et lavt innhold i alle artene, og de aller fleste prøvene ligger under aktuell deteksjonsgrense ( $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  (tv)).

I og med at moser og reinlav ikke eller bare i liten grad tar opp næringsstoffer fra jorda, kan en anta at de metallene som har høyest innhold i moser og reinlav (Zn, Pb, Hg og Al) er spredt via lufttransport. Dette kan enten være langtransporterte forurensninger eller det kan være partikler som er virvlet opp fra jorda av vind og transportert korte strekninger. Både Cu, Cd, Ni, Pb og Zn er metaller som man kjenner til blir transportert lange strekninger med luft

**Tabell 2. Metallinnhold (mg kg<sup>-1</sup>, tørrvekt) i planter innsamlet i Kjørsvik - Reinsjøområdet i august 1993. \* indikerer at en lokalitet er utelatt for reinlav og moser (se tekst). For prøver med < 50 % av analysene over deteksjonsgrensa angir vi antall prøver med verdier over deteksjonsgrensen (d) og det totale antall prøver (n) som d/n. < angir at alle verdier er under gitt deteksjonsgrense. Kruskal Wallis ANOVA er benyttet for å teste forskjeller mellom prøvetypene i innhold av metaller. - Concentration of metals (mg kg<sup>-1</sup>, dry-weight) in the plant samples collected in the Kjørsvik - Reinsjøen area, Tjeldbergodden in august 1993. Where < 50 % of the analyses of a metal were above the detection limit for that metal only the number of those samples showing concentrations above the limit (d) and the total sample size (n) is given as d/n. < indicate a sample with all analyses below the actual detection limit.**

Art/Species	n	Cd		Zn		Cu		Ni	Pb		Hg*		Al		Ca	
		x	sd	x	sd	x	sd	d/n	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd
Reinlav, <i>Cladonia</i> spp.	6	0,05	0,01	104	31	1,2	0,3	< 0,5	0,38	0,26	0,037	0,009	42	15	490	90
Furumose, <i>Pleurozium schreberi</i>	6	0,06	0,04	88	53	3,6	0,8	1/6	1,01	0,59	0,041	0,017	81	11	2020	290
Etasjehusmose,																
<i>Hylocomium splendens</i>	6	0,09	0,04	199	166	3,5	1,3	1/6	1,27	0,51	0,056	0,019	86	24	1960	430
Røsslyng, <i>Calluna vulgaris</i>	6	< 0,015		66	34	6,9	1,7	1/6	0,21	0,14	< 0,02		10	7	3450	520
Blåbær, <i>Vaccinium myrtillus</i>																
Blad	6	0,03	0,01	92	61	4,4	0,8	1/6	0,26	0,18	1/6		92	34	8820	2450
Årsskudd	6	< 0,015		51	15	7,0	1,4	< 0,5	0,30	0,23	< 0,02		54	35	5920	1270
Dvergbjørk, <i>Betula nana</i>																
Blad	5	0,07	0,04	197	59	3,3	0,3	1/5	0,33	0,26	< 0,02		11	13	5500	1450
Årsskudd	5	0,11	0,05	212	77	5,4	1,4	2/5	0,37	0,30	< 0,02		14	11	2970	690
Bjørk, <i>Betula pubescens</i>																
Blad	6	0,15	0,08	321	185	3,2	0,7	2/6	0,25	0,25	< 0,02		13	7	10720	2630
Årsskudd	6	0,19	0,06	195	55	5,4	0,6	1/6	0,37	0,39	< 0,02		13	7	5330	1800
Vier, <i>Salix</i> spp.																
Blad	6	0,55	0,47	256	175	5,4	1,5	2/6	0,29	0,22	< 0,02		40	46	7120	1930
Årsskudd	6	0,69	0,43	234	143	8,7	4,1	1/6	0,27	0,18	< 0,02		9	5	6960	2670
Kruskal Wallis ANOVA, $\chi^2$		60,3		39,3		51,6			30,2		65,2		51,9		59,2	
Kruskal Wallis ANOVA, p		< 0,001		< 0,001		< 0,001			< 0,002		< 0,001		< 0,001		< 0,001	

masser (Steinnes et al. 1993). Dette gjelder også Hg selv om det er mindre klart dokumentert fra norske undersøkelser. Analyser av forekomster av Al og Zn i jordsmonn og humus viser relativt høye konsentrasjoner av disse metallene (Løbersli 1991, Eilertsen & Fremstad 1994), og forekomster av Al og Zn i planteprøver vil ofte være sterkt påvirket av lokale forhold, både ved opptak via røtter og som avsatt på overflata av plantene. Forekomster av disse siste metallene vil da også bli påvirket av bladverkets evne til å binde støvpartikler (overflatestruktur). De øvrige metallene finnes også i jordsmonnet, men i betydelig lavere konsentrasjoner enn Al og Zn (Løbersli 1991, Berthelsen 1994) og påvirkes derfor i mindre grad av avsetning av partikler på overflata.

For å vurdere nåværende omfang av luftforurensning i Tjeldbergoddenområdet (**tabell 2**) baserer vi oss i første omgang på en sammenligning med de landsomfattende undersøkelsene av tungmetallinnhold i etasjehusmose (Steinnes et al. 1993). Som sammenligningsgrunnlag bruker vi også kartleggingen av forekomster av metallene Al, Cd, Cu, Hg, Pb, og Zn i TOV-områdene som er utført for samtlige plantearter som er inkludert her. Dette omfatter både områder som er utsatt for langtransporterte luftforurensninger (i størst grad Solhomfjell og Lund) og områder med liten luftforurensning (referanseområder, særlig Åmotsdalen og Dividalen) (Kålås et al. 1991b, Kålås & Framstad 1993, Kålås et al. 1994). Vi vil her påpeke at vi i denne kartleggingen har benyttet samme metode som TOV ved sortering av prøver av etasjehusmose som skiller seg fra de landsomfattende undersøkelsene av tungmetallinnhold i mose ved at de to siste årsskuddene benyttes i stedet for de tre siste årsskuddene. TOV benytter denne metoden fordi de fleste overvåkingsområdene ligger i tilknytning til fjell der det er vanskelig å finne klart definerte årsskudd lenger tilbake enn to år. Dette medfører at våre målinger vil gi noe lavere konsentrasjoner enn tilsvarende målinger utført i den landsomfattende kartleggingen av metaller i etasjehusmose.

Planteprøvene fra Tjeldbergodden viser i all hovedsak tilsvarende metallinnhold som det er funnet i områder i Norge med lite luftforurensning (Steinnes et al. 1993, Kålås et al. 1991b, 1994, Kålås & Framstad 1993). I og med at Pb i svært liten grad tas opp av planterøtter og er det metallet som viser største økning i de områdene i Sør-Norge som er sterkest påvirket av langtransporterte luftforurensninger (for 1990 ca 8 ganger økning i forhold til nordligere områder, Steinnes et al. 1993), anser vi dette metallet som en god indikator på omfang av langtransporterte luftforurensninger. For Tjeldbergodden ligger Pb-verdiene lavt både for reinlav, moser og karplanter (**tabell 2**) og gir en sterk indikasjon på at området i liten grad er utsatt for langtransporterte luftforurensninger. Det er da også som ventet lave konsentrasjoner av Cd og Ni i prøvene av moser og reinlav fra Tjeldbergodden. Disse konsentrasjonene tilsvarer forøvrig de verdier som en finner i områder i Norge som er lite påvirket av langtransporterte luftforurensninger (Steinnes et al. 1993). Dette samsvarer også godt med de målinger av

metallinnhold i nedbør NILU har utført i området i 1993-94 (Knudsen & Johnsrud 1995a, 1995b). Hg-innholdet i reinlav og moser fra Tjeldbergodden er tilsvarende de verdier som er funnet i TOV-området i Solhomfjell og høyere enn det som er dokumentert både for Lund, Dividalen og Åmotsdalen. I resultatene i **tabell 2** har vi forøvrig for reinlav og moser ikke tatt med verdiene fra en av lokalitetene (lokalitet C). Denne lokaliteten avviker sterkt fra de øvrige lokalitetene for både reinlav ( $0,13 \text{ mg kg}^{-1}$ ) og de to moseartene (furu-mose,  $0,52 \text{ mg kg}^{-1}$ ; etasjehusmose,  $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Når det gjelder forekomstene av Al, Cu og Zn finner vi for de fleste artene tilsvarende verdier som dokumentert i TOV-områdene. Særlig for Al og Zn er variasjonene innen samme art store, noe som trolig til dels skyldes variasjon i omfang av lokalt tilførte støvpartikler på overflatene av plantene. Ca-innhold i planter er foreløpig ikke rapportert fra TOV-områdene. Innholdet av Ca ligger imidlertid i samme størrelsesorden som rapportert fra andre studier fra Norge (Løbersli 1991).

### 3.2 Dyr

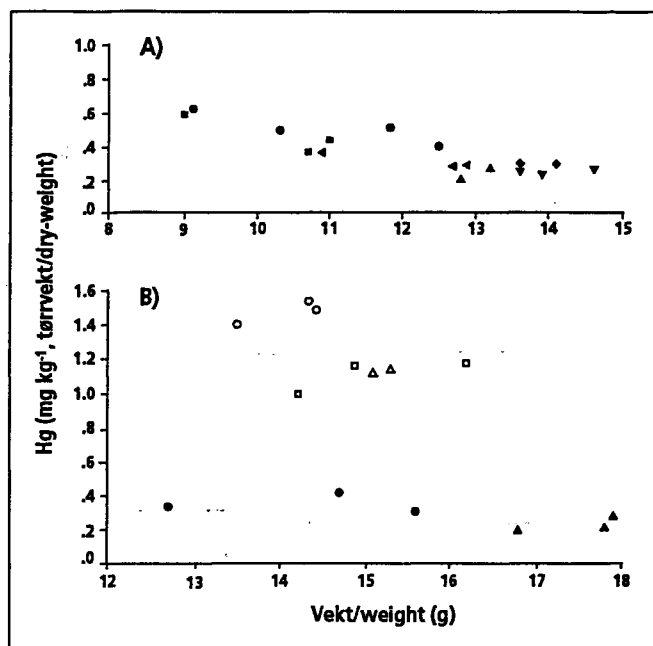
Når det gjelder vurderinger av metallbelastningssituasjonen i dyr fra Tjeldbergodden, finnes det flere datasett det er aktuelt å sammenligne mot. For hønsefugler og hare er det utført en landsomfattende kartlegging av metallforekomster i perioden 1990-91 (Kålås & Lierhagen 1992). Videre er det rapportert metallinnhold for flesteparten av de aktuelle artene fra fire av TOV-områdene (Kålås et al. 1992, Kålås & Framstad 1993). For forekomstene av Ni har vi derimot bare informasjon innsamlet i forbindelse med vurderinger av metallforurensning i norsk-russiske grenseområder forårsaket av russiske smelteverk (Kålås et al. 1995).

For dyr er det særlig for Pb, Cd og Hg dokumentert forhøyede konsentrasjoner i de sørligste delene av Norge som er sterkest påvirket av langtransporterte luftforurensninger (Kålås & Lierhagen 1992, Kålås et al. 1992). For alle de undersøkte artene i Tjeldbergoddenområdet er forekomstene av Pb og Cd som forventet i områder med liten påvirkning av langtransporterte luftforurensninger (**tabell 3**). Dette er da også som forventet ut fra våre målinger av innholdet av disse metallene i planter fra samme områder, og det samsvarer også godt med NILU sine målinger av metallinnhold i nedbør (Knudsen & Johnsrud 1995a, 1995b).

For Hg finner vi imidlertid et relativt høyt innhold i samtlige arter det er innsamlet prøver fra i Kjorsvik - Reinsjøområdet. Hg-innholdet er her høyere enn i samtlige TOV-områder og også høyere enn i sammenlignbare prøver av spissmus og klatremus fra Sør-Varanger, Finmark. Særlig høye konsentrasjoner ble funnet i kjøttmeisungene som ble samlet inn i 1994 (**figur 3**). For hare og hønsefuglene som er samlet inn omkring Fonna finner vi ikke tilsvarende høyt Hg-innhold, men dette er arter som vanligvis har svært lavt innhold av Hg i levera. Forekomster av Hg i lever fra svart-hvit fluesnapper-ungene har en klar sammenheng med ungenes utvikling (vekst og fjærutvikling) (**figur 3**). Dette

**Tabell 3.** Metallinnhold (mg kg<sup>-1</sup>, tørrvekt) i leverprøver fra dyr innsamlet i området omkring Tjeldbergodden industriområde i 1993-94. For prøver med < 50 % av analysene over deteksjonsgrensa angir vi antall prøver med verdier over deteksjonsgrensen (d) og det totale antall prøver (n) som d/n. < angir at alle verdier er under gitt deteksjonsgrense. - Concentration of metals (mg kg<sup>-1</sup>, dry-weight) in liver samples from animals collected in the Tjeldbergodden area 1993-94. Where < 50 % of the analyses of a metal were above the detection limit for that metal only the number of those samples showing concentrations above the limit (d) and the total sample size (n) is given as d/n. < indicate that all analyses were under the actual detection limit.

Art/Species	n	Cd		Zn		Cu		Ni	Pb		Hg		Al	
		x	sd	x	sd	x	sd	x	x	sd	x	sd	x	sd
<b>Spissmus, <i>Sorex araneus</i></b>														
Hanner/Males > 8.3 g	6	2.06	0.84	86	9.7	21.0	3.1	< 0.5	0.37	0.26	0.097	0.021	0.89	0.63
Hunner/Females > 8.3 g	7	1.89	0.77	81	5.2	21.0	2.5	< 0.5	0.67	0.38	0.139	0.079	1.89	2.66
<b>Klatremus, <i>Clethrionomys glareolus</i></b>														
Hanner/Males > 24 g	7	0.12	0.07	92	15.9	15.4	2.6	< 0.3	< 0.2		0.132	0.099	0.78	0.52
Hunner/Females > 24 g	6	0.17	0.08	90	3.7	13.8	1.2	< 0.3	< 0.2		0.269	0.201	0.90	0.19
<b>Hare, <i>Lepus timidus</i></b>														
Ungdyr/Juv	1	0.09		75		9.9		< 0.2	0.22		< 0.02		1.86	
<b>Lirype, <i>Lagopus lagopus</i></b>														
Voksne/Adults	3	2.83	1.55	63	14	9.7	1.3	< 0.2	0.65	0.61	< 0.02		1/3	
<b>Fjellrype, <i>Lagopus mutus</i></b>														
Ungfugl/Juv	1	2.50		83		15.9		< 0.2	1.41		< 0.02		< 0.5	
Voksne/Adults	3	4.67	4.21	79	13	12.9	1.2	< 0.2	1.33	0.53	< 0.02		0.58	0.16
<b>Orrfugl, <i>Tetrao tetrix</i></b>														
Ungfugl/Juv	2	0.92	0.50	67	17	9.7	1.9	< 0.2	0.46	0.44	0.027	0.006	< 0.5	
<b>Svarthvit, fluesnapper, <i>Ficedula hypoleucos</i></b>														
Unger/Chicks (10-13 dg)	17	0.05	0.014	86	14.4	17.1	6.88	< 0.5	< 0.5		0.354	0.129	4/12	
<b>Kjøttmeis, <i>Parus major</i></b>														
Unger/Chicks (10-13 dg)	14	0.07	0.026	89	10.9	14.7	3.0	< 0.4	< 0.4		0.838	0.526	0.60	0.29



**Figur 3.** Sammenheng mellom 'fugleungers vekt' og innhold av 'Hg i levera' ( $\text{mg kg}^{-1}$ , tv). Like symboler viser unger fra samme kull, åpne symboler - 1993, fylte symboler - 1994. **A)** svarthvit fluesnapper og **B)** kjøttmeis. - Relationship between 'chick weight' and 'Hg-content in the liver' ( $\text{mg kg}^{-1}$ , dry-weight). Similar symbols indicate that chicks are from the same nest, open symbols - 1993, closed symbols - 1994. **A)** *Ficedula hypoleucos* and **B)** *Parus major*.

kommer trolig av at Hg blir frigjort til fjær ved utvikling av disse (Hahn et al. 1993). Slike sammenhenger må tas i betraktning når utviklingen i metallbelastning i området skal følges. Det høye Hg-innholdet i dyr funnet i Kjørsvik - Reinsjøområdet samsvarer forøvrig med de høye Hg-konsentrasjonene vi har dokumentert i planteprøver fra det samme området. Vi har ingen umiddelbar forklaring på de relativt høye forekomstene av Hg her. En mulig årsak kan være den relativt sterke marine påvirkningen innsamlingsområdet ved Kjørsvik - Reinsjøen har. Det foreligger imidlertid ingen måling av Hg i nedbør fra området som kan bistå i en nærmere vurdering av dette.

Innholdet av metallene Al, Cu, og Zn i lever i dyr er vanligvis godt regulert og utover noe forhøyet Cu-innhold i dyr fra Sør-Varanger som er sterkt påvirket av Cu-utslipp fra russiske smelteverk (Kålås et al. 1995), er det ikke funnet 'unormale' verdier hverken ved landsomfattende kartlegginger av forekomster av metaller i hare og hønsefugl (Kålås & Lierhagen 1992) eller i forbindelse med kartlegginger av metallforekomster i terrestriske næringskjeder i TOV-områdene (Kålås et al. 1992). Dokumenterte verdier for Al, Cu og Zn i lever fra dyr innsamlet ved Tjeldbergodden ligger også innenfor aktuelle 'normalnivåer' (tabell 3).

Samtlige analyser av Ni viser verdier under de aktuelle deteksjonsgrensene (tabell 3). Det inngår ikke målinger av forekomster av Ni innenfor TOV-programet. Undersøkte dyr fra Sør-Varanger, Finmark som er sterkt påvirket av Ni-utslipp fra russiske smelteverk, har i enkelte tilfeller hatt Ni-innhold i levera over disse grenseverdiene (Kålås et al. 1995).

## 4 Litteratur

- Askvik, H. & Rokoengen, K. 1985. Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Kristiansund. M 1 : 250 000. - NGU.
- Barton, J.C., Conrad, M.E., Harrison, L. & Nuby, S. 1978. Effect of calcium on the absorption and retention of lead. - *J. Lab. Clin. Med.* 91: 366-376.
- Berthelsen, B.O. 1994. Factors influencing turnover of Zn, Cu, Pb and Cd in forest soil - plant system. - *Dr. scient-avh., Univ. Trondheim.*
- Cuvin-Aralar, M.L.A. & Furness, R.W. 1991. Mercury and selenium interaction: a review. - *Ecotox. Environ. Safety* 21: 348-364.
- Fremstad, E. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsovervåking 1991. - NINA Oppdragsmelding 83: 1-26.
- Fremstad, E. 1994. Vegetasjonskart Tjeldbergodden Aure, Møre og Romsdal. - NINA Oppdragsmelding 265: 1-21.
- Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden, jord og vegetasjonsundersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 271: 1-30.
- Hahn, E., Hahn, K. & Stoepler, M. 1993. Bird feathers as bioindicators in areas of the German environmental specimen bank - bioaccumulation of mercury in food chains and exogenous deposition of atmospheric pollution with lead and cadmium. - *Sci. Total Environ.* 139/140: 259-270.
- Knudsen, S. & Johnsrud, M. 1995a. Forundersøkelse av luftforurensningssituasjonen på Tjeldbergodden i Aure kommune. Mai 1993 - april 1994. - NILU OR . I trykk.
- Knudsen, S. & Johnsrud, M. 1995b. Måleprogram for forundersøkelsen på Tjeldbergodden. Hovedkomponenter og tungmetaller i nedbør 1994. - NILU OR . I trykk.
- Kålås, J.A. & Framstad, E. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere, fugl og næringskjedestudier i Børgefjell, Åmotsdalen, Møsvatn-Austfjell, Lund og Solhomfjell, 1992. - NINA Oppdragsmelding 221: 1-38.
- Kålås, J.A. & Lierhagen, S. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Metaller i lever fra hare, orrfugl og lirype i Norge. - NINA-Oppdragsmelding 137: 1-72.
- Kålås, J.A., Framstad, E., Fiske, P., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1991a. Terrestrisk naturovervåking. Metode-manual, fauna. - NINA Oppdragsmelding 24: 1-36.
- Kålås, J.A., Framstad, E., Fiske, P., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1991b. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i Børgefjell og Solhomfjell, 1990. - NINA Oppdragsmelding 85: 1-41.
- Kålås, J.A., Framstad, E., Nygård, T. & Pedersen, H.C. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i Børgefjell, Åmotsdalen og Solhomfjell, 1991. - NINA Oppdragsmelding 132: 1-38.
- Kålås, J.A., Framstad, E., Pedersen, H.C. & Strand, O. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Fjellrev, hare, smågnagere, fugl og næringskjedestudier i TOV-områdene 1993. - NINA Oppdragsmelding 296: 1-47.
- Kålås, J.A., Ringsby, T.H. & Lierhagen, S. 1995. Metals and selenium in wild animals from Norwegian areas close to Russian nickel smelters. - *Environ. Monit. Assess.* 22. I trykk.
- Løbersli, E. 1989. Terrestrisk naturovervåking i Norge. - Direktoratet for naturforvaltning. Rapp. 1989,8: 1-98.
- Løbersli, E. 1991. Soil acidification and uptake in plants. - *Dr. scient-avh, Univ. Trondheim.*
- McGowan, C. & Donaldson, W.E. 1987. Lead effects in the chick during selenium deficiency. - *Comp. Biochem. Physiol. Comp. Pharmacol. Toxicol.* 88: 23-26.
- Nybø, S. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Tungmetaller og aluminium i pattedyr og fugl. - DN-notat 1991,9: 1-58.
- Rowland, R.D. & Bray, D.J. 1980. Cadmium retention in chicks: effects of calcium, vitamin D-3 and zinc. - *Poult. Sci.* 59: 16.
- Steinnes, E., Rambæk, J.P. & Hanssen, J.E. 1992. Large scale multi-element survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor. - *Chemosphere* 25: 735-752.
- Steinnes, E., Røyset, O., Vadset, M. & Johansen, O. 1993. Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 1990. - SFT Rapport 523/93: 1-36.
- Thomassen, J. & Fremstad, E. 1993. Miljøovervåking Tjeldbergodden. Grunnlagsundersøkelser 1993 i forbindelse med utslipp til luft fra planlagt metanolfabrikk på Tjeldbergodden i Møre og Romsdal. - 4ni-program, mars 1993. 12 s.

# Vedlegg 1

Metallinnhold i planter innsamlet ved Tjeldbergodden i 1993. Alle verdier gitt som mg kg<sup>-1</sup>, tørrvekt. Art: 1 - *Cladonia* spp., 2 - *Hylocomium splendens*, 3 - *Pleurozium schreberi*, 4 - *Vaccinium myrtillus*, 5 - *Calluna vulgaris*, 6 - *Betula nana*, 7 - *Betula pubescens*, 8 - *Salix* spp.; Del - plantedel: 1 - årsskudd, 2 - blad. - Content of metals in plant samples collected at Tjeldbergodden, 1993. All values given as mg kg<sup>-1</sup>, dry-weight. Art (species): 1 - *Cladonia* spp., 2 - *Hylocomium splendens*, 3 - *Pleurozium schreberi*, 4 - *Vaccinium myrtillus*, 5 - *Calluna vulgaris*, 6 - *Betula nana*, 7 - *Betula pubescens*, 8 - *Salix* spp.; Del (part of plant): 1 - shoots from the current season, 2 - leaves.

Art	Del	Al	Ca	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1	.	50	411	0,062	1,07	0,037	< 0,5	0,62	135
1	.	31	537	0,039	0,98	0,050	< 0,5	0,64	82
1	.	65	362	0,065	1,09	0,133	< 0,5	0,62	125
1	.	21	516	0,065	1,53	0,028	< 0,5	< 0,2	109
1	.	43	503	0,047	0,96	0,043	< 0,5	< 0,2	123
1	.	43	600	0,040	1,48	0,026	< 0,5	< 0,2	52
2	.	86	1588	0,096	2,69	0,037	< 0,5	1,21	279
2	.	85	2251	0,123	3,36	0,033	< 0,5	1,97	225
2	.	109	1665	0,058	2,91	0,228	< 0,5	1,71	61
2	.	107	2690	0,148	6,02	0,071	0,51	1,29	480
2	.	41	1850	0,055	2,71	0,031	< 0,5	0,70	42
2	.	85	1698	0,049	3,18	0,034	< 0,5	0,72	107
3	.	88	2155	0,083	3,78	0,088	0,51	1,29	90
3	.	93	2335	0,019	2,79	0,041	< 0,5	0,41	182
3	.	68	1924	0,081	4,33	0,518	< 0,5	0,58	54
3	.	77	2209	< 0,015	3,25	0,047	< 0,5	1,97	47
3	.	71	1527	0,096	2,85	0,051	< 0,5	1,17	112
3	.	90	1962	0,046	4,85	0,052	< 0,5	0,63	44
4	1	53	6878	< 0,015	6,91	< 0,02	< 0,5	< 0,2	49
4	1	36	4130	< 0,015	5,25	< 0,02	< 0,5	0,65	40
4	1	34	4851	0,021	8,75	< 0,02	< 0,5	< 0,2	54
4	1	47	7394	< 0,015	8,73	< 0,02	< 0,5	0,54	35
4	1	123	6642	0,019	6,10	< 0,02	< 0,5	< 0,2	77
4	1	32	5647	< 0,015	6,36	< 0,02	< 0,5	< 0,2	48
4	2	110	11670	< 0,015	3,14	< 0,02	0,51	< 0,2	43
4	2	59	5972	0,033	4,13	< 0,02	< 0,5	0,58	81
4	2	60	6597	0,026	4,38	0,022	< 0,5	< 0,2	95
4	2	69	7339	0,017	4,25	< 0,02	< 0,5	0,38	64
4	2	140	10601	0,047	4,97	< 0,02	< 0,5	< 0,2	211
4	2	113	10710	0,020	5,49	< 0,02	< 0,5	< 0,2	59
5	.	22	2562	< 0,015	6,31	< 0,02	< 0,5	< 0,2	34
5	.	6,9	4029	< 0,015	7,88	< 0,02	< 0,5	0,50	73
5	.	15	3203	0,016	7,12	< 0,02	< 0,5	< 0,2	56
5	.	< 5,0	3843	0,018	4,48	< 0,02	< 0,5	< 0,2	66
5	.	< 5,0	3560	0,023	9,48	< 0,02	1,37	< 0,2	127
5	.	7,5	3486	< 0,015	5,97	< 0,02	< 0,5	< 0,2	38
6	1	20	3411	< 0,54	4,72	< 0,02	< 0,5	< 0,2	151
6	1	15	8387	0,227	5,80	< 0,02	0,87	1,10	194



## Vedlegg 1 forts.

Art	Del	Al	Ca	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
6	1	6,2	3662	0,150	5,67	< 0,02	< 0,5	< 0,2	116
6	1	8,1	5323	0,132	4,92	< 0,02	< 0,5	< 0,2	207
6	1	21	5993	0,180	6,33	< 0,02	< 0,5	0,52	249
6	1	6,4	5209	0,172	5,20	< 0,02	< 0,5	< 0,2	255
6	2	23	9819	0,268	2,76	< 0,02	< 0,5	< 0,2	296
6	2	19	12159	0,112	3,26	< 0,02	0,65	0,76	170
6	2	12	7668	0,090	2,68	< 0,02	< 0,5	< 0,2	149
6	2	< 5,0	10838	0,084	2,39	< 0,02	< 0,5	< 0,2	287
6	2	11	15054	0,221	4,31	< 0,02	0,81	< 0,2	661
6	2	< 5,0	8795	0,111	3,64	< 0,02	< 0,5	< 0,2	369
7	1	7,5	3809	0,104	6,01	< 0,02	1,90	0,66	134
7	1	25	3327	0,178	3,44	< 0,02	< 0,5	< 0,2	190
7	1	28	2498	0,052	4,71	< 0,02	0,55	0,73	178
7	1	6,9	2052	0,110	6,10	< 0,02	< 0,5	< 0,2	339
7	1	< 5,0	3156	0,084	6,94	< 0,02	< 0,5	< 0,2	219
7	2	5,2	7043	0,070	2,87	< 0,02	0,63	0,70	137
7	2	6,2	6931	0,125	3,33	< 0,02	< 0,5	< 0,2	227
7	2	34	3818	0,029	3,29	< 0,02	< 0,5	0,49	166
7	2	< 5,0	5195	0,047	3,46	< 0,02	< 0,5	< 0,2	285
7	2	< 5,0	4492	0,060	3,55	< 0,02	< 0,5	< 0,2	170
8	1	17	8381	0,335	13,57	< 0,02	< 0,5	< 0,2	219
8	1	6,5	9058	1,531	13,74	< 0,02	1,63	0,49	123
8	1	7,9	5955	0,602	6,17	< 0,02	< 0,5	< 0,2	156
8	1	14	4064	0,489	5,12	< 0,02	< 0,5	0,50	97
8	1	< 5,0	8644	0,564	8,95	< 0,02	< 0,5	< 0,2	465
8	1	< 5,0	6593	0,611	4,80	< 0,02	< 0,5	< 0,2	346
8	2	38	7341	0,232	6,78	< 0,02	< 0,5	< 0,2	207
8	2	132	11231	1,496	7,79	< 0,02	2,62	0,55	177
8	2	28	5777	0,474	4,69	< 0,02	0,61	< 0,2	210
8	2	18	3662	0,335	3,77	< 0,02	< 0,5	0,61	79
8	2	8,3	8455	0,443	4,72	< 0,02	< 0,5	< 0,2	588
8	2	15	5290	0,336	4,70	< 0,02	< 0,5	< 0,2	276

## Vedlegg 2

Metaller i lever fra spurvefugler og småpattedyr innsamlet ved Tjeldbergodden 1993-94. Alle verdier gitt som mg kg<sup>-1</sup>, tørrvekt. Art: 1 - *Ficedula hypoleucos*, 2 - *Parus major*, 7 - *Clethrionomys glareolus*, 8 - *Sorex araneus*; Kasse - fuglekasse nr.; Kjønn - 1 hann, 2 - hunn; Vekt - kroppsvekt (g). - Content of metals in liver samples for chicks from passerine birds and the small mammals. All values given as mg kg<sup>-1</sup>, dry-weight. Art (species): 1 - *Ficedula hypoleucos*, 2 - *Parus major*, 7 - *Clethrionomys glareolus*, 8 - *Sorex araneus*; Dato - date; Mnd. - month; År - year; Kasse - nestbox no.; kjønn (sex): 1 - male, 2 - female; Vekt - body weight (g).

Art	Dato	Mnd	År	Kasse	Kjønn	Vekt	Al	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1	23	6	93	1	,	12,9	0,97	0,033	11,46	0,284	< 0,5	< 0,5	77,3
1	23	6	93	1	,	10,9	,	0,042	12,52	0,357	,	,	79,7
1	23	6	93	1	,	12,7	< 0,5	0,024	12,20	0,271	< 0,5	< 0,5	78,5
1	23	6	93	4	,	14,6	< 0,5	0,061	16,11	0,261	< 0,5	< 0,5	75,8
1	23	6	93	4	,	13,9	< 0,5	0,055	18,62	0,223	< 0,5	< 0,5	76,3
1	23	6	93	4	,	13,6	< 0,5	0,047	15,33	0,247	< 0,5	< 0,5	76,7
1	23	6	93	7	,	12,8	< 0,5	0,036	10,89	0,189	< 0,5	< 0,5	66,4
1	23	6	93	7	,	13,2	0,69	0,051	17,15	0,249	< 0,5	< 0,5	75,0
1	24	6	93	25	,	14,1	0,62	0,065	13,49	0,287	< 0,5	< 0,5	90,9
1	24	6	93	25	,	13,6	< 0,5	0,034	12,33	0,284	< 0,5	< 0,5	81,1
1	24	6	93	25	,	12,5	0,63	0,049	14,83	0,393	< 0,5	< 0,5	87,6
1	24	6	93	27	,	11,0	,	0,051	16,25	0,432	,	,	88,2
1	24	6	93	27	,	10,7	< 0,5	0,077	18,20	0,359	< 0,5	< 0,5	94,7
1	24	6	93	27	,	9,0	,	0,061	39,13	0,587	,	,	130
1	24	6	93	38	,	11,8	< 0,5	0,036	16,34	0,505	< 0,5	< 0,5	84,2
1	24	6	93	38	,	10,3	< 0,5	0,027	18,68	0,488	< 0,5	< 0,5	94,7
1	24	6	93	38	,	9,1	< 0,5	0,042	27,29	0,610	< 0,5	< 0,5	98,3
2	23	7	93	6	,	14,7	0,90	0,072	15,79	0,411	< 0,4	< 0,4	97,5
2	23	7	93	6	,	15,6	< 0,5	0,040	9,87	0,302	< 0,4	< 0,4	77,2
2	23	7	93	6	,	12,7	0,68	0,042	13,29	0,334	< 0,4	< 0,4	88,6
2	12	7	93	37	,	16,8	0,64	0,091	13,66	0,182	< 0,4	< 0,4	81,7
2	12	7	93	37	,	17,9	0,51	0,125	14,17	0,254	< 0,4	< 0,4	76,6
2	12	7	93	37	,	17,8	< 0,5	0,106	11,31	0,201	< 0,4	< 0,4	111
2	18	7	94	20	,	14,9	0,61	0,067	15,67	1,15	< 0,4	< 0,4	78,2
2	18	7	94	20	,	16,2	0,96	0,076	20,08	1,18	< 0,4	< 0,4	85,0
2	18	7	94	20	,	14,2	< 0,5	0,079	12,20	1,00	< 0,4	< 0,4	81,6
2	25	7	94	34	,	15,1	< 0,5	0,059	13,64	1,11	< 0,4	< 0,4	108
2	25	7	94	34	,	15,3	< 0,5	0,055	11,55	1,12	< 0,4	< 0,4	84,7
2	18	7	94	40	,	14,4	< 0,5	0,040	17,39	1,55	< 0,4	< 0,4	91,4
2	18	7	94	40	,	13,5	< 0,5	0,060	18,98	1,39	< 0,4	< 0,4	91,3
2	18	7	94	40	,	14,5	1,37	0,042	17,56	1,52	< 0,4	< 0,4	95,2
7	3	9	94	,	1	20,5	0,54	0,151	17,43	0,194	< 0,3	< 0,2	108
7	3	9	94	,	1	25,5	1,84	0,153	16,03	0,044	< 0,3	< 0,2	96,2
7	3	9	94	,	1	28,3	0,61	0,207	15,10	0,271	< 0,3	< 0,2	90,9
7	3	9	94	,	1	26,6	< 0,5	0,015	11,67	< 0,02	< 0,3	< 0,2	60,8
7	3	9	94	,	1	24,9	< 0,5	0,162	19,55	0,221	< 0,3	< 0,2	107
7	3	9	94	,	1	20,2	0,60	0,071	13,74	0,056	< 0,3	< 0,2	93,0
7	3	9	94	,	1	21,3	1,04	0,096	14,25	0,126	< 0,3	< 0,2	88,0
7	3	9	94	,	2	37,7	0,92	0,154	15,38	0,281	< 0,3	< 0,2	95,2
7	3	9	94	,	2	25,0	,	0,147	14,46	0,199	< 0,3	< 0,2	93,0
7	3	9	94	,	2	43,7	1,13	0,213	13,89	0,149	< 0,3	< 0,2	90,2

## Vedlegg 2 forts.

Art	Dato	Mnd	År	Kasse	Kjønn	Vekt	Al	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
7	3	9	94	,	2	30,6	0,83	0,312	14,19	0,650	< 0,3	< 0,2	90,8
7	3	9	94	,	2	28,9	0,63	0,080	12,19	0,264	< 0,3	< 0,2	87,2
7	3	9	94	,	2	28,7	0,99	0,117	12,39	0,074	< 0,3	< 0,2	85,1
8	28	8	93	,	1	8,8	1,27	1,16	16,52	0,089	< 0,5	< 0,2	98,1
8	28	8	93	,	1	8,8	0,90	3,59	20,14	0,084	< 0,5	< 0,2	79,3
8	3	9	94	,	1	8,3	< 0,5	2,10	26,13	0,109	< 0,5	0,86	93,7
8	3	9	94	,	1	8,5	1,94	1,93	20,16	0,075	< 0,5	0,34	91,0
8	3	9	94	,	1	9,4	< 0,5	1,47	21,89	0,132	< 0,5	0,36	73,0
8	3	9	94	,	1	8,3	< 0,5	2,07	21,22	0,091	< 0,5	0,37	81,4
8	28	8	93	,	2	10,9	1,73	2,86	17,78	0,226	< 0,5	0,47	85,7
8	3	9	94	,	2	11,9	1,69	2,77	18,02	0,277	< 0,5	1,18	73,5
8	3	9	94	,	2	9,1	< 0,5	0,83	24,98	0,087	,	,	83,4
8	3	9	94	,	2	9,0	0,85	1,66	21,20	0,103	< 0,5	< 0,2	77,3
8	3	9	94	,	2	9,7	3,09	1,94	20,50	0,109	,	0,66	89,0
8	3	9	94	,	2	16,4	3,61	2,04	22,24	0,080	< 0,5	1,03	79,8
8	3	9	94	,	2	8,4	,	1,12	22,18	0,093	,	0,52	80,7

## Vedlegg 3

Metaller i lever fra hare og hønefugler innsamlet ved Tjeldbergodden 1994. Alle verdier gitt som mg kg<sup>-1</sup>, tørrvekt. Art: 3 - *Lagopus lagopus*, 4 - *Lagopus mutus*, 5 - *Tetrao tetrix*, 6 - *Lepus timidus*; Alder: 1 - ungfugl/ungt dyr, 2 - voksen fugl.; Vekt - kroppsvekt (g). - Content of metals in liver samples for hare and grouse species collected at Tjeldbergodden 1994. All values given as mg kg<sup>-1</sup>, dry-weight. Art (species): 3 - *Lagopus lagopus*, 4 - *Lagopus mutus*, 5 - *Tetrao tetrix*, 6 - *Lepus timidus*; Dato - date; Mnd. - month; År - year; Alder - age: 1 - juvenile, 2 - adult; Vekt - body weight (g).

Art	Dato	Mnd	År	Alder	Vekt	Al	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
3	7	12	94	2	582	0,80	4,40	10,6	0,025	< 0,2	1,36	76
3	28	9	94	2	656	< 0,5	2,79	10,3	< 0,02	< 0,2	0,28	63
3	28	9	94	2	545	< 0,5	1,31	8,3	< 0,02	< 0,2	0,32	49
4	29	9	94	1	468	< 0,5	2,49	15,9	< 0,02	< 0,2	1,41	83
4	27	10	94	2	477	0,69	2,17	11,8	< 0,02	< 0,2	0,82	81
4	8	12	94	2	435	< 0,5	9,53	14,1	0,023	< 0,2	1,30	91
4	29	9	94	2	512	0,65	2,32	12,8	< 0,02	< 0,2	1,87	65
5	28	9	94	1	855	< 0,5	0,56	8,3	0,023	< 0,2	< 0,2	55
5	29	9	94	1	1080	< 0,5	1,27	11,0	0,032	< 0,2	0,77	79
6	7	12	94	1	2685	1,86	0,09	9,9	< 0,02	< 0,2	0,22	75

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0578-5

351

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

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

**NINA  
Norsk institutt  
for naturforskning**