



Miljøgifter i egg fra krykkje (*Rissa tridactyla*) fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden

– en undersøkelse av bidrag fra lokal forurensing til sjøfuglen krykkje i bosetningene på Svalbard

Cecilie Miljeteig, Elisabeth Lie, Kjetil Sagerup og Geir Wing Gabrielsen



Sluttrapport til Svalbards Miljøvernfond



SVALBARDS
MILJØVERN FOND



Miljøgifter i egg fra krykkje (*Rissa tridactyla*) fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden

– en undersøkelse av bidrag fra lokal forurensing til sjøfuglen krykkje i
bosetningene på Svalbard

Cecilie Miljeteig, Elisabeth Lie, Kjetil Sagerup og Geir Wing Gabrielsen

Sluttrapport til Svalbards Miljøvernfond

**Miljøgifter i egg fra krykkje (*Rissa tridactyla*) fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden:
En undersøkelse av bidrag fra lokal forurensing til sjøfuglen krykkje i bosetningene på
Svalbard.**

Sluttrapport til Svalbards Miljøvernfond

Miljeteig, C., Lie, E., Sagerup, K. og Gabrielsen, G.W. 2010. Miljøgifter i egg fra krykkje (*Rissa tridactyla*) fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden: En undersøkelse av bidrag fra lokal forurensing til sjøfuglen krykkje i bosetningene på Svalbard.

Forsidefoto: Kai Johannessen

Innhold

Norsk sammendrag	5
1. De viktigste resultatene	5
2. Miljøgevinst.....	5
3. Forslag til tiltak.....	5
4. Hva er viktig for miljøforvaltningen	5
5. Oppfølging.....	5
English summary	6
1. The most important results	6
2. Environmental gain	6
3. Recommended measures	6
4. Environmental management implications.....	6
5. Follow-up	6
Forklaringer	7
Innledning.....	8
Material og metode.....	9
Analyser	10
Statistiske analyser	10
Resultat og diskusjon.....	11
Organiske miljøgifter	11
Tungmetaller og sporstoffer	13
PCB-profil.....	13
Konklusjon	14
Takk til	14
Referanser	15
Tabeller.....	16

Norsk sammendrag

I 2008 samlet forskere fra Norsk Polarinstitutt inn egg fra krykkje (*Rissa tridactyla*) i Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden for å undersøke om lokale forurensningskilder påvirker miljøgiftkonsentrasjon og sammensetning i hekkende krykkjer. Krykkjene i Barentsburg og Pyramiden hekket i eller nær bygninger, som i vinduskarmer, mens krykkjene i Kongsfjorden hekket 7 km unna bosetningen i Ny-Ålesund. Eggene ble analysert for klororganiske miljøgifter (PCBer og pestisider), bromerte flammehemmere, perfluorerte alkylforbindelser, tungmetaller og sporstoffer.

1. De viktigste resultatene

I studiet av krykkjeegg fant vi ikke forskjeller i miljøgifter mellom Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Vi mener derfor at miljøgiftene i hekkende krykkjer er et resultat av langtransportert forurensning. En forklaring på dette kan være at krykkjer bare tilbringer deler av året (april til september) i hekkeområdet. I tillegg henter krykkje hovedsakelig mat ute i fjordsystemet eller foran brefronter hvor svømmende næringsemner som fisk og krepsdyr er upåvirket av lokale forurensningskilder.

2. Miljøgevinst

Det er positivt at vi ikke finner påvirkning fra lokale forurensningskilder i krykkje. Dette gir miljøforvaltninga viktig kunnskap for å kunne gjøre riktige valg når det skal ryddes opp i gammel forurensning i bosetningene på Svalbard.

3. Forslag til tiltak

Denne undersøkelsen gir ingen grunnlag for å foreslå lokale tiltak for å minske forurensningen i krykkje på Svalbard.

4. Hva er viktig for miljøforvaltningen

Flere studier har funnet organiske miljøgifter fra lokale kilder i jordprøver og i prøver fra dyr i og nær bosetningene på Svalbard. Utfasingen av PCB-holdige produkter og fjerning av miljøgifter fra bosetningene på Svalbard må fortsette, men dette vil sannsynligvis ikke bidra til å redusere miljøgiftbelastningen i krykkjer.

5. Oppfølging

Vi vurderer behovet for oppfølgende studier av sjøfugl som utelukkende henter mat fra havet/havoverflaten (det vil si pelagiske krepsdyr og fisk, ikke bunndyr – bentisk føde) med hensyn på forurensningsbidrag fra lokale kilder som svært liten. Men siden det er påvist lokale kilder og lokal forurensning i maling, i jord, i sigevann fra fyllplasser, i bunndyr og i polarmåke, så foreslår vi at lignende undersøkelser blir gjort for arter som henter føde i og ved bosetningene, for eksempel snøspurv (*Plectrophenax nivalis*).

English summary

In 2008 scientists from the Norwegian Polar Institute collected black-legged kittiwake (*Rissa tridactyla*) eggs from Kongsfjorden and from the settlements of Barentsburg and Pyramiden, on the island of Spitsbergen in the Arctic archipelago of Svalbard. The kittiwakes in Barentsburg and Pyramiden were breeding on the buildings' window sills, while the kittiwakes in Kongsfjorden were breeding at a distance of 7 km from the settlement Ny-Ålesund. The eggs were analyzed for organochlorines (PCBs and pesticides), brominated flame retardants, perfluorinated alkyl substances and mercury to investigate whether local sources of contaminants influence the contaminant status of the breeding kittiwakes.

1. The most important results

The study did not find any contaminant differences in black-legged kittiwake eggs between Kongsfjorden, Barentsburg and Pyramiden settlements in Svalbard. This suggests that the contaminants found in breeding kittiwakes are a result of long-range transport of contaminants and that the local contribution is minor. This may be explained by the fact that kittiwakes spend only a part (April to September) of the year in the breeding area. Furthermore, black-legged kittiwakes collect their food out in the fjords or outside glaciers, thereby avoiding ingestion of contaminants from local sources.

2. Environmental gain

The results of the study help to focus the cleaning effort in the settlements of Svalbard.

3. Recommended measures

There is no need for specific local initiatives to improve the environmental contaminant situation for the black-legged kittiwake in Svalbard.

4. Environmental management implications

Several studies have found organic halogens in abiotic and biotic samples in and near the settlements in Svalbard to originate in local sources. The ongoing project which phases out PCB-containing products and removes contaminants from the settlements should continue, but this will probably not change the contaminant situation for black-legged kittiwakes.

5. Follow-up

The results of this study indicate that there is no need for Svalbard's Miljøvernfond to follow up pelagic foraging marine seabird species, such as the black-legged kittiwake, in terms of the influence of local contamination. However, since there are local contaminations of soil and organic halogens in the settlements, we propose similar studies as the present for species that feed locally, for example, the snow bunting (*Plectrophenax nivalis*).

Forklaringer

Navn	Navn	Forklaring
Arochlor		Teknisk blanding av PCB produsert i USA.
BFR	Bromerte flammehemmere (BDE, HBCD)	Brukes for å gjøre produkter mindre brennbare. Brukes i noen tekstiler og i elektriske produkter.
CHB	Toksafener	Blanding av ca 200 forskjellige organiske stoffer. Insektsmiddel som ble forbudt å bruke i 1986 (USA)
Clophen		Teknisk blanding av PCB produsert i Tyskland.
OCP	Organisk klorerte pestisider	Plantevernmidler. De fleste av disse er nå tatt ut av bruk. Eksempel DDT, klordaner og HCB.
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner	Tjærestoffer som finnes i råolje, tjære og asfalt. Dannes også i under forbrenning av organisk materiale når det ikke er tilstrekkelig med oksygen tilstede (ufullstendig forbrenning).
PCB	Polyklorerte bifenyler	Industriprodukt brukt blant annet som oljetilsetninger, i maling, i elektronisk utstyr, i papirindustrien og i bygningsmateriale. Ble forbudt i Norge i 1980.
PFC (PFAS, PFOS)	Fluorforbindelser	Industriprodukt som blant annet har vært brukt i impregneringer, brannsluknings-skum og innen metallurgisk industri.
Sovol		Teknisk blanding av PCB produsert i Sovjetunionen.

Innledning

Miljøgifter i arktiske områder kommer hovedsakelig fra tettere befolkede- og industrialiserte områder (AMAP, 2004). Miljøgiftene blir transportert med luft-, hav-, is- og elvestrømmer og med dyr som trekker mellom forskjellige geografiske områder (Oehme, 1991). Imidlertid kan lokale arktiske kilder også bidra til forurensning. Typiske lokale kilder er militære installasjoner, oljefelt eller gamle kjernefysiske prøvesprengningsområder. På Svalbard er PCB-holdige produkter og avfall funnet i og rundt bosetningene og det er påvist avrenning fra disse (Lundkvist et al., 2008).

Flere studier har kunnet påvise PCB og PAH i jord og dyr fra lokale kilder i og ved bosetningen på Svalbard. Jartun og medforfattere (2007) fant PCB i jord, maling, betong og kondensatorer i Barentsburg, Pyramiden og i Longyearbyen. Konsentrasjonene fra jord i Barentsburg og Pyramiden ble karakterisert som høye. I marine sedimenter ble det ikke funnet forhøyede PCB verdier (Cochrane, 2001). Bunnlevende organismer nært bosetningene hadde derimot både høyere konsentrasjoner og en annen sammensetning av PCB og PAH enn det de samme organismene hadde lengre ut i fjordsystemene, noe som tyder på lokalt input av PCB og PAH (Hop et al., 2001). I tillegg var det systematiske forskjeller i sammensetningen av PCB mellom de russiske og norske bosetningene, noe som kan gjenspeile de østlige og vestlige originale PCB-kildene (Hop et al., 2001). Den østlige PCB profilen er sannsynligvis påvirket av den tekniske blandingen Sovol, selv om lette PCB blandinger fra USA (Arochlor 1254) og Tyskland (Chophen A50) har likhetstrekk med Sovol (Hop et al., 2001). En studie av polarmåker som sannsynligvis hadde oppholdt seg i og rundt Barentsburg i sommermånedene viste avvik fra en normal PCB profil for polarmåker (Sagerup et al., 2009). Dette avviket kan forklares med innslag av den østlige tekniske blandingen Sovol og viser derfor at lokal forurensning av PCB også kan tas opp i fugl (Sagerup et al., 2009).

Krykkje (*Rissa tridactyla*) er den vanligste måkearten på Svalbard og er den mest tallrike måkearten i verden (Strøm, 2006). Det er en liten måke (350-500 g) som spiser fisk og krepsdyr fra det øvre vannlaget i havet. Vanlig føde for krykkjer som gjester Svalbard er polartorsk (*Boreogadus saida*), lodde (*Millotus villosus*), amfipoder (tanglopper) og krill (Mehlum and Gabrielsen, 1993). Krykkje hekker i kolonier i fuglefjell rundt hele Svalbard. I Pyramiden og Barentsburg hekker de også i vinduskarmer og andre hyller på bygninger. Krykkje legger 1-3 egg i første halvdel av juni, de ruger ca 27 døgn og ungene flyger av reiret etter 35-40 døgn.

Egg fra sjøfugl har vært mye brukt for overvåkning av miljøgifter i marine systemer. Egg er velegnet for formålet da de både er et godt medium for analyse av miljøgifter, de er lette å samle inn, bestanden blir ikke påvirket og fuglen blir ikke skadet eller drept ("non-destructive sampling").

Denne studien hadde som mål å se etter om krykkje som hekker i og ved bosetningene Barentsburg, Pyramiden og Ny-Ålesund var påvirket av lokale kilder av forurensning.

En større og grundigere rapport av dette prosjektet er publisert som kortrapport 14-2009 fra Norsk Polarinstitutt med tittel "Contaminants in black-legged kittiwake eggs from Kongsfjorden, Barentsburg and Pyramiden" (Miljeteig and Gabrielsen, 2009). Rapporten er tilgjengelig for alle fra Svalbards miljøvernfonds nettside, Norsk Polarinstitutts nettside og bibliotekenes BIBSYS.

Material og metode

I juni 2008 ble 10 krykkjeegg fra hvert av områdene Kongsfjorden, Pyramiden og Barentsburg samlet inn (Figur 1). I Pyramiden og i Barentsburg ble eggene hentet fra reir i vinduskarmer eller andre hyller på bygninger (Figur 2). Ingen krykkjer hekker på bygninger i Ny-Ålesund. Eggene ble derfor samlet inn fra nærmeste koloni som ligger 7 km lengre inn i Kongsfjorden. Alle eggene ble pakket inn i aluminiumsfolie og frosset i -20°C frem til analyse.



Figur 1 Kart over Svalbard. Egg av krykkje ble samlet inn fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden.



Figur 2 Bilder av krykkjer som hekker i vinduskarmer og andre hyller på bygninger i Barentsburg (v) og i Pyramiden (h). Foto; Marzena Kaczmarska (v) og Kai Johannessen (h).

Analyser

Alle eggene ble analysert for en rekke stoffer. Det ble målt 14 organisk klorerte pestisider (OCP), 27 PCBer, 6 toksafener, 12 bromerte flammehemmere (BFR), 15 fluorforbindelser (PFAS) og 17 tungmetaller/ sporstoffer. I tillegg ble ratioen av stabile isotoper av nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) og karbon ($\delta^{13}\text{C}$) bestemt. Alle analysene er beskrevet i detalj i Miljeteig og Gabrielsen (2009).

Analysene av OCPer og PCBer ble gjort på Miljøtoksikologisk laboratorium ved Norges veterinærhøgskole i Oslo. Laboratoriet er akkreditert for analysene av Norsk akkreditering etter standardene NSEN ISO/IEC 17025, test 137.

PFAS ble analysert ved enhet for analytisk miljøkjemi ved Stockholm universitet.

Tungmetaller og mikroelementer ble analysert ved institutt for kjemi på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Stabile isotoper ble analysert ved institutt for energiteknologi på Kjeller.

Statistiske analyser

Gjennomsnitt og standardavvik ble regnet på konsentrasjoner over respektiv deteksjonsgrense. I de tilfellene antallet prøver (n) er under 10, betyr det at 10- n prøver hadde lavere konsentrasjon enn deteksjonsgrensen for denne analysen. Kun konsentrasjoner over deteksjonsgrensen ble tatt med for å regne gjennomsnitt og standardavvik. Statistiske analyser ble gjort på konsentrasjoner utregnet som våtvekt for alle organiske stoffene og tørrvekt for tungmetaller og sporstoffer. Ikke-parametriske tester ble brukt for å regne på forskjeller mellom de tre lokalitetene. Signifikansnivå ble satt til $\alpha = 0.05$.

Resultat og diskusjon

Organiske miljøgifter

De kjemiske elementene γ -HCH, trans-klordan, *o,p'*-DDD, *p,p*-DDD, *o,p*-DDT, PCB-31, PCB-151, PFHxA, PFHpA og PFBS ble ikke funnet over deteksjonsgrensen i noen av prøvene. Videre ble α -HCH, PCB-141, tinn (Sn) eller antimon (Sb) funnet i mindre enn 60 % av prøvene og ble derfor ikke tatt med i den statistiske analysen.

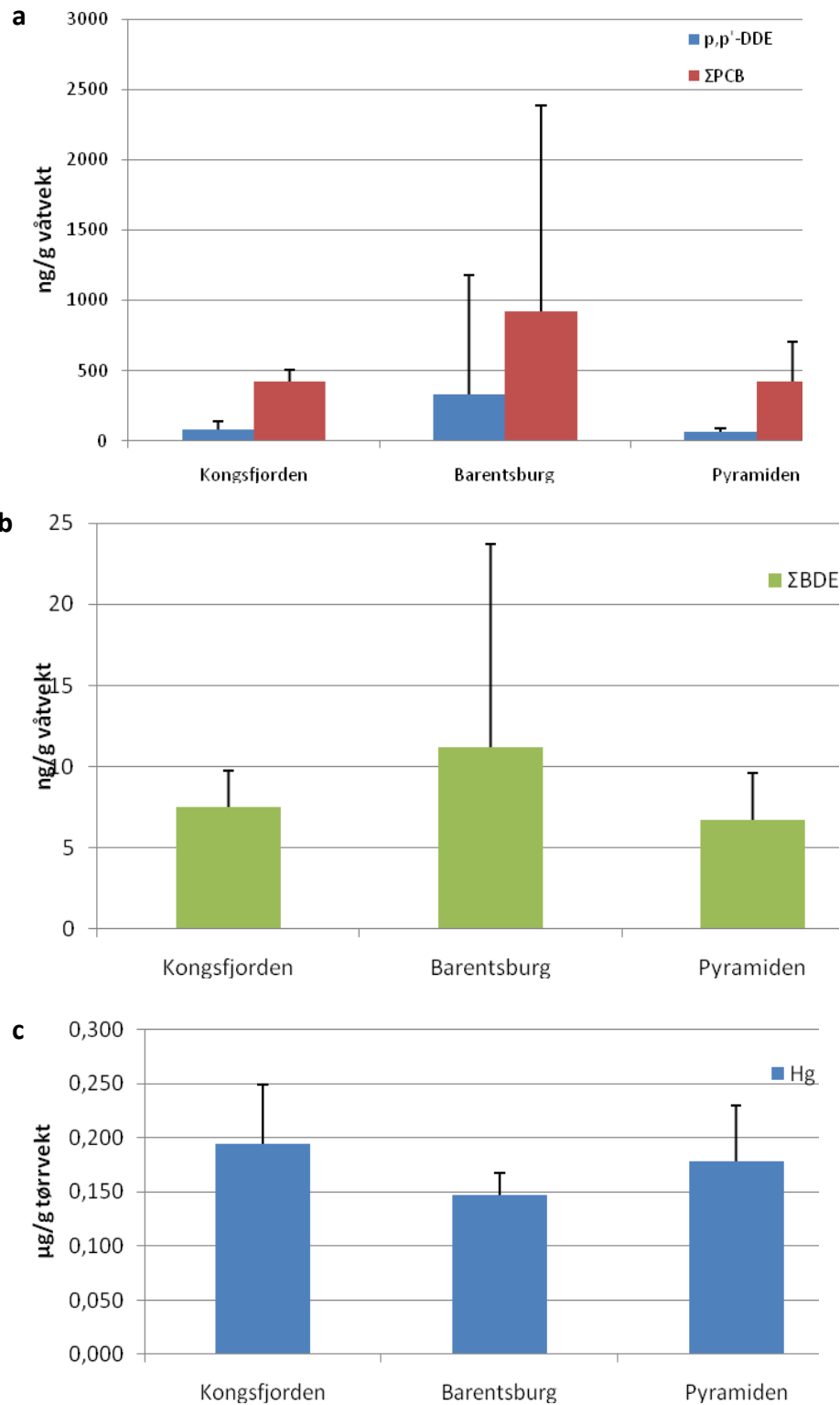
I en prøve fra Barentsburg ble det funnet mye høyere konsentrasjoner av en rekke miljøgifter i forhold til andre prøver. Dette gjør at gjennomsnittverdien og standardavvik fra Barentsburg blir påvirket. Tabellene og grafene viser dette, men siden dette bare gjelder en prøve har det ikke så stor innvirkning på resultatet fra de statistiske testene. Resultatene fra kvalitetssikringssystemene sier at vi må stole på at målingene i denne prøven er riktig. Vi betraktet derfor resultatene fra analysene av denne prøven som korrekt.

Kvaliteten på analysene av de bromerte flammehemmerne BDE-153, -183, -206, -207, -208 og -209 var ikke akseptable. De blanke prøvene inneholdt varierende mengder av de overnevnte BDEene. Det er et kjent problem at det finnes bromerte flammehemmere innendørs (Thomsen et al., 2001). Dette gjør at det er vanskelig å si noe sikkert om konsentrasjonene av disse BDEene siden de finnes i så lave konsentrasjoner i prøvene. Kvaliteten på analysene av BDE-28, -47, -99, -100 og -154 og HBCD var imidlertid god.

De høyeste konsentrasjonene ble funnet for henholdsvis *p,p'*-DDE, PCB-153, PCB-138 og HCB (Tabell 1 og 2), mens BDE (Tabell 2) og PFAS (Tabell 3) ble funnet i mye lavere konsentrasjoner. Utvidede tabeller for alle analysene er presentert i Norsk polarinstitutt rapport for dette prosjektet (Miljeteig and Gabrielsen, 2009).

Det var svært få forskjeller i miljøgiftkonsentrasjoner i krykkjeegg mellom de tre bosetningene (figur 3). Siden det var analysert mange stoffer er det ikke unaturlig å finne noen forskjeller som rene tilfeldigheter. I tillegg viste den stabile isotopen av nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) at krykkjer fra Kongsfjorden spiste litt lavere i næringskjeden enn det krykkjer fra Pyramiden og Barentsburg gjorde. Dette gjør at vi kan forvente litt lavere konsentrasjoner av miljøgifter i eggene fra Kongsfjorden.

Det ble imidlertid funnet systematiske forskjeller i flere av fluorforbindelsene mellom bosetningene. Både PFNA, PFDcA, PFUnA, PFHxS, PFOS, PFDcS og Σ PFAS hadde høyere konsentrasjoner i Pyramiden sammenlignet med Kongsfjorden og PFHxS og PFDcS var også høyere i Barentsburg (Miljeteig and Gabrielsen, 2009). Vi kjenner ikke til hvorfor det er forskjeller i fluorforbindelsene mellom bosetningene. En mulig faktor som kan virke inn er at krykkjer fra Kongsfjorden i gjennomsnitt hentet mat litt lengre ned i næringskjeden enn det krykkjene fra Pyramiden og Barentsburg gjorde.



Figur 3: Gjennomsnittlig konsentrasjoner med standardavvik for (a) p,p' -DDE og Σ PCB, (b) Σ BDE og (c) Hg i egg av krykkje fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Det store standardavviket i figur a og b skyldes høye konsentrasjoner i ett av 10 egg. Legg merke til at skalaen (y-aksen) for de tre grafene er forskjellige.

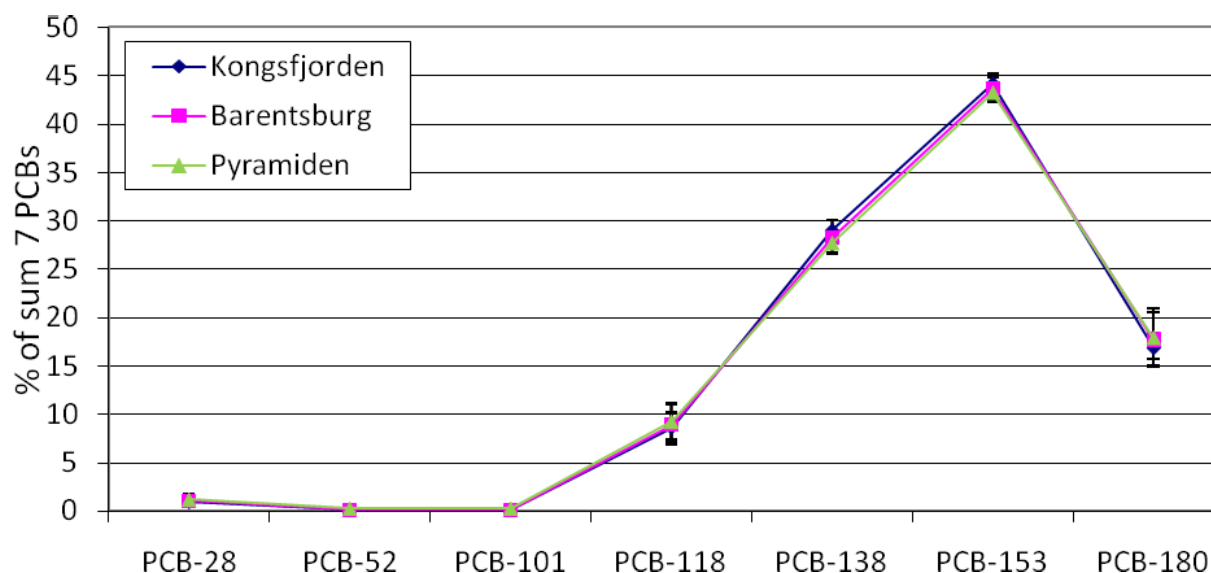
Helt generelt var konsentrasjonene av alle miljøgiftene sammenlignbare med andre studier av krykkjer og andre sjøfugler i Arktisk (Barrett et al., 1996; Braune et al., 2001; Helgason et al., 2008). Det er derfor ingen tegn til at krykkjene fra bosetningene på Svalbard er mer utsatt for miljøgifter enn individer fra andre steder i Arktis.

Tungmetaller og sporstoffer

Det ble også analysert en rekke tungmetaller og sporstoffer i eggene fra krykkje (Tabell 4). Konsentrasjonene av alle stoffene var lave og sammenlignbare med målinger i egg fra krykkje og andre sjøfugl (Helgason et al., 2008). Tungmetaller og sporstoffer er naturlige elementer som finnes i bergrunnen og i alle levende organismer. Noen er også nødvendige for kroppsfunksjonene. Det var ingen forskjeller mellom bosetningene med unntak av vanadium (V) og arsen (As). Konsentrasjonene var imidlertid lave og forskjellene skyldes sannsynligvis tilfeldigheter.

PCB-profil

Foruten at forskjeller i konsentrasjoner mellom områder kan gi indikasjoner på ulik eksponering av miljøgifter, kan også forskjellig sammensetning av miljøgifter mellom områder vise ulikheter. Men i dette studiet ble det ikke funnet noen forskjeller i PCB-profil mellom de tre bosetningene (Figur 4). I et studium av Hop og medforfattere (2001) ble det funnet systematiske forskjeller i PCB-profilen hos bunnlevende organismer utenfor de russiske bosetningene Pyramiden og Barentsburg, sammenlignet med de norske bosetningene Longyearbyen og Ny-Ålesund. Forskjellene kunne tydeligst ses for PCB-118, men det var også forskjeller for PCB-153 og PCB-180 (Hop et al., 2001). Dette kan skyldes lekkasje av PCB fra bosetningene hvor PCB-profilene fra de russiske bosetningene var påvirket av den tekniske PCB blandingen Sovol fra Sovjetunionen, og at de norske bosetningene var påvirket av PCB blandinger som Arochlor 1260/1262 eller Chlopen A60 produsert henholdsvis i USA og Tyskland. Et avvik i PCB-profilen for PCB-118 ble også funnet i polarmåke fra Barentsburg (Sagerup et al., 2009), noe som indikerer at lokal forurensning også kan påvirke fugler.



Figur 4: Kongenerprofil for 7 PCBer i egg fra krykkje fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden.

Konklusjon

Det var ingen betydelige forskjeller i miljøgiftkonsentrasjoner i egg av krykkje samlet inn fra de tre bosetningene Pyramiden, Barentsburg og Ny-Ålesund på Svalbard. Forskjeller mellom PCB-profilene ble heller ikke funnet. Andre undersøkelser har funnet lokal forurensning knyttet til jord, avfall, sedimenter, bunndyr og i polarmåke. Årsaken til at krykkjer ikke er påvirket av lokal forurensning synes å være relatert til hva den spiser og hvor den henter maten. Krykkje er en fugl som spiser krepsdyr og fisk fra de øvre vannlag, ofte langt ute i fjordsystemene og i kaldt vann utenfor brefronter. Svømmende organismer er mindre påvirket av forurensning fra bosetningene og dette kan derfor alene forklare hvorfor lokalt bidrag av miljøgifter i egg fra krykkjer ikke kunne påvises.

Takk til

Vi ønsker å takke Marzena Kacmarska, Harvey Goodwin, Kai Johannessen, Jörg Lenk og Jens Abild (Norsk polarinstitutt) og Børge Moe (Norsk institutt for naturforskning) for hjelp til å samle inn prøvene. Vi vil også takke Katharina Bjarnar Løken og Siri Føreid (Norges veterinærhøgskole), Urs Berger (Stockholm universitet) og Syverin Lierhagen og Ida Beathe Øverjordet (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet) for arbeidet med å analysere prøvene. Sist vil vi rette en stor takk til Svalbards miljøvernfond for finansieringen av denne undersøkelsen.

Referanser

- AMAP, 2004. AMAP assessment 2002: Persistent organic pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway.
- Barrett, R.T., Skaare, J.U., Gabrielsen, G.W., 1996. Recent changes in levels of persistent organochlorines and mercury in eggs of seabirds from the Barents Sea. *Environmental Pollution* 92, 13-18.
- Braune, B.M., Donaldson, G.M., Hobson, K.A., 2001. Contaminant residues in seabird eggs from the Canadian Arctic. Part I. Temporal trends 1975-1998. *Environmental Pollution* 114, 39-54.
- Cochrane, S.J., 2001. Marin miljøundersøkelse ved bosetningene Barentsburg, Longyearbyen og Pyramiden i Isfjorden, Svalbard. Akvaplan-niva, Tromsø.
- Helgason, L.B., Barrett, R., Lie, E., Polder, A., Skaare, J.U., Gabrielsen, G.W., 2008. Levels and temporal trends (1983-2003) of persistent organic pollutants (POPs) and mercury (Hg) in seabird eggs from Northern Norway. *Environmental Pollution* 155, 190-198.
- Hop, H., Sagerup, K., Schlabach, M., Gabrielsen, G.W., 2001. Persistent organic pollutants in marine macro-benthos near urban settlements in Svalbard; Longyearbyen, Pyramiden, Barentsburg, and Ny-Ålesund. Norwegian Polar Institute, Tromsø, p. 43.
- Jartun, M., Volden, T., Ottesen, R.T., 2007. PCB fra lokale kilder i Barentsburg, Pyramiden og Longyearbyen på Svalbard. Geological Survey of Norway, Trondheim, p. 31.
- Lundkvist, Q., Pedersen, H.R., Ottesen, R.T., Volden, T., Jartun, M., Gabrielsen, G.W., Skåre, J.U., Kallenborn, R., Ruus, A., Dahle, S., Evenset, A., Vongraven, D., Jenssen, B.M., Ekker, M., Hindrum, R., 2008. PCB on Svalbard, status of knowledge and management, April 2008. Syssemlannen på Svalbard, Longyearbyen, p. 39.
- Mehlum, F., Gabrielsen, G.W., 1993. The diet of high-Arctic seabird in coastal and ice-covered, pelagic areas near the Svalbard archipelago. *Polar Research* 12, 1-20.
- Miljeteig, C., Gabrielsen, G.W., 2009. Contaminants in black-legged kittiwake eggs from Kongsfjorden, Barentsburg and Pyramiden. Norsk polarinstitutt, Tromsø, p. 28 s.
- Oehme, M., 1991. Dispersion and transport paths of toxic persistent organochlorines to the Arctic - levels and consequences. *Science of the Total Environment* 106, 43-53.
- Sagerup, K., Savinov, V., Savinova, T., Kuklin, V., Muir, D.C.G., Gabrielsen, G.W., 2009. Persistent organic pollutants, heavy metals and parasites in the glaucous gull (*Larus hyperboreus*) on Spitsbergen. *Environmental Pollution* 157, 2282-2290.
- Strøm, H., 2006. Birds of Svalbard, in: Kovacs, K.M., Lydersen, C. (Eds.), *Birds and mammals of Svalbard*. Norwegian Polar Institute, Tromsø, pp. 86-191.
- Thomsen, C., Leknes, H., Lundanes, E., Becher, G., 2001. Brominated flame retardants in laboratory air. *Journal of Chromatography A* 923, 299-304.

Tabeller

Tabell 1: Konsentrasjon av stabile isotoper og organiske miljøgifter (plantevernmidler og PCB) i egg av krykkje fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Antallet prøver av 10 prøver (n/10) over deteksjonsgrensa, gjennomsnittkonsentrasjon (ng/g våtvekt) med standardavvik (\pm SD). Ikke detektert (i.d.) betyr at ingen av prøvene hadde konsentrasjoner over deteksjonsgrensa.

	Kongsfjorden		Barentsburg		Pyramiden	
	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD
Fett%	10/10	9.94 \pm 0.96	10/10	9.92 \pm 0.7	10/10	9.45 \pm 0.58
$\delta^{13}\text{C}$	10/10	-20 \pm 0.1	10/10	-19.9 \pm 0.2	10/10	-20.2 \pm 0.1
$\delta^{15}\text{N}$	10/10	12.1 \pm 0.3	10/10	12.7 \pm 0.6	10/10	13.3 \pm 0.7
HCB	10/10	32.1 \pm 5.5	10/10	46.6 \pm 19.4	10/10	35.5 \pm 9.9
α -HCH	0/10	i.d.	2/10	0.11 \pm 0.08	1/10	i.d.
β -HCH	10/10	2.02 \pm 0.42	10/10	2.91 \pm 1.14	10/10	2.07 \pm 0.63
γ -HCH	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
Oxyklordan	10/10	21.9 \pm 4.8	10/10	39.4 \pm 50.8	10/10	18.9 \pm 6.3
<i>trans</i> -klordan	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
<i>trans</i> -Nonaklor	10/10	5.17 \pm 2.32	10/10	5.14 \pm 3.9	10/10	6.79 \pm 4
<i>cis</i> -Nonaklor	10/10	9.41 \pm 2.17	10/10	13.9 \pm 16	10/10	9.47 \pm 3.12
Σ klordaner	10/10	36.5 \pm 8.13	10/10	58.4 \pm 70.3	10/10	35.1 \pm 9.2
Mirex	10/10	7.95 \pm 1.6	10/10	13.9 \pm 18.5	10/10	7.69 \pm 4.35
<i>p,p'</i> -DDE	10/10	84.5 \pm 56	10/10	331 \pm 852	10/10	67.4 \pm 23.9
<i>o,p'</i> -DDD	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
<i>p,p'</i> -DDD	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
<i>o,p'</i> -DDT	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
<i>p,p'</i> -DDT	10/10	7.06 \pm 1.86	10/10	7.87 \pm 3.79	10/10	10.1 \pm 3.1
Σ DDT	10/10	91.5 \pm 56.8	10/10	339 \pm 855	10/10	77.5 \pm 25.2

PCB-28	10/10	2.83 ± 0.6	10/10	3.63 ± 1.07	10/10	2.91 ± 0.76
PCB-31	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
PCB-47	10/10	3.17 ± 0.55	10/10	5.57 ± 6.64	10/10	2.84 ± 0.72
PCB-52	10/10	0.47 ± 0.06	10/10	0.56 ± 0.2	10/10	0.66 ± 0.43
PCB-66	10/10	9.17 ± 1.03	10/10	11.5 ± 4.7	10/10	8.29 ± 2.16
PCB-74	10/10	5.2 ± 0.76	10/10	7.62 ± 5.85	10/10	4.73 ± 1.31
PCB-99	10/10	28 ± 5.3	10/10	57.3 ± 89	10/10	24.4 ± 8.9
PCB-101	9/10	0.5 ± 0.08	8/10	0.93 ± 0.98	9/10	0.78 ± 0.48
PCB-105	9/10	7.39 ± 1.33	10/10	11.2 ± 9.8	10/10	6.86 ± 2.09
PCB-114	9/10	0.67 ± 0.12	10/10	1.1 ± 1.04	10/10	0.61 ± 0.21
PCB-118	10/10	25.2 ± 5.1	10/10	45.9 ± 53.1	10/10	24.4 ± 8.3
PCB-128	10/10	2.93 ± 1.01	10/10	8.63 ± 18.57	10/10	2.85 ± 1.38
PCB-137	10/10	4.89 ± 0.98	10/10	10.7 ± 18.1	10/10	4.5 ± 2.67
PCB-138	10/10	86.4 ± 19.6	10/10	194 ± 334	10/10	81.8 ± 52
PCB-141	0/10	i.d.	1/10	0.49	0/10	i.d.
PCB-151	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
PCB-153	10/10	131 ± 28	10/10	282 ± 449	10/10	130 ± 91
PCB-156	9/10	5.25 ± 1.02	10/10	9.47 ± 10.3	10/10	5.24 ± 2.72
PCB-157	10/10	2.44 ± 1.97	10/10	3.78 ± 5.15	10/10	1.81 ± 0.94
PCB-167	9/10	3.33 ± 0.64	10/10	6.02 ± 6.55	10/10	3.35 ± 1.89
PCB-170	10/10	16.1 ± 3.7	10/10	38 ± 63.6	10/10	18.5 ± 17.5
PCB-180	10/10	50.4 ± 12.4	10/10	127 ± 222	10/10	58.9 ± 57.2
PCB-183	10/10	12.9 ± 2.9	10/10	29.2 ± 48.4	10/10	14 ± 11.7
PCB-187	10/10	16.3 ± 3.9	10/10	44.3 ± 90.5	10/10	17.5 ± 14.1
PCB-189	9/10	0.38 ± 0.09	10/10	0.95 ± 1.54	10/10	0.44 ± 0.37
PCB-194	10/10	5.46 ± 1.3	10/10	14.4 ± 25.9	10/10	6.46 ± 5.68
PCB-206	10/10	1.58 ± 0.37	10/10	3.39 ± 5.12	10/10	1.81 ± 1.17
ΣPCB	10/10	421 ± 83	10/10	918 ± 1470	10/10	424 ± 280

Tabell 2: Konsentrasjon av organiske miljøgifter (bromerte flammehemmere og toksafen) i egg av krykkje fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Antallet prøver av 10 prøver (n/10) over deteksjonsgrensa, gjennomsnittkonsentrasjon (ng/g våtvekt) med standardavvik (\pm SD).

	Kongsfjorden		Barentsburg		Pyramiden	
	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD	N	Gjennomsnitt \pm SD
BDE-28	10/10	0.16 \pm 0.05	10/10	0.18 \pm 0.06	10/10	0.16 \pm 0.05
BDE-47	10/10	4.33 \pm 1.29	10/10	6.13 \pm 6.24	10/10	3.93 \pm 1.62
BDE-99	10/10	1.28 \pm 0.37	10/10	1.73 \pm 1.48	10/10	1.16 \pm 0.59
BDE-100	10/10	0.76 \pm 0.23	10/10	1.15 \pm 1.35	10/10	0.68 \pm 0.29
BDE-154	10/10	1.01 \pm 0.38	10/10	2.02 \pm 3.47	10/10	0.80 \pm 0.37
Σ BDE	10/10	7.53 \pm 2.24	10/10	11.2 \pm 12.5	10/10	6.74 \pm 2.85
HBCD	10/10	8.83 \pm 9.68	10/10	7.02 \pm 4.21	10/10	5.16 \pm 2.51
CHB-26	10/10	6.36 \pm 2.78	10/10	7.64 \pm 6.34	10/10	7.14 \pm 2.82
CHB-40	10/10	4.39 \pm 1.54	10/10	5.08 \pm 2.36	10/10	6.09 \pm 1.77
CHB-41	10/10	0.65 \pm 0.18	10/10	0.93 \pm 0.68	10/10	1.09 \pm 0.4
CHB-44	10/10	0.55 \pm 0.2	10/10	0.64 \pm 0.27	10/10	0.91 \pm 0.46
CHB-50	10/10	14.2 \pm 5.9	10/10	16.8 \pm 11.5	10/10	15.1 \pm 4.83
CHB-62	10/10	0.69 \pm 0.36	10/10	0.8 \pm 0.33	10/10	1.14 \pm 0.8
Σ CHB	10/10	26.8 \pm 10.2	10/10	31.9 \pm 16.3	10/10	31.5 \pm 10.1

Tabell 3: Konsentrasjon av organiske miljøgifter (fluorforbindelser - PFAS) i egg av krykkje fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Antallet prøver av 10 prøver (n/10) over deteksjonsgrensa, gjennomsnittkonsentrasjon (ng/g våtvekt) med standardavvik (\pm SD). Ikke detekttert (i.d.) betyr at ingen av prøvene hadde konsentrasjoner over deteksjonsgrensen.

	Kongsfjorden		Barentsburg		Pyramiden	
	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD
PFHxA	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
PFHpA	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
PFOA	6/10	0.39 \pm 0.11	10/10	0.48 \pm 0.30	9/10	0.43 \pm 0.13
PFNA	10/10	0.79 \pm 0.17	10/10	1.51 \pm 0.79	10/10	1.85 \pm 0.75
PFDCa	10/10	1.27 \pm 0.38	10/10	2.20 \pm 1.25	10/10	2.96 \pm 1.65
PFUnA	10/10	6.89 \pm 2.51	10/10	11.2 \pm 6.2	10/10	15.3 \pm 8.37
PFDoA	10/10	2.21 \pm 0.75	10/10	2.89 \pm 0.98	10/10	3.52 \pm 1.40
PFTriA	10/10	9.50 \pm 3.97	10/10	10.3 \pm 2.0	10/10	11.3 \pm 3.27
PFTeA	10/10	1.34 \pm 0.59	10/10	1.21 \pm 0.25	10/10	1.29 \pm 0.30
PFPeDA	10/10	1.78 \pm 0.75	10/10	1.52 \pm 0.32	10/10	1.53 \pm 0.42
PFOSA	2/10	0.05 \pm 0.01	5/10	0.05 \pm 0.01	5/10	0.07 \pm 0.03
PFBS	0/10	i.d.	0/10	i.d.	0/10	i.d.
PFHxS	10/10	0.18 \pm 0.03	10/10	0.25 \pm 0.10	10/10	0.31 \pm 0.09
PFOS	10/10	13.4 \pm 4.3	10/10	30.9 \pm 22.9	10/10	38.7 \pm 20.9
PFDCS	10/10	0.24 \pm 0.10	10/10	0.41 \pm 0.25	10/10	0.53 \pm 0.30
Σ PFAS	10/10	37.8 \pm 12.5	10/10	62.9 \pm 33.6	10/10	77.7 \pm 36.3

Tabell 4: Konsentrasjon av tungmetaller og sporstoffer i egg av krykkje fra Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Antallet prøver av 10 prøver (n/10) over deteksjonsgrensa, gjennomsnittkonsentrasjon ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt (dw)) med standardavvik ($\pm\text{SD}$). Ikke detetektert (i.d.) betyr at ingen av prøvene hadde konsentrasjoner over deteksjonsgrensen.

	Kongsfjorden		Barentsburg		Pyramiden	
	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD	n	Gjennomsnitt \pm SD
dw%	10/10	24.9 \pm 6.5	10/10	24.3 \pm 0.8	10/10	24.5 \pm 0.8
Se	10/10	3.69 \pm 0.53	10/10	3.11 \pm 0.47	10/10	3.16 \pm 0.46
Zn	10/10	60.5 \pm 7.8	10/10	63.6 \pm 5.3	10/10	64.2 \pm 10.3
Cd	9/10	0.0063 \pm 0.0119	9/10	0.0015 \pm 0.0010	10/10	0.0017 \pm 0.0011
Mo	10/10	0.171 \pm 0.026	10/10	0.177 \pm 0.029	10/10	0.159 \pm 0.019
Sn	9/10	0.0093 \pm 0.0096	0/10	i.d.	4/10	0.0023 - 0.0074
Hg	10/10	0.783 \pm 0.216	10/10	0.605 \pm 0.085	10/10	0.727 \pm 0.210
Tl	10/10	0.0040 \pm 0.0010	10/10	0.0051 \pm 0.0017	10/10	0.0046 \pm 0.0023
Pb	10/10	0.0056 \pm 0.0025	10/10	0.0136 \pm 0.0255	10/10	0.0110 \pm 0.0076
Li	10/10	0.136 \pm 0.081	10/10	0.170 \pm 0.259	10/10	0.217 \pm 0.214
V	10/10	0.0130 \pm 0.0034	10/10	0.0450 \pm 0.0490	10/10	0.0146 \pm 0.0123
Cr	10/10	0.037 \pm 0.026	10/10	0.026 \pm 0.028	10/10	0.024 \pm 0.012
Mn	10/10	1.91 \pm 0.44	10/10	1.98 \pm 0.63	10/10	2.11 \pm 0.65
Co	10/10	0.019 \pm 0.005	9/9	0.023 \pm 0.008	10/10	0.018 \pm 0.005
Ni	10/10	0.062 \pm 0.071	10/10	0.026 \pm 0.037	10/10	0.025 \pm 0.021
Cu	10/10	2.57 \pm 0.31	10/10	2.46 \pm 0.3	10/10	2.51 \pm 0.22
Sb	2/10	0.0006 \pm 0	2/10	0.0007 \pm 0.0003	1/10	0.0005
As	10/10	0.381 \pm 0.053	10/10	0.357 \pm 0.107	10/10	0.609 \pm 0.204