

FORTSATT EN UTFORDRING

PCB PÅ SVALBARD RAPPORT 2011



FORORD

Iskjerner og sedimenter fra Svalbard viser en klar nedgang i tilførselen av PCB (polyklorete bifenyl) etter 1970. Det internasjonale forbudet mot PCB-olje har hatt virkning. Likevel har man i perioden 2004-2008 målt en økning av PCB i lufta ved Zeppelin-stasjonen/Ny-Ålesund sammenlignet med tallene fra 2004. Et kjemisk produkt som ble tatt i bruk industrielt for ca. 80 år siden og som har vært forbudt i 30-40 år, er vi på ingen måte ferdige med.

Polyklorete bifenyl er en gruppe helse- og miljøfarlige stoffer. Rapporten "PCB på Svalbard; Kunnskaps- og forvaltningsstatus 2011" er en oppsummering av den systematiske kartleggingen og oppdaterte kunnskapen vi har om miljøgiften PCB på Svalbard.

Rapporten er utarbeidet av Sysselmannen på Svalbard i samarbeid med en rekke forskningsmiljø og Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif). Rapporten bygger på arbeidet som ble gjennomført i prosjektet "Svalbard fritt for lokale PCB-kilder", finansiert av Miljøverndepartementet. Prosjektet har omfattet feltarbeid med kartlegging og opprydding, delprosjekter og seminarer, i tillegg til denne sluttrapporten. Forskningsmiljøene har identifisert områder der de ut i fra et forskningssynspunkt mener det fortsatt er kunnskapshull. Arbeidet har omfattet kartlegging, identifisering og fjerning av så mye som mulig av lokale kilder, funn/konstatering av kunnskapshull og tiltaksrettede forvaltningsrutiner fra Sysselmannen for videre oppfølging lokalt. Rapporten og arbeidet er dokumentert på Sysselmannen.no (<http://sysselmannen.no/hoved.aspx?m=51645>). Rapporten vil bli tilgjengelig også i engelsk og russisk oversettelse.

PCB er en gruppe tekniske forbindelser som har vist seg å bli alvorlige helse- og miljøgifter. Om ikke så mange år feirer vi et uønsket 100-års jubileum for disse stoffene. Litteraturstudier og våre egne undersøkelser viser at PCB nå kan spores overalt; i is, snø, vann, jord, vegetasjon, dyreliv og luft på Svalbard. Stoffene spres effektivt og ukontrollert til det arktiske miljøet.

Erfaringene med PCB bør gi refleksjoner rundt introduksjon og omfang av nye kjemikalier med ukjente og lite undersøkte

langtidseffekter på helse og miljø i arktiske strøk. Det er viktig å redusere utslipp av nye typer miljøgifter til luft og vann og fra produkter og forbruksvarer på verdens markeder i dag for å begrense spredningen og følgene av dem. Nye stoffer kan ha lignende effekter og konsekvenser som PCB har hatt. Det er både billigere og enklere å forebygge enn å rydde og rense etterpå.

Den desidert største tilførselen av PCB til Svalbard er langtransport fra andre deler av verden. Det er også lokale kilder, særlig i de russiske bosetningene Barentsburg og Pyramiden, men mye av dette er det nå ryddet opp i. Klimaendringer forsterker miljøgiftutfordringene på Svalbard. PCB-forurensningen vil derfor fortsatt være en stor utfordring for Svalbard i fremtiden.

Det har gjennom flere årtier pågått mye arbeid for å redusere bruken av PCB både nasjonalt i Norge og internasjonalt. PCB har i mange år vært strengt regulert i Norge og EU, og er også omfattet av den globale Stockholmskonvensjonen. Det er behov for handling for å redusere langtransportert PCB-forurensning til Svalbard og Arktis. Tiltak for utfasing, opprydding og forsvarlig destruksjon av PCB-holdig materiale og utstyr, nasjonalt og internasjonalt bør følges opp. Kunnskapen om de store og alle de små lokale kildene rundt om i verden bør aktivt brukes i et målrettet internasjonalt samarbeid.

Halvard R. Pedersen
Prosjektleder
Sysselmannen på Svalbard



"Sysselmannen har gjort det vi kan for å forebygge at PCB fra lokale kilder kommer ut i svalbardmiljøet. Nå går stafettpinnen videre slik at andre fortsetter med sine lokale kilder. Et forebyggende og virkningsfullt internasjonalt samarbeid må til for å redusere den PCB som kommer med luft og havstrømmer til Svalbard."

Odd Olsen Ingerø
Sysselmann på Svalbard

OM RAPPORTEN OG PROSJEKTARBEIDET

PCB på Svalbard; Kunnskaps- og forvaltningsstatus 2011
PCB-prosjektet på Svalbard startet opp i 2008 etter tildeling av midler fra Miljøverndepartementet.

PROSJEKTET HAR HATT SOM HOVEDMÅL Å:

1. Kartlegge lokale kilder til spredning av PCB
2. Få fjernet alt PCB-holdig utstyr som er i bruk eller er lagret
3. Dokumentere forurensningsstatus
4. Dele erfaringer og bidra til internasjonalt samarbeid for å forebygge PCB-forurensning

DELTAENDE INSTITUSJONER HAR VÆRT:

Akvaplan-niva
Direktoratet for naturforvaltning (DN)
Klima og forurensningsdirektoratet (Klif)
Norges geologiske undersøkelse (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk polarinstitutt (NP)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Norges Veterinærhøgskole (NVH)
Sysselmannen på Svalbard
Trust Arktikugol (TA)
Universitetet i Bergen (UiB)
Universitetssentret på Svalbard (UNIS)
Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB)

DISSE PERSONENE HAR BIDRATT:

Prosjektleder

Halvard R. Pedersen, rådgiver forurensning, Sysselmannen på Svalbard

Forfattere

Roland Kallenborn, *professor kjemi/kjemisk teknologi, Universitetet for miljø- og biovitenskap*

Rolf Tore Ottesen, *Norges geologiske undersøkelse, leder av forskningsgruppen Geokjemi og miljø, Professor II Institutt for kjemi, NTNU*

Geir W. Gabrielsen, *seniorforsker, zoofysiologi, Norsk polarinstitutt, Tromsø professor II marinbiologi ved Universitetssentret på Svalbard, Longyearbyen*

Corinna Schrum, *professor oseanografi, Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen*

Anita Evenset, *forskningsleder, Akvaplan-niva*

Anders Ruus, *Dr. scient, forsker I, marin biologi/økotoksikologi, Norsk institutt for vannforskning*

Halfdan Benjaminsen, *Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og energidirektorat*

Kjetil Sagerup, *forsker, Norsk polarinstitutt, Tromsø*

Guttorm Christensen, *seniorrådgiver, Akvaplan-niva*

Ola Eggen, *forsker, Norges geologiske undersøkelse*

Pernilla Carlsson, *stipendiat i miljøkjemi, Universitetssentret på Svalbard*

Emma Johansson-Karlsson, *ingeniør, Universitetssentret på Svalbard*

Anuschka Polder, *Dr. Philos, forsker, miljøkjemi/miljøtoksikologi, Norges Veterinærhøgskole*

Halvard R. Pedersen, *rådgiver forurensning, Sysselmannen på Svalbard*

Qno Lundkvist, *sjefsingeniør, Klima- og forurensningsdirektoratet*

Redaktør for rapporten har vært Qno Lundkvist, *Klif*.



“Den moderne sivilisasjonens bruk av miljøgifter medfører en belastning på svalbardmiljøet.”

PCB er helse- og miljøfarlige stoffer som vanskelig brytes ned i det arktiske miljøet. De utgjør størstedelen av den kjente miljøgiftsbelastningen for dyrelivet på Svalbard. Belastningen er så stor at den gir negative utslag for enkeltindivider og bestander for arter som isbjørn, polarrev, storjo, ismåke og polarmåker. En uvitenskaplig sammenligning kan tydeliggjøre hvor stor belastningen nå er: Blir dyr farlig avfall? PCB-holdig byggavfall som har like høye nivåer som for eksempel fjellrev og isbjørn på Svalbard har, kan etter regelverket ikke gjenbrukes uten bl.a. å formelt risikovurderes.

Den moderne sivilisasjonen medfører en belastning på svalbardmiljøet ved forurensning av miljøgifter. Denne belastningen beskrives foreløpig godt av PCB-forurensningen. PCB kan brukes som modell på andre nye og gamle miljøgifter. Effektene i miljøet er til dels likartede. Finner man PCB, vil man ofte også finne mange av de andre miljøgiftene med tilsvarende egenskaper.

Den desidert største tilførselen av PCB til Svalbard er langtransportert forurensning fra andre deler av verden. Det gjelder også mange andre vel kjente miljøgifter.

Det er i løpet av prosjektperioden avdekket og registrert betydelige lokale kilder av PCB. På Svalbard er det nå gjennomført kartlegging, prøvetaking, fjerning og sanering av PCB-holdig utstyr i alle eksisterende og forlatte bosetninger.

Kunnskapen om lokale kilder og forholdet til de langtransporterte miljøgiftene er avgjørende for at forvaltningen skal kunne sette i verk treffende tiltak lokalt, og for at myndighetene skal prioritere arbeidet internasjonalt.

Det er behov for handling for å redusere den langtransporterte PCB-forurensningen på Svalbard. Dette må omfatte tiltak for utfasing, opprydding og forsvarlig destruksjon av PCB-holdig materiale nasjonalt og internasjonalt. For å bidra til en snarest mulig forsvarlig reduksjon av menneskeskapte kilder for PCB-utslipp må kunnskapen om de store og alle de små lokale kildene rundt om i verden aktivt brukes i et målrettet samarbeide internasjonalt.

Norges nasjonale handlingsplan for reduserte utslipp av PCB kan i den anledning bevisst brukes i et arbeide med å oppnå forpliktende internasjonalt samarbeid til snarlig forebyggende utfasing

og destruksjon av PCB, som fortsatt finnes i bl.a. elektrisk utstyr, bygg og konstruksjoner. Videre kan foreliggende rapporters fakta-beskrivelser og konklusjoner også aktivt kunne brukes i et slik fremtidsrettet arbeid.

RAPPORTEN ER STRUKTURERT I SYV KAPITTEL:

1 PCB – EN UTFORDRING FOR SVALBARD. Første kapitlet oppsummerer konklusjoner og anbefalinger fra prosjektarbeidet. Grunnlaget for oppsummeringen er undersøkelser redegjort for i kapittel 3.

2 PCB PÅ SVALBARD – INNLEDNING. Andre kapitlet gir en innledning og rammebetingelser til problematikken knyttet til PCB.

3 PCB I SVALBARDMILJØET. Tredje kapittel oppsummerer kunnskapsstatus for PCB-forurensningen basert på åpent tilgjengelige kilder og undersøkelser.

4 PCB – KILDER, TILFØRSELSVEIER OG KLIMAENDRINGER. Fjerde kapittel beskriver hvordan PCB-forurensningen har oppstått. Videre presenteres mulige utvikling av PCB-forurensningen grunnet klimaendringer.

5 REFERANSER. Femte kapitlet dokumenterer det informasjonsmaterialet som ligger til grunn for rapporten.

6 RAPPORTOVERSIKT STEDFESTEDE MILJØGIFTUNDER-SØKELSER. Sjette kapitlet lister gjennomførte undersøkelser av PCB og miljøgifter i geografisk avgrensete områder på land og i sedimenter på Svalbard.

7 VEDLEGG. Syvende kapittel inneholder vedlegg som supplerer deler av informasjonen i tidligere kapitler.

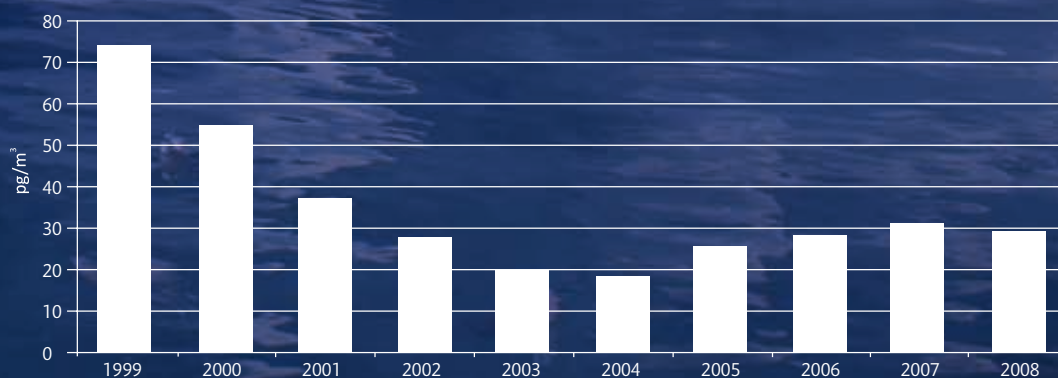
Fotnoter er samlet i slutten av hvert kapittel.

INNHOOLD

1	PCB - EN UTFORDRING FOR SVALBARD	7	3.3	I SJØ (MARINT MILJØ)	46
1.1	BAKGRUNN	7	3.3.1	SJØVANN	46
1.2	KUNNSKAPSSTATUS FOR PCB PÅ SVALBARD OG NÆROMRÅDER - OVERSIKT	8	3.3.2	HAVIS	47
1.2.1	HVOR MYE PCB ER DET?	10	3.3.3	MARINE SEDIMENTER	47
1.2.2	OVERSIKT OVER KJENTE NIVÅER AV PCB I ULIKE MEDIER PÅ SVALBARD	16	3.4	MENNESKER, PLANTER OG DYR	50
1.2.3	OG OM IKKE DET VAR NOK ...	19	3.4.1	MENNESKER	50
1.3	FORVALTNINGSSTATUS (TILTAK)	19	3.4.2	PLANTER	50
1.3.1	HVA ER GJORT?	19	3.4.3	PATTEDYR PÅ LAND	51
1.3.2	HVA BØR VI GJØRE?	19	3.4.4	SJØPATTEDYR	51
1.3.3	NASJONALE MILJØMÅL OG PCB PÅ SVALBARD	20	3.4.5	FISK I HAVET	53
2	PCB PÅ SVALBARD – RAMMEBETINGELSER	25	3.4.6	FERSKVANNSFISK	63
2.1	HENSIKT MED RAPPORTEN	25	3.4.7	FUGL	65
2.2	PCB – STOFFENES EGENSKAPER	26	3.4.8	VIRVELLØSE DYR I HAVET (MARINE EVERTEBRATER)	68
2.3	PCB I MAT	28	4	PCB - KILDER, TILFØRSELSVEIER OG KLIMAENDRINGER	70
2.4	ANDRE MILJØGIFTER OG NYE KJEMIKALIER	28	4.1	KILDER OG TILFØRSELSVEIER FOR PCB	70
2.5	REGELVERK OG KONVENSJONER	28	4.1.1	GENERELT	70
2.6	TILSYN	28	4.1.2	ATMOSFÆRISK LANGTRANSPORTERT PCB	71
2.7	PRØVER, ANALYSER OG TOLKNING AV RESULTATER	28	4.1.3	TRANSPORT AV PCB MED HAV OG HAVSTRØMMER	72
2.7.1	OVERVÅKINGSSTRATEGI	28	4.1.4	TRANSPORT AV PCB MED HAVIS	73
2.7.2	PRØVETAKING OG ANALYSER	28	4.1.5	TRANSPORT AV PCB MED DYR OG FUGLER	73
2.7.3	RAPPORTERING AV RESULTATER	28	4.1.6	LOKALE OG REGIONALE KILDER	74
2.7.4	TOLKNING AV RESULTATER	28	4.2	EFFEKTER AV EVENTUELLE KLIMAENDRINGER	78
2.7.5	KLASSIFISERINGSSYSTEMER	30	4.2.1	MODELLERTE KLIMAENDRINGER PÅ ØST-SVALBARD	80
2.8	RUSSISKE MILJØUNDERSØKELSER PÅ SVALBARD OG INTERKALIBRERING	30	5	REFERANSER	81
2.8.1	TRUST ARKTIKUGOLS MILJØOVERVÅKING	30	6	RAPPORTOVERSIKT STEDFESTEDE MILJØGIFTUNDERSØKELSER	97
2.8.2	INTERKALIBRERING	31	7	VEDLEGG	102
2.8.3	INTERKALIBRERING I PROSJEKTET PCB PÅ SVALBARD – METODIKK FOR PRØVETAKING OG ANALYSE	31	7.1	LANGTRANSPORTERT FORURENSNING: KILDER PÅ DEN NORDLIGE HALVKULE	102
3	PCB I SVALBARDMILJØET – KUNNSKAPSGRUNNLAGET	33	7.2	REGELVERK OG KONVENSJONER	107
3.1	ATMOSFÆRISK	33	7.2.1	NASJONALT	107
3.1.1	GENERELT	33	7.2.2	INTERNASJONALT	107
3.1.2	BAKGRUNNSNIVÅ AV PCB I ATMOSFÆREN VED ZEPPELINSTASJONEN	33	7.2.3	NASJONALE MÅL OG PLANER	108
3.1.3	ØKENDE MENGDER PCB I ATMOSFÆREN OVER SVALBARD	33	7.3	METODEKRAV, PRØVETAKING, ANALYSER OG LIGNENDE	109
3.1.4	ÅRSTIDSAVHENGIG PCB-FORDELING	33	7.3.1	PRØVETYPE OG PRØVETAKINGSVARIABILITET	109
3.1.5	BJØRNØYA	34	7.3.2	ULIKE METODER FOR OPPARBEIDELSE AV PRØVENE	109
3.1.6	LUFTMÅLING I BOSETNINGENE PÅ SPITSBERGEN	35	7.3.3	PROBLEMATIKK KNYTTET TIL ULIKE ANALYSEBATCHER	110
3.1.7	LOKALE UTSLIPPSKILDER AV PCB TIL LUFT	36	7.3.4	PÅVISNINGSGRENSER OG HÅNDTERING AV VERDIER UNDER DETEKSJONSGRENSEN	110
3.2	PÅ LAND (TERESTRISK MILJØ)	36	7.3.5	KONTAMINERING FRA PRØVEEMBALLASJE	110
3.2.1	BAKGRUNNSFORURENSNING	36	7.3.6	PROBLEMATIKK KNYTTET TIL INNVEKT AV HETEROGENT PRØVEMATERIALE	111
3.2.2	OVERFLATEJORD I BOSETNINGER, DEPONIER OG FORURENSET GRUNN	41	7.4	MILJØOVERVÅKINGSPROGRAMMER OG ANDRE INFORMASJONSKILDER	112
3.2.3	FLUVIALE SEDIMENTER – MASSETRANSPORT I FERSKVANN OG ELVER	43	7.4.1	MILJØOVERVÅKINGSPROGRAMMER	112
3.2.4	SNØ OG IS	44	7.4.2	INFORMASJONSKILDER VIA INTERNETT	113
3.2.5	VANN	45	7.5	FORKORTELSER, BETEGNELSER OG VEKTEHETER	114
3.2.6	FERSKVANNS/LAKUSTRINE SEDIMENTER	45			



Etter 30 års forbud
mot PCB:
økte mengder i luften



PCB i atmosfæren har økt: Atmosfæren er kanskje det medium hvor vi raskest kan måle endringer i tilstedeværelsen av stoffene. Etter en trend med nedgang, har man i perioden 2004-2008 registrert økte nivåer av atmosfærisk PCB ved Zeppelin-stasjonen.

1. PCB - EN UTFORDRING FOR SVALBARD

“Overalt der vi undersøker finner vi de helse- og miljøfarlige stoffene PCB. Det rene er ikke lenger rent. Virkeligheten er enda mer skremmende. PCB er kun én av mange miljøgifter, og giftblandningen kan være farligere enn PCB alene”.

Professor Rolf Tore Ottesen, Norges geologiske undersøkelse

1.1 BAKGRUNN

Polyklorete bifenyler (PCB) er en gruppe helse- og miljøfarlige stoffer med svært alvorlige effekter for menneske og natur. Blant annet er det kjent at PCB kan virke hormonforstyrrende. På grunn av stoffenes stabilitet og spredning er PCB en viktig gruppe miljøgifter, både i global og arktisk sammenheng. Tidligere utslipp av PCB finner vi i dag igjen i mennesker, dyr, sedimenter, luft, vann og jord over hele verden. På Svalbard finner vi PCB i alle medier som er undersøkt. Dette viser at stoffene blir spredt effektivt og uten særlige begrensninger til, og i, det arktiske miljøet.

PCB påvirker utvikling hos tidlige livsstadier negativt, særlig fostre og barn er utsatte og sårbare. Langtidseksponering, selv i små mengder, påvirker blant annet immunforsvaret, forplantningsevnen og hormonbalansen. Stoffene påvirker i tillegg nervesystemene og kan gi andre utviklingsforstyrrelser for mennesker og dyr.

På Svalbard er nå det meste av kartlagt PCB-holdig utstyr og materiale fjernet. Gjenværende lokale PCB-kilder er hovedsakelig knyttet til bygninger og forurensset jord, særlig i de russiske bosetningene. Hovedutfordringen er langtransportert PCB-forurensning som i dag utgjør den største kilden for tilførsel av PCB. Klimaforhold og Svalbards geografiske plassering gjør at luft- og

havstrømmer og istransport over polhavet bringer med seg PCB fra blant annet industrialiserte områder i Europa, USA, Russland og Asia til øygruppa. Stoffene er fortsatt brukt i blant annet gammelt utstyr i store deler av verden og finnes i mange ulike typer produkter, hovedsakelig knyttet til elektrisk utstyr, bygninger, anlegg og maling. PCB-forurensningen vil derfor fortsatt være en stor utfordring for Svalbard fremover, spesielt ved større klimaendringer. Etter en jevn nedgang av PCB frem til 2004, er det målt en økning av PCB i atmosfæren ved Zeppelinstasjonen i Ny-Ålesund.

PCB som slippes ut eller remobiliseres i Europa og på andre kontinent, kan i løpet av bare noen dager eller uker transporteres med luftstrømmer til Svalbard. Grovt anslått kommer ca. 60 % av den langtransportert PCB i gassfase eller festet til partikler til Svalbard med luftstrømmene, 30 % kommer med havstrømmer og 10 % gjennom istransport over Polhavet (Kallenborn, pers. komm.).

Sysselemannen har ingen mulighet eller myndighet til å redusere tilførselen av, eller kontrollere, den langtransporterte forurensningen. Her er det internasjonalt samarbeid, knyttet til forsvarlig utfasing av PCB-produkter, forsvarlig håndtering av PCB-forurensning på stedet og klimatiltak, som må til. Det er viktig at

FAKTA PCB påvirker utvikling hos tidlige livsstadier negativt, særlig fostre og barn er utsatte og sårbare PCB gir skadevirkninger selv i svært små konsentrasjoner

HOVEDFUNN

1. PCB-nivåene i svalbardmiljøet gir dokumenterte skadevirkninger hos flere dyrearter
2. PCB i atmosfæren øker igjen
3. Det er funnet nivåer av dioksinlignende PCB og dioksin i ferskvannsfisk og sjømat tett opptil eller over grenseverdier for humant konsum
4. PCB er funnet i alle undersøkte medier og næringskjeder
5. PCB utgjør størsteparten av den totale belastningen av miljøgifter i mange organismer på Svalbard

Se kapittel 3 og 5 for det faglige grunnlaget for rapporten



Norge fortsetter å bidra sterkt i dette arbeid, spesielt innen FN-konvensjonene (Stockholm og LRTAP¹-konvensjonene). Det er også viktig at internasjonale avtaler og konvensjoner med konsekvens for Svalbard og det arktiske miljøet blir satt ut i livet i tråd med intensjonene og forpliktelsene de gir. Ressurser, virkemidler og hjemler for Norges bidrag til slikt internasjonalt arbeid ligger hovedsakelig hos Miljøverndepartement og Klima- og forurensningsdirektoratet.

1.2 KUNNSKAPSSTATUS FOR PCB PÅ SVALBARD OG NÆROMRÅDER – HOVEDFUNN

PCB er funnet i alle undersøkte medier og næringskjeder: Det er godt dokumentert at PCB nå utgjør en uønsket og etter hvert integrert del av økosystemene på Svalbard. Stoffene finnes i luft, vann, jord, sedimenter og organismer og kan måles overalt på, og rundt Svalbard.

Allerede i dag gir PCB-nivåene i svalbardmiljøet dokumenterte skadevirkninger hos flere dyrearter: PCB har sammen med andre miljøgifter en negativ påvirkning på polarrev, isbjørn, spekkhogger, havhest, polarmåke, storjo og ismåke på Svalbard. Konsentrasjonen av PCB som toppredatorene nå har kan forårsake fysiologisk, immunologisk og reproduktivt stress, som igjen kan være negativt på individ- og populasjonsnivå.

Det er lite kunnskap om hvordan PCB påvirker organismene på lavere trofiske nivå.

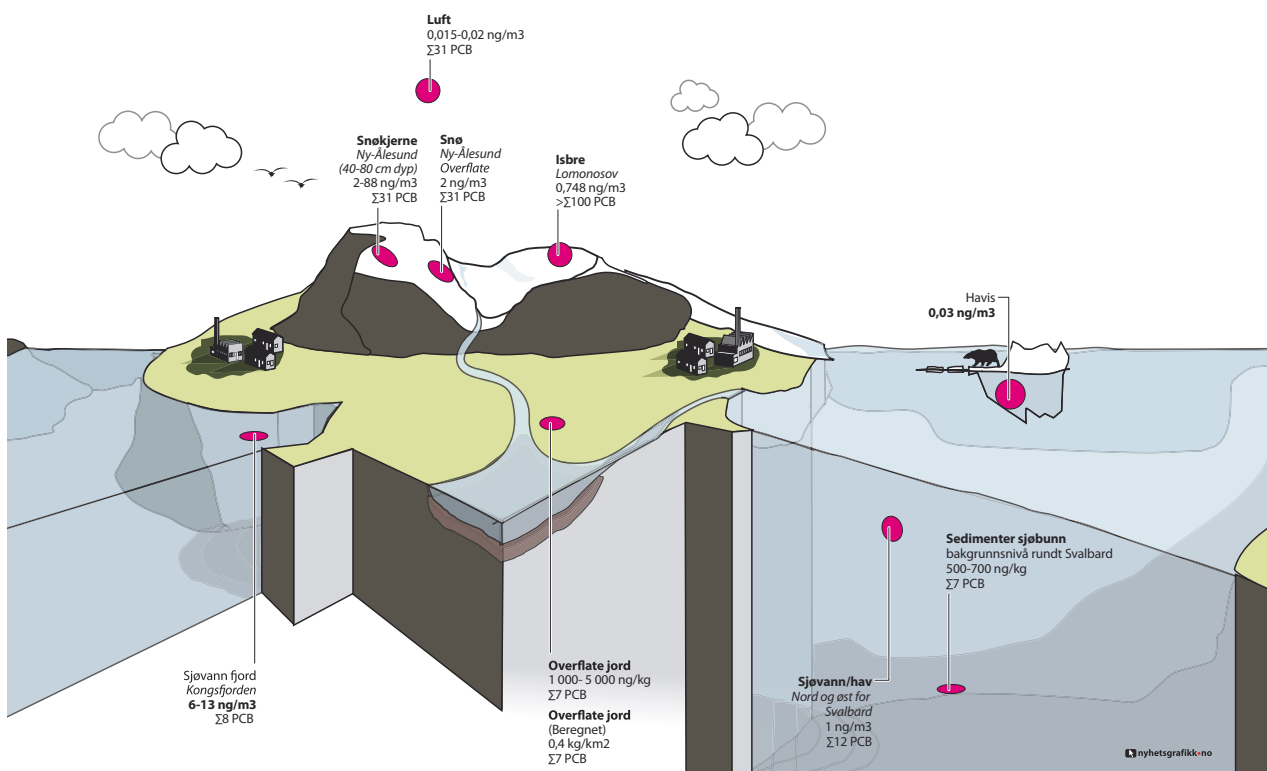
PCB i atmosfæren øker igjen: Atmosfæren er kanskje det medium hvor vi raskest kan måle endringer i tilstedeværelsen av stoffene. Etter en trend med nedgang, har man i perioden 2004–2008



Zeppelinstasjonen ved Ny-Ålesund måler fortløpende forurensninger av blant annet PCB i luften. Den spiller en viktig internasjonal rolle i langtidsovervåkingen av tungt nedbrytbare (persistente) organiske miljøgifter. Foto: Tor Ivan Karlsen, Norsk Polarinstitutt

registrert økte nivåer av atmosfærisk PCB ved Zeppelin-stasjonen. PCB-forurensset luft påvirker også vann og sedimenter, direkte og indirekte.

Det er funnet nivåer av dioksinlignende PCB og dioksin i ferskvannsfisk og sjømat tett opptil, eller over grenseverdier for humant konsum: Røye fra Ellasjøen på Bjørnøya har nivåer av PCB og dioksinlignende PCB som overskrider grenseverdier for humant konsum satt av US Environmental Protection Agency og EU. Også fisk fra Richardvatn, Arresjøen og Annavatn har forhøyde



Her ser vi vanlige bakgrunnsnivåer av PCB i Svalbard-miljøet som skyldes langtransportert forurensning. (Tallverdiene er oppgitt i nanogram per kg. 1 ng/kg tilsvarer 0,000 000 001 g/kg).



Nivåene av PCB i isbjørn gir allerede skadelige effekter på blant annet hormon- og immunsystem. PCB-forurensningen påvirker også forplantning og overlevelse. Foto: Halvard R. Pedersen

nivåer av miljøgifter. NIFES dokumenterer at blåkveite fanget ved fra prøvestasjonene utenfor Svalbard har konsentrasjoner hvor summen av dioksinlignende PCB og dioksin er over EUs øvre grenseverdi. Havforskningsinstituttet konstaterer at en del sjømat fra Barentshavet er over akseptgrensen for dioksinlignende PCB og dioksin, og at sjømattryggheten kan komme under press om forurensningsbelastningen blir større enn i dag.

PCB utgjør størsteparten av den totale belastningen av miljøgifter i mange organismer på Svalbard: Til tross for funn av nye typer av miljøgifter og nedbrytingsprodukter, dominerer fortsatt PCB. PCB utgjør over halvparten av den totale miljøgiftbelastningen for flere av artene, for eksempel hos arter av skjell, fisk og sel, og hos polarmåke og isbjørn.

Det er geografiske gradienter i PCB-forurensningen: Ved fordampning, kondensering i kaldere luftlag og nedfall med blant annet nedbør, sprer PCB seg stadig nordover på kloden.

For enkelte medier kan det spores en økning i forurensningen jo lengre øst på Svalbard en kommer. Her er det funnet en grov slik trend for sel, flere hvalarter, fjellrev, isbjørn og luft. Dette kan indikere en større luft- og havbasert langtransport av PCB-

forbindelser inn i Barentshavet og Svalbardområdet.

Modellberegninger viser at økt tilførsel av PCB med smeltevann fra sjøisen og lagdannelse i havet på grunn av oppvarming og økt smeltevann om sommeren, fører til høyere konsentrasjoner av PCB i overflatevannet i den nordlige delen av Barentshavet.

Eventuelt målt nedgang i PCB-nivåer trenger ikke å bety at miljøgiftene er blitt brutt ned: Hoveddelen av PCB kommer til Svalbard-regionen med luft- og havstrømmer og havner i vann, snø, is eller jord på, eller ved øygruppen. I arktisk klima brytes PCB lite ned.

Det er gjort mange undersøkelser som viser at stoffene, etter at de har kommet inn i Svalbardmiljøet, effektivt blir transportert og spredt fra områder med bakgrunnsforurensning eller forurenset grunn til det marine miljøet. På grunn av stoffenes remobilisering skjer en langvarig midlertidig forflytning mellom forskjellige medier, for eksempel fra luft til snø, videre til jord og vann, for å ende opp i sedimenter. En målt nedgang i konsentrasjon i et medium betyr ikke nødvendigvis at stoffene er brutt ned og uskadeliggjort. PCB kan midlertidig ha flyttet seg til et annet medium, hvor stoffene er tilgjengelig for opptak av organismer. Når stoffene så er i omløp hopper de seg stadig opp i næringskjeder og påvirker dyr og mennesker.



Lekkende elektrisk utstyr er fjernet. Her fra oppryddingsarbeide utført i Pyramiden. Foto: Halvard R. Pedersen

PCB-nivåer i flere medier varierer med årstid/sesong: Forurensningen i atmosfære og vann har sesongsvariasjoner som viser at PCB blir frigjort når snø og is smelter. Flomvannet vasker også ut PCB fra jord og forurenset grunn. Disse svingningene kan også spores i plankton. PCB-nivåene i dyr svinger sterkt med blant annet mattilgang, type føde og totalt stressnivå.

Lokal PCB-forurensning i bosetningene sprer seg til det marine miljøet og økosystemene: PCB-forurensningen i Grønfjorden (hvor Barentsburg ligger) og Billefjorden (hvor Pyramiden ligger) har en annen sammensetning enn den i Adventfjorden, Isfjorden og Kongsfjorden. Dette tyder på at lokal forurensning spres til marine sedimenter, bunnfauna og stasjonære marine dyr. Opptak av PCB fra lokal forurensning kan spores i bunnlevende organismer og stasjonær fisk, for eksempel ulke og uer, og polarmåke.

Lokale primærkilder² for PCB er kartlagt og tiltak iverksatt: For å unngå fremtidige utslipp har Sysselmannen gjort kartlegging, opprydding og sanering av PCB-holdig utstyr i alle eksisterende og forlatte bosetninger på Svalbard. Bygg og anlegg er inspirert for mulig PCB-holdig utstyr i bruk eller på lager. Ved mistanke om PCB er prøver tatt og analysert. Det som nå ikke er fjernet er hovedsaklig bundet i maling på bygg eller ligger i jorda nær bygningene. I Longyearbyen er det påvist PCB i ti av de undersøkte bygningene, og nivåene er lave sammenliknet med Barentsburg. 60 % av bygningene i Barentsburg og Pyramiden har bygningsmaterialer som inneholder PCB. Over 90 % av de malte flatene der inneholder PCB.

Brorparten av den PCB som nå finnes på Svalbard er i form av sekundære kilder³ som det er vanskelig å iverksette effektive tiltak mot: Forurensningen er midlertidig bundet i jord, snø, is, vann, sediment, luft, vegetasjon og dyr. Siden stoffene vanskelig brytes ned, vil det i sluttenden bli bunndyr i sjøen (sedimentlevende dyr/vertebrater) som blir eksponert for miljøgiftene. Virvelløse dyr/vertebrater er lavt i næringskjeden, og de fleste har begrenset

evne til å omdanne eller bryte ned PCB-forbindelser. Evertebratene kan remobilisere den biotilgjengelige delen av forurensningene som legger seg på sjøbunnen. Som byttedyr for andre organismer vil de overføre PCB mellom sjøbunnen og dyr som spiser dem. Slik vil miljøgiftene på ny komme inn i næringskjedene.

1.2.1 HVOR MYE PCB ER DET?

Status for PCB-nivåer og effekter i forskjellige medier er gitt nedenfor. PCB-nivåene er også gjengitt i tabellen i kapittel 1.2.2, og hvor PCB-nivåene er gitt en felles enhetsbenevnning for å lettere kunne sammenlikne forurensningsnivåer.

1.2.1.1 Luft (les mer i kap. 3.1)

Bakgrunnsnivået av PCB i luft er høyere på Svalbard enn ved seks andre arktiske overvåkningsstasjoner⁴: 15-20 pg/m³ Σ 31PCB⁵ var bakgrunnsnivå i atmosfære ved Zeppelinstasjonen i Ny-Ålesund i perioden 2000-2006. Etter en nedgang av PCB fram til 2004, er det målt en økning av flere PCB-kongenere i atmosfæren ved Zeppelinstasjonen. På Bjørnøya er det målt 40-50 pg/m³ Σ 31PCB i perioden 2000-2003. Nivåene på Bjørnøya reflekterer et betydelig bidrag fra nærområdene.

Observasjoner viser at PCB-kongenere som har lav molekylvekt kan holde seg i gassfase under de klimaforhold som råder på Svalbard.

Luftforurensningen i bosetningene varierer mer enn bakgrunnsmålinger: I Longyearbyen er det målt mellom 0,8-5,6 pg/m³ Σ 21PCB (november 2009). I Barentsburg ble det i september-oktober 2009 målt 5-34 pg/m³ Σ 21PCB. Det er grunn til å anta at PCB-kilder i Barentsburg bidrar til den lokale luftforurensningen i bosetningen.

PCB dannes og slippes ut fra forbrenningskilder: Verifikasjonsmåling av nydannelse av PCB i forbrenningsprosessen i Energiverket i Longyearbyen indikerer at det slippes ut i størrelsesorden 2-3 gram Σ 7PCB/år. Et grovt estimat gir at dette tilsvarer et årlig utslipp på ca. 10 gram når alle PCB-kongenerne inkluderes.

1.2.1.2 Jord (les mer i kap. 3.2.1 og 3.2.2)

Det er markert høyere totalkonsentrasjoner av PCB i jord på Svalbard sammenliknet med fastlands Norge: Bakgrunnsnivå i jord på Svalbard er i størrelsesorden 1 – 5 µg/kg Σ 7PCB. På fastlandet viser undersøkelser fra gressdekt jord en medianverdi på 0,40 µg/kg Σ 31PCB. Dette tilsier markert høyere totalkonsentrasjoner av PCB på Svalbard enn på fastlandet. Et grovt estimat gir en generell overflateforurensning på Svalbard på 0,4 kg/km² Σ 7PCB. Likheter i typene av PCB (kongenerfordelingen) mellom havområdene rundt Svalbard og overflatejorda på Svalbard indikerer at PCB på land og i sjøvann kan ha samme dominerende kilde.

Forurensning i jord i de russiske bosetningene Barentsburg og Pyramiden er høy: En grov beregning av PCB i overflatejorden i bosetningene viser 430 kg/km² Σ 7PCB for Pyramiden, 300 kg/km² for Barentsburg og 3,3 kg/km² for Longyearbyen. Rundt regnet tilsvarer dette henholdsvis tusen ganger og ti ganger bakgrunnsnivåene. Nivåene av PCB i overflatejorden i Barentsburg er klart høyere enn det som tidligere er målt i overflatejord fra norske og europeiske byer.

Kjente deponier, i bruk eller avsluttede, er kartlagt, avgrenset og registrert: Her utgjør tungmetaller en større miljøbelastning enn PCB.

1.2.1.3 Sjøbunn-, elve- og innsjøsedimenter (les mer i kap. 3.2.3 og 3.3.3)

PCB-nivået i sedimenter i undersøkte innsjøer er betydelig høyere enn det som er funnet i andre områder av Arktis og i Nord-Norge: PCB finnes på bunnen av alle innsjøer som er undersøkt. Gjennomsnittskonsentrasjonen av $\Sigma 7\text{PCB}$ i sedimenter fra innsjøene på Svalbard var 10,1 ng/g tørrvekt (tv), mens gjennomsnittet for fastlandet var om lag 1,9 ng/g tv. Innholdet av miljøgiftene er betydelig høyere enn det som er funnet i andre områder av Arktis og i Nord-Norge.

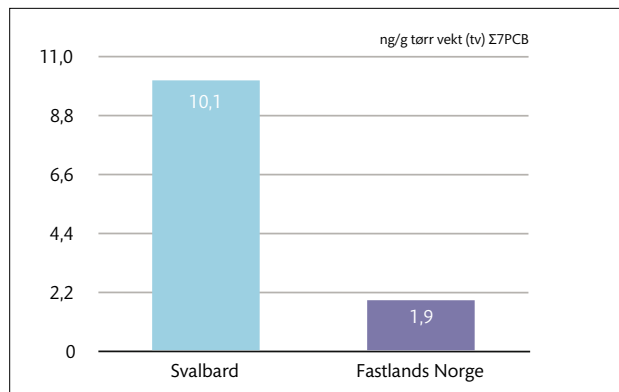
Ellasjøen på Bjørnøya og Kongressvatn på Spitsbergen hadde de høyeste nivåene med henholdsvis 24,25 respektive 15,79 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 7\text{PCB}$ tv. Ellasjøen er konstatert påvirket av PCB tilført via guano (avføring fra fugl).

Russiske målinger viser at sediment fra Stemmevatn og Grøndalselva er ca 1-4 $\mu\text{g/kg}$ og 1-2 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 7\text{PCB}$.

Forhøyede PCB-nivåer i sjøbunn (marine sedimenter) er målt utenfor de russiske bosettingene: Typiske konsentrasjoner i marine sedimenter i Barentshavet rundt Svalbard ligger på 0,5 - 0,7 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 7\text{PCB}$. Sedimentmålingene viser økende konsentrasjoner fra sør til nord og fra vest til øst. Mønstrer kan forklares med strømningsforhold, økende sommerkonsentrasjonen i bunnvann i nord på grunn av økende PCB tilførsel fra smelting av sjøis og økende sedimentasjon om sommeren på grunn av biologisk aktivitet.

Nivåene i de marine sedimentene i Isfjorden er høyere ved bosettingene. Årsaken er spredning fra lokale kilder på land og ut i sjøen. PCB er fremdeles den dominerende miljøgiften i prøvene, og dioksinlignende⁶ PCB utgjør en betydelig andel av ΣPCB i prøvene (opptil 43 %). Konsentrasjonene i sediment i Grønfjorden utenfor Barentsburg varierte fra 0,53 – 8,76 $\mu\text{g/kg}$ tv $\Sigma 59\text{PCB}$ (russiske data). Norske undersøkelser varierte fra 0,33 – 3,29 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 7\text{PCB}$ tv. Utenfor Pyramiden varierte konsentrasjonene i sediment fra 1,8 – 20,2 $\mu\text{g/kg}$ tv (norske data).

Transport av erodert materiale (fra overflatejord, inklusive forurensset grunn i bosettingene, og elvetransport) på øygruppa gir grovt beregnet en årlig total transport/fluks til sjøen og de marine økosystemene på 2,8 kg $\Sigma 7\text{PCB}$.



PCB-nivået i sedimenter i undersøkte innsjøer er betydelig høyere enn det som er funnet i andre områder av Arktis og i Nord-Norge

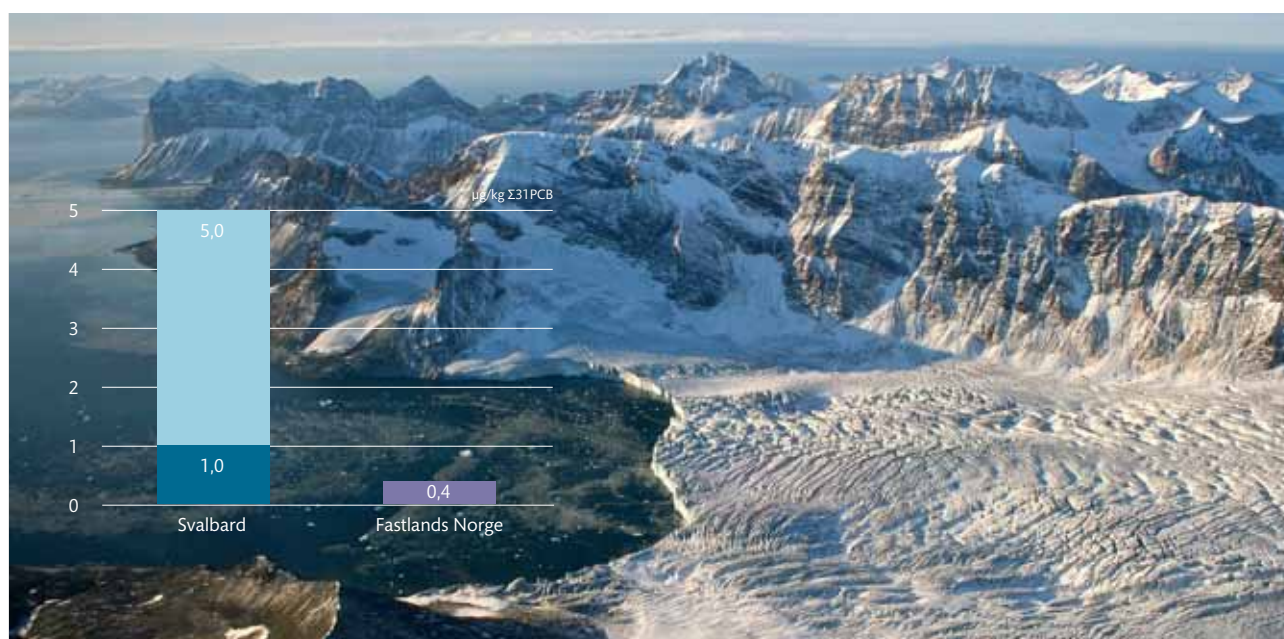
1.2.1.4 Is og snø (les mer i kap. 3.2.4 og 3.3.2)

PCB-nivåer i is og snø er høyere på Svalbard sammenlignet med Grønland: Is fra kjerner tatt i 2000 fra Lomonosovfonna viser en klar nedgang i tilførselen av PCB via luftstrømmer etter 1970. Isen hadde en PCB-konsentrasjon (> 100 kongenere) på 748 pg/l (år 2000). Analyse av vårsnø fra 2001 i Ny-Ålesund viste 742 pg/l $\Sigma 80\text{PCB}$. Ved Zeppelin-stasjonen hadde overflatesnø PCB-nivåer på 2 pg/l $\Sigma 31\text{PCB}$ (0-40 cm dyp) og 2 - 88 pg/l i snøkjerner tatt fra 40-80 cm dybde. På Grønland (Summit) ble det målt betydelig lavere konsentrasjoner i overflate snø og snøprofiler (Grønland: max 1100 pg/l, Ny-Ålesund: max 2000 pg/l $\Sigma 31\text{PCB}$).

PCB-nivåer i havis er lite undersøkt, men refererte nivåer er i størrelsesorden 30 pg/l.

1.2.1.5 Vann (les mer i kap. 3.2.5 og 3.3.1)

PCB-nivåer i ferskvann er lite undersøkt: Vannprøver fra Ellasjøen og Øyangen på Bjørnøya viser 129 pg/l $\Sigma 11\text{PCB}$ for Ellasjøen, respektive 23 pg/l for Øyangen. Ellasjøen får tilførsel av PCB via guano fra sjøfugl. Russiske målinger i Stemmevatn ved Barentsburg i 2002-2009 viser sesongsvariasjoner av PCB i overflatevann. De siste par årene er det målt konsentrasjoner rundt 0,4 ng/l $\Sigma 7\text{PCB}$.



Det er markert høyere totalkonsentrasjoner av PCB i jord på Svalbard sammenlignet med fastlands Norge. Foto: Halvard R. Pedersen

PCB-nivåer i sjøvann er lite undersøkt: Opptak av stoffene, og resulterende PCB-nivåer i bunnen av mange arktiske næringskjeder styres av eksponeringen for PCB løst i sjøvann. I Kongsfjorden er det målt 6-13 pg/l Σ 8PCB og funnet en årstidsvariasjon. Målinger i havområdene rundt Svalbard viser mellom 94 – 1748 fg/l løst Σ 12PCB og partikulært mellom 222 – 876 fg/l i det polare blandingslaget. De høyeste verdiene er målt på østsiden av Spitsbergen. Observasjoner utført i Barentshavet viser at partikulært bundet PCB er større enn den løste andelen PCB.

Sjøvann samlet inn ved Bjørnøya viser 10 pg/l Σ 18PCB.

Modellberegninger viser at økt tilførsel av PCB med smeltet vann fra sjøisen og lagdannelse i havet på grunn av oppvarming og økt smeltet vann om sommeren fører til høyere konsentrasjoner av PCB i overflaten i den nordlige delen av Barentshavet. Konsentrasjonen av PCB i vannmassene ved havbunnen varierer mye mellom nærliggende områder.

1.2.1.6 Mennesker

Data for PCB i mennesker som arbeider på Svalbard foreligger ikke: Det er ikke kjent at det er gjort målinger av PCB på personer som er blitt eksponert for stoffene på Svalbard.

1.2.1.7 Planter (les mer i kap. 3.4.2)

PCB i vegetasjon er lite undersøkt: PCB detekteres i moser og karplanter fra Barentsburg (russiske målinger). Σ 15PCB var i gjennomsnitt i moser 589,7 μ g/kg, og i karplanter 97,5 μ g/kg.

1.2.1.8 Pattedyr (les mer i kap. 3.4.3 og 3.4.4)

Det er mindre PCB i Svalbardrein enn i reinsdyr fra fastlands Norge: Nivå av PCB i Svalbardreiner er lavere enn deteksjonsgrensen (bakgrunnsnivå). Svalbardrein fra Nordenskiöldland hadde verdier under deteksjonsgrensen på 0,03 ng/g våtvekt (vv), og nær deteksjonsgrensen for to av nedbrytingsproduktene (metabolittene) fra PCB.

PCB-nivå i sel viser høy variasjon mellom arter: Gjennomsnittlig PCB-konsentrasjon i spekk av ringsel, grønlandsel og hvalross varierer mellom 0,5-9,5 mg/kg fett-/ lipidvekt (lv). Høyeste nivå er målt hos grønlandsel og deretter hvalross og ringsel.

Narval er hvalarten ved Svalbard med de høyeste PCB-nivåene: PCB konsentrasjoner i spekk av narhval er i gjennomsnitt 10 mg/kg Σ 23PCB lv mens den i hvitval er rundt 3 mg/kg Σ 23PCB lv. Narhval er en tannhval som spiser høyere i næringskjeden enn vågelhval. De to hvalartene har enda høyere nivåer av pesticider enn PCB. Vågehvalen, som spiser krill og amfipoder, har nivåer av PCB på 1-5 mg/kg Σ 21PCB lv. Spekkprøver fra hvithval fra Svalbardområdet viser høyere PCB-nivå enn prøver fra Canada og Grønland. Nivå av miljøgifter hos flere hvalarter øker fra Canada og Grønland mot Svalbard.

PCB-nivå i isbjørn er over grensene for effekter på hormon- og immunsystem: Konsentrasjonene av Σ 72PCB i fettprøver fra hunnbjørn varierte fra 3–9 mg/kg (2007). Nivåene av miljøgifter i isbjørn er over grensene for effekter på hormon- og immunsystem, og en kan forvente at reproduksjon og/eller overlevelse påvirker enkeltindivider. Studier fra Canada viser at isbjørninger har lavere overlevelse når isbjørnmor har høye konsentrasjoner av klorerte organiske forbindelser. Siden isbjørn på Svalbard har høyere PCB nivåer enn isbjørn fra Canada, vil lavere overlevelse hos isbjørninger fra de mest belastede isbjørnmødrene være en mulig effekt av miljøgifter. En totalvurdering tilsier at isbjørnen må overvåkes både med henblikk på nivåer og effekter av miljøgifter.

Konsentrasjonen av PCB og andre klorerte organiske forbindelser viser en økende trend fra de vestlige til de østlige populasjonene av isbjørn i sirkumpolar Arktis. Av de fettløslige miljøgifter er det først og fremst PCB som forurensner isbjørn.

PCB-nivå i fjellrev gir sannsynligvis effekt på helse: De påviste PCB-nivåene i fjellrev (10-12 mg/kg Σ 7PCB lv) er høyere enn nivåene som er målt i isbjørn. Det gir grunn til å tro at denne forurensningen har en effekt på fjellrevens helse.

1.2.1.9 Dyreliv i havet (fisk, dyreplankton og skjell) (les mer i kap. 3.4.5, 3.4.6 og 3.4.8)

Nivåer av PCB i dyreplankton fra Svalbard er relativt like nivåer målt i dyreplankton fra Kvitesjøen og Barentshavet: Nivåene av PCB hos dyreplankton og krill fra Kongsfjorden er i størrelsesorden 10-15 μ g/kg Σ 8PCB lv. Det er ikke indikasjoner på at PCB-forurensningen kommer fra lokale kilder. Det er en årstidsvariasjon i mengden PCB i dyreplankton. Konsentrasjonen er høyest i mai (etter ismelting og under våroppblomstring) og avtar utover i sesongen frem til i august.

Lodde og polartorsk er viktige planktonetere og spiser blant annet raudåte. PCB-nivåene i fisken er 3 til 45 ganger høyere enn i byttet. Planktonetende fisk spises igjen av blant annet torsk og hyse. Nivåene i leveren deres øker 13 til 57 ganger over nivået i raudåte.

PCB i polartorsk er lavere enn i torsk fra Nordsjøen: Konsentrasjonene i samleprøver av hel polartorsk fra Barentshavet prøvetatt årlig fra 2006 til 2009 varierer fra 0,097 til 0,43 ng TEQ⁷/kg vv for sum dioksinlignende PCB og dioksiner.

Analysert lever fra torsk viser at en stor andel er over EUs øvre grenseverdi:

Prøver av lever fra torsk (*Gadus morhua*) fanget i Barentshavet 2009, viser at sum dioksinlignende PCB og dioksiner for nesten en fjerdepart er over EUs øvre grenseverdi på 25 ng TE/kg vv. Gjennomsnittlig konsentrasjon var 20,5 ng TE/kg vv. Det er dioksinlignende PCB som utgjør størstedelen av summen.

PCB i blåkkeite er for en stor andel over EUs grenseverdi: Analyser viser nivåer på ca. 30 μ g/kg vv Σ 7PCB. Andelen blåkkeite over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg vv, ved de tre stasjonene utenfor Spitsbergen, var høy (22, 20 henholdsvis 8 %).

PCB-nivåene i stasjonær bunnlevende fisk er høyere enn i fisk som ikke er stasjonær: Undersøkelser i 2009 utenfor Barentsburg viser at de høyeste konsentrasjonene av PCB ble målt i de relativt stasjonære, bunnlevende ulkeartene (gjennomsnitt på 5,3 Σ 59PCB vv for vanlig ulke og 6,8 μ g/kg for glattulke). Uer som også er en bunnlevende fisk, hadde et PCB-nivå som tilsvarte det i ulkene. De laveste nivåene ble målt i torsk og hyse (gjennomsnitt 0, 77 og 0, 37 μ g/kg Σ 59PCB vv). Dioksinlignende PCB utgjorde fra 0 – 43 %.

PCB utgjør opp til 80 % av den totale belastningen av miljøgifter i skjell: Analyse av skjell fra Kongsfjorden og nord for Svalbard viser at PCB utgjør opp til 80 % av den totale så kalte POP⁸-belastningen, i organismene. Undersøkelsen viser også at nivåene i skjell varierer mellom artene og i de forskjellige fjordsystemene på nordvestkysten av Svalbard. Skjellene fra Kongsfjorden viser betydelig høyere nivåer av PCB sammenlignet med skjell fra de nordlige fjordene. Generelt sett er konsentrasjonene lavere i evertebratene sammenlignet med organismer høyere i nærings-



Svalbardrypa er mindre forurensset av PCB enn sjøfugl. Årsaken er at maten rypene spiser inneholder mindre PCB enn maten sjøfuglene finner i havet. Foto: Halvard R. Pedersen

kjeden – som fisk, sjøpattedyr og sjøfugl. Gjennomsnittlig verdi var 63 ng/g Σ 16PCB lv for artene som ble analysert.

PCB i bunndyr er lite undersøkt: PCB i bunndyr (benthiske evertrebrater) samlet inn utenfor Barentsburg varierte fra 3,03 (i børstemarken *Pectinaria*) til 18,6 μ g/kg Σ 59PCB vv (i skjellet *Ciliatocardium ciliatum*).

PCB i ferskvannsfisk fra Svalbard er høyere enn i fisk fra Nord-Norge: De høyeste nivåene av PCB er målt i røye fra Ellasjøen (134 – 2072 ng/g Σ 64PCB vv). Gjennomsnittlig nivå i røye fra Ellasjøen (1235 ng/g Σ 64PCB vv) er > 20 x høyere enn de som ble målt i røye fra innsjøen med de nest høyeste nivåene, Arresjøen (52,6 ng/g vv). Røye fra Richardvatn (32,9 ng/g vv) og Annavatn (28,9 ng/g vv) hadde høyere PCB-nivåer enn fisk fra de andre undersøkte innsjøene. Analyseresultatene viser at PCB er den dominerende miljøgiften i fisk fra alle de undersøkte innsjøene.

1.2.1.10 Fugl (les mer i kap. 3.4.7)

Det er mindre PCB i rype enn i sjøfugl på Svalbard: Nivåene av PCB i rype fra Longyearbyen og Ny-Ålesund er lave (bakgrunnsnivå).

PCB-nivå i polarmåke gir skader: De seneste årenes målinger på polarmåke viser nivåer på 15 000-20 000 ng/g lv i lever av kongeneren PCB#153. PCB dominerer og utgjør over 60% av den totale miljøgiftbelastningen i polarmåke.

Undersøkelser indikerer effekter på fuglenes adferd, immun-, enzym- og hormonsystem. Reproduksjonen er svekket hos individer med de høyeste nivåene av miljøgifter, og voksenoverlevelsen hos disse individene er lavere. Døde polarmåker fra Svalbard og Bjørnøya har 10 til 100 ganger høyere PCB-nivå i henholdsvis lever og hjerne, sammenlignet med friske fugler.

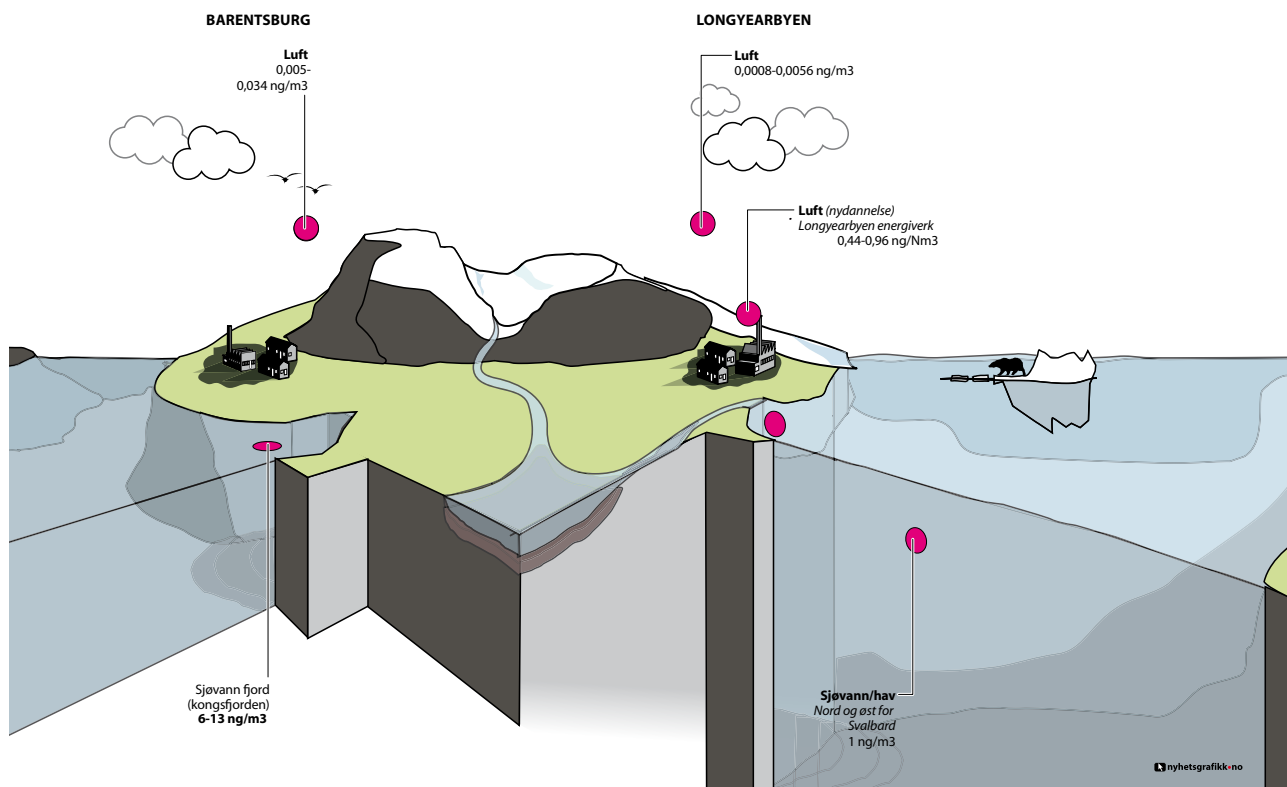
Polarmåker samlet inn fra Barentsburg (2001) hadde en annen PCB sammensetning enn det som ble funnet hos polarmåker fra Bjørnøya. Det er sannsynlig at polarmåkene i Barentsburg har akkumulert lokal PCB-forurensning.

PCB-nivå i egg fra krykkjer viser ingen lokal påvirkning: Analyser av PCB-nivå i egg fra Barentsburg, Pyramiden og Ny-Ålesund viser at krykkjene ikke er påvirket av lokale kilder. Siden krykkjer henter sin næring på havet er det lite sannsynlig at krykkjene er påvirket av lokale PCB-kilder.

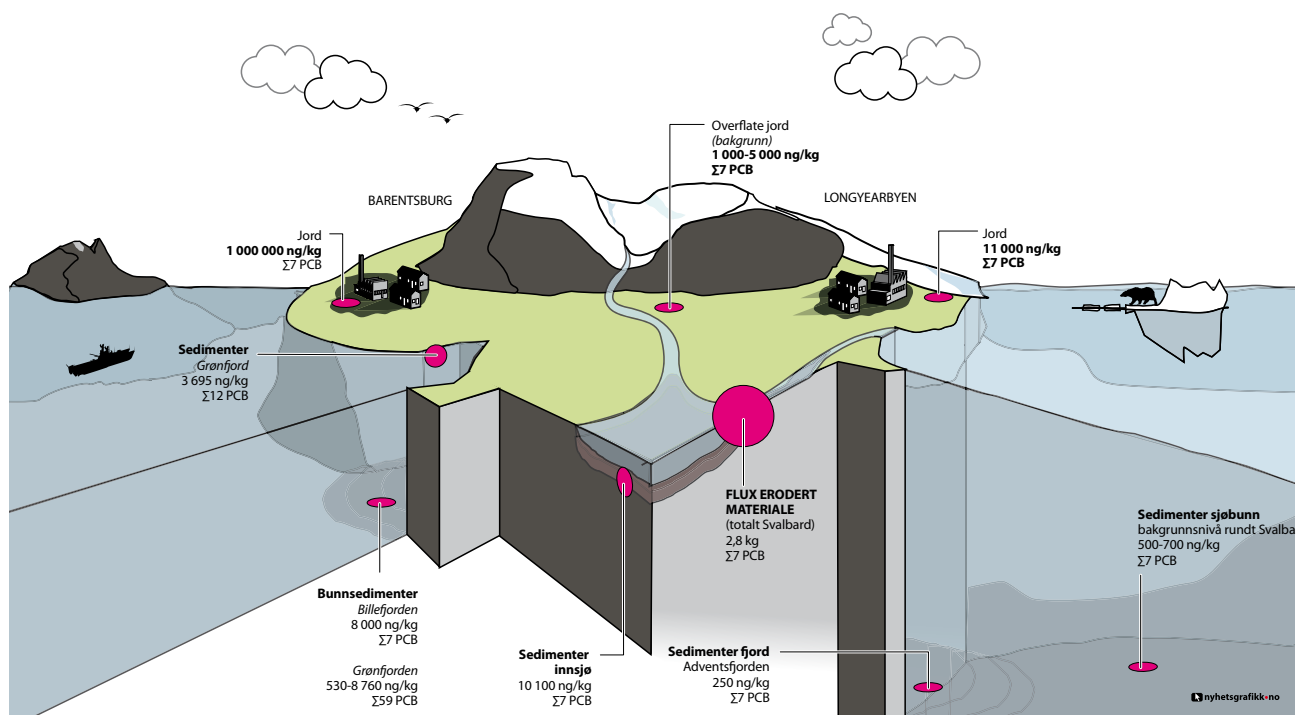
PCB-nivå i egg fra flere sjøfuglarter viser en nedgang: Fra midten av 90-tallet og fram til i dag er det målt en nedgang av PCB-nivå i egg fra ulike sjøfuglarter. Hos polarmåker fra Bjørnøya har PCB-nivå stabilisert seg de siste 5 år.

PCB-nivå i havhest har økt: analyser av prøver fra perioden 1975 til 1993 viser at konsentrasjonene i havhest har gått opp. For havhest fra Bjørnøya varierte Σ 32PCB mellom 4873-9164 μ g/kg vv. Det er PCB-kongenene # 153, 118 og 180 som dominerer. Disse utgjør 60% av Σ PCB.

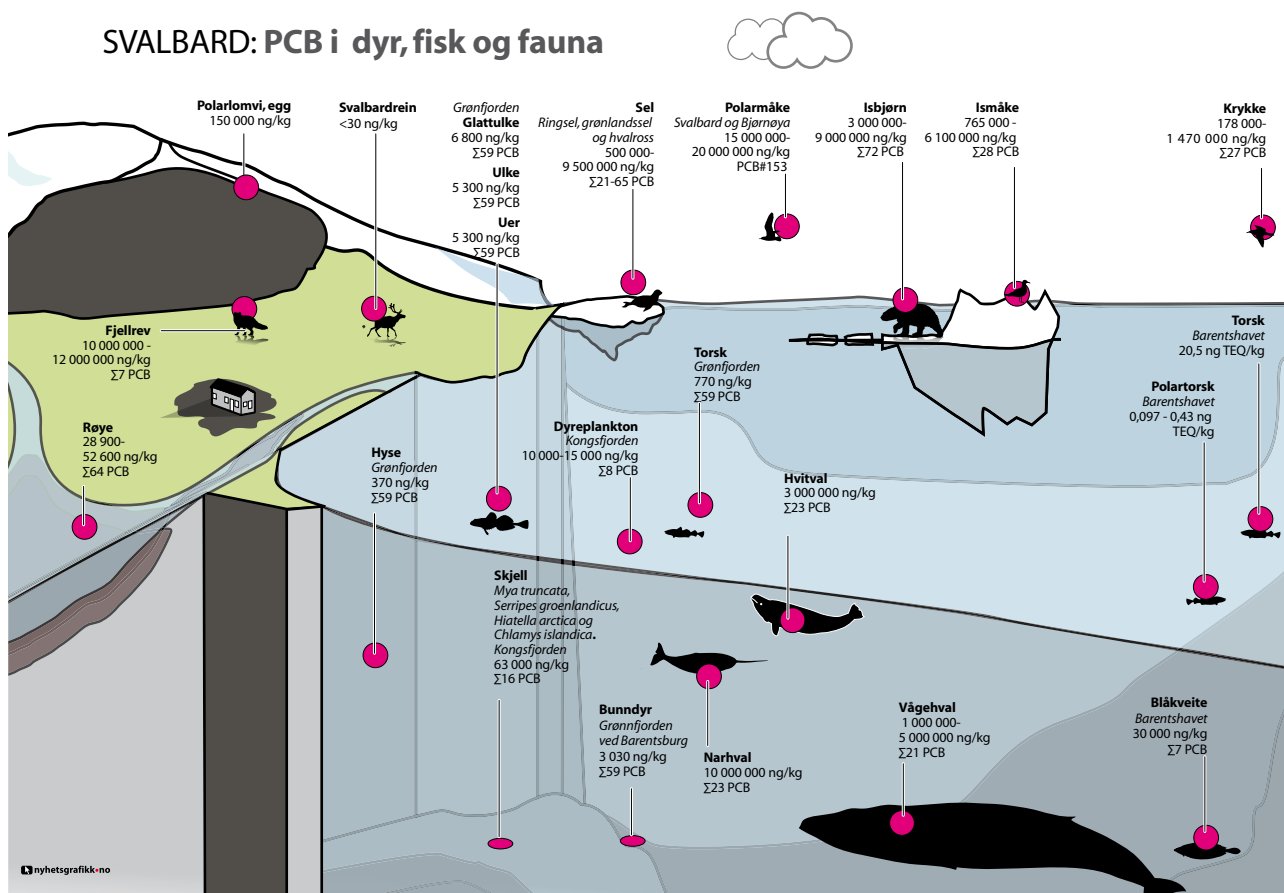
SVALBARD: PCB-forurensning til luft og vann



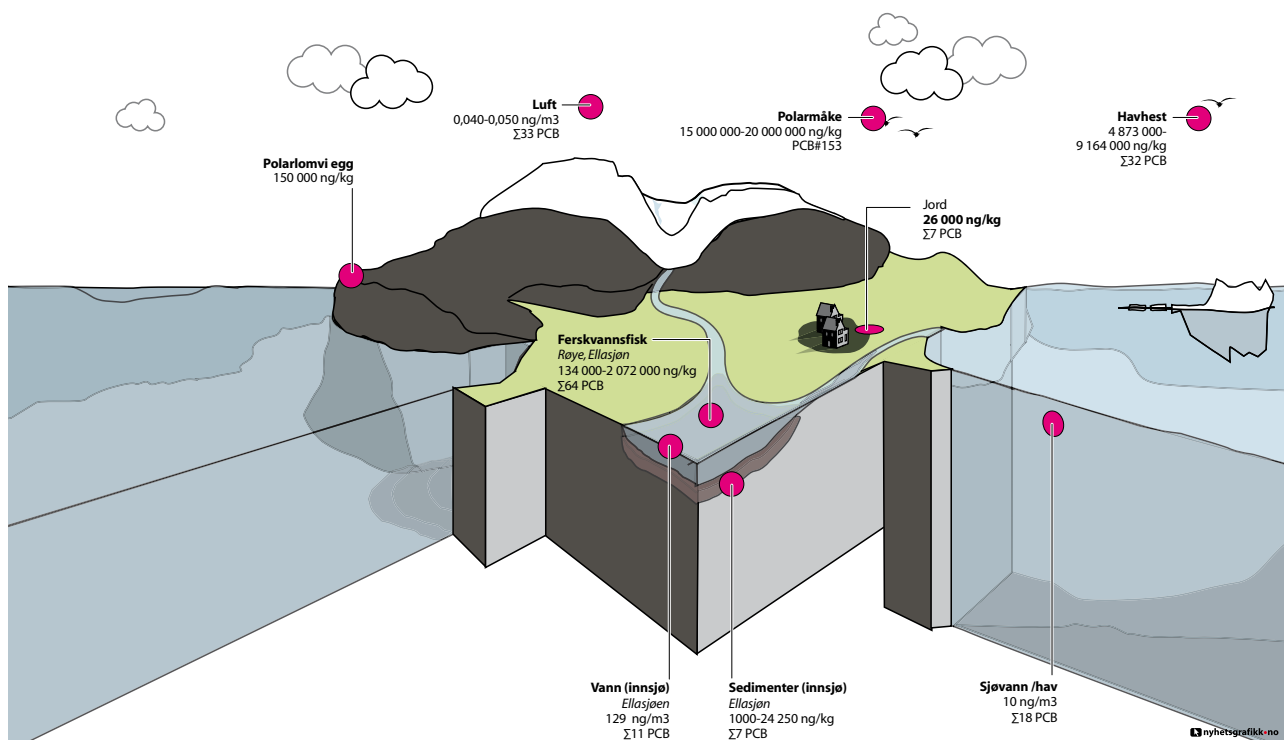
SVALBARD: PCB-forurensning i jord og sedimenter



SVALBARD: PCB i dyr, fisk og fauna



BJØRNØYA: PCB-nivåer



1.2.2 OVERSIKT OVER KJENTE NIVÅER AV PCB I ULIKE MEDIER PÅ SVALBARD.

Nivåer av PCB redegjort for i kapittel 1.2.1 er presentert i tabellform nedenfor:

MEDIE	HVOR	RAPPORTERT NIVÅ	OMREGNET NIVÅ (ng)	ΣxxPCB	KILDE/KOMMENTAR
LUFT					
Luft (bakgrunn)	Zeppelin	15-20 pg/m ³	0,015-0,02 ng/m ³	Σ31PCB	Kallenborn mfl. 2007 Måleperiode 2000-2006
Luft (bakgrunn)	Bjørnøya	40-50 pg/m ³	0,040-0,050 ng/m ³	Σ33PCB	Kallenborn mfl. 2007 Måleperiode 2000-2003
Luft (bosetning)	Barentsburg	5-34 pg/ m ³	0,005-0,034 ng/m ³	Σ21PCB	Johansson- Karlsson, E. mfl. 2010 Målt 2009
Luft (bosetning)	Longyearbyen	0,8-5,6 pg/ m ³	0,0008-0,0056 ng/m ³	Σ21PCB	Johansson- Karlsson, E. mfl. 2010 Målt 2009
Luft (nydannelse)	Longyearbyen energiverk	0,44-0,96 ng/ Nm ³	0,44-0,96 ng/Nm ³	Σ7PCB	DnV, målt 2009
JORD					
Overflate jord (bakgrunn)		1 – 5 µg/kg	1000 – 5000 ng/kg	Σ7PCB	NGU (se NGU-rapporter referert i kap. 5)
Overflate jord	Barentsburg	1 mg/kg	1 000 000 ng/kg	Σ7PCB	NGU, aritmetisk middel (se NGU-rapporter referert i kap. 5)
Overflate jord	Longyearbyen	0,011 mg/kg	11 000 ng/kg	Σ7PCB	NGU, aritmetisk middel (se NGU-rapporter referert i kap. 5)
Overflate jord	Bjørnøya	0,026 mg/kg	26 000 ng/kg	Σ7PCB	NGU, aritmetisk middel (se NGU-rapporter referert i kap. 5)
Fluks av erodert materiale til sjøbunn	Svalbard		2,8 kg/år	Σ7PCB	NGU (se NGU-rapporter referert i kap. 5)
VANN					
Vann (ferskvann)	Ellasjøen, Bjørnøya	129 pg/l	129 ng/m ³	Σ11PCB	Evenset mfl. 2007 Ellasjøen får tilførsel av PCB via guano fra sjøfugl.
Vann (ferskvann)	Øyangen, Bjørnøya	23 pg/l	23 ng/m ³	å11PCB	Evenset mfl. 2007
Sjøvann (fjord)	Kongsfjorden	6-13 pg/l	6-13 ng/m ³	Σ8PCB	Hallanger mfl. 2011 Prøver tatt 2007
Sjøvann (hav)	Nord og øst om Svalbard	Størrelsesorden 1000 fg/l	1 ng/m ³	Σ12PCB	Carrizo mfl. 2011 Prøver tatt 2001
Sjøvann (hav)	Bjørnøya	10 pg/l	10 ng/m ³	Σ18PCB	Evenset mfl. 2002
IS OG SNØ					
Is (isbre)	Lomonosov	748 pg/l	0,748 ng/m ³	Σ100PCB	Norsk Polarinstitutt (Hermanson mfl. 2005)
Is (havis)		30 pg/l	0,03 ng/m ³		Gustafson mfl. 2005
Snø (overflate)	Ny-Ålesund	2 pg/l	2 ng/m ³	Σ31PCB	Kallenborn mfl. 2010
Snøkjerne (dyp 40-80 cm)	Ny-Ålesund	2-88 pg/l	2-88 ng/m ³	Σ31PCB	Kallenborn mfl. 2010

SEDIMENTER					
Sedimenter (bakgrunnsnivå i sjøbunn)	Rundt Svalbard	0,5-0,7 µg/kg	500-700 ng/kg	Σ7PCB	Green mfl. 2010
Sedimenter (innsjø)	Ellasjøen, Bjørnøya	1-24,25 µg/kg	1000-24 250 ng/kg	Σ7PCB	Evenset mfl. 2004, 2005, 2006, 2007 a og b PCB tilført via blant annet guano
Sedimenter (innsjø)	Svalbard (n=5)	10,1 ng/g tv	10 100 ng/kg	Σ7PCB	Christensen mfl. 2008 Gjennomsnitt
Sedimenter (fjord)	Grønfjorden, Barentsburg	0,53-8,76 µg/kg tv	530-8 760 ng/kg	Σ59PCB	Evenset mfl. 2009
Sedimenter (russiske] bosetninger)	Barentsburg, Pyramiden (n=12)	3695 ng/kg tv	3695 ng/kg	Σ12PCB	NGU/NVE (upubl.data)
Sedimenter (fjord)	Billefjorden	8 µg/kg tv	8 000 ng/kg	Σ7PCB	Evenset mfl. 2009 Gjennomsnitt
Sedimenter (fjord)	Advents fjorden	0,25 µg/kg tv	250 ng/kg	Σ7PCB	Evenset mfl. 2009 Gjennomsnitt
PATTEDYR					
Svalbardrein (Rangifer tarandus zplatyrhynchus)		Lavere enn deteksjonsgrense <0,03 ng/g	<30 ng/kg		
Sel	Ringsel, grønlandssel og hvalross	0,5-9,5 mg/kg	500 000-9 500 000 ng/kg	Σ21-65PCB	Kleivane mfl. 2000; Wolkers mfl. 2006b ; Wolkers mfl. 2008 Gjennomsnitt. Høyeste nivåer er målt hos grønlandssel og deretter hvalross og ringsel
Hvitval		3 mg/kg lv	3 000 000 ng/kg	Σ23PCB	Spekkprøver (Letcher mfl.2010; Wolkers mfl. 2006a)
Narval		10 mg/kg lv	10 000 000 ng/kg	Σ23PCB	Wolkers mfl. 2006a Spekkprøver
Vågeval		1-5 mg/kg lv	1 000 000-5 000 000 ng/kg	Σ21PCB	Kleivane og Skaare 1998
Isbjørn (Ursus maritimus)		3-9 mg/kg lv	3 000 000-9 000 000 ng/kg	Σ72PCB	McKinney mfl. 2011
Fjellrev (Vulpes lagopus)		10-12 mg/kg lv	10 000 000 -12 000 000 ng/kg	Σ7PCB	Norheim, 1978; Wang-Andersen mfl. 1993; Severinsen og Skaare, 1997; AMAP, 2004; Fuglei mfl. 2007
VIRVELLØSE DYR I HAVET (marine evertebrater)					
Dyreplankton	Kongsfjorden	10-15 ng/g lv	10 000-15 000 ng/kg	Σ8PCB	Hallanger mfl. 2011
FISK SJØVANN					
Polartorsk (Boreogadus saida)	Barentshavet	0.097-0,43 ng TEQ/kg vv	0.097-0,43 ng TEQ/kg		Havforskningsinstituttet 2010b Samleprøver hel fisk, fanget i 2006-2009
Torsk (Gadus morhua)	Barentshavet	20,5 ng TEQ/kg vv	20,5 ng TEQ/kg		Havforskningsinstituttet 2010b Gjennomsnitt Leverprøver fra fisk fanget 2009
Torsk (Gadus morhua)	Grønnfjorden ved Barentsburg	0,77 µg/kg vv	770 ng/kg	Σ59PCB	Evenset mfl.2009 Samleprøve

Blåkveite (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)	Barentshavet	30 µg/kg vv	30 000 ng/kg	Σ7PCB	NIFES 2010a
Glattulke	Grønnfjorden ved Barentsburg	6,8 µg/kg vv	6 800 ng/kg	Σ59PCB	Evenset mfl.2009 Samleprøve
Ulke	Grønnfjorden ved Barentsburg	5,3 µg/kg vv	5 300 ng/kg	Σ59PCB	Evenset mfl.2009 Samleprøve
Uer	Grønnfjorden ved Barentsburg	Tilsvarende verdier som ulke	Tilsvarende verdier som ulke	Σ59PCB	Evenset mfl.2009 Samleprøve
Hyse	Grønnfjorden ved Barentsburg	0,37 µg/kg vv	370 ng/kg	Σ59PCB	Evenset mfl.2009 Samleprøve
FISK FERSKVANN					
Røye (<i>Salvelinus alpinus</i>)	Arresjøen, Richardvatn, Annvatn, Spitsbergen	52,6 ng/g vv 32,9 ng/g vv 28,9 ng/g vv	52 600 ng/kg 32 900 ng/kg 28 900 ng/kg	Σ64PCB	Christensen mfl. 2011
Røye (<i>Salvelinus alpinus</i>)	Ellasjøen, Bjørnøya	134-2072 ng/g vv	134 000-2 072 000 ng/kg	Σ64PCB	Christensen mfl. 2011
SKJELL OG BUNNDYR					
Skjell (<i>Mya truncata</i> , <i>Serripes groenlandicus</i> , <i>Hiatella arctica</i> og <i>Chlamys islandica</i>)	Kongsfjorden	63 ng/g lv	63 000 ng/kg	Σ16PCB	Vieweg 2010 Gjennomsnitt fire arter
Bunndyr	Grønnfjorden ved Barentsburg	3,03 µg/kg vv	3 030 ng/kg	Σ59PCB	Evenset mfl.2009
PLANTER					
Mose	Utmark utenfor Barentsburg	589,7 µg/kg	589 700 ng/kg	Σ15PCB	Typhoon 2004 Gjennomsnitt
Karplanter	Utmark utenfor Barentsburg	97,5 µg/kg	97 500 ng/kg	Σ15PCB	Typhoon 2010 Gjennomsnitt
FUGL					
Polarlomvi (<i>Uria lomvia</i>)	Kongsfjorden og Bjørnøya	Størrelsesorden 150 ng/g vv	150 000 ng/kg		Fisken og havet, særnummer 1b-2010 Egg tatt 2007
Polarmåke (<i>Larus hyperboreus</i>)	Svalbard og Bjørnøya	15 000-20 000 ng/g vv	15 000 000- 20 000 000 ng/kg	PCB#153	MOSJ
Havhest (<i>Fulmarus glacialis</i>)	Bjørnøya	4 873- 9164 µg/kg vv	4 873 000-9 164 000 ng/kg	Σ32PCB	Knudsen mfl. 2007 Gabrielsen mfl. 2005
Krykke		178-1470 ng/g vv	178 000-1 470 000 ng/kg	Σ27PCB	Miljeteig og Gabrielsen 2009
Ismåke		7770- 62700 ng/g lv	756 000-6 100 000 ng/kg	Σ28PCB	Miljeteig mfl. 2009

1.2.3 OG SOM OM IKKE DET VAR NOK ...

Klimaendringer kan gi mer PCB i Arktis. På tross av intensjonen og arbeidet i Stockholmkonvensjonen om at stoffene skal fases ut og forsvarlig destrueres, vil klimaendringer kunne gi mer av PCB i Arktis. Arktiske områder synes å påvirkes raskere og med større utslag av klimaendringer sammenlignet med andre deler av kloden.

Gjennomsnittstemperaturen i havvannet stiger, og utbredelse av havisen blir mindre. Dette blir satt i sammenheng med menneskeskapte klimaendringer og oppvarming, og det er ventet at utviklingen vil fortsette. En økning i vanntemperaturen vil kunne føre til at PCB lagret i isen eller løst i vannet, blir re-mobilisert og slipper gradvis ut i atmosfæren igjen. Zeppelinstasjonen har registrert en økning i nivåene av atmosfærisk PCB sammenlignet med målingene foretatt i 2004. Denne effekten forsterkes ved at utbredelsen av isdekket som virker som en naturlig barriere mot avdampning til atmosfæren i havområdet rundt Svalbard har minsket merkbart. Denne tendensen bekreftes også i en fagstudie som viser at avdampning fra havoverflater i kombinasjon med redusert havis i sentrale Arktis, kommer til å bidra til økt avdampning og remobilisering av PCB i Arktis og Svalbard i framtiden (Ma mfl. 2011)

Klimaendringer som gir økt avrenning og transport av sediment og overflatejord, vil også kunne gi økt tilførsel av lokal PCB-forurensning fra breer og forurenset jord, blant annet fra tidligere bosetninger, til det lokale marine miljøet langs kysten. I tillegg vil klimaendringer som påvirker temperaturavhengige prosesser, som adsorpsjon og akkumulering, kunne påvirke effektene PCB har på økosystemene. Resultatet kan bli endringer direkte eller indirekte i kilder, transport-prosesser og -veier, og nedbrytingsmønstre.

Klimaendringene og endring av havtemperaturen vil endre sammensetningen av dyrearter. Polare vannmasser har en ulik sammensetning av arter sammenlignet med atlantiske vannmasser. Atlantisk vann fra sør har høyere nivå av miljøgifter sammenlignet med polart vann. Et skifte av diett som følge av endring av havtemperaturen, vil påvirke næringsopptaket og miljøgiftsammensetningen hos fugl og marine pattedyr i Svalbard-området.

Basert på dagens kunnskap er det ikke mulig å forutsi effekten av alle endringene. Det er derfor viktig å sette igang forskning og miljøovervåking for å få kunnskap om hvordan endret forurensningsbelastning, temperaturendringer og andre stressfaktorer samlet påvirker individer, arter og økosystemer. Slik ny kunnskap er viktig for å kunne forutse effekten av endringene og eventuelt sette i verk tiltak for å motvirke de mest skadelige påvirkningene.

PCB er bare én av mange helse- og miljøgifter: PCB-forurensningen har ført til at vi i dag finner stoffene igjen i mennesker, dyr og organismer over hele verden. Men vi og miljøet eksponeres ikke for én og én miljøgift, men for flere i blanding, og i tillegg deres nedbrytingsprodukter som kan ha tilsvarende skadelige effekter. Kunnskapen om hvilke konsekvenser eksponering for lave konsentrasjoner av flere giftstoffer i blanding kan ha når det gjelder skadevirkninger på miljø og mennesker, er svært begrenset. Det er likevel kjent at eksponering for giftstoffer i blanding kan ha sterke tilleggseffekter og at det ved flere miljøgifter sammen skal lavere nivåer til og den enkelte for å utløse de samme effekter eller helseplager. Forsøk NIFES har foretatt viser blant annet at ikke-dioksinliknende PCB og dioksin er mer giftig sammen enn hver for seg.

PCB er ikke bare en helse- og miljøgift fra historien, men blir også dannet i dag: Under gitte forutsetninger blir PCB dannet i forbrenningsprosesser. Det er dokumentert nydanning av PCB i kullkraftverket i Longyearbyen på Svalbard. Det er også konstatert

at stoffene kan nydannes i produksjonen av pigmenter som brukes i blant annet maling på markedet i dag.

1.3 FORVALTNINGSSTATUS (TILTAK)

1.3.1 HVA ER GJORT?

Lokale PCB-kilder er kartlagt og mye er fjernet: Det er gjennomført tilsynsaksjoner i alle bosetningene for å følge opp PCB-regelverket (se kapittel 7.2 om regelverk). I tillegg til tungt elektrisk høyspentutstyr er det totalt samlet inn 4 762 kondensatorer fra lysarmaturer og mindre elektrisk/elektronisk utstyr. Dette avfallet er sendt til destruksjon. PCB-holdige isolerglassruter finnes i noen bygg i Longyearbyen og rutene er merket med et PCB-merke. Rutene skal leveres til avfallsmottaket i Longyearbyen dersom de fjernes fra bygningskroppen.

Det finnes nå PCB-data fra bygninger i russiske bosetninger og Longyearbyen. Byggene er registrert i Sysselmannens digitale kartsystem.

Trust Arktikugol skal lage en avfallsplan for Barentsburg. Planen vil spesifisere blant annet hvordan PCB-holdig byggmateriale skal håndteres. En del av fasadene er nå beskyttet av plater som reduserer avflassing av PCB-holdig maling.

Forurenset grunn og deponier er kartlagt, avgrenset og registrert i Sysselmannens digitale kartsystem, se kapittel 3.2.2.2.

1.3.2 FORSLAG TIL TILTAK

PCB-forurensningen er betydelig. Studier av PCB i organismer har vist nedadgående trender, men innholdet av utvalgte PCB-kongenere i atmosfæren, målt ved Zeppelinstasjonen, har økt. Omfanget av dagens overvåking av PCB i Svalbardmiljøet er beskjedent og gir oversikt på et minimumsnivå.

PCB er en "gammel" miljøgift og kunnskapen om PCB generelt er forholdsvis stor, men fragmentarisk. Spesielt pekes det på behovet for ytterligere innsats på tvers av forskningsområder og på hvordan PCB påvirker blant annet folks helse, også gjennom nedbrytningsprodukter av PCB.

For Svalbard er den langtransporterte PCB-forurensningen den store utfordringen. Tiltak i andre land mot forurensningskilder vil gi mindre tilførsler av stoffene over tid til Svalbard-regionen, Arktis og andre sårbare miljøer. Vår erfaring er at det er særlig viktig å fokusere på tiltak mot de primære kildene, men også arbeid for å begrense de sekundære kilder er viktige. Norges nasjonale handlingsplan for reduserte utslipp av PCB bør i den anledning bevisst og aktivt brukes til å oppnå forpliktende internasjonalt samarbeid til snarlig forebyggende utfasing og destruksjon av PCB som fortsatt finnes i blant annet elektrisk utstyr, bygg og konstruksjoner.

Overvåking av miljøgifter på Svalbard og i Arktis har en viktig strategisk betydning, og eksisterende programmer bør videreføres, videreutvikles og styrkes. Det bør sikres miljøovervåkingsdata for å kunne vurdere og eventuelt sette i gang tiltak.

Det bør etableres systemer for arktiske tilstandsklasser, normverdier og terskelverdier for jord, sedimenter, etc. Slike klassifiseringssystemer ville gjøre det lettere å vurdere forurensningsgraden og treffe beslutninger basert på vitenskapelige fakta.

Behov for tiltak spilt inn av de forskningsmiljøer som har utarbeidet denne rapporten. Forskerne i prosjektgruppen mener det bør tas initiativ til et helhetlig og koordinert program med miljøgiftsovervåking, forskning og tiltak som integrerer:

- måling og beregning av utslipp, tilførsler og spredning, blant annet kunnskap om stoffenes opphav og hvordan de transporteres og omdannes (overføres/"fortynnes" til andre medier eller brytes ned)

- overvåking av tilstand i miljøet og mennesker med avklaring av behov for tiltak (inkludert klimaeffekter)
- kunnskap om PCBs stoffegenskaper og nedbrytningsprodukter av PCB (metabolitter)
- sammenligne målte konsentrasjoner i miljøet med kunnskap om effektnivåer for å få informasjon om mulig risiko for skade
- overvåking av effekten av tiltak

PCB har komplekse virkninger og effektsammenhenger. Selv om PCB er en stoffgruppe det har vært forsket på i over 50 år, er det behov for mye vitenskapelig arbeid for å kunne vurdere langtidsutviklingen. Det er behov for en samordnet og koordinert tverrfaglig:

- forsknings- og overvåkingsinnsats for på kunne gi en grundig faglig vurdering. Dette inkluderer blant annet modellering, overvåking, klimaeffekter, humantoksikologi og økotoksikologi. Et slik helhetlig program kan med fordel administreres av Universitetet på Svalbard (UNIS) eller Norsk Polarinstitutt (NP), og kan blant annet ta utgangspunkt i en oppfølging av de forurensede områdene i de russiske bosetningene
- forsterket innsats for å oppnå intensjonen bak Stockholmskonvensjonen om å globalt forsvarlig fase ut PCB

Prosjektgruppen har identifisert følgende kunnskapsgap og behov for initiativ:

Reduksjon av PCB i bruk internasjonalt

- Ta initiativ til samarbeid om reduksjon av utslipp av PCB med land som via luft og havstrømmer bidrar til PCB-forurensningen på Svalbard
- Resultatene fra prosjektet og rapporten "PCB på Svalbard" anbefales aktivt brukt for å informere om behovet for å redusere mengdene av PCB i de primære kildene, og effekter av helse- og miljøgifter som PCB. Eksempler på aktuelle fora er AMAP/ACAP, Stockholmskonvensjonen, LRT-konvensjonen, og lignende, samt i bilateralt samarbeid med land som bidrar til langtransportert forurensning til Svalbard og Arktis for øvrig
- Ta initiativ til en internasjonal konferanse for å bidra til forsvarlig utfasing og destruksjon av utstyr og materialer som inneholder PCB
- Ta initiativ til videreføring av rapporten og PCB-arbeidet i regi av for eksempel UNIS og NP
- REACH (EUs kjemikalierregelverk) er nylig gjort gjeldende for Svalbard, og det bør være et mål for forurensningsmyndigheten at kjemikalier som står på Kandidatlista i REACH eller som er på den norske Prioritetslista ikke tas i bruk på Svalbard

Overvåking av tilstand i miljøet og effekten av tiltak

- Fortsette langsiktige studier for å klarlegge forholdet mellom klimaendringer og nivå av miljøgifter
- Utvikle klassifiseringssystemer og toksisitetstester for arktiske forhold (for eksempel jord, vann og sediment) og organismer
- Overvåke utviklingen i marine sedimenter utenfor bosetningene med prøvetaking hvert 5. år (2010, 2015...), inkludert nye prøvetakingspunkter
- Kontakten med Typhoon bør opprettholdes, og norsk og russisk overvåking koordineres for å få en god utnyttelse av begrensede ressurser på begge sider av landegrensen
- Årlig overvåking av PCB i luft i bosettingene for å se hvordan PCB-konsentrasjonen forandres etter opprydding av PCB-holdig avfall. Kan eventuelt integreres som en del i UNIS kurs "Techniques for the detection of organo-chemical pollutants in the Arctic Environment"

Forskning, kunnskap om PCBs stoffegenskaper og nedbrytningsprodukter av PCB (metabolitter)

- Forskning omkring synergistiske og eventuelt antagonistiske effekter av ulike miljøgifter bør gjennomføres
- Øke kunnskapen om hvordan PCB påvirker organismene på lavere trofiske nivå
- Undersøkelser av sedimenttoksisitet og biotilgjengelighet av PCB i sedimentene og muligheten for spredning videre i næringskjedene gjennom analyser av bunndyr samlet inn utenfor de norske og de russiske bosettingene (sammenligning av nivåer og kongenerprofiler)
- Undersøkelser av PCB i vegetasjon
- Nye miljøgiftundersøkelser bør gjennomføres på fjellrev på Svalbard siden det nå er 10-15 år siden de forrige undersøkelser ble gjennomført
- Overvåkingen/forskningen på isbjørn bør fortsette. Koblingen mot effektparametre er viktig og evt. populasjonseffekter bør dokumenteres
- Noen hvalarter har høye nivå av miljøgifter. Nye undersøkelser bør gjennomføres på hvit- og vågehval fra Barentshavområdet
- Overvåkingen av miljøgifter i egg fra ulike sjøfuglarter bør fortsette med en regularitet på innsamling hvert 5 år.
- Overvåkingen/forskning på polarmåker bør fortsette. Koblingen mot effektparametre er viktig og evt. populasjonseffekter bør dokumenteres
- PCB-analyser av MAREANO-prøver fra Svalbard-regionen
- Måling av PCB i havis og i ferskvann
- Voksne på Svalbard har stort sett levd mesteparten av livet sitt andre steder i Norge og verden, selv om det finnes noen som er født og oppvokst her og de som har bodd her størstedelen av livet. Det kunne vært interessant å se på PCB-nivåer for de som har vært på Svalbard for det meste og sammenliknet ulike grupper (for eksempel fra Longyearbyen og Barentsburg), eller sammenliknet bosetningene for å se om det er store forskjeller

Oppfølging av lokale kilder

- Tilsyn og verifikasjon i forhold til gjenværende lokale kilder (blant annet PCB-holdige isolerglassruter og fasademateriell)
- Redusere utslipp av nydannet PCB
- Oppdatering av grunnforurensningsdatabasen med alle undersøkelser som har dokumentasjon på forurensset grunn

1.3.3 NASJONALE MILJØMÅL OG PCB PÅ SVALBARD

Sysselmannens sammenstilling av status for oppfølgingen av nasjonale miljømål⁹ knyttet til PCB og PCB-holdig avfall på Svalbard er sammenstilt i tabellen nedenfor:

NASJONALT MILJØMÅL	STATUS FOR PCB PÅ SVALBARD
Redusere utslipp av prioriterte miljøgifter (3.3.1) <i>Utslipp av prioriterte miljøgifter skal stansast eller reduserast vesenteg innan 2010.</i>	Vi antar at utslipp av PCB-olje ikke foregår lokalt på Svalbard siden PCB-holdig utstyr er kartlagt, fjernet og levert til destruksjon. Gamle oljelagre er også ryddet. For PCB som kjemikalie og som omfattes av målsetningen, er situasjonen på Svalbard den at primære lokale kilder som større utstyr og drøyt 4.700 kondensatorer med PCB-olje er fjernet. For ev. gjenstående PCB-holdig utstyr og materiale er det satt i verk virkemidler som bør sikre at avfallet får forsvarlig håndtering (merking av PCB-ruter og avfallsplan i Barentsburg). Utslipp fra primære lokale kilder er forebygget og gjennom dette er utslippsrisiko redusert vesentlig. 😊 Målsetningen kan anses som oppfylt for primære lokale kilder. 😞 Målsetningen er ikke oppfylt for bygningsmasse med PCB-fasader og sekundære kilder som forurenset jord i bosetningene. 😞 Målsetningen er ikke oppfylt for primære eller sekundære kilder i andre deler av Arktis. For eksempel er det konstatert stor PCB-forurensning på Franz Josef Land. Denne vil fortsette å tilføre PCB til Barentshavet og Svalbard. Dette er ikke en lokal Svalbard-kilde, men den ligger nærme og krever straktiltak for å forebygge utlekking av mer PCB-forurensninger. 😊 Målsetningen kan anses som delvis oppfylt for formidling av erfaringer med tiltak mot primære kilder og undersøkelser og tiltak på sekundære kilder gjennom aktiv formidling på internasjonal konferanse og flerspråklige nettsider og rapporter. Foreslåtte tiltak fremover kan bidra til enda bedre måloppnåelse.
Stanse utslipp innan 2020 (3.3.2) <i>Utslepp og bruk av kjemikalier som utgjør ein alvorleg trussel mot helse og miljø skal kontinuerleg reduserast med det målet å stanse utslappa innan 2020.</i>	Generasjonsmålet er meget ambisiøst. For Svalbard vil det være naturlig å se målsetningen i lys av primære og sekundære PCB-kilder. Hva gjelder: 😊 primære kilder anses målsetningen som mulig å oppfylle forutsatt at gjenværende PCB-holdig utstyr og materiale håndteres etter utarbeidede krav. 😞 for sekundære kilder anses målsetningen vanskelig å oppfylle med tilsvarende begrunnelse som gitt i kommentarene til forurenset grunn og sedimenter nedenfor
Minst mogleg risiko for skade frå kjemikalier (3.3.3) <i>Risiko for at utslipp og bruk av kjemikalier er årsak til skade på helse og miljø skal minimerast.</i>	Status og begrunnelse samme som ovenfor. I tillegg vil fravær av PCB-holdig utstyr være med på å forebygge skader på folks helse og miljøet i framtida. 😊 Målsetningen kan anses som oppfylt.
Miljøgifter frå forureina grunn skal stansast (3.3.4) <i>Spreiing av miljøgifter frå forureina grunn skal stansast eller reduserast vesentleg. Spreiing av andre helse- eller miljøfarlege kjemikalier skal reduserast på bakgrunn av ei konkret risikovurdering.</i>	Deponier og annet areal forurenset av primære lokale kilder er kartlagt. Det er gjort mange undersøkelser som viser at PCB lekker ut fra forurenset grunn, særlig i de russiske bosetningene. Dersom ikke avbøtende tiltak iverksettes vil PCB-forurensningen spres til det marine miljøet og sjøbunnen i fjordene. Naturlig tilførsel av eroderte masser, med vårflo og snøsmelting vil over tid dekke over denne forurensningen. Så fremt sedimentene ikke forstyrres mye av bioturbasjon, strøm eller menneskelig aktivitet, vil forurensningen bli liggende i sedimentene. For å unngå at den forurensede overflatejorden i russisk bosetninger spres, kan tiltak som reduserer vannbasert partikkeltransport settes i verk, f.eks at grøftesystem og bekkefar i bosetningen holdes vedlike. Ved anlegg- og byggeaktiviteter bør forurensede masser sikres i forhold til snøsmelting og flomvann. 😞 Målsetningen er ikke oppfylt.
Sediment skal ikkje føre til alvorleg forureining (3.3.5) <i>Sediment (botnmassar i sjø) som er forureina med helse- eller miljøfarlege kjemikalier, skal ikkje medføre fare for alvorlege forureiningsproblem.</i>	Det er gjort mange undersøkelser som viser at PCB blir tatt opp i organismer og introdusert i næringskjedene via vann og sedimenter. Bioakkumulering og –magnifisering gjør at stoffene så vandrer i næringskjedene og gir skader på topp-predatorer. Sjøbunnen på Svalbard blir stadig dekket over av masser fra land fra store elver og bresystem. Dette gir en fortynning av forurensning og en tildekking over tid. Det er anbefalt å ikke gjøre tiltak på forurenset sjøbunn, men la det ligge i ro. 😞 Målsetningen er ikke oppfylt siden PCB i forurenset sjøbunn mobiliseres til økosystemet ved opptak i bunndyr.

AVFALL

NASJONALT MILJØMÅL	STATUS FOR PCB PÅ SVALBARD
Farleg avfall skal takast forsvarleg hand om (3.4.3) <i>Farleg avfall skal takast forsvarleg hand om og anten gå til gjenvinning eller vere sikra god nok nasjonal behandlingsskapitet.</i>	Alt PCB-holdig materiale som er samlet inn er levert til godkjent mottak og sendt til fastlandet for destruksjon i Finland (forbrenning) i et spesialanlegg. Gjenstående PCB-ruter er merket for forsvarlig håndtering når de skiftes ut. Dette skal gi mindre PCB-avfall på avveie i framtiden. 😊 Målsetningen kan anses som oppfylt. En egen avfallsplan for Barentsburg skal bidra til at PCB-holdige fasader, bygningsmasse og forurenset jord blir håndtert forsvarlig i framtiden. Det gjenstår å sette planen ut i livet. 😐 Målsetningen kan anses som delvis oppfylt.
Mindre farleg avfall (3.4.4) <i>Genereringa av ulike typar farleg avfall skal reduserast innan 2020 samanlikna med 2005-nivå.</i>	Kartlegging, utfasing av utstyr og opprydding i PCB-holdig gruveavfall og utstyr gir mindre PCB-holdig farlig avfall å håndtere i framtiden. Kunnskapen om PCB i blant annet maling har gjort oss oppmerksomme på en ny PCB-kilde det er vanskelig å håndtere. Renovering og riving av bygg vil kunne generere mye PCB-holdig byggavfall i framtiden, særlig i Barentsburg. 😐 Målsetningen kan anses som delvis oppfylt.

POLAROMRÅDENE

NASJONALT MILJØMÅL	STATUS FOR PCB PÅ SVALBARD
<i>Sirkumpolart samarbeid; Samarbeidet i Norden, i Nordens nærområder og i den arktiske regionen skal medvirke til å bedre miljøsituasjonen og sikre natur- og kulturminneverdiene i disse områdene, og til å redusere og forebygge grenseoverskridende forurensninger som kan påvirke miljø, helse og næringsvirksomhet i Norge.</i>	😞 Målsetningen er ikke oppfylt for primære eller sekundære kilder i Arktis. Det bør arbeides videre for et felles løft basert på eksisterende kunnskap om primære og sekundære kilder, samt harmonisering av regelverk som hindre utvasking og bidra til oppryddingstiltak. 😐 Målsetningen kan anses som delvis oppfylt gjennom kontakter med fagfolk og myndigheter i flere av de nordiske landene, erfaringsutveksling direkte og på konferanser og bidrag i blant annet undersøkelser i Grønland.
Samarbeid med Russland <i>Samarbeid skal medvirke til å sette styresmakter og næringsliv i Russland bedre i stand til å få forsvarlig kontroll over egne miljøproblem og til å integrere miljøvernforvaltningen i Russland i internasjonalt og regionalt samarbeid.</i>	😊 Målsetningen kan anses som oppfylt ved et tett og godt samarbeid med det russiske gruveselskapet Trust Arktikugol om kartlegging, opprydding og videre tiltak i de russiske bosetningene. Tilgjengelig kunnskap om PCB-forurensning er aktivt delt mellom russiske og norske aktører som driver med miljøovervåking på Svalbard. Det har også vært samarbeid om undersøkelser av sjøbunn utenfor bosetningene mellom norsk og russisk miljøovervåking. 😞 Målsetningen er ikke oppfylt for de store oljelagrene og PCB-forurensningen på Franz Josef Land. Disse vil kunne tilføre Barentshavet og Svalbard PCB i økende grad framover. Dette er ikke en lokal kilde på Svalbard, men den ligger nær og krever strakstiltak for å forebygge PCB-forurensninger.
<i>Svalbard skal framstå som et av de best forvaltede villmarksområder i verden, og bosettingene skal drives på en miljøforsvarlig måte for å sikre miljø og trivsel. Norge skal arbeide for at våre nære arktiske havområder skal bevares som noen av verdens reneste, og at ressursutnyttelsen foregår innenfor rammer som sikrer at det biologiske mangfoldet opprettholdes på kort og lang sikt.</i>	Fjerning av primære kilder med PCB og avgrensning og oppfølging av håndteringen av sekundære kilder, legger tilrette for at målsetningen foreløpig kan sies være delvis oppnådd hva gjelder PCB og Sysselmannens ansvarsområde. 😐 Målsetningen er delvis oppfylt. Den største utfordringen knyttet til PCB ligger ikke i de gjenstående lokale kildene, men i den langtransporterte forurensningen som kommer via luft- og havstrømmer og havis. Miljøforvaltningen må jobbe for å fremme aktivt samarbeid, bi-lateralt og internasjonalt, som kan bidra til reduserte utslipp av PCB. Et godt kunnskapsgrunnlag er en forutsetning for å nå frem i slike prosesser. Dette forsterker behovet for forskning og overvåking i forhold til effekter på naturmiljøet av langtransportert forurensning. 😞 Målsetningen er ikke oppfylt.

RIKSREVISJONEN UNDERSØKELSE AV FORVALTNINGEN AV SVALBARD

Riksrevisjonen undersøkelse av forvaltningen av Svalbard, rapport 3:8 (2006-2007)	Riksrevisjonen pekte på mangler i miljøovervåkingen og tilhørende beslutningsunderlag. 😊 Arbeidet for å systematisere PCB-innsatsen på Svalbard er et eksempel på tiltak for å følge opp Riksrevisjonens merknader. Miljøovervåkingen er brukt til å sette i verk tiltak og etablere forvaltningsrutiner.
---	---

FOTNOTER KAPITTEL 1

¹ Langtransportkonvensjonen for ECE-området.

² Primære kilder: Utstyr og materialer som inneholder PCB er potensielle primære kilder dersom de ikke håndteres forsvarlig.

³ Sekundære kilder: Dette er PCB som har forlatt primærkilden og er kommet ut i jord, vann, luft, flora og fauna, og som ikke er brutt ned.

⁴ som overvåker bakgrunnskonsentrasjoner i Arktis.

⁵ $\sum 31\text{PCB}$ betyr samlet mengde for de 31 kongenerne/typene av PCB som det er analysert for. Tilsvarende betyr $\sum 7\text{PCB}$ samlet mengde av syv PCB-former, se også rapportens kapittel 2.7.

⁶ Dioksinlik PCB er de kongenerne som har plan konformasjon og derfor egenskaper og virkning som miljøgiften dioksin.

⁷ Dioksinlignende PCB rapporteres ofte i enheten TEQ (Toxic Equivalency Quotient). TEF (Toxicity equivalency Factors) sier noe om hvor giftig en dioksinlignende miljøgift er i forhold til dioksinforbindelsen 2,3,7,8-TCDD (som er satt som verdi "1" i toksisitet). Når blandinger av flere dioksinlignende miljøgifter skal vurderes blir konsentrasjonen til de ulike miljøgiftene multiplisert med en faktor (TEF-verdi). Den sammenlagte verdien, toksisk ekvivalent, brukes som et mål på hvor potensielt giftig blandingen er.

⁸ POP = Persistent Organic Pollutant, som betyr persistente (tungt nedbrytbare) organiske miljøgifter.

⁹ Miljøverndepartementets Prop. 1 S (2010–2011). Proposisjon til Stortinget. Målene er systematisert og formidlet via Miljøstatus: <http://www.miljostatus.no/miljomal/>

Stasjonær røye fra Ellasjønen
på Bjørnøya overskrider
blant annet EUs grenseverdier
for menneskemat



Grunnlovens § 110 b

Enhver har Ret til et Milieu som sikrer Sundhed og til en Natur hvis Produktionsævnne og Mangfold bevares. Naturens Ressourcer skulle disponeres ud fra en langsiktig og alsidig Betragtning, der ivaretager denne Ret ogsaa for Efterslægten.

For at ivaretage deres Ret i Henhold til foregaaende Led, ere Borgerne berettigede til Kundskab om Naturmilieuets Tilstand og om Virkningerne af planlagte og iværksatte Indgreb i Naturen.

Statens Myndigheder give nærmere Bestemmelser til at gennemføre disse Grundsætninger.

(Tilføyed ved Grunnlovsending 19. juni 1992 nr. 463)



Svalbard omfatter øyene mellom 74° og 81° nord og 10° og 35° øst, samt havområdene rundt. Landområdene har et areal på over 61 000 kvadratkilometer hvorav vel 60 prosent er dekket av isbreer.

2. PCB PÅ SVALBARD – RAMMEBETINGELSER

”I Ellasjøen på Bjørnøya er nivåene av dioksinlignende PCB i røye så høy at det overskrider EUs grenseverdi for humant konsum. Også røye fra flere innsjøer på Svalbard inneholder relativt høye nivåer av PCB.”

Forskningsleder Anita Evenset, Akvaplan-niva

Svalbard omfatter øyene mellom 74° og 81° nord og 10° og 35° øst, samt havområdene rundt. Landområdene har et areal på over 61 000 kvadratkilometer hvorav vel 60 prosent er dekket av isbreer. Svalbard har tre arktiske bioklimatiske soner i tillegg til polarfronten og iskant-sonen. Lufttemperaturen på øygruppen er generelt lav og det samme er nedbørsmengden. Svalbard har permafrost og bare et tynt jordsmonn.

PCB og utfordringene disse helse- og miljøskadelige stoffene gir på Svalbard og Arktis, er godt dokumentert i en rekke vitenskapelige rapporter, blant annet Oehme mfl. 1996, AMAP 2004a, AMAP 2009, Letcher mfl. 2010 og Verreault mfl. 2010.

Norge har et høyt ambisjonsnivå for miljøforvaltningen på Svalbard. Dette speiles også i Svalbardmiljøloven, § 1: ”Denne lov har til formål å opprettholde et tilnærmet uberørt miljø på Svalbard når det gjelder sammenhengende villmark, landskapselementer, flora, fauna og kulturminner. Innenfor denne ramme gir loven rom for miljøforsvarlig bosetting, forskning og næringsdrift”.

Målsetningen er at Svalbard skal være et av de best forvaltede villmarksområder i verden. Rammene legges blant annet i St. meld. nr. 22 (2008-2009) Svalbard, St. meld. nr. 12 (2001-2002) Rent og rikt hav, og for PCB også i Nasjonal handlingsplan for reduserte utslipp av PCB.

2.1 HENSIKT MED RAPPORTEN

Sysselemanden i samarbeid med Klif, har i 2008–2010 gjennomført et prosjekt for å sammenstille, komplettere og dokumentere kunnskapen om PCB på øygruppen. Prosjektet har også identifisert og fjernet så mye som mulig av lokale kilder til PCB-forurensning, identifisert ytterligere behov for forskning, og utarbeidet tiltaksrettede forvaltningsrutiner. Prosjektet har vært finansiert av Miljøverndepartementet.

Denne rapporten oppsummerer og dokumenterer resultatene fra prosjektet. En rekke institusjoner og forskningsmiljøer har deltatt og bidratt med å systematisere, sammenstille og oppdatere kunnskapen. Prosjektet har vært gjennomført i form av seminarer, delprosjekter og feltarbeid.

Første utgave av prosjektrapporten¹⁰ ble utgitt av Sysselmannen i 2008. Hensikten med denne rapporten er å påpeke stoffenes og nedbrytingsproduktenes alvorlige effekter i tillegg til å identifisere kunnskapshull og behov for tiltak. Det er også viktig å synliggjøre hvordan resultater fra miljøovervåking må brukes som beslutningsunderlag for forvaltningstiltak og -planer¹¹. Intensjonen er videre å legge til rette for en bred formidling av kunnskapen om PCB på Svalbard.

Forslag til tiltak:

- Resultatene fra prosjektet og rapporten "PCB på Svalbard" anbefales aktivt brukt for å informere om behovet for å redusere mengder og effekter av helse- og miljøfarlige stoffer. Eksempler på aktuelle fora er AMAP/ACAP, Stockholmkonvensjonen, LRT-konvensjonen, og lignende, samt i bilateralt samarbeid med land som bidrar til langtransportert forurensning til Svalbard og Arktis for øvrig.
- Ta initiativ til en internasjonal konferanse for å bidra til ansvarlig utfasing og destruksjon av utstyr og materialer som inneholder PCB.
- Ta initiativ til videreføring av rapporten og arbeidet i regi av for eksempel UNIS og NP.

2.2 PCB - STOFFENES EGENSKAPER

PCB (polyklorerte bifenyler) er en gruppe helse- og miljøfarlige stoffer med svært alvorlige effekter for menneske og natur. Stoffene er såkalte POPer (Persistent Organic Pollutants). PCB-molekylet kan ha 1-10 kloratomer med forskjellig plassering på fenylringene i molekylet, se figur 2.2-1. Det finnes derfor 209 mulige ulike varianter, såkalte kongener av PCB-molekylet, se figur 2.2-2 som viser kongeneren PCB#153. De enkelte kongenerne har forskjellige fysiske og kjemiske egenskaper (se blant annet AMAP 1998). En liten gruppe PCB har flat struktur (non-ortho PCB) eller delvis flat struktur (mono-ortho PCB) og omtales som dioksinlignende PCB (dl-PCB) fordi de har lignende virkninger som dioksiner.

Den biologiske virkningen som de ulike kongener gir, skiller seg i styrke og også i hvilke effekter de kan ha (Li mfl. 2003). Stoffene kan blant annet påvirke:

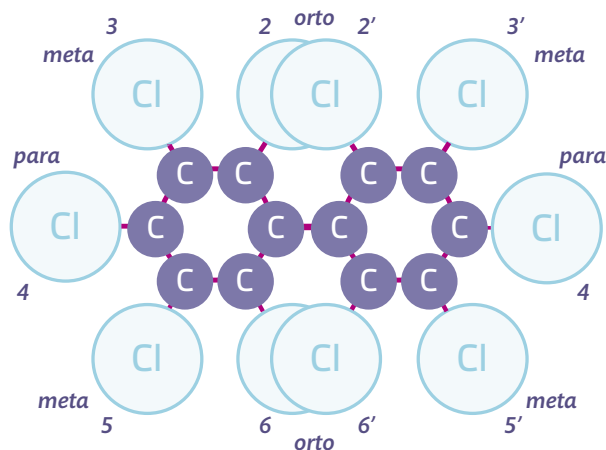
- reproduksjon
- hormonsystemer
- immunsystemet
- nervesystemet
- utvikling hos tidlige livsstadier/foster
- kreftutvikling

Generelt minsker nedbrytbarheten med økende grad av klorering (antall kloratomer). Nedbrytbarheten avhenger også av hvor kloratomene er plassert på fenylringene.

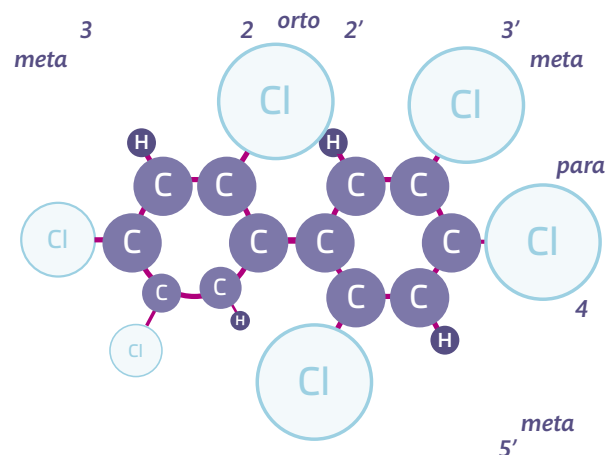
PCB med klorinnhold fra 19–43 prosent har krystallinsk form, fra 43–56 prosent er de oljeaktige, fra 57–69 prosent halvfast og mellom 67–70 prosent er de igjen krystallinske.

Egenskaper som lav vannløselighet og damptrykk, påvirker sterkt hvordan kongenerne spres og fordeles i naturmiljøet (luft, vann, sedimenter og jord). Spesielt de lavklorerte kan lett transporteres i gassfase via luft (flyktige PCB-kongener) og de kan binde seg til partikler/aerosoler (såkalt semi-volatile PCB) i luften. Selv om PCB generelt har lav løselighet i vann, påvirkes mange arktiske næringskjeder av eksponeringen for PCB løst, eller tilgjengelig via partikulært bundet PCB, i sjøvann.

Utslipp av PCB har ført til at vi i dag finner stoffene igjen i mennesker, dyr og organismer over hele verden. Klimatiske forhold og Svalbards geografiske plassering, medfører at luft- og hav-



FIGUR 2.2-1 Oppbyggingen av et PCB-molekyl med fenylringer omkranset av kloratomer (Cl).



FIGUR 2.2-2 Bildet viser hvordan kongeneren PCB#153 er bygget opp.



FIGUR 2.2-3 Langtransportert forurensning kommer til Svalbard med hav- og luftstrømmer og sprer seg i næringskjedene. Kilde: NILU

strømmer bringer med seg PCB fra industrialiserte og andre områder i Europa, USA, Russland og Asia, inn i de arktiske økosystemene og næringskjedene (langtransportert forurensning), se figur 2.2-3 og 2.2-4.

Miljøovervåking i form av analyser av iskjerner fra Lomonosovfonna viser en klar nedgang i tilførselen til Svalbard av PCB via luftstrømmer i perioden 1970–2000 (Hermanson mfl. 2005). Sedimentanalyser fra Ellasjøen på Bjørnøya viser at tilførselen av stoffene var høyest i perioden 1960–1972 (Evenset mfl. 2007). Dette indikerer at avviklingen av den aktive globale bruken av PCB-olje har hatt virkning. En stor utfordring er nå å få fortgang i forsvarlig håndtering og eventuelt destruksjon av eksisterende PCB-holdige produkter og -materiale som fortsatt er i bruk rundt om i verden.

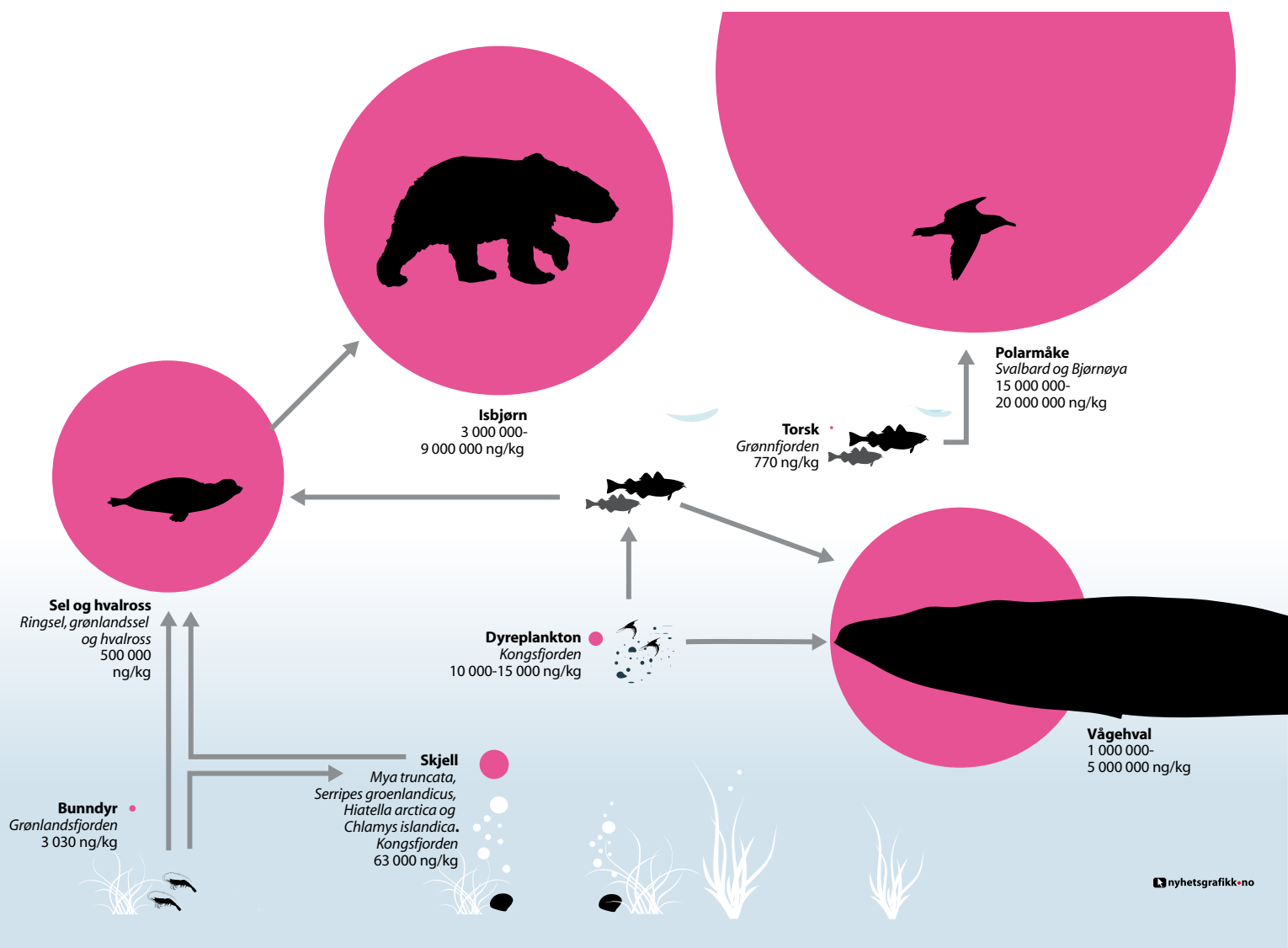
Arktiske økosystemer er sårbare for helse- og miljøfarlige stoffer

fordi (AMAP 2002, AMAP 2009 og Jenssen 2006):

- biodiversiteten er lav
- livssyklusene er lange
- reproduksjonspotensialet er lavt
- produksjonsperioden er kort og intensiv
- arktiske dyr gjennomgår store sesongmessige variasjoner (sulteperioder) i innhold av lipider (fett)
- avkom av arktiske pattedyr mottar en fettrik melk fra moren
- sjøfugler overfører fett fra morfuglen til egg
- overføringen av lipider fra primærprodusenter til topp predatorer skjer raskt

Stoffene har komplekse virkningsmekanismer. Selv om dette er en stoffgruppe det har vært forsket på i over 50 år, er det fortsatt behov for mye vitenskapelig arbeid på hvordan PCB påvirker blant annet menneskets/human helse.

FIGUR 2.2-4 PCB er tungt nedbrytbart og har høy fettløselighet. Disse egenskapene bidrar til at PCB-forbindelsene lagres (bioakkumuleres) i fettrike deler av organismer og oppkonsentreres i næringskjeder (biomagnifiseres). (NB analyseresultatene kan være relatert til forskjellige vevstyper hvilke gjør at tallene ikke er direkte sammenlignbare.)



Generelt er PCB svært tungt nedbrytbart og har høy fettløselighet. Disse egenskapene bidrar til at PCB-forbindelsene lagres (bioakkumuleres) i fettrike deler av organismer og oppkonsentreres i næringskjeder (biomagnifiseres) (Borgå mfl. 2001), se figur 2.2–4. Dette rammer spesielt dyr øverst i arktiske næringskjeder. Disse er avhengige av å bygge opp store fettreserver som opplagsnæring og isolasjon for å overleve (Jenssen 2006).

Nedbrytingsproduktene/metabolitter fra PCB i pattedyr består i hovedsak av hydroksilerte (OH) og metylsulfon (MeSO_2) forbindelser av PCB. Den omdannelsen (biotransformasjonen) som skjer er rettet mot økt vannløselighet (polaritet) men gir ikke alltid en detoksifisering (avgiftning) da metabolitten som dannes ofte også er giftig (reaktivt mellomprodukt).

PCB-kongenernes egenskaper knyttet til nedbrytbarhet (persistens), bioakkumulering og effekt er uavhengig av konsentrasjon. Langtidseksponering, selv for små mengder, kan føre til endringer i blant annet immunforsvaret, forplantningsevnen og hormonbalansen, (se blant annet Stølevik mfl. 2011).

PCB overføres til neste generasjon blant annet via opplagsnæring i egg, via livmor til foster (*"in utero"*) og via morsmelk. Opp- tak hos mennesker og dyr, som er høyt i næringskjeden, skjer hovedsakelig gjennom mat. Fisk og organismer som lever i vann kan også ha et betydelig opptak via PCB som er løst i vannet, særlig av de mindre hydrofobe kongenerne.

Generelt sagt følger PCB-forurensningen i organismer normalt dette mønsteret:

- innholdet av stoffene i planter og plantespisende dyr på land er normalt lavt
- nivåer av stoffene hos forskjellige arter avhenger av diett, habitat- bruk og nedbryting av miljøgifter
- ulike arter har stor variasjon i kapasitet til å bryte ned PCB
- nivåer øker med alder og er høyere i hanndyr enn i hunndyr
- stedbundne arter som lever i nær kontakt med sediment har høyere konsentrasjon av stoffene enn arter som svømmer fritt i vannmassene

Arktiske forhold påvirker prosessene som styrer naturlig nedbry- ting av miljøgifter som PCB (Mohn mfl. 1997; Kuipers mfl. 2003; Snape mfl. 2007) og forvaltningstiltak i arktisk miljø må risikovurderes og tilpasses lokale forhold (Menzie og Coleman 2007; Snape mfl. 2003).

Mer informasjon om PCB og utfordringene knyttet til miljø- giftene finnes i kapittel 7.

2.3 PCB I MAT

Folkehelse, 2008 konstaterer, at ca. 10 prosent av Norges befolk- ning har et høyere gjennomsnittlig inntak av dioksinlignende PCB og dioksiner enn det ukentlige tolerable nivået (basert på norsk kosthold). Fostre og barn er særlig utsatt, (se blant annet Stølevik mfl. 2011).

Havforskningsinstituttet, 2010a konkluderer generelt at det er lave nivåer av miljøgifter i sjømat fra Barentshavet, men enkelte forhold indikerer at Barentshavet kan være så påvirket av men- neskelig aktivitet at sjømattryggheten kan komme under press. Det gjelder blant annet torskelever hvor det er funnet nivåer av dioksinlignende PCB og dioksin tett opp til grensen på 25 ng TEQ/kg våtvekt (vv) som er satt for humant konsum. I under- søkelsen 2009 var en av fire stasjoner i Barentshavet over grense- verdien.

NIFES, 2010a fant at blåkkeite fra blant annet prøvestasjonene utenfor Svalbard hadde konsentrasjoner av sum dioksinlignende PCB og dioksin over EUs øvre grenseverdi, se kapittel 3.4.5.1.3.

Nivåer av organiske miljøgifter i røye fra innsjøer på Svalbard som benyttes til fritidsfiske er kartlagt i et prosjekt finansiert av Svalbards miljøvernfond (Christensen mfl. 2011). Fisk fra Ellasjøen på Bjørnøya har de høyeste konsentrasjonene av de fleste organiske miljøgiftene som inngikk i undersøkelsen. Nivåene av PCB og dioksinlignende PCB beregnet som TE (toksisitetsekvivalenter) overskrider grenseverdier for humant konsum satt av US Environ- mental Protection Agency og EU. Også fisk fra Richardvatn, Arresjøen og Annavatn hadde forhøyede nivåer av miljøgifter sammenlignet med fisk fra Laksvatn, Ratjørna, Diesetvatn, Linné- vann, Straumsjøen og Liefdefjorden. Nivåene av miljøgifter i sjørøye fanget i sjøen (Liefdefjorden) og røye fra sjørøyeassdrag (Linnévann, Straumsjøen, Dieset) var lavere enn i fisk fra inn- sjøer med kun stasjonær røye.

Mengdene med PCB i egg fra polarmåke er omtrent som i måkeegg (svartbak og gråmåke) fra fastlandskysten. Sett i forhold til å spise ett måkeegg vil inntak av 10 egg doble årsinntaket av dioksinlignende PCB og dioksin (Pusch mfl. 2005). Kostholds- rådet fra Mattilsynet er at barn, unge kvinner, gravide og ammende ikke bør spise måkeegg. Andre personer bør ha et begrenset inntak.

2.4 ANDRE MILJØGIFTER OG NYE KJEMIKALIER

2.4.1 PCB I SAMVIRKNING MED ANDRE HELSE- OG MILJØFARLIGE STOFFER

PCB er bare en gruppe helse- og miljøfarlige stoffer blant mange. Vi og miljøet eksponeres ikke for én og én miljøgift, men for flere i blanding, for eksempel PCB, dioksiner, klorerte pesticider, bromerte flammehemmere, perfluorerte forbindelser og tung- metaller. I tillegg kommer nedbrytingsprodukter som kan ha tilsvarende skadelige effekter som "morstoffet" (Gilman mfl. 2009).

Kunnskap om samvirkning av PCB med andre helse- og miljø- farlige stoffer og nedbrytingsprodukter/metabolitter er svært mangelfull blant annet om;

- hvordan totalbelastningen av stoffer virker på arter og øko- systemer
- effektene til nedbrytingsproduktene

Det er likevel kjent at eksponering for stoffer i blanding kan ha sterke tilleggseffekter (AMAP 2009, AMAP 2011). Når flere miljøgifter virker sammen kan lavere nivåer av det enkelte stoff utløse de samme effekter eller helseplager. Forsøk NIFES har foretatt viste at ikke-dioksinlignende PCB og dioksin i kombi- nasjon er mer giftig sammen enn hver for seg (NIFES 2010b).

2.4.2 REACH (REGISTRATION, EVALUATION, AUTHORI- SATION AND RESTRICTION OF CHEMICAL SUBSTANCES)

REACH, som er EUs regelverk om kjemikalier, vil kunne gi ny kunnskap om helse- og miljøfare, samt risiko ved bruk og ut- slipp av kommersielle stoffer. Systemet er imidlertid ikke tilpasset arktiske strøk, og dette gjør at screening og overvåkning av po- tensielle miljøgifter i nordområdene fortsatt vil være svært viktig. Det er ikke utviklet noe system for vurdering av samlet påvirk- ning av flere kjemikalier i REACH.

FORSLAG TIL TILTAK:

- På grunn av at enkelte hydroxymetabolitter av PCB (OH- PCB) har vist sterk binding til transportproteinene TTR er det ønskelig med in vivo eksponeringsforsøk med PCBs med hen- blikk på å få mer innsikt i mekanismene bak distribusjon av PCB og metaboliseringsprosessen i dyr, og spesielt i Arktiske arter.
- Mer forskning omkring synergistiske og eventuelt antagonis-

tiske effekter av ulike miljøgifter bør gjennomføres.

- Metoder for toksisitetstester på arktiske organismer bør utvikles.
- REACH er nylig gjort gjeldende for Svalbard. Det bør være et mål for forurensningsmyndigheten å stille krav til virksomhet på Svalbard at det ikke er tillatt med bruk av kjemikalier som står på Kandidatlista i REACH eller som er på den norske Prioritetslista.

2.5 REGELVERK OG KONVENSJONER

Oversikt over regelverk og konvensjoner som direkte eller indirekte regulerer PCB nasjonalt og internasjonalt og på Svalbard er gitt i kapittel 7.2.

2.6 TILSYN

Koordinert med prosjektet har Sysselmannen og Klif gjennomført tilsynsaksjoner i alle bosetningene på Svalbard for å følge opp PCB-regelverket. Resultatene fra disse kontrollene er at mye PCB nå er forsvarlig fjernet. Gjenstående PCB-holdig materiale og utstyr er identifisert og tiltak for forsvarlig håndtering og utfasing er gjort, se kapittel 4.1.6.4.

Forurensningsmyndighetene har planlagt en aktivitet i 2011/2012 for å verifisere at utfasingen av PCB-holdig elektrisk utstyr er slutført.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Oppfølging av at PCB-holdige isolerglassruter og fasademateriell i bygg håndteres etter regelverket.
- Verifikasjon av endelig utfasing av kondensatorer fra lysarmatur i Barentsburg og Pyramiden.
- Tilsyn i forhold til avfallsplan for Barentsburg.

2.7 PRØVER, ANALYSER OG TOLKNING AV RESULTATER

2.7.1 OVERVÅKINGSSTRATEGI

Et viktig formål med å overvåke nivåer av miljøgifter er å påvise trender. Målet bør være så klart formulert at det også kvantifiseres hvor store trender overvåkingen skal kunne oppdage. Det vil få stor betydning for valg av overvåkingsstrategi, for eksempel hvor mange prøver som må tas og hvor ofte. Problemstillingen illustreres av en statistisk analyse Norsk Polarinstitutt gjorde av åtte års prøver av miljøgifter i isbjørn (Henriksen mfl. 2001). Prøvene var tatt i både blod, fettvev og melk og viste i utgangspunktet ingen tidstrender på grunn av stor variasjon i dataene. Den første oppgaven var derfor å finne i hvilket vev det var minst varians. Det viste seg å være i blodserum. Deretter ble alle prøvene i serum analysert for å finne hvilke andre årsaker enn forurensningsnivåene som kunne forklare variasjonen mellom år. Det viste seg at dyras ernæringsstatus, reproduktive status samt tid og sted for prøvetakingen spilte inn. Først da man satt igjen med et materiale som var standardisert for disse faktorene, var det mulig å påvise en trend – forøvrig den første tidsserien av forurensning i isbjørn. Men til det trengtes ikke mer enn omlag halvparten av prøvene som var samlet inn. Hovedkonklusjonen var at for å kunne påvise en tidstrend trengs det å ta nye prøver hvert år, og ikke hvert tredje eller femte som det ofte gjøres i overvåkningsprogrammer. Studiet gav et klart råd om at prøvetaking for tidstrendstudier må standardiseres.

2.7.2 PRØVETAKING OG ANALYSER

En rekke forhold kan være med å bestemme utfallet av måleresultat og hvordan det tolkes, for eksempel:

1. Prøvetype og prøvetakingsvariabilitet i felt og i populasjonen
2. Ulike metoder for opparbeidelse av prøvene
3. Problematikk knyttet til ulike analysepartier

4. Problematikk knyttet til deteksjonsgrenser og håndtering av verdier under deteksjonsgrensen
 5. Kontaminering fra prøveemballasje
 6. Problematikk knyttet til innveiling av heterogent prøvemateriale
- Disse punktene er videre utdypet i kapittel 7.3.

Analysen gjøres ofte kun på et begrenset antall av de 209 kongenerne. Bakgrunnen for dette er til dels økonomisk og at PCB anrikes selektivt i ulike medier. Det er derfor ikke alltid nødvendig å analysere for alle 209 kongenerne i alle prøvetyper. I luft og vann fokuseres på di-tetra PCB, i biota tetra-hexa/hepta, og i sediment/jord: penta-octa.

2.7.3 RAPPORTERING AV RESULTATER

Innholdet av PCB i ulike prøvetyper fra Svalbard er bestemt med ulike prøvetakings- og analysemetoder, av mange forskjellige laboratorier og over mange år. I vurderingen av forsknings- og miljøovervåkingsrapporter må en blant annet være oppmerksom på at PCB rapporteres på forskjellige måter som ikke er direkte sammenlignbare:

- Våt vekt (vv) respektive tørr vekt (tv). PCB er fettløselig og prøver med ulikt fettinnhold vil derfor inneholde ulike mengder. For å kunne sammenligne innhold av miljøgifter i prøver med ulikt fettinnhold normaliseres miljøgiftkonsentrasjonene vanligvis til fettinnholdet, lipid-/fettvekt (lv).
- Rapporteringsform for data; enkeltkongener av PCB, for eksempel PCB#153, eller summen av flere kongener, for eksempel $\Sigma 7\text{PCB}$, $\Sigma 33\text{PCB}$, etc. (betyr summen av 7, respektive 33 individuelle og på forhånd bestemte kongener). $\Sigma 7\text{PCB}$ omfatter normalt kongenerne PCB#28, PCB#52, PCB#101, PCB#118, PCB#138, PCB#153 og PCB#180.
- Dioksinlignende PCB rapporteres ofte i enheten TEQ (Toxic Equivalency Quotient). TEF (Toxicity Equivalency Factors) sier noe om hvor giftig en dioksinlignende miljøgift er i forhold til dioksinforbindelsen 2,3,7,8-TCDD (som er satt som verdi "1" i toksisitet). Når blandinger av flere dioksinlignende miljøgifter skal vurderes, blir konsentrasjonen til de ulike miljøgiftene multiplisert med en faktor (TEF-verdi). Den sammenlagte verdien, toksisk ekvivalent, brukes som et mål på hvor potensielt giftig blandingen er. Det finnes flere TEF modeller blant annet den som World Health Organisation har utarbeidet, WHO-TEQDF, som inkluderer PCB.

Et måleresultat på for eksempel polarmåke rapportert som $\Sigma 7\text{PCB}$ vv kan som måleresultat direkte sammenlignes med et annet som rapporteres tilsvarende, mao $\Sigma 7\text{PCB}$ vv. Grove sammenligninger mellom for eksempel $\Sigma 7\text{PCB}$ og andre ΣxxxPCB eller total PCB ($=\Sigma 209\text{PCB}$) kan gjøres med hjelp av en faktor som et av resultatene multipliseres med. Bruk og tolkning av PCB-profiler med $\Sigma 7\text{PCB}$ -data i sedimenter finnes i blant annet Konieczny og Mouland, 1997.

2.7.4 TOLKNING AV RESULTATER

PCB og andre organiske miljøgifter oppkonsentreres i næringskjeden (se figur 2.2-4) og nivåene er derfor ofte høyest hos dyr som befinner seg høyt i næringskjeden (høyt trofisk nivå). For å tolke resultater fra miljøgiftanalyser er det derfor viktig å vite hvilket trofisk nivå organismen befinner seg på. Trofisk nivå kan bestemmes ved å analysere biotaprøver for de stabile isotopene av nitrogen ($^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$) og karbon ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$).

For å tolke resultatet er det viktig å vite når prøvetakingen er utført (for eksempel om vann og snø er tatt i vår/sommer-perioden når snøen smelter, om dyremateriale er fra "sulteperioder" etc.).

Høyt innhold av PCB#118 og lavt innhold av PCB#153 og #180 kjennetegner den sovjetiske PCB-blanding Sovol. Et opptak av lokal PCB kan være mulig å spore og skille fra langtransportert PCB når analysene skiller mellom de ulike variantene av PCB (kongenerprofil).

2.7.5 KLASIFISERINGSSYSTEMER

Det finnes ikke noen etablerte systemer for arktiske tilstandsklasser, normverdier og terskelverdier for jord, sedimenter, etc. Slike klassifiseringssystemer gjør det lettere å foreta vurderinger på et felles grunnlag og treffe beslutninger i saker som omhandler for eksempel forurenset grunn og forurensede sedimenter.

Standardiserte klassifiseringssystemer vil være viktige for en forutsigbar og vitenskapsbasert miljøforvaltning av Svalbard.

Det finnes klassifiseringssystemer utviklet for blant annet forurenset grunn, se tabell 2.7.5-1 (Hansen mfl. 2009), sedimenter og vann (Bakke mfl. 2007, TA-2229/2007) gjeldende for fastlands-Norge. Disse er dog ikke direkte overførbare til arktiske forhold.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Utvikle klassifiseringssystemer for arktiske forhold.
- "Arktisk standardprøvebank"; der det tas større volumer av typiske prøvemidler som forskere kan ha tilgang til. Slik vil det bli mulig å sammenligne ulike studier.

2.8 RUSSISKE MILJØUNDERSØKELSER PÅ SVALBARD OG INTERKALIBRERING

2.8.1 TRUST ARKTIKUGOLS MILJØOVERVÅKING

På oppdrag for Trust Arktikugol har "Centre for Environmental Chemistry SPA "Typhoon", North-Western branch" i flere år gjennomført miljøundersøkelser (luft, jord, sediment, vann og biota) i Barentsburg og Pyramiden. Det er samlet inn prøver og analysert for PCB og andre miljøgifter.

Det foreligger rapporter oversatt til norsk på resultater fra Typhoons miljøovervåking for årene 2002-2009 og 2010. Disse resultatene er referert i foreliggende rapport PCB på Svalbard.

I 2009 ble det gjennomført en samordnet norsk – russisk

TILSTANDSKLASSE/ STOFF	1	2	3	4	5
	MEGET GOD	GOD	MODERAT	DÅRLIG	SVÆRT DÅRLIG
Arsen	<8	8-20	20-50	50-600	600-1000
Bly	<60	60 -100	100-300	300-700	700-2500
Kadmium	<1,5	1,5-10	10-15	15-30	30-1000
Kvikksølv	<1	1-2	2-4	4-10	10-1000
Kobber	<100	100-200	200-1000	1000-8500	8500-25000
Sink	<200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-25000
Krom (III)	<50	50-200	200-500	500-2800	2800-25000
Krom (VI)	<2	2-5	5-20	20-80	80-1000
Nikkel	< 60	60- 135	135-200	200-1200	1200-2500
Σ7PCB	< 0,01	0,01-0,5	0,5-1	1-5	5-50
DDT	<0,04	0,04-4	4-12	12-30	30-50
PAH16	<2	2-8	8-50	50-150	150-2500
Benzo(a)pyren	< 0,1	0,1-0,5	0,5- 5	5 -15	15-100
Alifater C8-C10 ¹⁾	<10	≤10	10-40	40-50	50-20000
Alifater > C10-C12 ¹⁾	<50	50- 60	60-130	130-300	300-20000
Alifater > C12-C35	<100	100-300	300-600	600-2000	2000-20000
DEHP	<2,8	2,8-25	25-40	40-60	60-5000
Dioksiner/furaner	<0.00001	0,00001-0,00002	0,00002-0,0001	0,0001-0,00036	0,00036-0,015
Fenol	<0,1	0,1-4	4-40	40-400	400-25000
Benzen ¹⁾	<0,01	0,01-0,015	0,015-0,04	0,04-0,05	0,05-1000
Trikloretan	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,6	0,6-0,8	0,8-1000

1) For flyktige stoffer vil gass som eksponeringsvei gi lave grenseverdier for human helse. Dersom gass i bygg ikke er en relevant eksponeringsvei bør det utføres en steds spesifikk risikovurdering for å beregne steds spesifikke akseptkriterier.

TABELL 2.7.5-1 Klassifiseringssystem for forurenset grunn. Mengdeenhet for PCB er mg/kg. Kilde Klif TA-2533

prøvetaking utenfor bosettingene i Pyramiden og Barentsburg. Det ble samlet inn sedimentprøver, men disse er ikke analysert på grunn av manglende finansiering.

2.8.2 INTERKALIBRERING

Til opplysning nevnes at mange russiske laboratorier, NILU og EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) laboratoriene har deltatt i interkalibrering (ArcticIntercal: 2010) på blant annet parametrene PCB, PAH, OCP, BFR i luft. En AMAP/EMEP rapport på dette er under arbeid.

2.8.3 INTERKALIBRERING I PROSJEKTET PCB PÅ SVALBARD – METODIKK FOR PRØVETAKING OG ANALYSE

For å vurdere om norske og russiske data kan sammenlignes ble det i 2008 gjennomført en interkalibrering hvor norske (Akvaplan-niva) og russiske (Typhoon) metoder for prøvetaking og analyser av jord og sediment ble sammenlignet.

Både Akvaplan-niva og Typhoon tok 5 jord- og 5 sedimentprøver hver (totalt 20 prøver) fra lokaliteter i/utenfor Barentsburg høsten 2008. Hver av prøvene ble homogenisert og delt i to like deler, hvorav den ene ble analysert for $\Sigma 7\text{PCB}$ av Typhoon og

den andre av ALS Scandinavia (som er et akkreditert laboratorium ofte benyttet av Akvaplan-niva).

Analyseresultatene, se tabell 2.8.3 -1 under, indikerer at laboratoriene kom frem til sammenlignbare resultater, det vil si at variasjonen som fremkommer ligger innenfor det som kan forventes når analyseusikkerhet og variasjoner i prøvematerialet legges til grunn. Ved tolking av resultater fra analyser av jord og sedimenter er det imidlertid nødvendig å være oppmerksom på at ulike lag av sediment og jord noen ganger benyttes i overvåkingen. Resultatene fra interkalibreringsstudien er rapportert i Evensen og Ottesen 2009.

I februar 2009 ble det arrangert et arbeidsseminar i St. Petersburg hvor representanter fra Klif, NGU, Akvaplan-niva og Typhoon møttes for å diskutere felles bruk av data og eventuelt videre samarbeid.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Kontakten med Typhoon bør opprettholdes og norsk og russisk overvåking bør koordineres for å få en god utnyttelse av begrensede resurser på begge sider av landegrensen.

Stasjon	Prøvetaker	$\Sigma 7\text{PCB}$ -typhoon $\mu\text{g/kg ts}$	$\Sigma 7\text{PCB}$ -als $\mu\text{g/kg ts}$
Bar-1	Akvaplan-niva	126,5	72
Bar-7	"	527,3	313
Bar-9	"	282,5	190
Bar-13	"	I.A.	63
Bar-16	"	152,2	171
Soil 1	Typhoon	38,9	120
Soil 2	"	13873	16700
Soil 3	"	3,64	<Lod
Soil 4	"	91,4	65
Soil 5	"	74,6	39

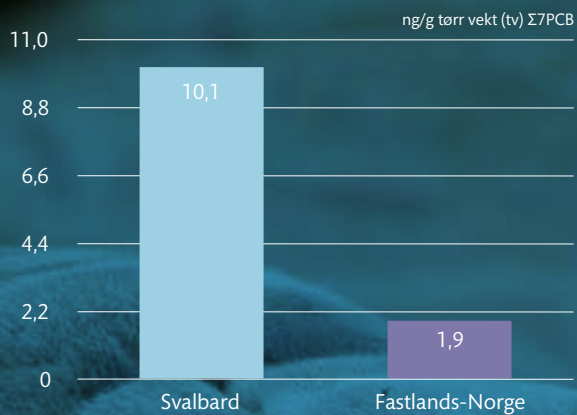
TABELL 2.8.3-1 $\Sigma 7\text{PCB}$ i jordprøver analysert av både ALS Scandinavia og Typhoon, 2008. ts = tørrstoff. Kilde Evensen og Ottesen 2009.

FOTNOTER KAPITTEL 2

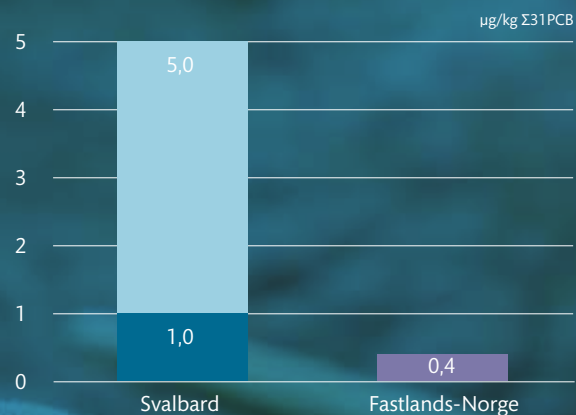
¹⁰Rapport 1/2008; PCB på Svalbard; en kunnskaps og forvaltningsstatus, april 2008.

¹¹Riksrevisjonens undersøkelse av forvaltningen av Svalbard, rapport 3:8 (2006–2007) peker på mangler i miljøovervåkingen og det tilhørende beslutningsunderlag. Arbeidet for å systematisere PCB-innsatsen på Svalbard kan sees som et eksempel på tiltak for å følge opp Riksrevisjonens merknader.

FERSKVANNSSSEDIMENT



JORD



Til tross for funn av nye typer av miljøgifter og nedbrytingsprodukter, dominerer fortsatt PCB. PCB utgjør over halvparten av den totale miljøgiftbelastningen for flere arter.

ALLEREDE I DAG GIR PCB-NIVÅENE I SVALBARDMILJØET DOKUMENTERTE SKADEVIRKNINGER HOS FLERE DYREARTER:

PCB har sammen med andre miljøgifter en negativ påvirkning på polarrev, isbjørn, spekkhogger, havhest, polarmåke, storjo og ismåke på Svalbard. Konsentrasjonen av PCB som toppredatorene nå har kan forårsake fysiologisk, immunologisk og reproduktivt stress, som igjen kan være negativt på individ- og populasjonsnivå.



3. PCB I SVALBARDMILJØET – KUNNSKAPSGRUNNLAGET

”De høye PCB-nivåene i dyr som isbjørn, polarrev, polarmåke, ismåke og storjo er urovekkende. PCB er den dominerende miljøgiften i disse artene”.

*Professor Geir W Gabrielsen. Norsk polarinstitutt, Tromsø.
Professor II marinbiologi ved Universitetssentret på Svalbard, Longyearbyen*

3.1 ATMOSFÆRISK

3.1.1 GENERELT

Transport av PCB til Svalbard er avhengig av fysikalsk-kjemisk egenskaper til de forskjellige PCB-kongenene og miljøbetingelser som vær, hydrologi og geologi etc. Forskjeller i transport, både gjennom året og regionalt på Svalbard, er funnet for enkelte PCB-kongenene i luftprøver fra Zeppelinstasjonen i Ny-Ålesund, (MOSJ, AMAP 2004a og 2009).

Det er en meget kompleks oppgave å forstå og forutsi spredning, fordeling og effekter av PCB på Svalbard, blant annet fordi det er store sesongmessige variasjoner i tilførsler via hav- og luftstrømmer og i omgivelsestemperatur. Videre har lokal topografi og meteorologiske forhold stor innvirkning på hvor mye av den langtransporterte forurensning som avsettes på bakken eller i vann.

3.1.2 BAKGRUNNSNIVÅ AV PCB I ATMOSFÆREN VED ZEPPELINSTASJONEN

Bakgrunnsnivå i atmosfæreprøver for $\Sigma 31\text{PCB}$ var 15-20 pg/m³

ved Zeppelinstasjonen i perioden 2000-2006 (Hung mfl. 2010; Kallenborn mfl. 2007).

3.1.3 ØKENDE MENGDER PCB I ATMOSFÆREN OVER SVALBARD

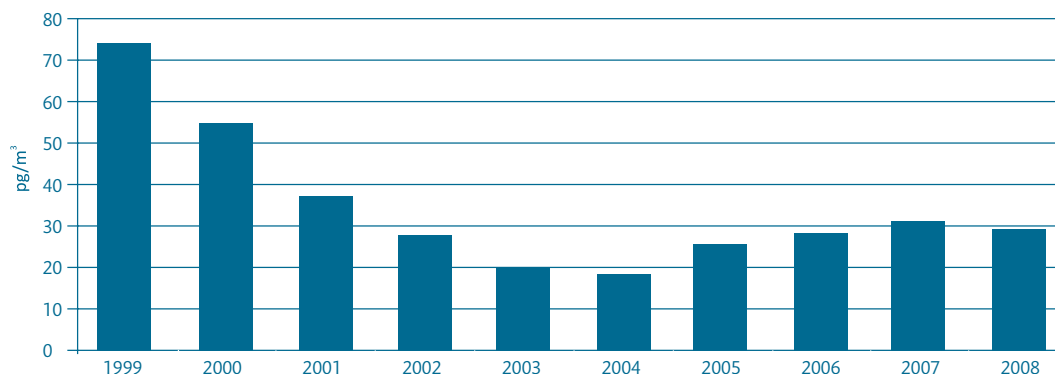
Etter en trend med nedgang er det i perioden 2004-2008 detektert en økning av PCB-kongenene i atmosfæren på Svalbard (bilde 3.1.3-1).

Flere mulige forklaringer kan knyttes til dette, blant annet endringer i klima, luft- og havstrømmer og isutbredelse. Den mest sannsynlige forklaringen er at transportveiene og transportmekanismene for miljøgifter har endret seg (Hung mfl. 2010, Ma mfl. 2011).

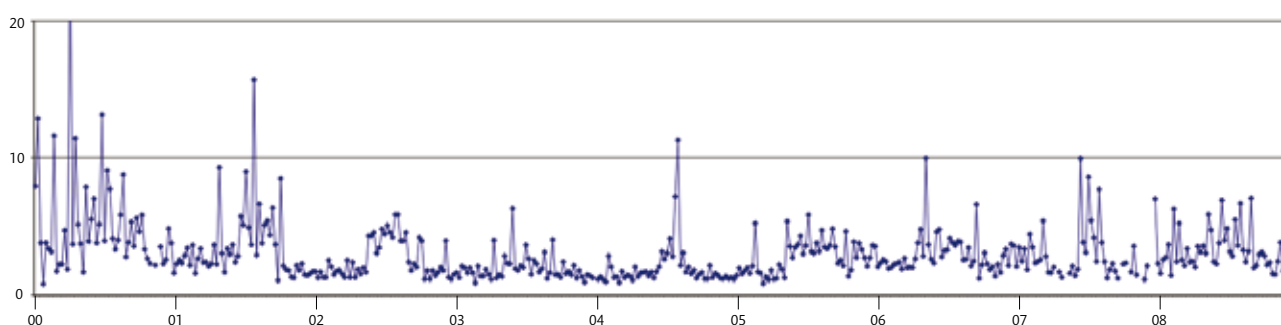
Data fra Zeppelinstasjon for PCB#28, som hovedsakelig transporteres i gassfasen, viser at antall langtransport-episoder har økt de siste årene, se bilde 3.1.3-2.

3.1.4 ÅRSTIDSAVHENGIG PCB-FORDELING

Analysen av PCB i luftprøver tatt i perioden 2000-2008 tyder på

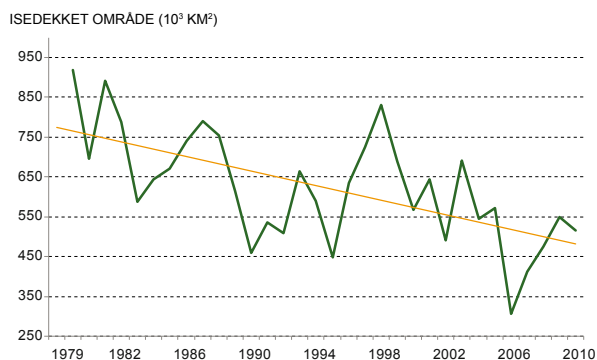


BILDE 3.1.3-1 Grafen viser gjennomsnittlig årlig konsentrasjon av PCB i luft ved Zeppelin-stasjonen. Et trendbrudd er klart synlig fra 2004. Kilde NILU.



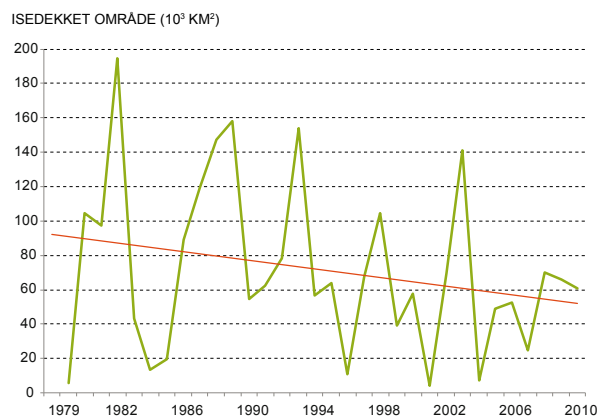
BILDE 3.1.3-2 Grafen viser resultat av ukentlige målinger av PCB#28 i luft målt ved Zeppelin-stasjonen i perioden 2000-2008. PCB#28 transporteres hovedsaklig i gassfasen og grafen viser at antallet langtransportepisoder har økt de siste årene. Kilde R. Kallenborn.

→ **Isutbredelse i Barentshavet i april fra 1979 til 2010**
terskel >15 % iskonsentrasjon



KILDE FOR SATELITDATA: National Snow and Ice Data Center, 2011 / miljostatus.no

→ **Isutbredelse i Barentshavet i september fra 1979 til 2010**
terskel >15 % iskonsentrasjon



KILDE FOR SATELITDATA: National Snow and Ice Data Center, 2011 / miljostatus.no

BILDE 3.1.4-1 Grafen viser isutbredelse for Barentshavet i perioden 1979 - 2010 mens det er maksimumsutbredelse (april) og minimumsutbredelse (september)(terskel: >15% iskonsentrasjon; data er basert på observasjoner fra passive mikrobølgesatellitter). Det er vist månedsmiddelverdier og den lineare trenden. Den mellomårige variasjonen er stor, men også trender er tydelige både ved maksimums- og minimumsutbredelse. Kilde: www.miljostatus.no/tema/hav-og-vann/havomrader/Barentshavet/indikatorer-barentshavet/indikator-isutbredelse-i-Barentshavet/7.

at det finnes en årstidsavhengig PCB-fordeling i luftmassene over Svalbard (bilde 3.1.3-2). En årsak til dette kan være økt avdampning fra havoverflaten i sommermånedene (Ma mfl. 2011). Dette kan knyttes opp mot endringer i storskala vær fenomener, for eksempel havstrømssystemer som har vist uregelmessige mønstre

de siste årene. Likevel er ikke dette alene en fullgod forklaring på de endrede konsentrasjonene i enkelte sesonger og år. Det er nylig kommet indikasjoner på at havet i seg selv kan være en kilde til miljøgifter, i form av PCB som er løst i vannet (Ma mfl. 2011). Miljøgiften slippes nå gradvis ut i atmosfæren igjen. Denne pro-

sessen styres av omveltningstiden i havet og kontakten mellom havoverflaten og atmosfæren (AMAP 2004 og 2009; Hung mfl. 2010). Denne kontakten varierer gjennom året, og fra år til år på grunn av variasjonen i havisutbredelse. Is danner et beskyttende lokk på havet, noe som motvirker avgivelse av miljøgiftene til luften (SWIPA, 2011). Men med mindre havisutbredelse, se bilde 3.1.4-1, har fordampningen og dermed avgivelsen av miljøgifter til luften økt.

En annen mulig kilde til miljøgifter er de store boreale skogene i Eurasia og Nord-Amerika. Trær kan ta opp miljøgifter, som igjen kan frigis til luft ved forbrenning av biomasse (Eckhardt mfl. 2007). Denne teorien støttes av målinger som viser økte forekomster av penta- og heksaklorert PCB i luften om sommeren, forekomster som det er mulig å knytte til skogbranner i Alaska. En slik hendelse opptrådte i månedsskiftet april-mai 2006, da sterkt forurenset luft fra forbrenning av biomasse i Øst-Europa ble transportert til Svalbard, der den forårsaket smog (tåke som er blandet med og forurenset av røyk), Eckhardt mfl. 2007. Det ble etter dette målt betydelig høyere nivåer av PCB i luften på Svalbard (Øyseth 2009; NorACIA 2009).

3.1.5 BJØRNØYA

Bakgrunnsnivå i atmosfæreprøver for $\Sigma 33\text{PCB}$ på Bjørnøya var 40-50 pg/m^3 i perioden 2000-2003. Nivåene på Bjørnøya reflekterer et signifikant bidrag fra nærområdene (avdamping fra havet, PCB bundet til partikler fra guano og lignende) sammenliknet med data fra Zeppelinstasjonen, hvor det måles hovedsakelig langtransportert PCB i luften (Kallenborn mfl. 2007). Gjennomsnittlige konsentrasjoner av $\Sigma 33\text{PCB}$ i prøver tatt på Bjørnøya (Evenset mfl. 2007) knyttet til et avgrenset nedbørsfelt representerer på årsbasis:

- Tåke gir 7,4 gram PCB
- Regn gir 11,6 gram PCB
- Snø gir 8,4 gram PCB

FORSLAG TIL TILTAK:

- Ta initiativ til samarbeid om reduksjon av utslipp av PCB med land som via luft og havstrømmer bidrar til PCB-forurensningen på Svalbard.

rensningen på Svalbard. For land som har ratifisert Stockholm-konvensjonen, kan det for eksempel vinkles som en felles aktivitet for oppfølging av konvensjon:

- Klifs samarbeid med land som Kina og Polen og andre land som er representert i NySMAC (NySMAC = Ny Ålesund Science Manager committee)
- AMAP og det bilaterale miljøvernssamarbeidet med Russland
- Samarbeid om opprydding av PCB-forurensning på Frantz Josef land

3.1.6 LUFTMÅLING I BOSETNINGENE PÅ SPITSBERGEN

3.1.6.1 Luftmålinger foretatt av Universitetssenteret på Svalbard (UNIS)

UNIS (Johansson- Karlsson, E. mfl. 2010) har gjennomført luftmålinger med aktive og passive målere i Barentsburg og Longyearbyen. Disse bosetningene ligger kun 50 km fra hverandre og det antas at tilførselen av langtransportert PCB er av samme størrelsesorden begge steder. Forskjeller i lokal topografi kan imidlertid ha stor innvirkning på lokal avsetning (Evenset mfl. 2007).

Prøvene ble analysert for kongenene PCB#18, 28, 31, 44, 52, 77, 81, 95, 99, 101, 105, 114, 118, 128, 138, 146, 149, 153, 156, 157 og 167. Målingene viser at nivåene i luft i Longyearbyen er på nivå med bakgrunnsnivåene som måles ved Zeppelinstasjonen i Ny-Ålesund. $\Sigma 7\text{PCB}$ målt i Barentsburg var høyere:

- Longyearbyen; målingene ble gjennomført i november og konsentrasjonene i prøvene varierte mellom 0,8-5,6 pg/m^3 . PCB#95 dominerte i prøvene.
- Barentsburg; målingene ble gjennomført i september-oktober. Konsentrasjonene i prøvene varierte mellom 5-34 pg/m^3 . PCB#52 og #95 dominerte i Barentsburgprøvene.

Da målingene ikke ble gjennomført samtidig begge stedene går det ikke med sikkerhet å konkludere med at det er stedlig PCB-forurensning i Barentsburg som forårsaker de forhøyede PCB-nivåene i luften. Tetra- og pentaklorert PCB dominerte i prøvene fra Barentsburg hvilket tyder på lokale kilder. Betydelig større variasjon i Barentsburg-målingene sammenliknet med Longyearbyen og Zeppelin gir også grunn til å anta lokale PCB-kilder



Utplassert passivt luftmåleutstyr i området ved Barentsburg. Foto: Halvard R. Pedersen

VÅR 2002-2004				(pg/m ³)	
BARENTSBURG BY OG OMEGN		HELIPAD OMRÅDE		NÆROMRÅDE	
VARIASJON	GJENNOMSNIITT	VARIASJON	GJENNOMSNIITT	VARIASJON	GJENNOMSNIITT
11,7-31,5	24,9	13,6-13,8	13,7	9,86-25,2	17,2

TABELL 3.2.6.2.1-1 Σ 18PCB i atmosfærisk luft, Barentsburg, vår 2002-2004. Kilde Typhoon, 2004.

SOMMER/HØST 2002-2004				(pg/m ³)	
BARENTSBURG BY OG OMEGN		HELIPAD OMRÅDE		NÆROMRÅDE	
VARIASJON	GJENNOMSNIITT	VARIASJON	GJENNOMSNIITT	VARIASJON	GJENNOMSNIITT
9,61-25,6	20,4	11,5-13,7	12,9	8,67-19,9	13,3

TABELL 3.2.6.2.1-2 Σ 18PCB i atmosfærisk luft, Barentsburg, sommer/høst 2002-2004. Kilde Typhoon, 2004

i Barentsburg som forklaring på de forhøyede måleresultatene, jf. Hung mfl. 2010.

3.1.6.2 Luftmålinger foretatt av Typhoon

3.1.6.2.1 Undesøkelser 2002-2004

Luft i Barentsburg med omegn er også prøvetatt og analysert av Typhoon, som en del av Trust Arktikugols kartlegging av miljøgifter (Typhoon, 2004). Prøvetakingssteder var ved det meteorologiske observatoriet i Barentsburg, ved Selisbukta, ved Grøndalselvas munning samt ved Stemmevatn. Prøvene omfatter støv og gassfase. Måleresultatene, målt i pg/m³ i utendørs atmosfærisk luft, er vist i tabell 3.2.6.2.1-1 og tabell 3.2.6.2.1-2.

3.1.6.2.2 Undesøkelse 2010

Målinger foretatt i 2010 (Typhoon, 2010) viser Σ 18PCB-nivåer¹² i luft på opp til 40 pg/m³ (vår, målinger i perioden 13-28, mai), med en gjennomsnittsverdi på 20 pg/m³. I sommer- og høstsesongen (målinger i perioden 26. august-9. september) var konsentrasjonen av Σ 18PCB betydelig høyere og nådde en verdi på 181 pg/m³, med en gjennomsnittsverdi på 103 pg/m³. Det høyeste innholdet ble målt for kongener PCB#105, og var 53 pg/m³.

3.1.7 LOKALE UTSLIPPSKILDER AV PCB TIL LUFT

PCB som finnes temporært i sekundære kilder, som forurenset grunn og sedimenter, vil kunne re-emitteres og omfordes til andre media som vann, luft, snø og jord. I tillegg kan PCB under gitte forutsetninger ny-dannes i forbrenningsprosesser som kullbrenning og lignende (Lee mfl. 2005; NERI Technical Report No. 786; Grochowalski mfl. 2008). Det finnes kun få norske data for utslipp av PCB fra nydannelse i industrikilder, forbrennings- og fyringsanlegg, motorisert trafikk og branner. Mulige kilder til potensiell nydannelse av PCB på Svalbard er:

- Energi-/kraftverk (Longyearbyen og Barentsburg). Verifikasjonsmåling av PCB-dannelse i Energiverket i Longyearbyen viser at det slippes ut størrelsesorden 2-3 gram Σ 7PCB/år (Bydrift Longyearbyen, 2007). PCB kan ikke detekteres i aske fra Energiverket (Sysselmanen arkiv nr. 20 09 00 971).
- Brann i skeidesteinfyllinger og steintipper. På Svalbard er det gjort enkelte luftprøvetakinger (passive og aktive) i nærheten

av brennende skeidesteinstipper i Barentsburg i 2007 (Kallenborn, NILU rapport til SMS) og i Svea 2005 (rapport til SNSK).

- Forbrenningsmotorer (Stanmore 2004) (skuter, bil, skipsfart (Cooper mfl. 1996 og 2005)).

FORSLAG TIL TILTAK:

- Identifisere årsak til PCB-utslipp og om mulig endre prosessene slik at PCB ikke dannes, alternativt vurdere behov for rensing
- Årlig overvåking av PCB i luft for å se hvordan PCB-konsentrasjonen forandres etter opprydding av PCB-holdig avfall. Kan eventuelt integreres som en del i UNIS kurs "Techniques for the detection of organo-chemical pollutants in the Arctic Environment"

3.2 PÅ LAND (TERESTRISK MILJØ)

3.2.1 BAKGRUNNSFORURENSNING

Tabell 3.2.1.1-1 oppsummerer kjente undersøkelser av bakgrunnsforurensning av PCB i jord på Svalbard. Bakgrunnsprøver av jord på Svalbard har typisk nivåer av Σ 7PCB på 1-5 µg/kg.

Ved atmosfærisk langtransport av forbindelser er det en oppfatning at nedfallet skjer tilnærmet uniformt over store arealer. En undersøkelse rundt Forlandssundet viser at nivåene mellom fire lokaliteter innenfor en radius på 15 km (bilde 3.2.1.1-1) varierer (Eggen mfl. 2010a). Mulige forklaringer på forskjellene kan være ulikheter i jordsmonn (for eksempel organisk innhold og partikkelstørrelse) og/eller ulike nedbørsmønstre mellom lokalitetene. Lokale forskjeller i avsetning av PCB er dokumentert på Bjørnøya (Evenset mfl. 2007). Lignende lokale variasjoner ble også observert etter Tsjernobylulykken i 1986, der nivåene av det langtransporterte radioaktive nedfallet varierte kraftig over relativt korte avstander (Lindahl og Håbrekke, 1986).

Bilde 3.2.1.1-2 viser en sammenstilling fra tre undersøkelser av bakgrunnsforurensning av PCB i jord på Svalbard. Igjen vises en stor spredning i konsentrasjonene for alle kongener (bilde 3.2.1.1-2A), men de tre undersøkelsene viser nogenlunde samme trend. Forskjellen mellom undersøkelsene vil være en kombinasjon av variasjonen i analyser og oppslutning, og variasjonen ute i felt.

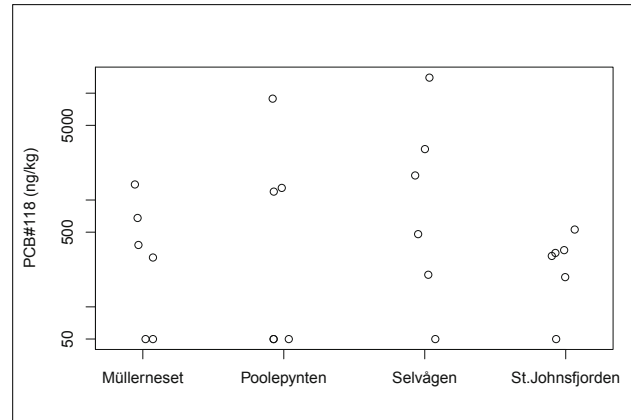
NGU har i samarbeid med prof. Keri Hornbuckle ved Iowa State Universitet analysert 23 bakgrunnsprøver av jord fra Svalbard

for alle 209 kongenerne. Over 80 PCB-kongener er påvist (jf. bilde 3.2.1.1-3). Medianverdi er 7,11 µg/kg Σ 209PCB. Kongenerne som inngår i Σ 7PCB forekommer ofte med realtivt høye konsentrasjoner sammenlignet med kongenerne i samme kloreingsgrad, men det er kongenerne PCB#78 og PCB#79 som har de aller høyeste medianveridene (NGU, ikke publiserte data). En grundig tolking av resultatene gjenstår å utføre.

3.2.1.1.1 Bakgrunnsforurensning per km² og kilde

En grov beregning, basert på data på bakgrunnsnivåer, gir et estimat på PCB-forurensning på Svalbard på 0,4 kg/km² Σ 7PCB.

Basert på NGUs undersøkelser og studier av arktiske havområder (Carrizo og Gustafsson, 2011) påpekes likheter i kongenerfordelingen mellom havområdene rundt Svalbard og overflatejorda på Svalbard (bilde 3.2.1.1-2B) De andre arktiske havområdene har en annen type signatur. Dette kan indikere at PCB på Svalbard og i havområdene rundt Svalbard har samme kilde.



BILDE 3.2.1.1-1 Bakgrunnsnivå fra fire lokaliteter rundt Forlandssundet varierer selv med kort avstand. Kilde Eggen mfl. 2010a.

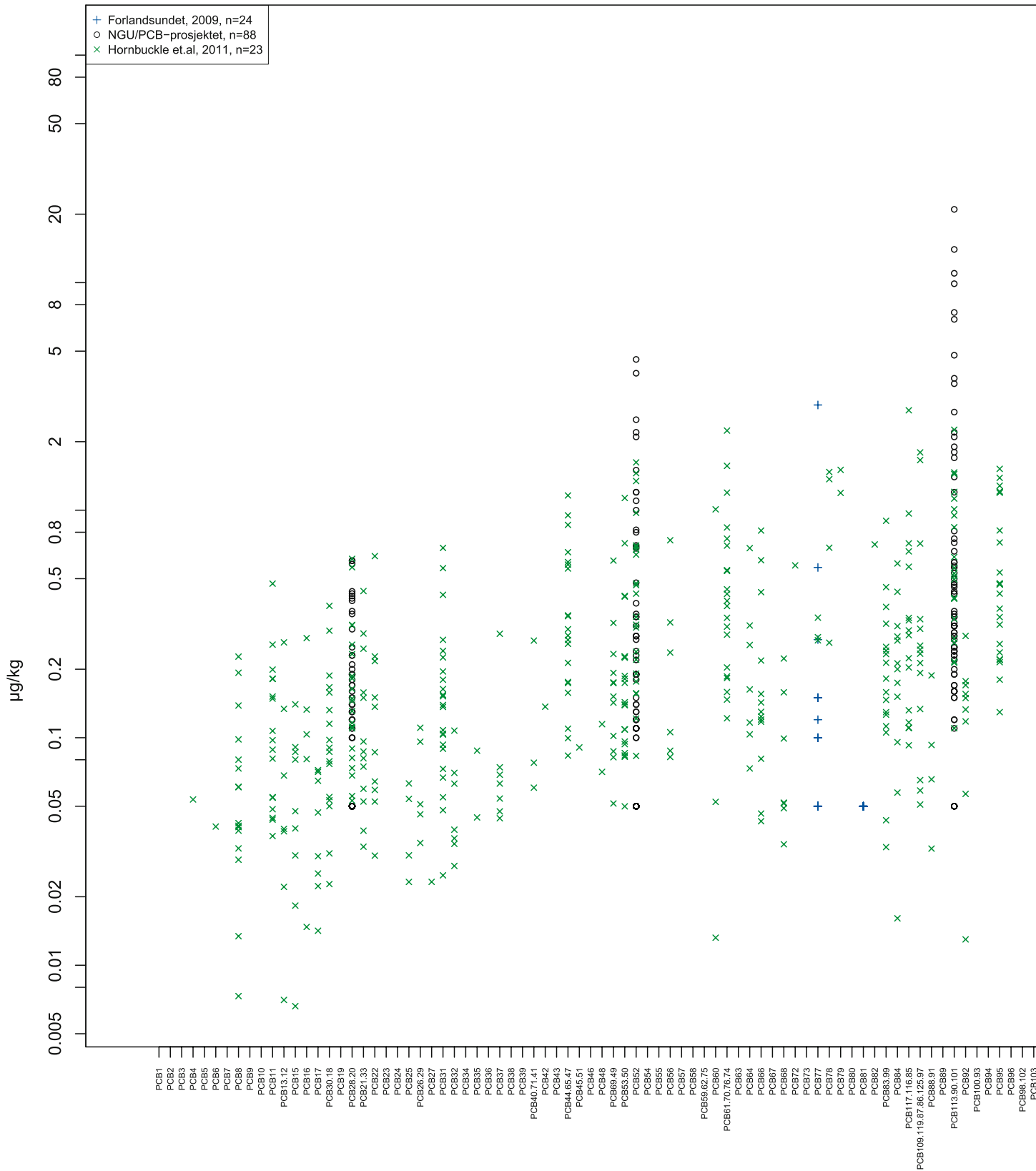
	BESKRIVELSE	MEDIAN KONSENTRASJON (µg/kg)
Schlabach og Steinnes, 1999	9 lokaliteter (n=9), 24 kongener	1,01 Σ 24PCB (0,43 Σ 7PCB)*
Breedveld, 2000	1 lok; Platåfjellet, delprøve av 7 enkeltprøver	< 0,4 Σ 7PCB
Harris, 2008	Kinnvika, 4 bakgrunnsprøver	< 1 Σ 7PCB
Eggen m.fl., 2009	4 lok. rundt Forlandssundet (n=24), 12 kongener	1,07 Σ 12PCB*
NGU/PCB-prosjektet, upubl.	24 lokaliteter (n=83), 7 kongener	1,96 Σ 7PCB*
PCB-prosjektet/Iowa State Univ.	23 lokaliteter (n=23), 209 kongener	7,11 Σ 209PCB

* For beregning av median er prøver under deteksjonsgrensen gitt halve deteksjonsgrenseverdien

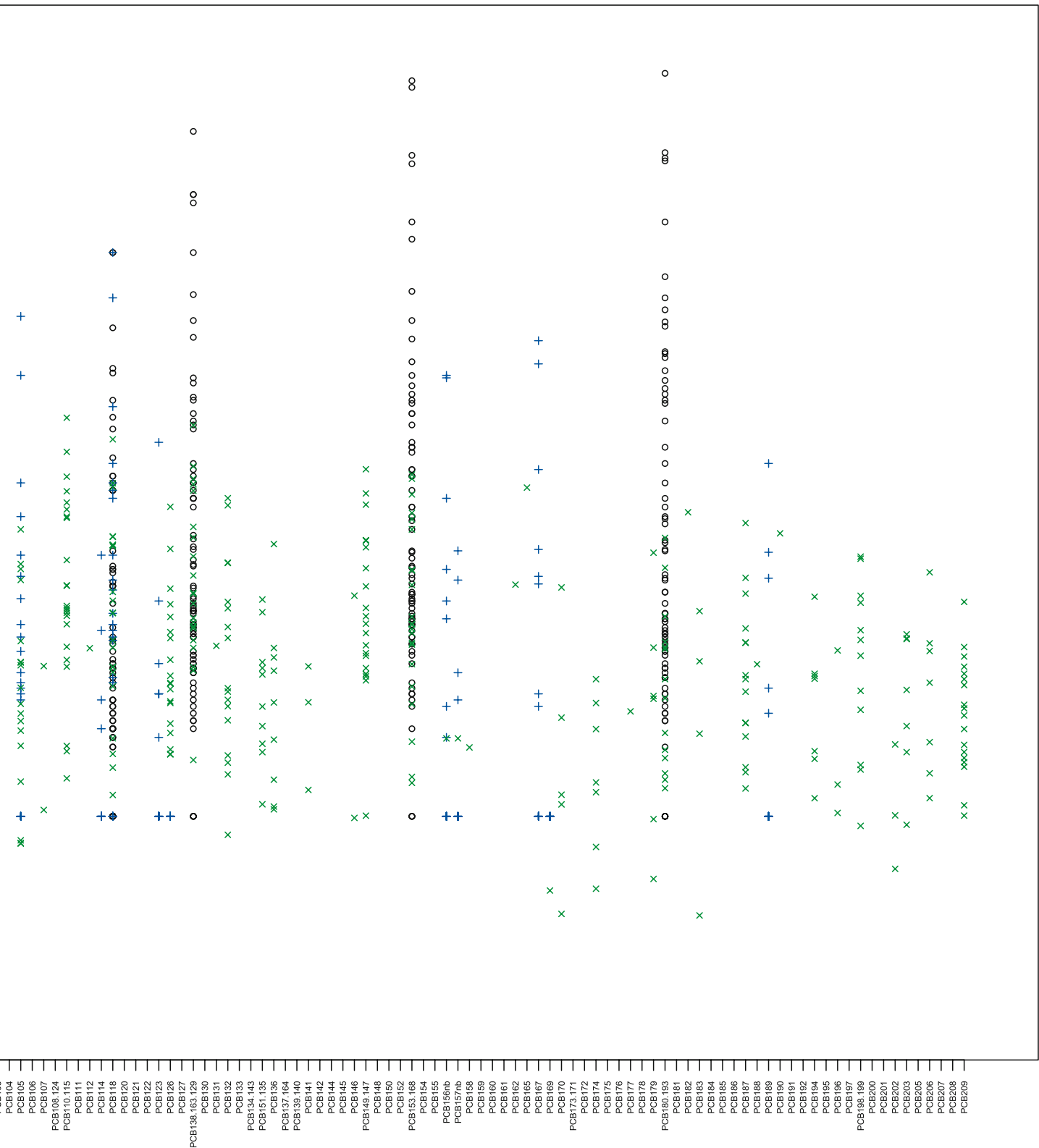
TABELL 3.2.1.1-1 Undersøkelser av bakgrunnsforurensning av PCB i jord på Svalbard.

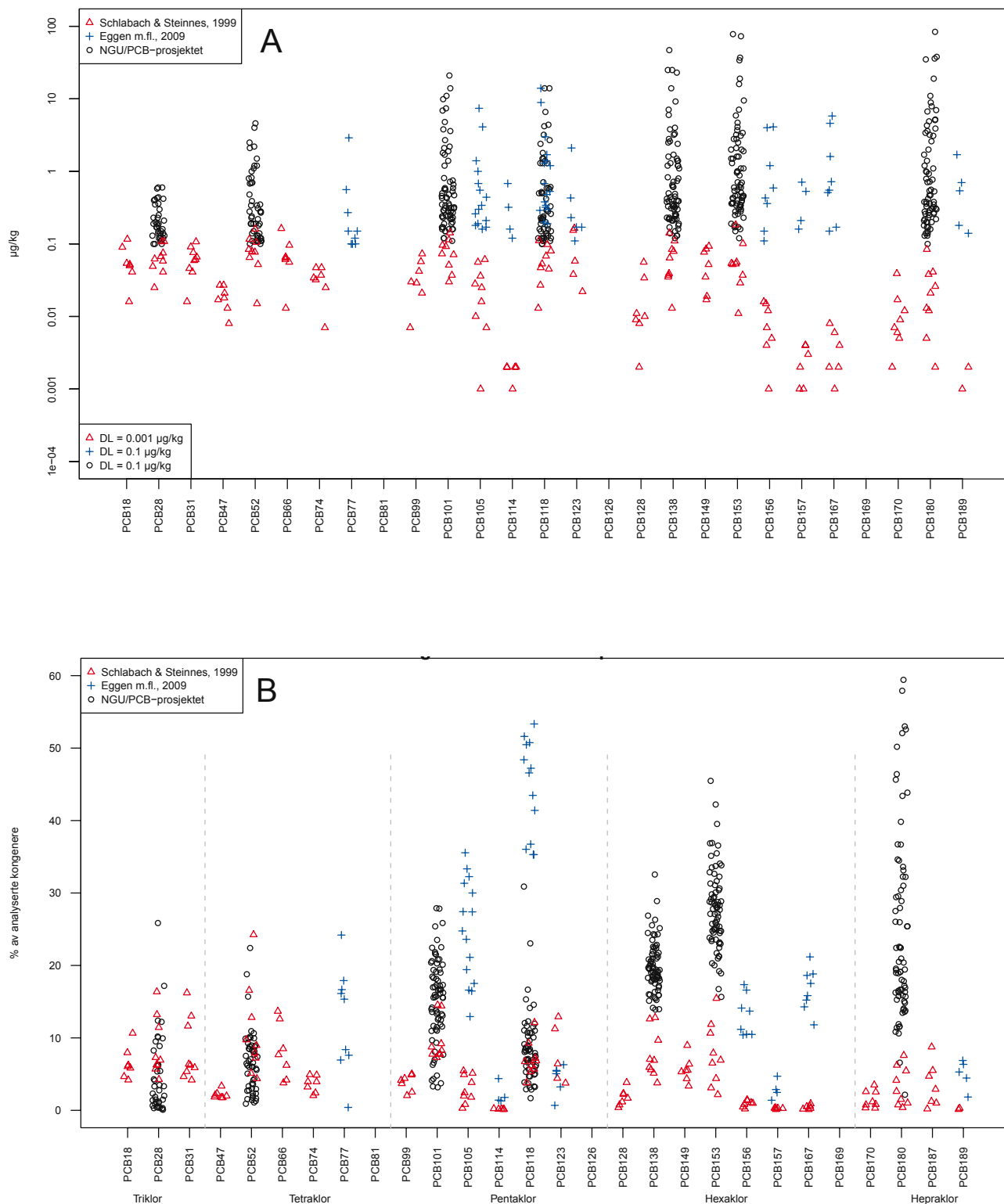


Taabanestasjonen og pipen til Energiverket i Longyearbyen. Det er målt utslipp av nydannet PCB fra kullbrenningen i Energiverket. Foto: Halvard R. Pedersen.



BILDE 3.2.1.1-3 Grafen viser resultatene fra analyse av alle 209 PCB-kongenerne i 23 bakgrunnsprøver av jord fra Svalbard. Over 80 PCB-kongener er påvist. Kilde: NGU.





BILDE 3.2.1.1-2 Grafene viser den store spredningen i konsentrasjoner for alle kongenere i bakgrunnsforurensning av PCB i jord på Svalbard. Prøver under deteksjonsgrensen er ikke tatt med. Kilde NGU.

3.2.2 OVERFLATEJORD I BOSETNINGER, DEPONIER OG FORURENSET GRUNN

3.2.2.1 Overflatejord

3.2.2.1.1 Undersøkelser foretatt av NGU

I feltsesongene 2007-2009 ble PCB i jord undersøkt i samtlige bosetninger på Spitsbergen (Jartun mfl. 2007; Eggen mfl. 2008; Eggen og Ottesen 2008; Jartun mfl. 2009; Jartun mfl. 2010). Til sammen er 12 ulike lokaliteter undersøkt og 369 prøver av overflatejord er analysert for $\Sigma 7\text{PCB}$. Resultatene er oppsummert i tabell 3.2.2.1.1-1. I tabellen er det angitt antall prøver innenfor hver kategori, aritmetisk gjennomsnittskonsentrasjon, medianverdi og konsentrasjonsspredning (min-maks). I tillegg er det inkludert en kategori hvor forholdet mellom medianverdien i hver enkelt bosetning og hele datasettet samlet er bestemt. Dette gir en indikasjon på forurensningsgraden i den enkelte bosetning. For resultater under deteksjonsgrensen, er det i statistikken benyttet halve deteksjonsgrenseverdien. Omfanget av PCB-forurenset jord er størst i Barentsburg og Pyramiden. Kilder til PCB i overflatejorda kan være for eksempel avflasset maling, forurensning fra elektrisk avfall, lekkasjer og tidligere søl av PCB-olje.

3.2.2.1.3 Undersøkelser foretatt av Akvaplan-niva

Akvaplan-niva tok jordprøver i Barentsburg i forbindelse med et

prosjekt finansiert av Svalbard Miljøvernfond (Evenset og Christensen 2009). Prøvene ble analysert for 59 PCB-kongenere, inklusive dioksinlignende kongenere. Dioksinlignende PCB utgjorde fra 9 – 34 % av $\Sigma 59\text{PCB}$ i jordprøvene. Jordprøvenes dioksintoksisitet basert på dioksinlignende PCB er høyere enn det som er målt tidligere for dioksiner/furaner i jord fra norske eller andre europeiske byer (Andersson mfl. 2006).

3.2.2.1.4 Undersøkelser foretatt av Typhoon

Typhoon har i perioden 2003-2009 foretatt målinger av overflatejord i barmarksperioden i Barentsburg og nærområdene (Typhoon 2009). Innholdet av $\Sigma 7\text{PCB}$ i faste målepunkter, se bilde 3.2.2.1.4-1, knyttet til tettstedet og helikopterstasjonen/Kap Heer (stasjon 2, 7, 16, 18) og nærområdene (stasjon 3, 6, 8, 20) varierer til dels kraftig.

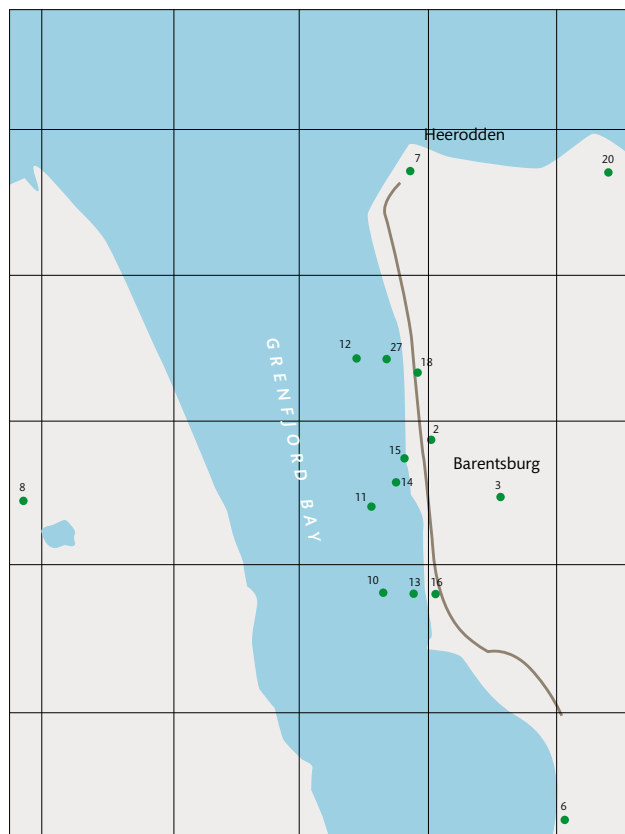
Typhoon forklarer variasjonen med avstand fra mulige lokale forurensningskilder (stasjon 16 ved gammel avfallsplass og stasjon 2 ved helikopterstasjonen). De forholdsvis høye verdiene målt i 2007 antar Typhoon har sammenheng med en langvarig skeidestensbrann i området. De forhøyede verdiene kan sees også i prøvene fra nærområdene og antas også forklare de noe forhøyede PCB-nivåene i 2008-2009.

I tilsvarende undersøkelser i 2010 (Typhoon 2010) ble de

Sted	Antall prøver N	Aritm. snitt $\Sigma 7\text{PCB}$ (mg/kg)	Median $\Sigma 7\text{PCB}$ (mg/kg)	Min – maks $\Sigma 7\text{PCB}$ (mg/kg)	Median _{bosetn} /Median _{total}
Totalt	369	0,677	0,046	<0,004-28,7	-
Barentsburg*	127	0,992	0,217	<0,02 - 28,7	4,7
Bjørnøya	9	0,026	<0,02	<0,02 - 0,121	0,21
Colesbukta	13	0,365	0,025	<0,02 - 1,89	0,54
Fuglehuken fyr	1	0,039	0,039	0,039	0,85
Grumant	5	<0,02	<0,02	<0,02	0,21
Hopen	1	<0,02	<0,02	<0,02	0,21
Hornsund	1	<0,02	<0,02	<0,02	0,21
Isfjord radio	16	<0,02	<0,02	<0,02	0,21
Longyearbyen*	79	0,011	<0,02	<0,004 - 0,130	0,21
Ny-Ålesund*	20	0,011	<0,02	<0,004 - 0,042	0,21
Pyramiden*	83	1,40	0,290	<0,004 - 18,4	6,3
Svea	14	<0,02	<0,02	<0,02	0,21

*Lavere deteksjonsgrense i 2007 (<0,004 mg/kg)

TABELL 3.2.2.1.1-1 Oversikt over konsentrasjonen av $\Sigma 7\text{PCB}$ (mg/kg) i overflatejord fra bosetningene på Svalbard. Kilde NGU.



BILDE 3.2.2.1.4-1 Plassering av Typhoons faste målestasjoner.
Kilde Typhoon

høyeste konsentrasjonene av PCB konstatert i prøver fra området ved helikopterplassen, og $\Sigma 15\text{PCB}$ ¹³ utgjorde 328 ng/g. Høye verdier ble likeledes funnet i jord i bosetningen, ved Det hydro-meteorologiske observatoriet, 172 ng/g $\Sigma 15\text{PCB}$, i bekkeskråningen ved konsulatet, 198 ng/g $\Sigma 15\text{PCB}$, og ved søppelplassen for husholdningsavfall, 178 ng/g $\Sigma 15\text{PCB}$. Innenfor de undersøkte områdene ble alle 15 kongenere detektert. Maksimale konsentrasjoner var for PCB#28 – 0,94 ng/g, PCB#31 – 4,51 ng/g, PCB#52 – 13,8 ng/g, PCB#99 – 30,0 ng/g, PCB#101 – 39,5 ng/g, PCB#105 – 47,0 ng/g, PCB#118 – 81,2 ng/g, PCB#128 – 15,7 ng/g, PCB#138 – 48,6 ng/g, PCB#153 – 28,7 ng/g, PCB#156 – 10,4 ng/g, PCB#170 – 4,32 ng/g, PCB#180 – 4,25 ng/g, PCB# 183 – 1,17 ng/g, PCB#187 – 1,28 ng/g. $\Sigma 15\text{PCB}$ lå i intervallet 0,05 – 328 ng/g, med et gjennomsnitt på 49,9 ng/g tv.

3.2.2.1.5 Beregnet mengde forurensning i bosetningene

Basert på jordprøver tatt av NGU i Pyramiden, Barentsburg og Longyearbyen har NGU gjort en grov beregning på hvor mye PCB det er i overflatejorden i bosetningene (Jartun mfl. 2010), se bilde 3.2.2.1.5-1.

3.2.2.2 Deponier og annen forurensset grunn

Grunnforurensning, inklusive PCB-forurensning, er kartlagt og dokumentert (Kovacs 1996; Danielsberg 1998, og Eggen mfl. 2010b). En oppsummering av nyere forurensningsundersøkelser av jord og sediment er gjort i Evenset 2010.

Lokalitetene befinner seg i Longyearbyen, Ny-Ålesund, Isfjord radio, Barentsburg og Pyramiden. I perioden 1999 – 2003 gjen-



BILDE 3.2.2.1.5-1 Mengde PCB i forurensset grunn i bosetningene og bakgrunnsnivå i villmark. Kilde Jartun mfl. 2010. Foto: Halvard R. Pedersen.

	KLIFS LOK.NR.	ANTALL PRØVER	MEDIAN (mg/kg)	GJ.SNITT (mg/kg)	MAKS (mg/kg)
Longyearbyen, gruve 3	2110022	2	< DL	< DL	< DL
Longyearbyen, gruve 3, tipp 3	2110024	5	0,0003	0,0009	0,0025
Longyearbyen, gruve 7	2110031	7	< DL	< DL	< DL
Longyearbyen, gammel fylling	2110032	3	< DL	< DL	< DL
Longyearbyen, ny fylling	2110033	2	< DL	< DL	< DL
Pyramiden, deponi ved elvedelta	2110060	9	0,0172	0,1112	0,5500
Isfjord radio, tipp ved sjøskrent	2110069	5	< DL	< DL	< DL
Barentsburg, gruvetipp sør for byen	2110071	1	0,0650	0,0650	0,0650
Barentsburg, gruvetipp ved flyplassen	2110079	3	0,0023	0,0025	0,0034

TABELL 3.2.2.2-1 PCB i undersøkte deponier og fyllinger. Kilde Eggen mfl. 2010b.

nomførte Norges Geotekniske Institutt (NGI) en rekke kartlegginger av miljøtilstanden ved skeidesteinstipper, drivstofflager og fyllinger på Svalbard (Breedveld mfl. 1999 a, b, c; Breedveld & Skedsmo 2000 a, b og c; Breedveld 2000; Børresen og Sørli 2002; Børresen 2003). Undersøkelsene omfattet lokaliteter i Longyearbyen, Ny-Ålesund, Svea, Colesbukta, Pyramiden og Barentsburg. Resultatene fra undersøkelsene viste at sur avrenning var hovedproblemet i områder med avfall fra gruvevirksomhet. Undersøkelsene påviste PCB i lokalitetene:

- **Ny-Ålesund:** lokalitet 6003 (Thiisbukta), 6013 (sjakt 6) og 6014 (sjakt 7) der små mengder PCB dreneres til Tvillingvatn). En senere undersøkelse fant ikke PCB i Thiisbukta.
- **Sveagruva:** 0003 avsluttet fylling Svea.
- **Barentsburg:** 0080 Kapp Heer, 0066 lektere i Colesbukta, og lave PCB-nivåer ved lokalitet 0075 drivstofftanker og 0079 fylling etter gruver mellom Kapp Heer og bygrensen.

NGU har undersøkt ni deponier og fyllinger på Svalbard for PCB (Eggen mfl. 2010b). Det ble påvist Σ 7PCB i fire av disse, se tabell 3.2.2.2-1. I de tilfellene PCB er påvist, er nivåene lave. Alle deponier ligger i dagen og er eksponerte for vær og vind. Ved Pyramiden er det gjort tiltak for å hindre utlekking.

3.2.2.2.1 Kinnvika

I Kinnvika på Nordaustlandet ble en forskningsstasjon etablert i 1957-58. I 2008 gjennomførte en student fra Universitet i Tasmania, i samarbeid med forskere fra UNIS en undersøkelse av forurensningen rundt forskningsstasjonen (Harris 2008). Analysene av jordprøvene viste høye konsentrasjoner av PCB i noen av prøvepunktene.

Svalbards miljøvernfond bevilget i 2011 finansiering til undersøkelser av eventuell spredning av PCB til sedimenter i nærområdet. Feltarbeid i 2011, som er rapportert av Akvaplan-niva, viser lave forurensningsnivåer. Resultatene tilsier at det ikke er behov for ytterligere risikovurderinger eller tiltak i området (Evensen og Christensen 2012a og b).

3.2.2.3 Registrering av forurenset grunn og deponier

Forurenset grunn og deponier er til dels registrert i Klifs database Grunnforurensning. På bakgrunn av datamaterialet fra PCB-prosjektet er det utarbeidet digitale kart over arealer med forurenset grunn i Barentsburg og Pyramiden.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Oppdatering av grunnforurensningsdatabasen med alle undersøkelser/lokaliteter hvor det er dokumentert forurenset grunn.

3.2.3 FLUVIALE SEDIMENTER - MASSETRANSPORT I FERSKVANN OG ELVER

3.2.3.1 Utvasking av materiale fra land til sjø

Erosjonsprosesser og transport av sedimenter i høyarktiske elver er svært forskjellig fra prosessene på fastlands-Norge. Den sparsomme vegetasjonen og permafrosten påvirker avrenningsforholdene og erosjonsprosessene i skråninger.

Det er stor variasjon i sedimentproduksjonen i elvene på Svalbard, både mellom elver og fra år til år i de individuelle elver (Elverhøi mfl. 1983; Kostrewski mfl. 1989; Svendsen mfl. 1989; Krawczyk og Opolka-Gadek 1994; Barsch mfl. 1994; Hodson og Ferguson 1999). Ved kraftig nedbør, skylles forvitret materiale ned langs fjellsidene rundt breene og tilføres elvene.

Det er nedbørsflommer eller flomepisoder knyttet til ismelting og regn som vanligvis fører til kortvarige og høyt sedimentinnhold i elvevannet, typiske mellom 2 500 – 5 500 mg/l. Konsentrasjonene overstiger sjelden 500 mg/l under vanlig snøsmelting.

60 % av Svalbard er dekket av breer. Det er breer i de fleste nedbørsfeltene og sedimentbudsjettene er bestemt av bre-erosjon. NVE har gjort beregninger av hvor mye masse/sedimenter som elvene og breene på Svalbard fører med seg ut i havet. For nedbørsfelt uten isbreer (basert på Londonelva) utgjør dette 82,5 tonn/km²/år, mens det i breområder (basert på Brøggerbreene) kan være så mye som 586 tonn/km²/år. Til sammen kan denne massetransporten på Svalbard da være i størrelsesorden 16 millioner tonn i året (Hasholt mfl. 2006).

ELEMENT	ENHET	BOSETNINGER			BAKGRUNN		
		MIN	MEDIAN	MAKS	MIN	MEDIAN	MAX
PCB ¹	mg/kg	<0,004	0,046	28,7	<0,0001	0,0018	0,03
Arsen (As)	mg/kg	<2	4,8	68	<1	6,8	108
Barium (Ba)	mg/kg	16	292	5260	9,4	107	860
Cerium (Ce)	mg/kg	<1	32,5	82,5	5	36	325
Krom (Cr)	mg/kg	0,8	41,5	2340	4,1	22	174
Kobber (Cu)	mg/kg	0,8	32,5	37900	0,92	20	163
Lanthanum (La)	mg/kg	3,4	17,5	41,8	3,1	18	189
Nikkel (Ni)	mg/kg	0,8	26,6	1460	5	28	158
Bly (Pb)	mg/kg	1,6	27,2	13600	<1	12	85
Sink (Zn)	mg/kg	11,5	153	14400	11	68	169

¹ Antall prøver hvor PCB er bestemt: jordprøver i tettsteder (n=378) og bakgrunn (n=83)

TABELL 3.2.3.2-1 Oversikt over innholdet av PCB, arsen og metaller i 378 jordprøver fra nåværende og forlatte bosetninger på Spitsbergen sammenliknet med naturlig bakgrunn i 650 prøver av flomsedimenter fra Spitsbergen. Kilde Ottesen mfl. 2010.

3.2.3.2 Årlig fluks av PCB fra land til det marine miljø

NVE har gjort beregninger av massetransporten i enkelte elver/bekker i Barentsburg og Pyramiden. Det er estimert at disse kan føre med seg ca. 100 tonn masse ut i fjorden hvert år. Det aller meste av dette føres ut under vårfloppen og andre flomtopper om sommeren (Benjaminsen 2009).

NGU har analysert PCB-innholdet i jord fra bakgrunnsområder og fra tettsteder, se tabell 3.2.3.2-1. Årlig total fluks av PCB til marine områder er beregnet til 2,8 kg Σ 7PCB, 44,8 kg kvikksølv (Hg) og 19,8 kg bly (Pb) (basert på tallene fra NGU og NVE ovenfor).

Funn av høyt PCB-innhold i prøvene på land i Pyramiden (se kapittel 3.3.3.3.4) og verifikasjonen at det skjer transport av PCB-forurensset jord fra land kan tyde på at dette er mulige kilder til det økte PCB-innholdet som ble målt i sedimentene utenfor Pyramiden i 2005.

3.2.4 SNØ OG IS

3.2.4.1 Svalbard

Snødekke og breene på Svalbad minsker stadig og undersøkelser konkluderer med at betraktlige mengder PCB og andre POPer finnes deponert i is- og snømassene (Hermanson mfl. 2005). Disse stoffene frigjøres når is og snø smelter, og vil kunne komme inn i næringskjedene (Jenssen 2007).

3.2.4.1.1 Snø fra Ny-Ålesund

Kallenborn mfl. 2010 rapporterer Σ 31PCB -nivåer for overflatesnø og snøkjerner tatt ved Zeppelin-stasjonen;

- 2 pg/l i overflatesnø (0-40 cm)
- 2 - 88 pg/l i snøkjerner tatt fra 40-80 cm dybde

Konsentrasjonen korrelerte med snøtemperatur i overflaten. De høyeste verdiene ble registrert ved høy luftfuktighet, lav solstråling og i forbindelse med nedbør. I perioder med sterk sol minsket konsentrasjonen, hvilket indikerer at stoffene kan ha blitt remobilisert.

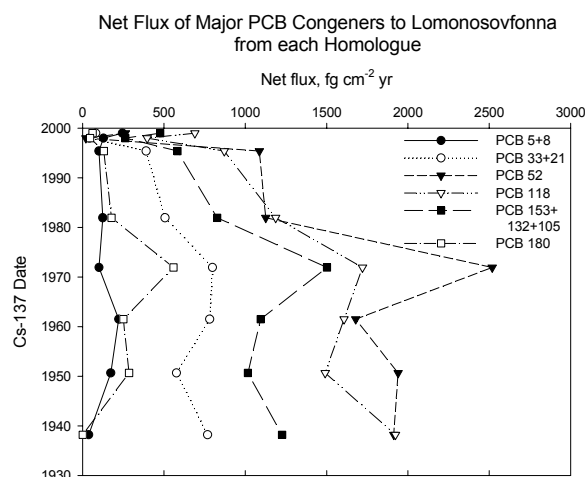
Analyse av vårsnø tatt 2001 i Ny-Ålesund viste et PCB-innhold på 742 pg/l. Studien støtter observasjoner om at PCB-

kongenere med lav molekylvekt kan holde seg i gassfase under klimaforhold som råder på Svalbard (Hermanson mfl. 2005).

3.2.4.1.2 Is fra breer

Norsk Polarinstittutt tar prøver fra vintersnø og is fra flere breer (Lomonosovfonna, Holtedahlfonna, Austfonna, Linnebreen) og har gjort dette over flere år for analyse av PCB og organiske plantevernmidler. Is fra iskjerner fra Lomonosovfonna (tatt 2000) er blitt analysert og en tidsserie for PCB etablert (Hermanson mfl. 2005), se bilde 3.2.4.1.2-1. Maks PCB-konsentrasjon (> 100 kongenere) var 748 pg/l.

Analysen viser en klar nedgang i tilførselen av PCB via luftstrømmer etter 1970. Sammensetningen av kongenere viser liten endring hvilket tyder på en effektiv atmosfærisk destillasjonsprosess over Svalbard.



BILDE 3.2.4.1.2-1 Grafen viser tilførsel av PCB etter 1930 slik den kan detekteres i målinger i is fra Lomonosovfonna. Målingene dokumenterer en klar nedgang i tilførselen av PCB via luftstrømmer etter 1970. Kilde Norsk Polarinstittutt.

Svalbards miljøvernfond har våren 2011 tildelt UNIS midler til analyse av PCB i is fra Lomonosovfonna.

3.2.4.1.3 Snøprøver fra Barentsburg

Typhoon har undersøkt $\Sigma 15\text{PCB}^{14}$ i snø, i og rundt Barentsburg (Typhoon 2010). Samtlige 15 kongener kunne detekteres. De maksimale konsentrasjonene av enkeltkongener var for PCB#118 – 29,1 ng/l smeltevann; for PCB# 138 – 19,0 ng/l; for PCB#105 – 12,9 ng/l. Samlet gjennomsnittsinhold av $\Sigma 15\text{PCB}$ utgjorde 9,15 ng/l, mens maksimalkonsentrasjonen lå på 105 ng/l smeltevann, og den ble målt i snøprøver tatt fra området ved helikopterlassen.

3.2.4.2 Bjørnøya

Evenset mfl. 2007 har undersøkt tilførsel av PCB med nedbør til Bjørnøya, og blant annet samlet inn og analysert snøprøver. I det aktuelle nedslagsfeltet (6,1 km²) kom det 8,4 gram PCB per år med snøen.

3.2.5 VANN

Det er ikke kjent om det er foretatt norske målinger på ferskvann fra Spitsbergen. Typhoon har analysert ferskvann i området rundt Barentsburg. Analysene baseres på prøver med 2-3 liter vann. Dette tilsier at det kan være stor usikkerhet i analyseneresultat.

3.2.5.1 Barentsburg

3.2.5.1.1 Elve- og innsjøvann

Typhoon har siden 2002 tatt regelmessige prøver av vann fra Stemmevatn som er drikkevannskilden til Barentsburg og Grøndalselva. Innsjøen ligger på vestsiden av Grønffjorden, mens Grøndalselva ligger på østsiden av fjorden, litt sør for bebyggelsen i Barentsburg. Basert på vannprøver (størrelseorden noen liter) viser analyseresultatene relativt store variasjoner i PCB-konsentrasjoner mellom de ulike år. Konsentrasjonene i ellevann fra Grøndalselva er generelt noe høyere (1.5-3.6 ganger) enn konsentrasjonen i innsjøen. Årsaken til variasjonene mellom år er ikke kjent, men Typhoon indikerer at brann i noen skeidesteinfyllinger i 2006 – 2007 kan være årsak til at nivåene er høyere i 2007 enn i de andre årene.

I tilsvarende målinger foretatt 2010 (Typhoon 2010) ble det analysert for $\Sigma 15\text{PCB}^{15}$, og det ble detektert innhold av kongenerne PCB#28, 31, 52, 101, 99, 118, 153, 105 og 138 i ellevannet. I innsjøvannet ble det detektert PCB #99 og 118 (våren¹⁶), om sommer/høst¹⁷ ble det detektert PCB#28, 31, 52, 101, 99, 118, 153, 105 og 138.

Gjennomsnittskonsentrasjonen i ellevann var $\Sigma 15\text{PCB}$ – 0,98 ng/l. I overflatevann i Stemmevatn utgjorde gjennomsnittskonsentrasjonen i vårperioden 0,16 ng/l $\Sigma 15\text{PCB}$. I sommer- og høstperioden var den 1,79 ng/l.

3.2.5.1.2 Grunnvann

Typhoon har tatt 10 prøver av "grunnvann" sommer- og høstperioden 2010 (Typhoon 2010). Av 15¹⁸ kontrollerte kongener var det kun PCB#187 som ikke kunne detekteres. PCB#52, 99, 101, 105, 118, 138 og 153 ble detektert i 90-100 % av de analyserte prøvene. De høyeste detekterte konsentrasjonene var PCB#105 – 1,02 ng/l, PCB#101 – 0,87 ng/l, PCB#118 – 0,63 ng/l, PCB#128 – 0,60 ng/l. $\Sigma 15\text{PCB}$ lå innenfor intervallet 0,82 – 5,71 ng/l, med en middelværdi på 2,22 ng/l. Den høyeste konsentrasjonen av $\Sigma 15\text{PCB}$ ble funnet i prøver fra området som ligger i bekkeskråningen nær konsulatet.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Målinger av PCB i ferskvann

3.2.5.2 Bjørnøya

Evenset mfl. 2007 har analysert vannprøver fra Ellasjøen og Øyangen på Bjørnøya for PCB, se bilde 3.2.5.2-1. Konsentrasjonen var høyest i Ellasjøen: 129 pg/l $\Sigma 11\text{PCB}$ mot 23 pg/l i Øyangen. Ellasjøen får tilførsel av PCB blant annet via guano fra sjøfugl (Evenset mfl. 2007a).

3.2.6 FERSKVANNS/LAKUSTRINE SEDIMENTER

3.2.6.1 Norske målinger

Alle innsjøsedimenter på Svalbard som er undersøkte; Kongressvatn, Linnévatn, Barentsvatn, Arresjøen, Åsøvatn og Richardvatn og dessuten Ellasjøen og Øyangen på Bjørnøya, inneholder PCB (Christensen mfl. 2008). Undersøkelsen viste at innholdet av persistente organiske miljøgifter i sediment er relativt høyt og betydelig høyere enn det som er funnet i andre områder av Arktis og i Nord Norge. Gjennomsnittskonsentrasjonen av $\Sigma 7\text{PCB}$ i sedimenter fra innsjøene på Svalbard (n=5) var 10,1 ng/g tv, mens gjennomsnittet for fastlandet (n=49) var om lag 1,9 ng/g tv.

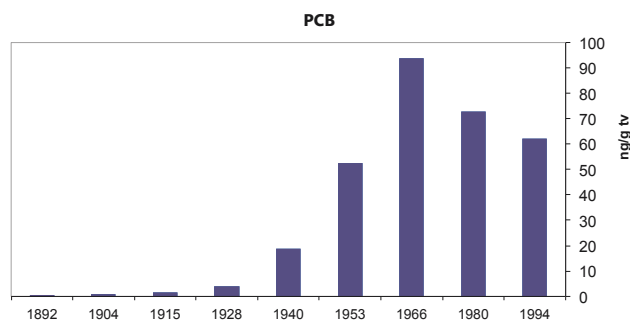
Høyeste nivå ble funnet i Ellasjøen på Bjørnøya (24.25 ng/g tv $\Sigma 7\text{PCB}$). Ellasjøen er konstatert påvirket av PCB tilført via fugelguano (Evenset mfl. 2004, 2005, 2006, 2007 a og b), se også kapittel 3.2.5.2. Kongressvatn, som ligger i nærheten av Barentsburg, har den nest høyeste målingen, 15,79 ng/g tv. Relativt høye verdier ble også konstatert i Åsøvatn (6.09 ng/g tv). Målingene, som er gjennomført i 2004-2006, viser noe lavere verdier enn tidligere målinger (Skotvold mfl. 1997).

3.2.6.2 Russiske målinger

Sediment fra Stemmevatn og Grøndalselva er analysert for PCB som en del av Trust Arktikugols kartlegging av miljøgifter. Målingene foretatt av Typhoon, viser at $\Sigma 7\text{PCB}$ i bunnsedimenter (ng/g tv) i Stemmevatn og Grøndalselva har en synkende trend siden målingene startet i 2002 (Typhoon 2009). Økningen i 2008 antar Typhoon er relatert til en brann i noen gamle skeidesteinfyllinger i 2006- 2007.



BILDE 3.2.5.2-1 Kartet viser Ellasjøen og Øyangen som ligger på Bjørnøya. Kilde Evenset mfl. 2007.



BILDE 3.2.6.3-1 Konsentrasjoner av $\Sigma 18\text{PCB}$ i en datert sediment-kjerne fra Ellasjøen på Bjørnøya. Tilførselene var høyest i 1960 - 1972. Kilde Evenset mfl. 2007b.

I tilsvarende målinger i 2010 (Typhoon 2010) ble det analysert for $\Sigma 15\text{PCB}$, og kongenere PCB#28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180 ble detektert. PCB-nivået var i Grøndalselva – 2,14 ng/g, i bunnsedimenter i Stemmevatn – 3,72 ng/g.

3.2.6.3 Tidsvariasjoner

Trümper mfl. 2012 (in prep.) dokumenterer årsvariasjoner av PCB i ferskvannsediment nær Barentsburg fra 1930 og opp til i dag.

Variasjoner i tilførsler av PCB til sediment har blitt bestemt i Ellasjøen på Bjørnøya. Resultatene ($\Sigma 18\text{PCB}$ tv) viste at tilførselene var høyest i perioden 1960-1972, se bilde 3.2.6.3-1 (Evenset mfl. 2007b).

Akvaplan-niva har sedimentkjerne fra en del andre innsjøer på Svalbard. Disse kan benyttes til studier av tidstrender for PCB og andre miljøgifter, samt estimering av bakgrunnsverdier.

3.3 I SJØ (MARINT MILJØ)

3.3.1 SJØVANN

3.3.1.1 Generelt

Opptak av, og resulterende PCB-nivåer hos arter på lavere nivå i arktiske næringskjeder, styres av eksponeringen for PCB løst i sjøvann (Macdonald mfl. 2000; Fisk mfl. 2001; Schwarzenbach mfl. 2003; Borgå mfl. 2004; Sobek mfl. 2006; Sobek mfl. 2010).

I størrelsesorden 30 % av langtransportert partikulært PCB kommer til Svalbard via havsstrømmer (Roland Kallenborn, personlig meddelelse).

Havområdene rundt Svalbard tilføres langtransportert PCB via atmosfærisk avsetning, sjøis og havstrømmene. I tillegg er det lokale kilder som tilfører havvann og fjordene PCB via blant annet elver, snø og støv.

3.3.1.2 Svalbards fjorder

Det er gjort enkelte studier på PCB i sjøvann blant annet AMAP/Olsson 2002.

3.3.1.2.1 Kongsfjorden

I forbindelse med COPOL (se kap. 7.4) er konsentrasjoner av PCB målt i sjøvann fra Kongsfjorden. Nivåene varierte mellom 13,1 $\Sigma 8\text{PCB}$ pg/l i mai og 6,0 pg/l i oktober. Det ble funnet en årstidsvariasjon i mengden PCB hvor de høyeste konsentrasjonene ble funnet før og under våroppblomstringen (Hallanger mfl. 2011). Det antas at årsaken til at konsentrasjonene avtar utover i sesongen er at organismene tar opp miljøgiftene fra vannmassene og at miljøgiftene fordampes eller brytes ned fotokjemisk ettersom isen forsvinner og vannmassene blir varmere (Hallanger mfl. 2011).

3.3.1.2.2 Grøn fjorden

Typhoon har gjennomført PCB-målinger av sjøvann i Grøn fjorden vår og høst. Det konstateres i Typhoon, 2009 at russisk grenseverdi overskrides med en faktor 8,3 i vårmålingen.

3.3.1.3 Bjørnøya

Sjøvann samlet inn ved Bjørnøya viser konsentrasjoner på 10 pg/l $\Sigma 18\text{PCB}$ (Evenset mfl. 2002).

3.3.1.4 Havområdene rundt Svalbard

Det er lite data for PCB i sjøvann. Carrizo mfl. 2011 har foretatt målinger av løst og partikulær PCB i sjøvann i det polare blandingslaget (PML) i områdene rundt Svalbard. Det ble målt mellom 352 og 2624 fg/L $\Sigma 12\text{PCB}$ (løst + partikulært). De høyeste verdiene ble funnet på østsiden av Spitsbergen. Løst $\Sigma 13\text{PCB}$ varierte mellom 94 – 1748 fg/L og partikulært mellom 222 – 876 fg/L.

3.3.1.5 Barentshavet

3.3.1.5.1 Atmosfærisk avsetning av PCB til sjøvann

Green mfl. 2010 beregner tilførsel og spredning av miljøfarlige stoffer i norske havområder, blant annet Barentshavet. Tilførsel av $\Sigma 7\text{PCB}$ fra luft til havområdet øst for Svalbard i 2007, tatt i betraktning tørravsetning, er beregnet til 610 kg. Det presiseres at netto tilførsler fra luft til hav forventes å være mindre på grunn av at stoffene/kongenene også kan fordampe tilbake fra havet til atmosfæren. Fordamping varierer fra kongener til kongener og er også blant annet avhengig ytre fysiske forhold. I beregningene er luftmålinger og meteorologiske data fra 2007 fra henholdsvis Zeppelin (Aas mfl. 2008) og Bjørnøya (www.met.no) benyttet. Observasjoner utført i Barentshavet viser at partikulært bundet PCB utgjør en høyere andel i vann enn den løste PCB andelen (Gustafson mfl. 2005; Detlef mfl. 1991).

Tilførselen av PCB til havflaten fra atmosfæren ble beregnet som en konstant fluks over hele havoverflaten og tallmaterialet for tilførselen av ble hentet fra Molvær mfl. 2008 og nye beregninger fra NILU.

3.3.1.5.2 Tilførsel av PCB via havstrømmene

Tilførsel av bl.a PCB til den norske delen av Barentshavet med havstrømmene er beregnet ved hjelp av ECOSMO-modellen (Schrum mfl. 2005; Green mfl. 2010). Informasjonen om bakgrunnskonsentrasjoner brukt i modellkjøringene ble i stor grad hentet fra International Council for the Exploration of the Sea (ICES) data Inventory (<http://www.ices.dk>) og fra tilgjengelige rapporter og informasjon fra Oslo Paris Commission (OSPAR, <http://www.ospar.org>) og fra vitenskapelige publikasjoner (eg. Gustafson mfl. 2005; Schulz-Bull mfl. 1998).

3.3.1.5.3 ECOSMO modellen

Modellen (Green mfl. 2010) beskriver transportveiene og konsentrasjonen for blant annet PCB og gir den romlige variasjonen i Barentshavet ved ulike hydrodynamiske situasjoner. For beregningene brukes sirkulasjonsmodellen for Barentshavet (Schrum mfl. 2005). Denne hydrodynamiske modellen er validert (Årthun og Schrum, 2010) og kan reprodusere de mellom-årlige variasjonene i hydrofysiske forhold.

3.3.1.5.4 Modell-beregninger av variasjon av PCB i Barentshavet

Resultatet fra kjøringene av ECOSMO-modellen viser at atmosfæren er den mengdemessig viktigste kilden til PCB (Schrum mfl. 2005; Green mfl. 2010). Videre viser modellresultatene omfordelingen av PCB og påfølgende konsentrasjoner i overflatevann, og bunnvann, på mellom 0-65 pg/l. Variasjonene mellom

sesonger er stor, spesielt rundt Svalbard. Økt tilførsel av PCB med smeltevann fra sjøisen og lagdannelse i havet på grunn av oppvarming og økt smeltevann om sommeren fører til høyere konsentrasjoner av PCB i overflaten i den nordlige delen av Barentshavet.

Resultatene viser at ved tilfeller med intens havsirkulasjon kan det forventes høyere konsentrasjoner av PCB som forplanter seg langt i havet, og høyere konsentrasjon i vannmassene ved bunnen, enn i situasjoner med svak sirkulasjon.

Resultatene kan tyde på høyere konsentrasjoner av PCB i overflatelaget i den vestlige delen av Barentshavet i situasjoner med lite vind og svak sirkulasjon. De beregnede PCB-konsentrasjonene dekker hele spekteret fra 0 til 40 pg/l, som indikerer stor grad av romlig variasjon av PCB i Barentshavet. Spesielt kan konsentrasjonen av PCB i vannmassene ved bunnen variere mye mellom nærliggende områder.

3.3.2 HAVIS

Data om konsentrasjonen av PCB i is er fåtallig, og de som finnes viser store variasjoner. I beregningene i Tilførselsprogrammet, se kapittel 3.3.1.5 ovenfor, er det benyttet en PCB-konsentrasjon på 30 pg/l, en verdi konsistent med publiserte observasjoner (Gustafson mfl. 2005).

FORSLAG TIL TILTAK:

- Måling av PCB i havis

3.3.3 MARINE SEDIMENTER

3.3.3.1 Generelt

Langtransportert PCB bundet til partikler vil kunne falle til bunns og tilføre bunnsedimentene stoffer. I tillegg kan sedimentene tilføres PCB fra lokale kilder på Svalbard via blant annet elver, smeltende snø og støv. Sedimentlagene utgjør et "miljøarkiv" som viser utviklingen i tilførsel av PCB, se også kapittel 3.2.6.3.

Stoffene er vanligvis bundet til finkornede sedimenter som er rike på organisk karbon (for eksempel organiske rester etter alger og organisk materiale tilført fra land). Reservoiret av stoffer/kongenere som etter hvert lagres i bunnsedimentene er avhengig av to faktorer:

- 1) konsentrasjoner av miljøgifter i materialet som sedimenterer, og
- 2) sedimentasjons-hastighet

Ved å datere sedimentkjerner kan man bestemme sedimentasjonshastigheten i ulike områder. Informasjon om PCB-nivåer i ulike kjernesegementer kombinert med informasjon om sedimentasjonshastighet kan benyttes til å beregne tilførsler i ulike perioder.

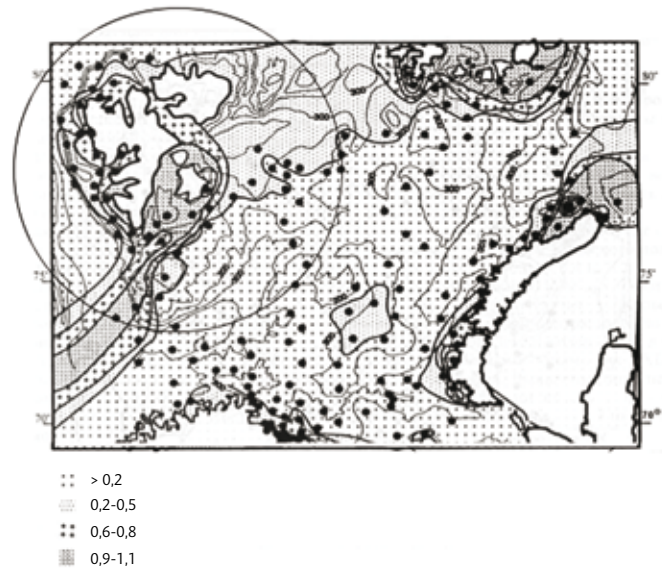
Sedimentlevende evertebrater eksponeres for den biotilgjengelige delen av forurensningen i sedimentene. Som byttedyr for organismer høyere i næringskjeden kan de derfor fungere som et ledd for overføring av PCB mellom sediment og dyr høyere i næringskjeden.

3.3.3.2 Barentshavet og nærområdet rundt Svalbard

PCB-forurensning av sediment i Barentshavet er kartlagt av Sevmorgeo, og i anledning forvaltningsplan Barentshavet, (Green mfl. 2010).

3.3.3.2.1 Sevmorgeo

Bilde 3.3.3.2.1-1 viser sammenstilt resultat fra russisk kartlegging av PCB-forurensning i sedimenter i Barentshavet (Ivanov 2006).



BILDE 3.3.3.2.1-1 Russisk sammenstilling av eldre målinger av PCB i marine sedimenter fra Barentshavet Enhet ng/g. Kilde Ivanov 2006.

3.3.3.2.2 Forvaltningsplan Barentshavet

Green mfl. 2010 dokumenterer gjennomsnittskonsentrasjoner i overflatesediment i havregion øst for Svalbard. Konsentrasjonene ligger i intervallet 0,5-0,7 µg/kg Σ7PCB tv.

Dersom man sammenligner målte sedimentkonsentrasjoner med modellerte sommerkonsentrasjoner i bunnvann, (jf. kapittel 3.3.1.5.4) fremkommer en forklaring av observert fordeling av sedimentkonsentrasjoner. Sedimentmålingene viser økende sedimentkonsentrasjoner fra sør til nord og fra vest til øst. Dette mønstret kan forklares med økende sommerkonsentrasjonen i bunnvann i nord på grunn av økende PCB tilførsel fra smelting av sjøis og økende sedimentasjon om sommeren på grunn av biologisk aktivitet.

3.3.3.2.3 MAREANO-prosjektet

MAREANO-prosjektet (se kap. 7.4) har tatt sedimentprøver i området mellom Spitsbergen og Bjørnøya. Prøvene er ikke analysert for PCB. For å få en bedre forståelse for mengder og fordeling av PCB kan analyser av MAREANO-prøvene brukes til å verifisere og supplere undersøkelsene gjort av Sevmorgeo og modelleringer gjort i Tilførselsprogrammet.

FORSLAG TIL TILTAK:

- PCB-analyser av MAREANO-prøver fra Svalbard-regionen

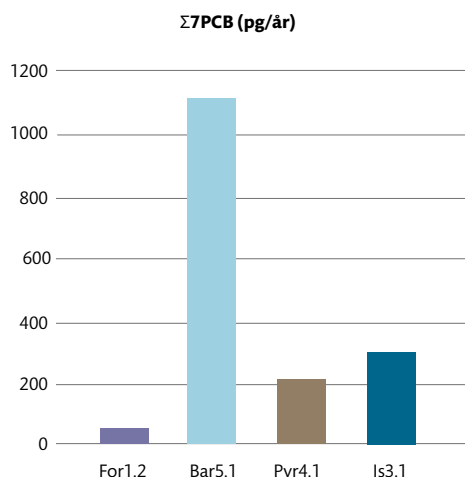
3.3.3.3 Svalbards fjorder

Det har vært gjennomført flere undersøkelser av marine sedimenter i Svalbards fjorder; Kongsfjorden, Liefdefjorden, Adventfjorden, Grønfjorden, Billefjorden, Colesbukta, Isfjorden og Hornsund (Skei 1993; Holte mfl. 1994; Cochrane mfl. 2001; Hop mfl. 2001; Evenset mfl. 2006 og 2009; Tessmann 2008).

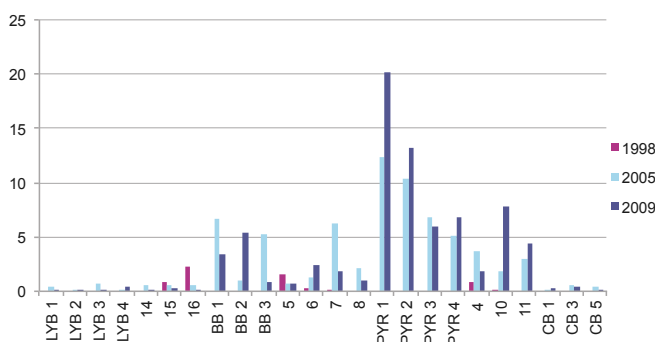
Generelt viser undersøkelsene av de marine sedimentene at nivåene av organiske miljøgifter, inklusive PCB, er høyere utenfor bosettingene enn i andre marine områder rundt Svalbard. Dette indikerer at det marine miljøet i disse områdene er påvirket av lokale kilder.

PCB-forurensningen i Grønfjorden og Billefjorden har et annet spekter/sammensetning av kongenere enn den i Adventfjorden, Isfjorden og Kongsfjorden. Dette tyder på at forurensningen kommer fra lokale kilder (Hop mfl. 2001; Evenset mfl. 2009).

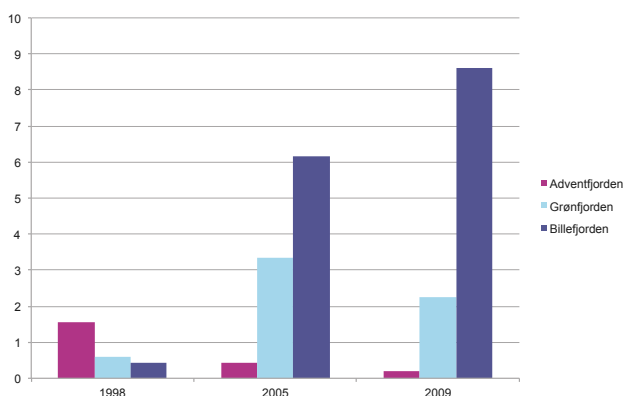
Cochrane mfl. 2001 beregnet tilførselen av ulike miljøgifter,



BILDE 3.3.3.3-1 Beregnet tilførsel av $\Sigma 7\text{PCB}$ til bunnsedimentene ved Forlandsundet, Barentsburg, Pyramiden og Isfjorden i perioden 1988-1998. Kilde Cochrane mfl. 2001.



BILDE 3.3.3.3-2 Tidstrender for $\Sigma 7\text{PCB}$ i sediment fra Isfjorden (enhet $\mu\text{g/kg tv}$). Data fra 1998 Cochrane mfl. 2001, fra 2005 Evenset mfl. 2006, og 2009 fra Evenset mfl. 2009. LYB1 = 16 stasjoner i Adventfjorden, BB1 = 8 i Grøn fjorden, PYR1 = 11 i Billefjorden, CB1 – CB5 = Colesbukta.



BILDE 3.3.3.3-3 Gjennomsnittlige $\Sigma 7\text{PCB}$ -konsentrasjoner målt i $\mu\text{g/kg tv}$ i sediment fra Adventfjorden, Grøn fjorden og Billefjorden i 1998 (Cochrane mfl. 2001), 2005 (Evenset mfl. 2006 og 2009). Tallene for 1998 er basert på færre stasjoner enn tallene fra 2005 og 2009.

deriblant PCB, til sedimentene i Forlandssundet, Grøn fjorden, Billefjorden og Isfjorden. Sedimentasjonshastigheten var høyest i Barentsburg, fulgt av Isfjorden, Pyramiden og Forlandsundet. Tilførselen av miljøgifter til havbunnen var høyest i området utenfor Barentsburg, som et resultat av sedimentasjonshastighet og relativt høye konsentrasjoner av miljøgifter i tilført materiale se bilde 3.3.3.3-1. En sammenligning mellom områdene viser at tilførselen av klororganiske forbindelser i perioden 1988-1998 var 3-5 ganger høyere til området utenfor Barentsburg enn til områdene utenfor Pyramiden, Isfjorden og Forlandsundet. Dette indikerer en aktiv PCB-kilde. Som en oppfølging av resultatene fra miljøovervåkingen er det nå fjernet større mengder PCB-holdig utstyr fra Barentsburg, se kapittel 4.1.6.4.

Marine sedimenter utenfor forlatte og aktive bosettinger inngår i et overvåkingsprogram i regi av Sysselmannen, og det tas prøver ca. hvert 5 år (Cochrane mfl. 2001; Evenset mfl. 2006 og 2009). Noen stasjoner er prøvetatt flere ganger, og det har gjort det mulig å gjøre en grov vurdering av tidstrender, se bilde 3.3.3.3-2. Som bilde 3.3.3.3-3 viser økte konsentrasjonen av PCB i Billefjorden fra 1998 og frem til 2009, mens nivåene i sedimentet utenfor Barentsburg avtok i samme periode. Sediment fra Adventfjorden og Colesbukta har lave PCB-konsentrasjoner, og ingen store endringer over tid har blitt påvist (Evenset mfl. 2009).

3.3.3.3.1 Kongsfjorden

Gjennom prosjektet COPOL har det blitt tatt sedimentprøver fra Kongsfjorden (mai, juli, oktober 2007, juli 2008 og juli 2009) og fra Liefdefjorden (juli 2008 og 2009). Prøvene har blitt analysert for et stort antall organiske miljøgifter, deriblant PCB. Analyseresultatene viser at det er lave nivåer av PCB i sediment fra Kongsfjorden (Tessmann 2008).

Resultatene fra andre undersøkelser (Olsson mfl. 1998 og Skei 1993) viste også at det var lave konsentrasjoner av PCB i sediment fra Kongsfjorden, utenfor Ny-Ålesund, men litt forhøyet nær Kullhamna (Thiis-bukta, hvor det ble registrert forurensning grunn, se også kapittel 3.2.2.2).

3.3.3.3.2 Isfjorden

Hop mfl. 2001 dokumenterte lokal forurensning av PCB utenfor bosetningene i Isfjorden gjennom målinger i bunnsedimentene i Isfjorden gjennom målinger i bunnsedimentene i Isfjorden. Fordi konsentrasjonene i bunnsedimentene var høyere enn i områdene nær bosetningene enn i områdene lenger ut i fjordene, ble det konkludert med at lokale kilder var viktigere enn langtransporterte kilder.

3.3.3.3.3 Grøn fjorden

Norske undersøkelser

Flere undersøkelser (Holte mfl. 1994; Hop mfl. 2001; Evenset mfl. 2006 og 2009) viser at det marine miljøet i Grøn fjorden er påvirket av lokal PCB-forurensning og andre organiske miljøgifter fra Barentsburg. Nivåene av klororganiske forbindelser i sediment fra Grøn fjorden er varierende, men de er høyere enn de som måles i sediment fra områder uten lokale kilder. PCB-konsentrasjonene er for eksempel opp til 5 ganger høyere enn det som har vært målt i sediment fra Kongsfjorden (Tessmann 2008).

PCB er den dominerende miljøgiften i prøvene fra Grøn fjorden og dioksinlignende PCB utgjør en betydelig andel av ΣPCB i mange av prøvene (fra 0 – 43 % i 2008). Men prøvenes totale dioksin toksisitet (TEQ) var likevel lav. Konsentrasjonene i sedimentet varierte fra 0,53 – 8,76 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 59\text{PCB}$ tv. $\Sigma 7\text{PCB}$ varierte fra 0,33 – 3,29 $\mu\text{g/kg tv}$.

Russiske undersøkelser

Typhoon har gjennomført undersøkelser av sedimenter i Grøn fjorden i områdene ved Barentsburg (Typhoon 2009 og 2010). Prøver er tatt fra faste stasjoner, se bilde 3.3.3.3.3-1.

Årsvariasjonen i gjennomsnittsverdi for prøvepunktene 14 og 15 vises øverst i bilde 3.3.3.3.3-2. Etter en nedgang fra 2003 til 2007, var det en stor økning i 2008 (Typhoon 2009). Målingene i 2009 viser igjen en nedgang. Typhoon konkluderer med at økningen i 2008 skyldes utvaskning av PCB-holdig materiale fra skeidestensbrannen i 2006-2007. Variasjonen i prøvepunktene 10 – 12, som ligger lengre ut fra strandlinjen, vises nederst i bilde 3.3.3.3.3-2.

Ettersom stasjonene benyttet i de russiske og norske undersøkelserne ikke er de samme, kan ikke resultatene sammenlignes direkte, men PCB-nivåene som Typhoon har målt i sediment fra Grøn fjorden er i samme størrelsesorden som de som er målt av Akvaplan-niva i samme området.

3.3.3.3.4 Billefjorden

Evenset mfl. 2006 konkluderte med at området utenfor Pyramiden var påvirket av PCB. Konsentrasjonene her økte fra 1998 til 2005 og videre til 2009 (se bilde 3.3.3.3-3), noe som tydet på en aktiv PCB-kilde i området. Det er, som en oppfølging av resultatene fra miljøovervåkingen, nå fjernet større mengder PCB-holdig utstyr fra Pyramiden, se kapittel 4.1.6.4.

3.3.3.3.5 Colesbukta

Det ble tatt prøver ved 3 stasjoner i Colesbukta i 2005 og 2009 (Evenset mfl. 2006 og 2009). PCB-nivåene var lave, se bilde 3.3.3.3-2.

3.3.3.3.6 Van Mijenfjorden og Grumant

Akvaplan-niva har på oppdrag for Store Norske Spitsbergen Gruvekompani tatt prøver av sediment i Van Mijenfjorden (Velvin og Evenset 2008; Evenset og Christensen 2009). Det ble ikke påvist PCB i sediment fra Van Mijenfjorden (nivåene var under deteksjongrensen).

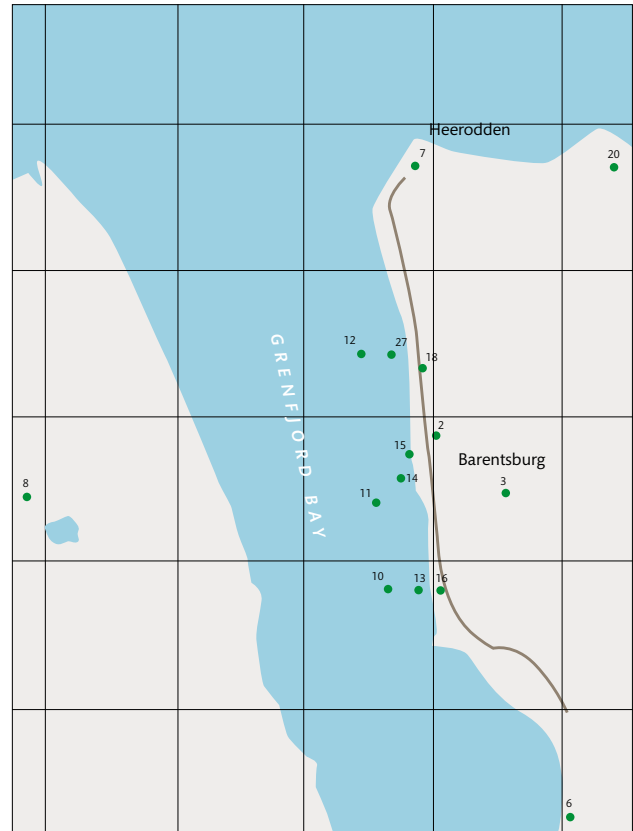
Det manger øvrig kartlegging av PCB-forurensning i sedimentene i Van Mijenfjorden og Grumant. I området finnes fyllinger som er potensielle kilder til forurensning, jf. Klifs database grunnforurensning.

Murchisonfjorden

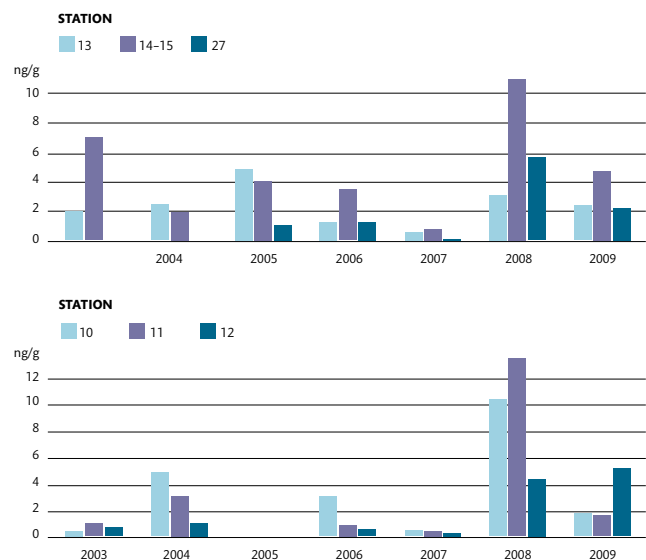
Basert på undersøkelsen til Harris 2008 er det gjort undersøkelser i 2011 for å avgrense PCB-forurensninger og kartlegge eventuell spredning til sedimentene utenfor Kinnvika, se kapittel 3.2.2.2.1.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Klassifiseringssystem for forurensede sedimenter
- Overvåke utviklingen i marine sedimenter utenfor bosetningene med prøvetaking hvert 5. år (2010, 2015...), inkludert nye prøvetakingspunkter (utenfor brennende steintipper i Barentsburg)
- Undersøkelser av biotilgjengelighet av PCB i sedimentene og muligheten for spredning videre i næringskjedene gjennom analyser av bunndyr samlet inn utenfor de norske og de russiske bosettingene (sammenligning av nivåer og kongener-profiler)
- Undersøkelser av sedimenttoksisitet
- In vivo (eksperimentelle undersøkelser i lab) bioakkumuleringsundersøkelser med sedimentene, kombinert med estimering av porevannskonsentrasjoner, ved hjelp av passive prøvetakere



BILDE 3.3.3.3.3-1 Plassering Typhoons stasjonære målestasjoner. Kilde Typhoon.



BILDE 3.3.3.3.3-2 $\Sigma 18$ PCB i sedimenter i Grøn fjorden utenfor Barentsburg 2009. Kilde Typhoon.

3.4 MENNESKER, PLANTER OG DYR

3.4.1 MENNESKER

Det er ikke kjent om det finnes målinger av PCB i mennesker på Svalbard.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Voksne på Svalbard har stort sett levd mesteparten av livet sitt andre steder i Norge og verden. Det finnes noen som er født og oppvokst Svalbard og noen som har bodd der størstedelen av livet. Det kunne vært interessant å se på PCB-nivåer for de som har vært på Svalbard for det meste og sammenliknet ulike grupper (for eksempel fra Longyearbyen og Barentsburg), eller sammenliknet bosetningene for å se om det er store forskjeller.

3.4.2 PLANTER

Innholdet av miljøgifter og tungmetaller i planter er normalt lavt. Moseprøver fra Ny-Ålesund og fra Bjørnøya har blitt analysert for blant annet PCB (Tveter, 2005). Nivåene i mose var lavere i Ny-Ålesund enn i mose fra Bjørnøya, men datagrunnlaget var meget begrenset.

Typhoon (Typhoon 2004) har tatt prøver av mose fra Barentsburg. Prøvene har blitt analysert for en rekke miljøgifter, blant annet PCB. Typhoon konkluderer med at konsentrasjonen av klororganisk forurensning ligger høyere innen bebyggelsen i Barentsburg (gjennomsnittlig $\Sigma 18\text{PCB}$ 279 $\mu\text{g/kg}$, variasjon 70,3-132 $\mu\text{g/kg}$) enn i nærområdet (gjennomsnittlig $\Sigma 18\text{PCB}$ 116 $\mu\text{g/kg}$, variasjon 6,94-293 $\mu\text{g/kg}$) og i såkalte referanseområder (gjennomsnittlig $\Sigma 18\text{PCB}$ 47 $\mu\text{g/kg}$, variasjon 15,9 – 123 $\mu\text{g/kg}$).

I undersøkelser i 2010 (Typhoon 2010) er det tatt prøver av moser og karplanter. Av 15 kontrollerte kongenere ble det detektert konsentrasjoner av PCB#52, 99, 101, 105, 118, 138 og 153 i alle prøver av mose og karplanter. Sjeldnest fant man PCB#170 og 183 i vegetasjonsprøvene. $\Sigma 15\text{PCB}$ var i gjennomsnitt i moser 589,7 $\mu\text{g/kg}$, og i karplanter 97,5 $\mu\text{g/kg}$.

De høyeste konsentrasjonene både i moser og karplanter ble funnet i prøvene tatt nordøst og øst for bosetningen, samt ved steintippene og tipp for slagg fra varmekraftverket.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Undersøkelser av PCB i vegetasjon



De påviste PCB-nivåene i fjellrev er opp til 40 % høyere enn de nivåene som var målt i isbjørn (AMAP 2004a). Det gir grunn til å tro at denne forurensningen kan ha en effekt på fjellrevens immun- og reproduksjonssystem. Foto: Halvard R. Pedersen

3.4.3 PATTEDYR PÅ LAND

3.4.3.1 Svalbardrein (*Rangifer tarandus zplatyrhynchus*)

Svalbardrein er en egen underart blant de 7 gjenlevende underarter av rein i Arktis og er stedegeen for Svalbard. En del individer ser ut til å ha tilpasset seg opphold og beite i bosetningen. Disse kan eventuelt ta opp PCB og andre miljøgifter fra lokale kilder gjennom partikulær PCB-forurensning som fester seg til vegetasjonen. Analyser av prøver fra Svalbardrein fra Nordenskiöldland viste verdier under deteksjonsgrensen for PCB og nær deteksjonsgrensen for et av nedbrytingsproduktene (hydroxy metabolittene) fra PCB (Polder mfl. 2009).

3.4.3.2 Fjellrev (*Vulpes lagopus*)

Fjellrev er det eneste ville carnivore landpattedyret på Svalbard. Arten finnes spredt over hele øygruppa. Fjellreven er vanlig i bosetningene og er en alteter (opportunist). Analyser av PCB i vevsprøver fra fjellrev fra Svalbard viser konsentrasjoner på 10–12 µg/g Σ 7PCB (lv), (Norheim, 1978; Wang-Andersen mfl. 1993; Severinsen og Skaare 1997; AMAP 2004; Fuglei mfl. 2007). Opptaket av PCB er sannsynligvis relatert til langtransportert forurensning. Dette fordi fjellrev på Svalbard livnærer seg i stor grad av den marine næringskjeden som for eksempel skrotter av sel fanget av isbjørn, selunger på isen om våren, sjøfugl og egg fra fuglefjellene. Det er en liten andel av bestanden som lever i nærheten av lokale PCB-kilder, og for disse kan ikke påvirkning fra lokale kilder av PCB utelukkes. Det er ikke analysert prøver av fjellrev som lever i nærheten av bosetningene. NP samler årlig inn prøver fra rev fanget i felle.

PCB er analysert i fett- og leverprøver fra fjellrev innsamlet i periodene 1973–74, 1983–84, 1991–92 og 1998–99. Mønstrer av PCB-kongenere i fjellrev tilsvarer det en finner i isbjørn. Dette tolkes som at metabolisme og mulige effekter på vitale funksjoner som reproduksjon, immunforsvar og endokrin "homeostase" er likartet (AMAP 2004a). De påviste PCB-nivåene er opp til 40 % høyere enn de nivåene som var målt i isbjørn (AMAP 2004a). Det gir grunn til å tro at denne forurensningen kan ha en effekt på fjellrevens immun- og reproduksjonssystem.

De geografiske trendene som er funnet hos fjellrev tilsvarer trendene funnet hos isbjørn, med høyest miljøgift-verdier på Øst-Grønland og Svalbard, middels i Canada og lavest i Alaska. Nyere studier har vist at nivåene av miljøgifter hos fjellrev er sterkt relatert til hvor i næringskjeden de finner maten sin og i hvilken grad føden er marin eller terrestrisk. Resultater fra Svalbard viser at nivåene av miljøgifter er høyest hos fjellrev som finner mat høyt i den marine næringskjeden. De geografiske forskjellene hos fjellrev kan også relateres til de to ulike habitattype pene fjellrev lever i; innland og kyst. Det vil si at rev som hovedsakelig har spist dyr som lever på land (for eksempel rype og rein) har lavere PCB-nivå enn rev som har spist dyr som lever i havet (for eksempel sel). De høye nivåene av miljøgifter i fjellrev på Svalbard og Island kan forklares med at de har en mer marin diett sammenlignet med fjellrev i Canada og Alaska.

Fjellrevens fettreserver endres dramatisk gjennom året. Det høyeste fettinnholdet, over 20 %, når i november–desember og reduseres i løpet av våren til et minimum på 6 % om sommeren. I tillegg opplever fjellreven ekstreme variasjoner i fettreservene gjennom vinteren i perioder med liten mattilgang. De store årlige naturlige svingningene i deponering av kroppsfett gir mulighet for å frigjøre giftstoffer fra lagringsvev som fett, til organer hvor effekter kan oppstå, som lever og hjerne. Det er vist at denne årstidsvariasjonen påvirker omfordelingen av PCB i kroppen til fjellrev og at dette igjen påvirker enzymaktiviteten i leveren (Helgason 2011). Dyrene med best kondisjon og høyest

fettinnhold har lavere nivåer av miljøgifter enn dyr som har dårlig kondisjon. Fjellrev har lite kroppsfett i de periodene de opplever relativt høy grad av fysiologisk stress, i yngleperioden vår/sommer og i sultperioder gjennom vinteren.

Det er lite kunnskap om hvilke effekter de høye nivåene av miljøgifter har på f.eks. en diende revemor og valpene, eller på en rev som ikke finner mat og må tære på fettreservene sine om vinteren. Det er funnet svekkelser i immunsystemet til sledehunder på Grønland etter foring med hvalspekk som inneholder høye nivåer av miljøgifter (Sonne mfl. 2006). Det kan derfor være grunn til å tro at dagens høye miljøgift-nivå kan ha negativ effekt på fjellrevens immun- og reproduksjonssystem.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Nye miljøgiftundersøkelser bør gjennomføres på fjellrev på Svalbard siden det nå er 10–15 år siden de forrige undersøkelser ble gjennomført.

3.4.4 SJØPATTEDYR

Generelt øker nivåer av miljøgifter i sjøpattedyr med alder, og er høyere i hanndyr enn i hunndyr. Dette fordi hunndyr skiller ut PCB med morsmelk. Forskjellige nivåer av PCB hos forskjellige arter er påvirket av diett og habitatbruk. Ulike arter har også stor variasjon i kapasitet til å bryte ned PCB.

Selv om tilgjengelig informasjon om de ulike sjøpattedyrartene er fra ulike vevstyper, kjønn og aldersgrupper, og følgelig ikke ideelle for sammenligning, tyder mye på at både ringsel, storkobbe, hvalross og vågekval har relativt lave nivå av organiske miljøgifter, (Havforskningsinstituttet 2010b).

Trendstudier av sel fra Canada og europeisk Arktis viser en nedgang i PCB-nivåer (de Wit mfl. 2004; Gabrielsen og Henriksen 2001; Gabrielsen 2007; Wolkers mfl. 2008; Rigét mfl. 2010).

3.4.4.1 Isbjørn (*Ursus maritimus*)

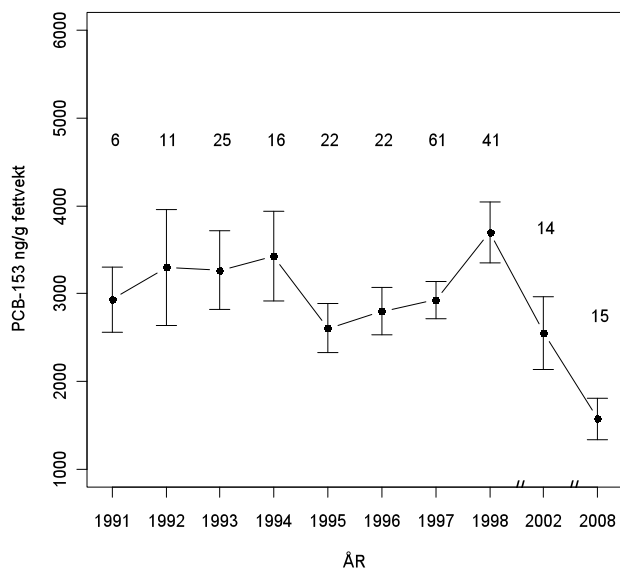
Isbjørn er en topp-predator i den marine næringskjeden. Den lever hovedsakelig av sel og nøyer seg ofte kun med spekket. Dette har akkumulert relativt høye nivå av PCB og på den måten bygger isbjørn opp høye nivå av PCB. Nivåene øker med alder og er høyere i voksne hanner enn hunner fordi hunnene effektivt overfører PCB til ungene via morsmelka. PCB nivåene er høyere i kroppsfett hos unger enn hos moren (Bernhoft mfl. 2007, Lie mfl. 2000).

Konsentrasjonene i blodprøver fra isbjørn er om lag 100 ganger høyere enn hos norske kvinner (Skaare mfl. 2000).

Nivåene av miljøgifter i isbjørn er over grensene for effekter på hormon- og immunsystem (Havforskningsinstituttet 2010b) og en kan forvente at reproduksjon og/eller overlevelse påvirker enkeltindivider. Det er vist at nivået av klorerte organiske forbindelser funnet i isbjørn på Svalbard har sammenheng med hormonnivåer og funksjonalitet av immunforsvaret. Nivået av thyroidhormon var lavt ved høye PCB-konsentrasjoner og andre studier viser at isbjørn på Svalbard kan ha dårlig utviklet overlevelse av unger ved høye konsentrasjoner av klorerte organiske forbindelser (de Wit mfl. 2004).

En totalvurdering tilsier at isbjørnen må overvåkes både med henblikk på nivåer og effekter av miljøgifter.

En studie av klorerte organiske forbindelser i isbjørn, som dekker 11 forskjellige populasjoner i Alaska, Canada, Grønland og Svalbard, viser at konsentrasjonene av Σ 72PCB i fettprøver på Svalbard kan sammenlignes til PCB-nivåer fra Øst-Grønland og nord-østlig Kanada (McKinney mfl. 2011). Σ 72PCB varierte fra 3 til 9 ng/g lv i prøver samlet fra isbjørn på Svalbard i 2007.



BILDE 3.4.4.1-1 Utviklingen fra 1991 til 2008 av PCB#153 i isbjørn fra Svalbard målt i blodplasma. Gjennomsnittsverdi med ± 1 SEM. Tallene i figuren angir antallet prøver (fra Henriksen mfl. 2001; Verreault mfl. 2005 og nyere data fra Norsk Polarinstitutt)



Nivåene av miljøgifter i isbjørn er over grensene for effekter på hormon- og immunsystem og en kan forvente at reproduksjon og/eller overlevelse påvirker enkeltindivider. Foto: Bjørn Franzen

Konsentrasjonen av PCB og andre klorerte organiske forbindelser viser en økende trend fra de vestlige til de østlige populasjonene av isbjørn. Dette kan indikere en større luft- og havbasert langtransport av PCB-forbindelser fra Vest- og Øst-Europa inn i Barentshavet og Svalbardområdet.

Undersøkelser viser at helsesituasjonen for isbjørn er påvirket av fremmede stoffer, spesielt er det populasjonene i Grønland og på Svalbard som er påvirket av klorerte organiske forbindelser (Gabrielsen 2007; Letcher mfl. 2010). Det er først og fremst PCB som forurensrer i isbjørn.

PCB#153 er blant de mest metabolsk resistente, eller persistente, PCB-forbindelsene, og har generelt de høyeste konsentrasjonene i pattedyr og fugl. Undersøkelser av PCB#153 i blodplasma hos isbjørn i Svalbard-området fra 1990 til 2008, viser stabilt nivå i perioden 1991-2002 (bilde 3.4.4.1-1). Konsentrasjonen av PCB#153 gikk betydelig ned fra 2002 til 2008. De analyserte prøvene fra 2008 er imidlertid bare fra binner uten årsunger. Dette betyr at gjennomsnittet for 2008 kan være litt overestimert.

Metabolitter fra PCB i pattedyr består i hovedsak av hydrokylerte (OH) og metylerte (MeSO_2) PCB-forbindelser. Ved analyse av PCB og deres metabolitter ble det funnet OH-PCB-forbindelser i større konsentrasjoner enn konsentrasjonene av opprinnelige PCB-forbindelser i blodet til isbjørn på Svalbard (Verreault mfl. 2005b). Dette antyder at isbjørn har stor evne til å metabolisere PCB, noe som medfører dannelse av OH-PCB-forbindelser. Det ble likevel målt lave konsentrasjoner av MeSO_2 -PCB-forbindelser i isbjørn på Svalbard (Verreault mfl. 2005a).

FORSLAG TIL TILTAK:

- Overvåkingen/forskning på isbjørn bør fortsette. Koblingen mot effektparametre er viktig og evt. populasjonseffekter bør dokumenteres.

3.4.4.2 Sel

Gjennomsnittlig PCB-konsentrasjon i spekk av ringsel, grønlandsel og hvalross er 0,5-9,5 $\mu\text{g/g}$ lv (Kleivane mfl. 2000; Wolkers mfl. 2006b; Wolkers mfl. 2008). Høyeste nivåer er målt hos grønlandsel og deretter hvalross og ringsel. Hos grønlandsel har man funnet stor variasjon i miljøgiftkonsentrasjon mellom geografisk områder i kasteperioden. Hos grønlandsel fra østisen (fra Kvitsjøen) er nivået av PCB i biopsiprøver fra fettvev tre ganger høyere enn i prøver fra vestisen (fra området ved Jan Mayen) (de Wit mfl. 2004; Henriksen mfl. 2001; Gabrielsen 2007).

3.4.4.2.1 Ringsel (*Phoca hispida*)

Det foregår ikke systematisk overvåking av miljøgifter i ringsel, men prøver er tatt i Kongsfjorden på Svalbard i 1996, 2004 og 2010. Prøver fra 1996 og 2004 viser en markert nedgang i PCB-nivåene, bilde 3.4.4.2.1-1. Prøvene samlet inn i 2010 vil bli analysert i nær fremtid i regi av COPOL-prosjektet.

Nedgangen av miljøgifter er mest markert i voksne dyr, men også i unge dyr har nivåene gått ned.

På bakgrunn av dagens nivå av persistente organiske miljøgifter hos ringsel på Svalbard, er det ikke grunn til å tro at forurensninger overgår grenseverdier for effekter på dyrenes immun-, hormon- og reproduksjonssystem (Letcher mfl. 2010). Negative effekter er funnet hos sel fra Østersjøen. Nivå av miljøgifter i ringsel og steinkobbe innsamlet i Svalbardområdet er bare 5-13 % av de konsentrasjoner som er rapportert i sel fra Østersjøen og Nordsjøen (Wolkers mfl. 2004; Routti mfl. 2008). PCB dominerer



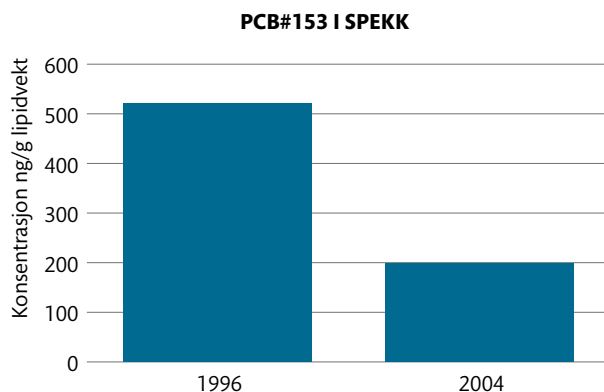
Spekkprøver fra hvithval fra Svalbandområdet viser høyere PCB nivå enn analyserte prøver fra Canada og Grønland. Nivå av miljøgifter hos flere hvalarter øker fra Canada og Grønland mot Svalbard.. Foto: Halvard R. Pedersen.

(52 %) fulgt av DDE (23 %) og klordaner (17 %).

Ringsel har høyere kapasitet til å omdanne miljøgifter enn polarmåke, men lavere enn isbjørn (Routti mfl. 2008; Routti mfl. 2009a). Omdanningskapasiteten var høyere i Østersjøen, noe som betyr at omdanningen øker med økt nivå av miljøgifter (Routti mfl. 2008).

Havforskningsinstituttet 2010b anbefaler i forbindelse med overvåkning av miljøgifter i ringsel at OH-PCB tas med.

Ringsel er et viktig byttedyr for isbjørn, og PCB-målinger på ringsel kan derfor si noe om eksponeringen for isbjørn.



BILDE 3.4.4.2.1-1 PCB#153 i spekk fra ringsel. Kilde MOSJ.

3.4.4.3 Hval

Prøver fra hval fra Svalbandområdet viser lavere nivå av miljøgifter enn hvalprøver innsamlet fra sørlige havområder. Konsentrasjon av PCB i fettprøver fra fiskespisende hvalarter (hvithval og narhval) varierer mellom 3-9 µg/g lv. De høyeste nivåene av PCB hos hval fra Svalbandområdet er målt i narhval (Wolkers mfl. 2006a). Narhval er en tannhval som spiser høyere i næringskjeden enn vågelhval. Sist nevnte er en bardehval og spiser krill. Vågevalen fra vest-Svalbard har PCB-nivåer på 1-5 µg per gram lv (Hobbs mfl. 2003).

Spekkprøver fra hvithval fra Svalbandområdet viser høyere PCB nivå enn analyserte prøver fra Canada og Grønland (Letcher mfl. 2010; Wolkers mfl. 2006a). Nivå av miljøgifter hos flere hvalarter øker fra Canada og Grønland mot Svalbard.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Noen hvalarter har høye nivå av miljøgifter. Nye undersøkelser bør gjennomføres på hvit- og vågehval fra Barentshavområdet.

3.4.5 FISK I HAVET

3.4.5.1 Barentshavet

PCB er en parameter i overvåkingen av fisk fra Barentshavet som Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) gjennomfører.

Havforskningsinstituttet har målt miljøgifter i dyreplankton og fisk i det pelagiske økosystemet i Barentshavet, (Norsk polarinstitutt, faktaark nr 017/N). Sild, lodde og polartorsk er viktige planktonetere og spiser blant annet raudåte. PCB-nivåene i fisken

er 3 til 45 ganger høyere enn i byttet. Planktonetende fisk spises igjen av bl. a. torsk og hyse. Nivåene i leveren deres øker til 13 til 57 ganger over nivået i raudåte. Havforskningsinstituttets målinger ble brukt til å gjøre grove anslag på hvor mye forurensning som finnes i disse artene i hele Barentshavet og Norskehavet. Mengden PCB ble anslått til rundt 6 kg i all dyreplankton og 14 kg i all torsk.

3.4.5.1.1 Polartorsk (*Boreogadus saida*)

Konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene i samleprøver av hel polartorsk varierer fra 0,097 til 0,43 ng TE/kg vv for sum dioksinlignende PCB og dioksiner (Havforskningsinstituttet 2010b). Prøver er tatt årlig fra 2006 til 2009.

3.4.5.1.2 Torsk (*Gadus morhua*)

Torsk akkumulerer organiske miljøgifter som PCB i blant annet leveren, og undersøkelser viser at forurensningsnivået i Barentshavet er slik at det kan påvirke matkvaliteten negativt (Havforskningsinstituttet 2010b). Havforskningsinstituttet 2010b dokumenterer at i 22 av i alt 97 prøver av torskelever i 2009 var sum dioksinlignende PCB og dioksiner over EUs øvre grenseverdi for fiskelever på 25 ng TE/kg vv. Gjennomsnittlig konsentrasjon i 2009 var 20,5 ng TE/kg vv. Det er dioksinlignende PCB som utgjør størstedelen av summen. Variasjonen mellom prøvestasjonene så ut til å være relatert til størrelsen på fisken ved de ulike stasjonene.

Lever av torsk fra Barentshavet har også tidligere vist seg å ha relativt høyt innhold av dioksinlignende PCB og dioksiner (overvåkningsrapportene for 2008 og 2009). NIFES har nå en tidsserie på fire år og i denne er det ingen økende eller avtakende trend i nivået av dioksinlignende PCB og dioksiner i torskelever. NIFES har også data (tilbake til 1995) for PCB i torskfilet.

Akvaplan-niva har i forbindelse med et prosjekt i Kinnvika, se kapittel 3.2.2.2.1, analysert PCB i blant annet torsk (Evenset og

Christensen 2012b). PCB-nivåene var lavere enn de som har blitt målt i fisk fra Grønfjorden. De dioksinlignende PCB-kongenerene utgjorde en lav andel av total PCB i fiskeprøvene.

3.4.5.1.3 Blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*)

NIFES har gjennomført en basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite, NIFES, 2010a. Noen av prøvestasjonene ligger i området Bjørnøya vest til Spitsbergen. Det er analysert for Σ 7PCB og dioksin og dioksinlignende PCB på enkelt individer (ikke samleprøver). Andel blåkveite, med konsentrasjon av sum dioksin og dioksinlignende PCB over EUs øvre grenseverdi på 8 ng TE/kg vv fra de tre prøvetakingsstasjonene utenfor Spitsbergen, var 22, 20 respektive 8 %. Σ 7PCB var ca 30 µg/kg vv. Variasjonen i konsentrasjonen kunne ikke forklares med fiskens alder, lengde, vekt eller fettinnhold, og variasjonen kunne heller ikke forklares ved variasjon i årstid.

3.4.5.2 Svalbard

3.4.5.2.1 Generelt

Hop mfl. 2001 og Evenset mfl. 2009 viser at fordelingsmønsteret av ulike PCB-kongener i fisk samlet inn ved Barentsburg indikerer at lokale kilder bidrar til forurensningen i det marine miljøet.

3.4.5.2.2 Undersøkelser i anledning COPOL-prosjektet

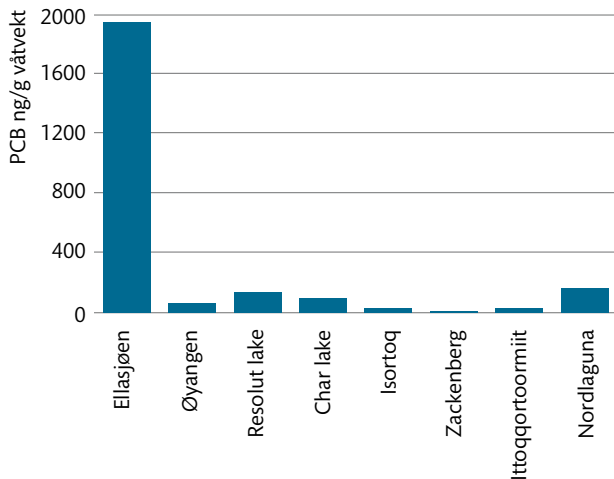
COPOL-prosjektet (se kap. 7.4) vil generere data på PCB i ulike arter fisk fra Kongsfjorden og Liefdefjorden. Noe er allerede publisert (Tessmann 2008; Gabrielsen mfl. 2011; Hallanger mfl. 2011; Hallanger mfl. 2011b; Hallanger mfl. 2011c) og flere data vil bli publisert i løpet av 2012.

3.4.5.2.3 Undersøkelser gjort av Akvaplan-niva

Akvaplan-niva har gjennomført undersøkelser, finansiert av Svalbards miljøvernfond, utenfor Barentsburg av hvordan miljø-



Torsk akkumulerer organiske miljøgifter som PCB i blant annet leveren. Foto: Johnér



BILDE 3.4.6.1-1 Konsentrasjoner av PCB i røye fra Bjørnøya sammenlignet med nivåer i røye fra innsjøer i Canada og Grønland. Kilde Evenset mfl. 2004; 2005 og 2007a.

gifter påvirker det marine livet (Evenset mfl. 2009). De høyeste konsentrasjonene av $\Sigma 59\text{PCB}$ ble målt i de relativt stasjonære, bunnlevende ulkeartene vanlig ulke og glattulke (gjennomsnitt ΣPCB på 9,3 og 14,7 $\mu\text{g/kg}$ (vv)). Disse artene har omtrent samme levested. De er stasjonær bunnfisk som normalt ligger delvis nedgravd eller skjult på bunnen mens de venter på byttedyr. Uer (kun ett individ analysert), som også er en bunnlevende fisk, hadde et PCB-nivå som tilsvarte det i ulkene. De laveste PCB-nivåene ble målt i torske- og hysefilet (gjennomsnitt ΣPCB 0,84 og 0,61 $\mu\text{g/kg}$ vv). Torsken det ble tatt prøver av er sannsynligvis kysttorsk som lever forholdsvis stasjonært i kyststrøk og nært bunnen, men ikke i sedimentet. Unghysa i Barentshavet er relativt stedbunden, mens større fisk foretar lange vandringer. Både hos torsk og hyse ble de høyeste nivåene målt i den minste fisken, noe som kan indikere at den er mer stedbunden. Gapeflyndre og kloskate som også er arter som lever i tett kontakt med sediment, hadde PCB-nivåer som lå mellom de i ulkene og torskefisken. Dioksinlignende PCB utgjorde fra 0 – 43 % av ΣPCB .

Nivåene av PCB og klorerte pesticider i fisk var sammenlignbare med de som ble målt i fisk samlet inn i 2001 fra samme området (Hop mfl. 2001). Nivåene i ulke var imidlertid høyere enn de som er målt i de samme artene fra Kongsfjorden. I torsk derimot var nivåene sammenlignbare med de målt i torsk fra Kongsfjorden (Tessmann 2008).

3.4.5.2.4 Undersøkelser gjort av Norsk polarinstitutt

Lever fra ulke (n=12) og glattulke (n=4) fra ulike fjorder på Svalbard, i nærheten av kjente potensielle kilder (bosettinger) er analysert for PCB (Hop mfl. 2001):

- Vanlig ulke, (*Myoxocephalus scorpius*) 7,5 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 6\text{PCB}$ vv og 18,5 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 33\text{PCB}$ vv.
- Glattulke (*Gymnocephalus tricuspis*) 8,8 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 6\text{PCB}$ vv og 21,2 $\mu\text{g/kg}$ $\Sigma 33\text{PCB}$ vv.

Konsentrasjonene er høyere enn hva som er observert i området ved Bjørnøya som er kjent å ha forhøyede bakgrunnsnivåer av PCB, se blant annet kapittel 3.1.5.

3.4.6 FERSKVANNSFISK

3.4.6.1 Røye (*Salvelinus alpinus*)

Røye har inngått i AMAPs undersøkelser på Svalbard og Bjørnøya. Skotvold mfl. 1997 fant meget høye PCB-konsentrasjoner i røye

fra Ellasjøen. Dette har senere blitt bekreftet gjennom flere undersøkelser (Evenset mfl. 2004; 2005; 2007a og b, Christensen mfl. 2008, Christensen mfl. 2011), bilde 3.4.6.1-1. I fisk fra innsjøene Diesetvatnet, Richardvatn og Hornsundet rapporterte Skotvold mfl. 1997 om generelt lavere nivåer av PCB, mens det for fisk fra Linnévatn og Kongressvatn ble målt noe forhøyde konsentrasjoner.

Sediment og fisk fra utvalgte innsjøer på Svalbard ble prøvetatt av Akvaplan-niva i 2004-2005. Røye fra Richardvatn og Åsøvatn er også analysert for blant annet PCB, Christensen mfl. 2008. Fem relativt store røyer ble individuelt analysert:

PCB-innholdet i arktisk røye fra Åsøvatn er noe lavere enn i røye

	VEKT	FETTINNHOOLD
RICHARDVATN	431 - 702 gram	0,41 - 7,24 %
ÅSØVATN	705 - 2400 gram	1,21 - 10,0 %

fra Ellasjøen på Bjørnøya. Målte $\Sigma 7\text{PCB}$ -nivåer varierte mellom 14,0 - 388 ng/g vv (537 - 17 190 ng/g lv). Dette er høyere verdier enn de som er funnet i fisk fra Nord-Norge. De høyeste nivåene på Spitsbergen ble målt i fisk fra Åsøvatn, gjennomsnitt $\Sigma 7\text{PCB}$ 232 ng/g vv (5 666 ng/g lv). PCB#153 var den dominerende kongeneren, fulgt av PCB#138, 180 and 118. De høyere PCB-innholdet i fisk fra Åsøvatn korrelerer med fiskens størrelse. En annen grunn til de forhøyede nivåene i fisk fra Åsøvatn kan være at sjøen er påvirket av guano fra fugl, jf. funn gjort av Evenset mfl. 2007a.

Svalbards miljøvernfond har finansiert et prosjekt hvor nivåer av organiske miljøgifter i røye fra innsjøer som benyttes til fritidsfiske er kartlagt (Christensen mfl. 2011). Analyseresultatene viser at PCB er den dominerende miljøgiften i fisk fra alle de undersøkte innsjøene. De høyeste nivåene av PCB ble målt i røye fra Ellasjøen (134 – 2072 ng/g vv). Gjennomsnittlig nivå av $\Sigma 64\text{PCB}$ i røye fra Ellasjøen (1235 ng/g vv) var > 20 x høyere enn de som ble målt i røye fra innsjøen med de nest høyeste nivåene, Arresjøen (52,6 ng/g vv). Røye fra Richardvatn (32,9 ng/g vv) og Annavatn (28,9 ng/g vv) hadde høyere PCB-nivåer enn fisk fra de andre undersøkte innsjøene. Nivåene av miljøgifter i sjørøye fanget i sjøen (Liefdefjorden) eller røye fra sjørøyeassdrag (Linnévatn, Straumsvann, Dieset) var lavere enn i fisk fra innsjøer med kun stasjonær røye.

De lipidnormaliserte dataene, viste et bilde som var noe forskjellig fra det som fremkom ved bruk av våtvektsdata. Lipidnormalisert PCB-innhold var også høyest i røye fra Ellasjøen, fulgt av Annavatn, Arresjøen og Richardvatn.

Christensen mfl. 2008 målte $\Sigma 7\text{PCB}$ i røye fra Ellasjøen og Richardvatn. Nivåene i røye fra Ellasjøen ($\Sigma 7\text{PCB}$ = 154 ng /g vv) var da lavere enn de som ble målt i 2011 (Christensen mfl. 2011), mens nivåene i Richardvatn ($\Sigma 7\text{PCB}$ = 17,7 ng/g vv) var sammenlignbare. Årsaken til at nivåene i røye fra Ellasjøen var høyere i undersøkelsen 2011 kan være at fisken som ble analysert i 2008 var mindre. Tidligere undersøkelser (Evenset mfl. 2004; 2007) har vist at stor fisk har høyere konsentrasjoner av organiske miljøgifter enn små fisk.

Den dominerende kongeneren var PCB#153, fulgt av PCB#138 og PCB#180. Dette er et vanlig bilde i biologiske prøver fra arktiske innsjøer. De dioksinlignende kongenerene utgjorde fra 20 – 40 % av ΣPCB .

PCB-tilførsel av miljøgifter via guano fra sjøfugl er sannsynligvis årsaken til de forhøyede nivåene i fisk fra Ellasjøen, Arresjøen og Richardvatn, jf. funn gjort av Evenset mfl. 2007a.



Polarlomvi i fuglefjell på Prins Karls Forland. Miljøgiftkonsentrasjonene som er funnet i egg fra polarlomvi, er vurdert som under grenseverdiene for effekter. Foto: Halvard R. Pedersen

FORSLAG TILTAK:

- Det er flere andre innsjøer på Svalbard som benyttes av fritidsfiskere og en ny oppfølging i noen av disse vassdragene anbefales.
- Utviklingen av miljøgiftene i Ellasjøen bør følges nøye i tiden fremover.

3.4.7 FUGL

3.4.7.1 Svalbardrype (*Lagopus mutus hyperboreus*)

Svalbardrype er spredt over hele Svalbard og er vanlig i og ved bosetningene. I hekkesesongen er den nokså revirbunden. Norsk Polarinstitutt har undersøkt innholdet av PCB og tungmetaller i rype fra Longyearbyen og Ny Ålesund (Severinsen og Skaare 1997). Nivåene var svært lave.

3.4.7.1 Snøspurv (*Plectrophenax nivalis*)

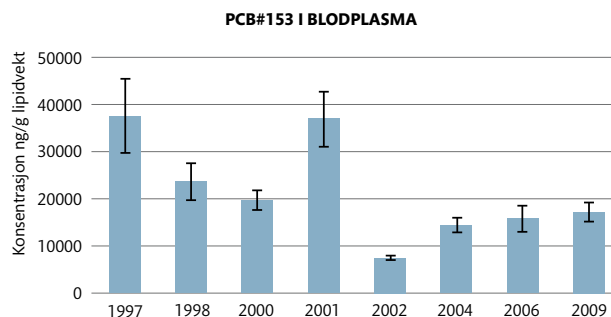
Snøspurv er den nordligst hekkende spurvfuglen i verden og er den eneste vanlige hekkende spurvfuglen på Svalbard. Den er en trekkfugl som overvintrer i tempererte områder. Gjenfunn av fugler ringmerket på Svalbard har vist at snøspurv herfra kan trekke i en sørøstlig retning gjennom Nordvest-Russland og mot de russiske stepper nord for det Kaspiske hav og Kasakhstan. Snøspurven er hovedsakelig frøspiser, men de tar også insekter, spesielt i ungeperioden. Siden snøspurven hekker i og rundt bosetningene kan det tenkes at de tar opp lokal PCB-forurensning. Undersøkelser av snøspurv i Canada viser at snøspurv som hekker ved fuglefjell tar opp PCB som er transportert til land av sjøfugl (Choy mfl. 2010).

Svalbards miljøfond har tildelt Norsk Polarinstitutt midler i 2011 for undersøkelse av lokal forurensning, og eventuell påvirkning av snøspurv.

3.4.7.2 Polarlomvi (*Uria lomvia*)

Det foregår ikke systematisk overvåking av miljøgifter i arten, men det ble tatt eggprøver i 1993, 2002/2003 og 2007. Prøvene ble tatt i Kongsfjorden og på Bjørnøya og er analysert for blant annet PCB. Analysene viser at nivåene i Kongsfjorden 2002, Bjørnøya 2003, Kongsfjorden 2007 og Bjørnøya 2007 er relativt like. En reduksjon fra 2002/2003 til 2007 ble påvist i begge områder.

Miljøgiftkonsentrasjonene som er funnet i egg fra polarlomvi,



BILDE 3.4.7.3-1 Konsentrasjonen av PCB#153 i blodprøver fra polarlomvi. Kilde: MOSJ.

er vurdert som under grenseverdiene for effekter (Gabrielsen og Sydnes 2009; Letcher mfl. 2010). Det er verdt å merke seg at målinger av nitrogenisotoper, et mål på trofisk nivå, viser signifikant høyere nivåer i Kongsfjorden enn på Bjørnøya og signifikant høyere nivåer i 2002/2003 sammenlignet med 2007. Dette vil påvirke tolkningen av tidstrendene i denne studien, da nivåer av miljøgifter henger tett sammen med trofisk nivå, og de høyere konsentrasjonene i 2002/2003 kan være, helt eller delvis, et resultat av at disse individene hadde spist mat som var på et høyere trofisk nivå sammenlignet med de fra 2007. Resultatene er presentert i sin helhet i Bakke mfl. 2008.

3.4.7.3 Polarmåke (*Larus hyperboreus*)

I blodprøver, vev og egg fra polarmåker fra Svalbard og Bjørnøya er det påvist en rekke klororganiske- og andre forbindelser. Til tross for funn av nye typer av miljøgifter (bromerte flammehemmere og fluorforbindelser), samt metabolitter, i polarmåker, så er det fremdeles PCB som dominerer og utgjør nærmere 75 % av den totale miljøgiftbelastningen (Gabrielsen og Henriksen 2001; Gabrielsen 2007), bilde 3.4.7.3-1. Pesticider (DDE, klordan og HCB) utgjør mindre enn 20 %, mens metabolitter utgjør mindre enn 1 % av polarmåkenes miljøgiftbelastning.

Hos polarmåker er det store forskjeller i nivåer av organiske miljøgifter. Individuer som spiser egg og unger av andre sjøfuglarter har dobbelt så høye miljøgiftnivå som de som spiser fisk. Dette skyldes at fisk er på et lavere nivå i næringskjeden enn fiskespisende sjøfugl som krykkje og lomvi. Andre faktorer som påvirker nivå av miljøgifter hos polarmåker er deres evne til å bryte ned miljøgifter, samt kjønn. Polarmåker har dårlige evner til nedbrytning av miljøgifter. Dette skyldes at polarmåkene har relativt lav aktivitet av enzymer som omdanner miljøgiftene. Hos polarmåke på Bjørnøya har hanner dobbelt så høye nivåer som hunner. Dette skyldes hovedsakelig at hunner legger egg og derfor overfører miljøgifter fra sitt eget kroppsfett til eggene (Gabrielsen 2007). Som andre sjøfuglarter gjennomgår polarmåker store kroppsvektendringer gjennom året. Både egglegging, ruging og vekstperioden for ungene krever mye energi og medfører at

kroppsfett forbrennes. Fettløselige organiske miljøgifter er bundet til kroppsfettet frigjøres og havner i blodbanen. Dette fører igjen til at nivåene øker i følsomt vev som for eksempel hjernen. Senere års undersøkelser av polarmåker indikerer effekter av POPer på fuglenes adferd, immun-, enzym-, hormon- og vitaminsystem (Verreault mfl. 2010). Videre er reproduksjonen svekket hos individer med de høyeste nivåene av miljøgifter og voksenoverlevelsen hos disse individene er lavere. Døde polarmåker fra Svalbard og Bjørnøya som er funnet i hekkeperioden, har 10 til 100 ganger høyere PCB-nivå i henholdsvis lever og hjerne sammenlignet med friske fugler (Gabrielsen mfl. 1994; Knudsen mfl. 2006; Sagerup mfl. 2009).

Resultater fra polarmåker på Bjørnøya kan indikere at dagens nivåer av miljøgifter påvirker populasjonen.

Påvirkning fra lokal forurensning

Polarmåken er stedbundet i hekketiden fra mai til august. I denne sammenhengen er polarmåke egnet for å studere opptak av lokal PCB-forurensning siden den kan hente mat i og ved bosetningene. Unntatt bunnlevende arter, se kapittel 3.4.8.4, er polarmåker, så langt NP kjenner til, den eneste arten hvor det kan detekteres påvirkning fra lokal PCB forurensning. Polarmåker samlet inn fra Barentsburg i august 2001 hadde en annen PCB sammensetning enn det som er vanlig å finne i polarmåke. Det relative innholdet (%) av PCB#118 var mye høyere og innholdet (%) av de høyere klorerte PCB#153 og #180 tilsvarende lavere enn vi til vanlig finner i polarmåke (Sagerup mfl. 2009). Polarmåker som var samlet inn fra Barentsburg i mai måned (ikke publiserte NP-data) viste en kongenerprofil som var lik polarmåker fra andre arktiske områder. Dette viser sannsynligvis at polarmåkene som var samlet inn i august hadde oppholdt seg i samme område gjennom sommeren, som er hekkesesong, og blitt påvirket av PCB fra Barentsburgområdet. Høyt innhold av PCB#118 og lavt innhold av PCB#153 og #180 kjennetegner blant annet den sovjetiske PCB blandingen Sovol. Det er ikke mulig ut fra dataene å si om det totale innholdet av PCB var påvirket i disse fuglene (Sagerup mfl. 2009). Som vist i studiet over og for bunnlevende



Polarmåke som spiser på et hvalkadaver. Døde polarmåker fra Svalbard og Bjørnøya som er funnet i hekkeperioden, har 10 til 100 ganger høyere PCB-nivå i henholdsvis lever og hjerne sammenlignet med friske fugler. Foto: Halvard R. Pedersen

dyr, vil et opptak av lokal PCB kunne være mulig å spore og skille fra langtransportert PCB da analysene skiller mellom de ulike variantene av PCB (kongenerprofil).

3.4.7.4 Krykkje (*Rissa tridactyla*)

I tillegg til bunndyr og polarmåke har krykkje vært undersøkt for innslag av lokalt PCB. I 2008 ble krykkjeegg fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden undersøkt. Innslag av lokale miljøgifter ble ikke funnet (Miljeteig og Gabrielsen, 2009). Krykkje spiser bare pelagiske krepsdyr og fisk, og de beiter oftest foran isbrefronter eller lengre ut i fjordsystemene. Krykkjene som hekker i Pyramiden og Barentsburg beiter ikke i områdene som er påvirket av lokal PCB-forurensning og er derfor ikke påvirket av denne forurensningen.

3.4.7.5 Havhest (*Fulmarus glacialis*)

Havhesten er den av våre sjøfuglarter med lengst livslengde. Den kan bli opptil 50 år gammel og starter hekking først ved 10-års alder. Havhesten er en pelagisk sjøfuglart som tilbringer det meste av livet på åpent hav, bortsett fra i hekkesesongen – men selv da søker den næring over store havområder. Studier har vist at hekkende havhester både på Bjørnøya og Spitsbergen søker næring i de sentrale delene av Barentshavet og så langt sør som norskekysten i ungeperioden. Dietten domineres av pelagiske dyr som det er mulig å ta i havoverflaten og den spiser gjerne fiskeavfall etter fiskebåter. Fuglen kan karakteriseres som en alteter og er relativt stasjonær i nordlige områder (migrerer ikke til sørlig områder med varme vannmasser) om vinteren. Dette gjør arten aktuell for å overvåke miljøgiftbelastningen.

Bourne og Bogan (1972) dokumenterte høye nivåer av miljøgiftene PCB og DDT i havhest fra Bjørnøya allerede i 1972. NP har undersøkt organiske miljøgifter i havhest fra Bjørnøya (n=15) i 2003, (Knudsen mfl. 2007; Gabrielsen mfl. 2005). $\Sigma 32\text{PCB}$ varierte mellom 4873-9164 $\mu\text{g/kg}$ våtvekt. Dette er samme størrelsesorden PCB-konsentrasjoner i egg, fett og lever som er funnet i havhest fra Jan Mayen og Canada. PCB-nivået oversteg ikke kalkulererte terskelverdier for reproduktive effekter beregnet for fugelegg. PCB-kongenene 153, 118 og 180 dominerte (60 % av ΣPCB).

Konsentrasjoner av de dioxin-lignende non-orto PCB i lever var to ganger høyere enn tidligere rapporterte verdier fra Canada og syv til ti ganger de nivåer som er rapportert for polarlomvi og krykkje fra Canada (Braune og Simon, 2003). Nivåene av non-orto PCB i havhest var 46-60 % av de som er funnet i polarmåke fra Bjørnøya.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Overvåkingen av miljøgifter i egg fra ulike sjøfuglarter bør fortsette med en regularitet på innsamling hvert 5 år.
- Overvåkingen/forskning på polarmåker bør fortsette. Koblingen mot effektparametre er viktig og evt. populasjonseffekter bør dokumenteres.

3.4.8 VIRVELLØSE DYR I HAVET (*marine evertebrater*)

3.4.8.1 Generelt

Sedimentlevende evertebrater eksponeres for den biotilgjengelige delen av forurensningene i sedimentene. Som byttedyr for organismer høyere i næringskjeden kan de derfor fungere som ledd for overføring av PCB fra sediment til dyr høyere i næringskjeden. Siden evertebrater er lavt i næringskjeden og de fleste har begrenset evne til å metabolisere PCB-forbindelser, kan denne gruppen av organismer være nyttige til å evaluere betydningen av forurensset sediment og de kan benyttes til å spore lokale kilder.

Hop mfl. 2001 og Evenset mfl. 2009 viser for eksempel at fordelingsmønsteret av ulike PCB-kongenere i sedimenter og organismer samlet inn ved Barentsburg indikerer at lokale kilder bidrar til forurensningen i det marine miljøet. Arter som er stedbundne og som lever i nær kontakt med sedimentet har relativt sett de høyeste konsentrasjonene av miljøgifter, mens arter som svømmer fritt i vannmassene og som sannsynligvis vandrer inn og ut av det forurensede området, har nivåer som er sammenlignbare med individer prøvetatt i områder uten lokale kilder, se også kapittel 3.4.5.2.3.

3.4.8.2 Zooplankton

Dyreplankton (zooplankton) er havets plantespisere (herbivorer) og de store artene er predatorer som spiser mindre dyreplankton. Teoretisk sett dekker denne gruppen 2. og 3. trofiske nivå i den marine næringskjede. I forbindelse med et doktorgradsprosjekt ble zooplankton, samlet inn i og utenfor Kongsfjorden, undersøkt for PCB og sprøytevernmidler. Nivåene av PCB hos dyreplankton og krill er i størrelsesorden 10-15 ng/g lv, se tabell 3.4.8.2-1, (Hallanger mfl. 2011). Det er ikke funnet noen indikasjoner på at PCB i disse prøvene stammer fra lokale kilder. Det er en årstidsvariasjon i mengden PCB i zooplankton. Konsentrasjonen er høyest i mai (våroppblomstring) og avtar utover i sesongen frem til i august (Hallanger mfl. 2011), se også kapittel 3.3.1.2.1.

		n	$\Sigma 8\text{PCB ng/g lv}$
Predator	Mai	3	15,6
Predator	Juli	7	10,6
Predator	Oktober	4	6,0
Krill	Mai	5	13,6
Krill	Juli	5	14,2
Krill	Oktober	4	16,8
Herbivore	Mai	4	17,9
Herbivore	Juli	6	13,9
Herbivore	Oktober	9	8,6

TABELL 3.4.8.2-1 $\Sigma 8\text{PCB}$ i dyreplankton og krill (Kongsfjorden, 78896 N, 11894 E) i 2007. Predator: *Themisto abyssorum*, *T. libellula* og *pilormer*. Krill: *Thysanoessa inermis*. Herbivore: *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreum*. Kilde Hallanger mfl. 2011.

3.4.8.3 Skjell

Fire arter av marine skjell (*Mya truncata*, *Serripes groenlandicus*, *Hiattella arctica* og *Chlamys islandica*) ble undersøkt for PCB og pesticider i en masteroppgave ved NP (Vieweg 2010). Skjellene ble samlet inn i Kongsfjorden og nord for Svalbard. Analysen viser at PCB utgjør opp til 80 % av totale POP-belastningen analysert i organismene. Undersøkelsen viser også at PCB-nivåene i skjell varierer i mellom artene, og i de forskjellige fjordsystemene på nordvestkysten av Svalbard. Skjellene fra Kongsfjorden viser betydelig høyere nivåer sammenlignet med skjell fra de nordlige fjordene. Generelt sett er PCB-konsentrasjonene lavere i disse evertebratene sammenlignet med organismer høyere i næringskjeden (som fisk, sjøpattedyr og sjøfugl). Gjennomsnittlig verdi for $\Sigma 16\text{PCB}$ var 63 ng/g lipidvekt for disse fire artene fra begge områdene.

3.4.8.4 Diverse bunndyr

Evenset mfl. 2009 har undersøkt blant annet PCB i benthiske evertebrater samlet inn utenfor Barentsburg. $\Sigma 59$ PCB-nivåene i varierte fra 3,03 (i børstemarken *Pectinaria*) til 18,6 $\mu\text{g/kg}$ vv (i skjellet *Ciliatocardium ciliatum*). *Pectinaria* er en børstemark som lever i sand/mudder, og ernærer seg av detritus som finnes i sedimentet. Den befinner seg på et relativt lavt trofisk nivå.

Ciliatocardium ciliatum er et skjell som lever nedgravd i sand og mudder. Også denne arten er sannsynligvis en detritus-spiser, og som *Pectinaria* befinner arten seg på lavt trofisk nivå. Årsaken til de høye PCB-nivåene i denne arten er nok ikke biomagnifisering gjennom næringskjeden, men sannsynligvis at skjellet har tatt inn forurenset sediment. Også *Buccinum sp.* hadde et relativt høyt PCB-nivå. Denne arten er en rovsnegl som spiser det den kommer over. Den befinner seg således på et relativt høyt trofisk nivå og PCB-nivåene er sannsynligvis et resultat av biomagnifikasjon. De andre undersøkte artene hadde PCB-nivåer som lå mellom de angitte ytterpunktene.

En annen årsak til varierende PCB-nivåer kan være variasjoner i artenes lipid-innhold. De organiske miljøgifter er lipidløselige og man finner dermed vanligvis de høyeste konsentrasjonene i individer med høye lipidkonsentrasjoner. Omregning til lipid-basis endret imidlertid ikke helhetsbildet. Dioksinlignende PCB utgjorde fra 11 – 29 % av Σ PCB, og TEQ varierte fra 0,03 (skjellet *Arctica islandica*) til 0,19 ng/kg vv (*Buccinum sp.*).

Hop mfl. 2001 har undersøkt miljøgifter i 7 arter marine makrobenthos og fisk nær norske og russiske bosettinger på Svalbard. Sannsynlige lokale tilførsler av PCB ble påvist, se også kapittel 3.3.3.3. Fordelingsmønsteret (% av $\Sigma 6$ PCB) av ulike kongener viste seg ulike mellom fjorder. De største forskjellene var mellom områdene i nærheten av norske bosettinger og områdene i nærheten av russiske bosettinger. Resultatene viste også at det var en forskjell i PCB-mønster mellom organismer samlet inn utenfor de russiske og de norske bosettingene (Hop mfl. 2001), se også kapittel 3.3.3.3.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Øke kunnskapen om hvordan PCB påvirker organismene på lavere trofiske nivå.

FOTNOTER KAPITTEL 3

¹² Kongenerne PCB#18, 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183, 187, 195 og 209.

¹³ kongenerne PCB#28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183 og 187.

¹⁴ kongenerne PCB#28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183 og 187.

¹⁵ PCB # 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183 og 187

¹⁶ målinger i perioden 13-28. mai

¹⁷ målinger i perioden 26. august-9.september

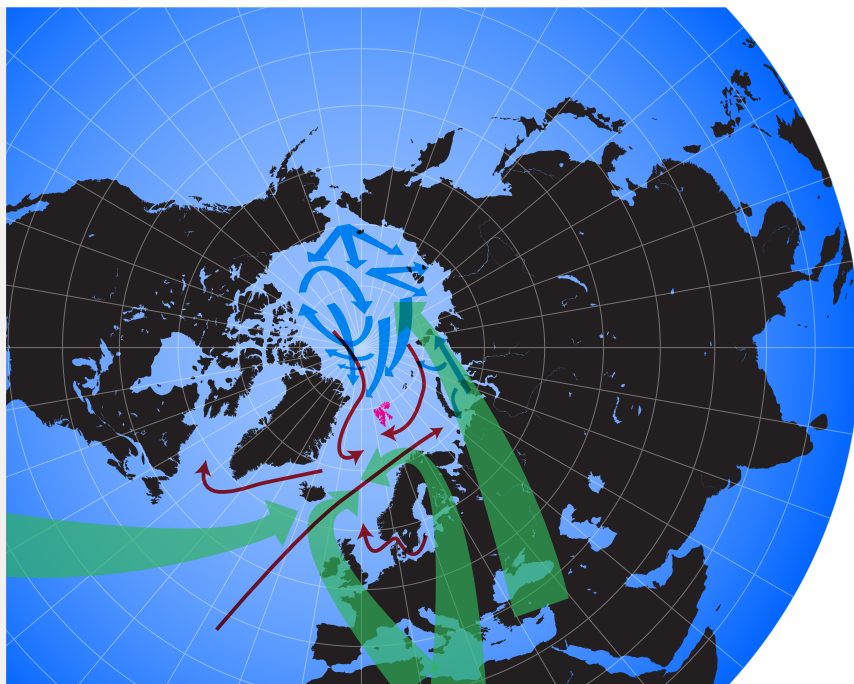
¹⁸ PCB # 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 128, 138, 153, 156, 170, 180, 183 og 187



Den desidert største tilførselen
av PCB til Svalbard kommer fra
andre deler av verden

60 % når Svalbard via luft
30 % gjennom havstrømmer
10 % gjennom istransport

PCB langtransporteres til Svalbard og arktiske områder via luft (grønn), vann (rød) og isbevegelser (blå).



4. PCB – KILDER, TILFØRSELSVEIER OG KLIMAENDRINGER

”PCB-konsentrasjonen i atmosfæren er fremdeles betydelig. Klimaendringene vil forsterke dette.”

Professor Roland Kallenborn, Universitet for miljø og Biovitenskap

4.1 KILDER OG TILFØRSELSVEIER FOR PCB

4.1.1 GENERELT

I tillegg til lokale PCB-kilder kommer PCB og andre miljøgifter hovedsakelig til Svalbard og Arktis gjennom langtransport med blant annet hav- og luftstrømmer og is, figur 4.1.1-1. Dette støttes av funn i en rekke undersøkelser og miljøovervåkingsprogrammer (Ballschmiter 1992; Iwata mfl. 1993; Nürnberg mfl. 1994; Pfirman mfl. 1995; Oehme mfl. 1996; Emery mfl. 1997; Pfirman mfl. 1997; Rigor og Colony 1997; Klif 1998; Berg mfl. 2004; Macdonald mfl. 2000; AMAP 1998 og 2004a; Pfirman mfl. 2004; Pavlov mfl. 2004; Pavlov 2007; Kallenborn mfl. 2007; Hung mfl. 2010).

Når stoffene kommer til Svalbard-området fordeles de via lokale og regionale luft- og vannstrømmer, nedbør, istransport og ved å bli en del av de biologiske systemene gjennom næringsnettet. Prosessene som er involvert i transport, fordeling, nedbryting og akkumulering er meget komplekse og vil i tillegg kunne påvirkes av klimaendringer, se kapittel 4.2.

- Atmosfærisk transport er den raskeste måten (dager eller uker) for transport av organiske miljøgifter, som PCB, fra Europa og andre kontinenter til Svalbard (Berg mfl. 2003; Eckhardt mfl. 2007; Hung mfl. 2010). Men det er stor forskjell på hvordan luften tar med seg de ulike kongenerene. Noen kan avsettes underveis, for så å fordampe igjen og bli med videre i



Zeppelinstasjonen i Ny-Ålesund måler miljøgifter i atmosfæren. Foto: Tor Ivan Karlsen, Norsk Polarinstitutt.

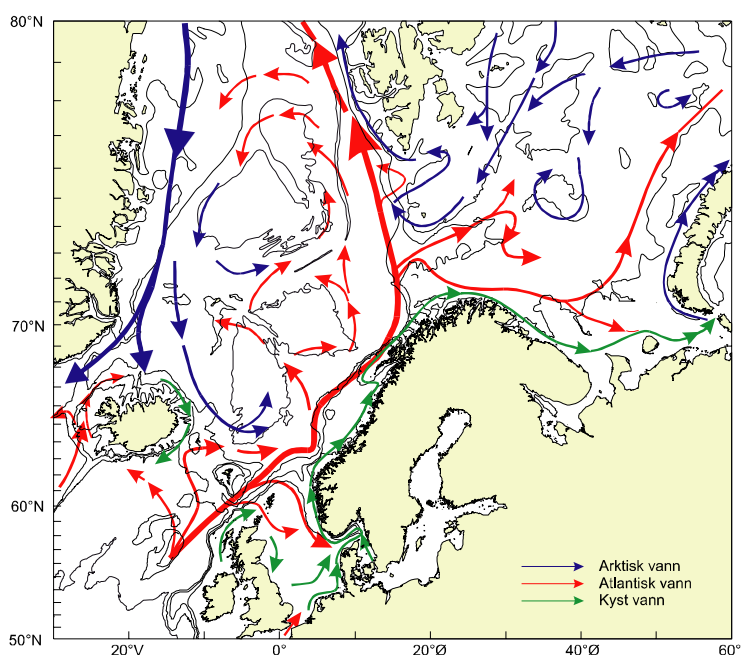
flere steg, såkalt ”gresshoppeeffekt” eller ”global destillasjon” (se figur 4.1.1-1). På Zeppelinfjellet ved Ny-Ålesund er det en målestasjon (78° 54' N, 11° 53' Ø) som fortløpende registrerer forurensninger av blant annet PCB i luften. Zeppelinstasjonen er en del av et AMAP-nettverk av luftovervåkingsstasjoner. Den spiller en viktig internasjonal rolle i langtidsovervåkingen av tungt nedbrytbare (persistente) organiske miljøgifter. I 1997 ble det opprinnelige måleprogrammet, som omfattet 10 PCB-kongenere, utvidet til å omfatte 29 kongenere. I 1998 ble antallet kongenere øket til 33 PCB, (Klif, TA-2033/2004). I tillegg blir summen av alle PCB-kongenene med 3 til 10 kloratomer bestemt. Det er registrert høye lufttilførsler av PCB i Barentshavet og nedfall fra luft utgjør største kilde for tilførsel av PCB til Barentshavet, (Green mfl. 2010). Dette settes i sammenheng med økt gassutveksling med atmosfæren og økt atmosfærisk avsetning ved lave vanntemperaturer og tilstedeværelse av sjøis, se kapittel 3.1.4.

- Havstrømmene fra Europa deler seg utenfor norskekysten. En del går langs vestkysten av Spitsbergen og fører med seg forurensninger fra sentrale deler av Europa. Se bilde 4.1.1-2. Tilførsel av forurensninger via havstrømmene er en vesentlig langsommere prosess enn transporten via atmosfæren.
- Sjøis, forurenset via atmosfærisk nedfall, og is som transporteres vestover fra de store russiske elvene og inn i Barentshavet fører med seg PCB. Stoffene frigjøres når is og snø smelter i de marginale smeltesonene i Framstedet og rundt Svalbard og Bjørnøya (Burkow mfl. 1998, SWIPA 2011).

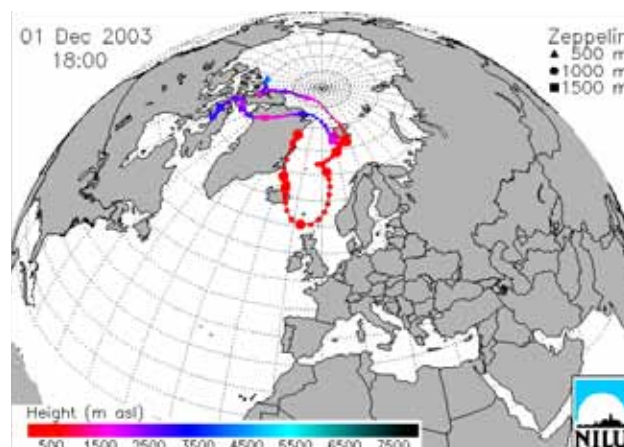
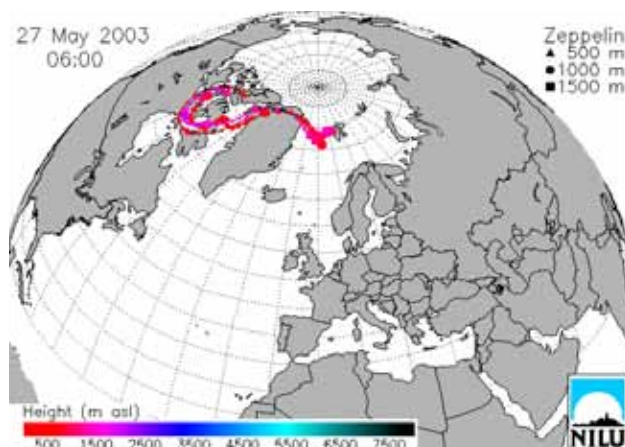
Et grovt estimat¹⁹ er at ca. 60 prosent av langtransportert partikelbundet PCB når Svalbard gjennom direkte og kontinuerlig transport via luftveien. 30 prosent direkte gjennom havstrømmer og 10 prosent gjennom istransport (partikler i isflak) og årlig utsmelting.



FIGUR 4.1.1-1 Gjennom forskjellige prosesser sprer PCB og andre miljøgifter seg til arktiske områder. Kilde: Norsk polarinstitutt



BILDE 4.1.1-2 Strømsystemene i Nordsjøen, Norskehavet, Grønlandshavet og Barentshavet. Golfstrømmen fører til at hele Norskehavet og store deler av Barentshavet er isfritt og åpent for biologisk produksjon. Kilde: Havforskningsinstituttet.



BILDE 4.1.2-1 Dominerende vindretninger på Svalbard frakter luftmasser sørfra og inn over øygruppa. De to høyeste luftmålingene, foretatt ved Zeppelin-stasjonen, ble registrert i luftmasser som hadde passert henholdsvis Nord-Amerika og over Russland. Bildene viser beregnede trajektorier med ankomst til Zeppelinstasjonen under prøvetaking 2003 av prøvene for uke 22 og 50, med de høyeste verdiene for Σ PCB. Kilde: Aas mfl. 2004

4.1.2 Atmosfærisk langtransportert PCB

Langtransportert forurensning omfatter en rekke miljøgifter. Hovedtransporten skjer via atmosfæren. Når luftstrømmene når arktiske områder avsettes forurensningen ved blant annet kald-kondensering (Wania mfl. 1993; AMAP 2004a; Hung mfl. 2010), se figur 4.1.2-1. Mye av den PCB som faller ned på fastlands-Norge og på Svalbard er slik langtransportert forurensning som skyldes utslipp fra andre land (AMAP 2002 og 2009, Oehme mfl. 1996a og b; Hansen mfl. 2009; Verreault mfl. 2010). I kapittel 7.1 dokumenteres, basert på modell-beregninger, noen mulige kilde-regioner på den nordlige halvkule for langtransportert PCB-forurensning til blant annet Svalbard-området.

PCB har lav vannløselighet og et damptrykk som gjør at stoffene (spesielt de lavklorerte) i gassfase lett kan transporteres via luft (flyktige PCB-kongenere) og de kan binde seg til partikler (såkalt "semi-volatile" PCB) i luften (Ballschmiter 1992; Beyer mfl. 2000). Begge former kan vaskes ut via nedbør som snø eller regn. PCB kan:

- tørravsettes når de er bundet til atmosfæriske partikler
- avsettes til hav-/vann-overflaten i fri form via diffusjon fra luft til vann. Den motsatte prosessen vil også kunne forekomme i form av fordampning, se også kapittel 3.1.4.

Retningen av diffusjonsutvekslingen av PCB vil være fra den fasen (luft eller vann) som har høyest kjemisk potensial (fugasitet) til den fasen med lavest kjemisk potensial, (Green mfl. 2010). Prosessen er meget vind- og temperaturavhengig. Den relative betydningen av de ulike formene for avsetning, avhenger videre i stor grad av de fysiske og kjemiske egenskapene til hvert enkelt stoff/kongener.

De dominerende vindretningene på Svalbard frakter luftmasser sørfra og inn over øygruppa. De to luftmålingene som viser høyeste PCB-konsentrasjon ved Zeppelin-stasjonen i 2003, ble registrert i luftmasser som hadde passert henholdsvis Nord-Amerika og over Russland, se figur 4.1.2-1, (Aas mfl. 2004).

En sammenlikning av PCB i luft fra seks arktiske atmosfæriske overvåkingsstasjoner viser at konsentrasjonene i luft målt ved Zeppelinstasjonen var høyest. For den kanadiske stasjonen Alert er det rapportert en nedgående trend for PCB i luft. En slik trend

kan ikke bekreftes for Zeppelinstasjonen (Hung mfl. 2010). Etter 2004 har det i stedet blitt påvist en økning av enkelte PCB-kongenere (Hung mfl. 2010), se kapittel 3.1.3.

PCB i atmosfæren kan komme fra:

- 1) Primære menneskeskapte (antropogene) utslipp som er en direkte følge av tidligere produksjon av PCB (Breivik mfl. 2002a og b).
- 2) Utslipp som skyldes utilsiktet nydannelse (*de novo synthesis*) av ulike PCB-forbindelser i forbrenningsprosesser (f.eks. Brown mfl. 1995).
- 3) Re-emisjon av PCB fra sekundære kilder i kontakt med luft, så som vann og jordsmonn (f.eks. Jeremiason mfl. 1994; Agrell mfl. 1999; Eckhardt mfl. 2007).

4.1.3 TRANSPORT AV PCB MED HAV OG HAVSTRØMMER

Havområdet rundt Svalbard har mange havstrømmer, se figur 4.1.3-1. Disse fører med seg PCB partikulært eller løst i vannmassene, omfordeler PCB i regionen og lokalt og sender noe forurensning ut av regionen (Green mfl. 2010).

Fra sørvest kommer det forholdsvis varme atlantehavsvannet. Mengden vann og temperaturen i vannet som kommer fra Norskehavet, endrer seg fra år til år og har mye å si for hvor varmt det er i havområdet. Fra nord og øst kommer det kaldt, mindre salt vann inn i Barentshavet. Noe vann kommer også via kyststrømmen som går langs norskekysten. Dette vannet kommer opprinnelig fra Nordsjøen og tilføres ferskvann og forurensninger fra blant annet norske elver (Slubowska-Woldengen mfl. 2006).

PCB bundet til partikler i vannet vil kunne falle til havbunnen og derved tilføre bunnsedimentene ytterligere forurensning.

Mengden PCB løst i havvannet er temperaturavhengig. Studier av lange tidsserier av temperaturen i vannet indikerer at gjennomsnittstemperaturen i sjøvannet øker. Dette tas som et tegn på menneskeskapt oppvarming og det er ventet at denne utviklingen vil fortsette (Miljøstatus 2010.12.28). En økning i vanntemperaturen vil kunne føre til at løst PCB re-emitteres og gradvis slippes ut i atmosfæren igjen (Macdonald, Fyfe og Harner 2005; Hung mfl. 2010; SWIPA 2011).

PCB blir også tilført Svalbard og havområdene rundt øygruppen med blant annet trekkende dyr og fugl. Eksemplifisert med hvitkinngås.
Foto: Halvard R. Pedersen



OSPAR bruker i sine målinger og beregninger kongenen PCB#153 som indikator på PCB-forurensning. De siste OSPAR-undersøkelsene (OSPAR 2009) indikerer at havområdet rundt Svalbard (se figur 4.1.3-2) i 2005 ble tilført PCB#153 i størrelsesorden $1 \cdot 10^{-5}$ mg/m²/år (OSPAR, 2008).

4.1.4 Transport av PCB med havis

Sjøisen som er eller kommer til områdene ved Svalbard, fungerer som et depot for PCB. Isen blir tilført stoffene fra blant annet atmosfæren. Også avrenning fra fastlandet, via for eksempel elver (blant annet de store russiske elvene og den norske kyststrømmen) hvor PCB-forurensning fryser inn i is, kan bli transportert til Svalbard-regionen. Dersom isen smelter, fører dette til lokal tilførsel av PCB til sjøvannet, se også kapittel 3.3.1.

Det er estimert at 10 prosent av langtransportert PCB-forurensning kommer til Svalbard med havis (Roland Kallenborn, personlig meddelelse).

Isdekket i havområdet rundt Svalbard varierer mye både gjennom året og mellom år, se også kapittel 3.1.4 og figur 3.1.4-1. Det er registrert at isdekket blir tynnere og at utstrekningen minsker (Gerland mfl. 2010). Spitsbergens vestkyst har de siste årene vært isfri hele året. Minskende isdekke antas, kombinert med avgassing av PCB fra sjøvannet, å være forklaringen til den registrerte økningen av atmosfærisk PCB ved Zeppelin-stasjonen (AMAP 2009; Hung mfl. 2010), se også kapittel 3.1.4.

4.1.5 TRANSPORT AV PCB MED DYR OG FUGLER

PCB blir også tilført Svalbard og havområdene rundt øygruppen med biota, blant annet trekkende dyr og fugl.

Analyse av persistente organiske miljøgifter i egg fra gjess, viser for eksempel at kortnebbgås er utsatt for høyere eksponering i kontinental-Europa enn det hvitkinngås er i Skottland (Steindal 2009). Gjess som er herbivore arter, har imidlertid vanligvis lave nivåer av POP-er sammenlignet med for eksempel sjøfugl eller marine pattedyr som befinner seg på et høyere trofisk nivå.

Tilførselen gjennom migrerende arter antas å være av mindre betydning enn annen langtransportert PCB-forurensning. Tilførsel med biota er dog viktig i enkelte lokale områder (Blais mfl. 2005 og 2007) slik som eksemplet med transport av PCB via fugleekskrementer fra marint miljø til Ellasjøen på Bjørnøya viser (Evenset mfl. 2004; 2005 og 2007a). Høye nivåer av PCB er også målt i sediment og røye fra sjøfuglpåvirkede innsjøer nord på Svalbard (Christensen mfl. 2008, Christensen mfl. 2011).

4.1.6 LOKALE OG REGIONALE KILDER

4.1.6.1 Generelt

Foreliggende rapport sammenstiller og dokumenterer en rekke nye og gamle lokale kilder for PCB på Svalbard:

- **Primære kilder:** Utstyr og materialer som inneholder PCB er potensielle primære kilder dersom de ikke håndteres forsvarlig. Utslipp fra disse kan forebygges/unngås. En stor del av de primære kildene er nå fjernet fra øygruppen og sendt til forsvarlig destruksjon.

Det foreligger ikke noen informasjon på hvor mye PCB-holdig utstyr, produkter og olje som over tid er tatt inn til Svalbard. PCB-oljens tekniske egenskaper gjorde at den blant annet ble tatt i bruk av gruveindustrien, forskningsstasjoner og bosetninger. Stoffene er brukt i blant annet isolasjons- og kjølemiddel i elektrisk utstyr (kondensatorer og transformatorer) og hydrauliske oljer. PCB har også blitt tilsatt og brukt i bygningsartikler, blant annet maling. De kjente primære kildene som fortsatt finnes på Svalbard er hovedsakelig knyttet til malte flater på bygg i russisk bosetning.

- **Sekundære kilder:** Dette er PCB som har forlatt primærkilden og er kommet ut i jord, vann, luft, flora og fauna og som ikke er brutt ned. Hoveddelen av den PCB som finnes på Svalbard er nå i form av sekundære kilder.



PCB-forbindelser er blitt spredt i miljøet ved utstyrshavari ved blant annet riving av utstyr/bygg og ved deponering av PCB-holdig olje og utstyr i avfallsfyllinger (feilhåndtering av avfall), (Kovacs 1996). PCB i sekundære kilder kan sees som midlertidig deponert. Det er stoffer som kan re-emitteres og bli biotilgjengelig.

4.1.6.2 Sekundære kilder og re-emmitering

PCB har potensial for reversibel atmosfærisk deponisjon (global fraksjonering/gresshoppeeffekt), (Wania og Mackay 1995) (se også figur 4.1.1-1). Nedbrytnings- og omdanningsprosessene av PCB under arktiske forhold er langsomme og skjer hovedsakelig i luftfasen. Det gjør at PCB som finnes på og rundt Svalbard vil kunne re-emitteres og spres videre i en langvarig midlertidig deponering/omfordeling mellom forskjellige media (for eksempel luft, vann, snø, jord, sediment og dyr). Slik omfordeling kan sees på som en fortynningsprosess (Axelman mfl. 2001). Konsekvensen kan være at en målt nedgang i konsentrasjon i et medium (for eksempel jord, vann, luft, sjøbunn, dyr) ikke nødvendigvis betyr at stoffene er brutt ned og uskadeliggjort, men at de kun er overført til et annet medium og hvor stoffene potensielt gjøres tilgjengelig for en påfølgende bioakkumulering og -magnifisering i næringskjedene.

Det er gjort mange undersøkelser som viser at det foregår utlekking av PCB og andre miljøgifter og at disse kan bli tatt opp i organismer og introdusert i næringskjedene på Svalbard. Da stoffene er vanskelig nedbrytbare og binder seg til partikler, vil de over tid samles i sedimenter hvor blant annet sedimentlevende virvelløse dyr (evertebrater) eksponeres for den biotilgjengelige delen av forurensningen i sedimentene. Evertebrater befinner seg lavt i næringskjeden og de fleste har begrenset evne til å omdanne/bryte ned (metabolisere) PCB-forbindelser. Som byttedyr for organismer høyere i næringskjeden vil evertebrater derfor fungere som ledd for overføring av PCB mellom sediment og dyr høyere i næringskjeden.

4.1.6.3 Primære kilder - PCB i bygningsmasse

NGU har i samarbeid med SMS og Klif studert innholdet av PCB i jord, sedimenter og bygningsmaterialer i samtlige bosetninger på Svalbard. Til sammen er det samlet inn 1019 prøver fra Barentsburg, Bjørnøya, Colesbukta, Fuglehuken fyr, Grumantbyen, Hopen, Hornsund, Isfjord radio, Longyearbyen, Ny-Ålesund, Pyramiden og Svea. Detaljerte beskrivelser fra miljøundersøkelsene utført i 2007, 2008 og 2009 er gitt i NGU-rapporter fra de respektive årene (Jartun mfl. 2007; Eggen og Ottesen 2008; Eggen mfl. 2008; Jartun mfl. 2009).

Resultatene viser at overflatejord i Barentsburg og Pyramiden er sterkt forurensset sammenlignet med de andre bosetningene. Konsentrasjonene er også høye i forhold til tilsvarende undersøkelser på fastlandet. Avflassende, gammel PCB-holdig maling og PCB-olje fra teknisk og/eller elektrisk utstyr, har vært de viktigste lokale PCB-kildene. PCB ble påvist i én eller flere prøver av betong og maling fra alle bosetninger unntatt Hopen, Hornsund og Svea.

I 2007 ble prøver av bygningsmaterialer fra de tre største bosetningene Longyearbyen, Barentsburg og Pyramiden samlet inn. Undersøkelsen viste at avflasket maling var sporbar som kilde til PCB i jord. I 2008 ble prosjektet utvidet til å omfatte prøvetaking av bygg i samtlige nåværende og tidligere bosetninger på Svalbard: Ny-Ålesund, Svea, Grumant, Colesbukta, Isfjord radio, Fuglehuken fyr og stasjonene på Hornsund, Hopen og Bjørnøya. Det ble påvist PCB i en eller flere materialer i alle bosetninger med unntak av Hopen, Hornsund, Ny-Ålesund og Svea. Sommeren 2009 ble en utfyllende prøvetaking gjennomført i Longyearbyen, Barentsburg og Pyramiden. Det finnes nå PCB-data fra én eller flere prøver av bygningsmaterialer fra alle bygninger i Barentsburg og Pyramiden og i fra de aller fleste i Longyearbyen. Resultatene viser at ca. 60 prosent av bygningene i Barentsburg og Pyramiden har bygningsmaterialer som inneholder PCB. I Longyearbyen ble det påvist PCB i ca. 15 prosent av bygningene. Til sammenligning har 29 prosent av bygningene fra perioden 1950-1980 på fastlandet PCB-holdige fasader (Jartun mfl. 2008).

MALING

STED	ANTALL PRØ- VER n	ARITM. SNITT Σ7PCB (mg/kg)	MEDIAN Σ7PCB (mg/kg)	MIN – MAKS Σ7PCB (mg/kg)	MEDIAN ^{BOSETN} /MEDIAN ^{TOTAL}
Totalt	305	20,9	0,175	<0,004-3520	-
Barentsburg*	105	41,5	0,520	0,020 – 3520	3,0
Bjørnøya	12	<0,35	<0,35	<0,35 – 0,690	1,0
Colesbukta	5	35,2	1,40	<0,35 – 160	8,0
Fuglehuken fyr	2	<0,35	<0,35	<0,35	1,0
Grumant	13	0,921	<0,35	<0,35 – 4,7	1,0
Hopen	5	<0,35	<0,35	<0,35	1,0
Hornsund	1	<0,35	<0,35	<0,35	1,0
Isfjord radio	6	1,21	1,30	<0,35 – 2,20	7,4
Longyearbyen*	60	0,221	<0,35	0,005 – 1,10	1,0
Ny-Ålesund	12	<0,35	<0,35	<0,35	1,0
Pyramiden*	83	21,7	0,536	<0,004 – 1290	3,1
Svea	1	<0,35	<0,35	<0,35	1,0

*Lavere deteksjonsgrense i 2007 (<0,004 mg/kg)

TABELL 4.1.6.3-1 Oversikt over Σ7PCB (mg/kg) i maling fra bosetningene på Svalbard. Kilde NGU

BETONG

STED	ANTALL PRØVER n	ARITM. SNITT Σ7PCB (mg/kg)	MEDIAN Σ7PCB (mg/kg)	MIN – MAKS Σ7PCB (mg/kg)	MEDIAN ^{BOSETN} /MEDIAN ^{TOTAL}
Totalt	122	0,149	0,01	<0,004-7,09	-
Barentsburg*	50	0,303	0,025	<0,004 – 7,09	1,3
Bjørnøya	-	-	-	-	-
Colesbukta	-	-	-	-	-
Fuglehuken fyr	-	-	-	-	-
Grumant	-	-	-	-	-
Hopen	1	<0,02	<0,02	<0,02	1,0
Hornsund	2	<0,02	<0,02	<0,02	1,0
Isfjord radio	1	<0,02	<0,02	<0,02	1,0
Longyearbyen*	18	0,016	0,010	<0,004 – 0,081	1,0
Ny-Ålesund	6	<0,02	<0,02	<0,02	1,0
Pyramiden*	44	0,058	0,010	<0,004 – 0,724	1,0
Svea	-	-	-	-	-

*Lavere deteksjonsgrense i 2007 (<0,004 mg/kg)

TABELL 4.1.6.3-2 Oversikt Σ7PCB (mg/kg) i betong fra bosetningene på Svalbard. Kilde NGU

Tabellene 4.1.6.3-1 og 4.1.6.3-2 gir oversikt over resultatene fra tre års undersøkelser av PCB i bygningsmaterialene maling og betong på Svalbard. I tabellene er det angitt antall prøver innenfor hver kategori, aritmetisk gjennomsnittskonsentrasjon, medianverdi og konsentrasjonsspredningen (min.- maks.). I tillegg er det inkludert en kategori hvor forholdet mellom medianverdien i hver enkelt bosetning og for hele datasettet er gitt. Dette gir en indikasjon på forurensningsgraden i den enkelte bosetningen. For resultater under deteksjonsgrensen er det i statistikken benyttet

halve deteksjonsgrensen.

De nyeste bygningene i Longyearbyen, Svea og Ny-Ålesund ble utelatt i undersøkelsen siden disse er bygget lenge etter at PCB-forbudet kom i 1980. Dette gjør at byggene ikke er undersøkt for mulig PCB i moderne maling. (Hu mfl. 2010).

FORSLAG TIL TILTAK:

- Sikre forsvarlig avfallshåndtering ved renoveringsarbeid på PCB-holdige fasader.

4.1.6.4 Primære kilder - PCB i teknisk utstyr

Det er gjennomført kartlegging, prøvetaking, fjerning og sanering av PCB-holdig utstyr i alle eksisterende og forlatte bosetninger. Bygg og anlegg er inspisert for potensielt PCB-holdig utstyr (i drift, gjenstående eller lagret). Der hvor det var mistanke om PCB er det tatt verifikasjonsprøver og analysert for Σ 7PCB. Status ved avslutning av prosjektet er:

- ☺ **Longyearbyen:** alt kjent PCB-holdig elektrisk utstyr er fjernet. Forlatte transformatorer ved gruve 5 er prøvetatt og verifisert PCB-frie. PCB-holdige isolerglassruter er registrert og merket. Rutene skal leveres til avfallsmottaket i Longyearbyen dersom de fjernes fra bygningskroppen.
- ☺ **Barentsburg:** alt kjent PCB-holdig elektrisk utstyr antas fjernet. Hovedtransformator i Barentsburg er ikke prøvetatt. Elektrisk utstyr nede i gruvegangene er ikke verifisert, men det er oppgitt fra TA at elektrisk utstyr er luftkjølt/isolert (med andre ord ikke noe elektrisk gruveutstyr er oljefyllt).
- ☺ **Svea:** alt kjent PCB-holdig elektrisk utstyr er fjernet. PCB-holdige isolerglassruter er registrert og merket. Rutene skal leveres til avfallsmottaket i Longyearbyen dersom de fjernes fra bygningskroppen.

- ☺ **Ny-Ålesund:** alt kjent PCB-holdig elektrisk utstyr er fjernet. PCB-holdige isolerglassruter er registrert og merket. Rutene skal leveres til avfallsmottaket i Longyearbyen dersom de fjernes fra bygningskroppen.
- ☺ **Hopen,** meteorologisk stasjon: alt kjent PCB-holdig elektrisk utstyr er fjernet. PCB-holdige isolerglassruter er registrert og merket. Rutene skal leveres til avfallsmottaket i Longyearbyen dersom de fjernes fra bygningskroppen.
- ☺ **Hornsund,** polsk forskningsstasjon: ikke noe PCB-holdig utstyr identifisert.
- ☺ **Pyramiden:** lekkende elektrisk høyspentutstyr er fjernet. Alt PCB-holdig elektrisk utstyr antas nå fjernet.
- ☺ **Grumant:** ikke noe PCB-holdig utstyr identifisert.
- ☺ **Bjørnøya,** meteorologisk stasjon: alt kjent PCB-holdig elektrisk utstyr er fjernet. PCB-holdige isolerglassruter er registrert og merket. Rutene skal leveres til avfallsmottaket i Longyearbyen dersom de fjernes fra bygningskroppen. Vraket etter skipet Petrozavodsk er undersøkt for blant annet PCB og det er ikke funnet noen kilder, (Kystverket 2010).



Barentsburg er kartlagt for PCB i bygningsmasse. Store mengder elektrisk avfall, bygningsrester og skrapmetall lå åpent i terrenget, spesielt i de russiske bosetningene. Deler av dette avfallet var PCB-holdig. Foto NGU.

I tillegg til tungt elektrisk høyspentutstyr er det totalt samlet inn 4762 kondensatorer fra lysarmaturer og mindre elektrisk-/elektronisk utstyr, se figur 4.1.6.4-1. Dette representerer størrelsesorden 250 kg PCB-olje. Til sammen 415 isolerglassruter med PCB er kartlagt og merket for senere avfallsbehandling.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Følge opp at PCB-holdige vinduer blir håndtert i tråd med regelverket

4.1.6.5 Primære kilder - Andre lokale kilder

PCB kan under gitte forutsetninger dannes i forbrenningsprosesser som kullbrenning og lignende, se kapittel 3.1.7. Det er også konstatert at PCB kan dannes i produksjonen av visse typer fargepigmenter (Hu mfl. 2010). Blant annet kongenene PCB#11, 206, 207, 208 og 209 er funnet i moderne pigmenter (Hu mfl. 2011).

Forholdet er også bekreftet gjeldende for såkalte brytfarger som benyttes i maling tilgjengelig på det norske markedet (Klif, arkiv nr 2010/1348). Det er ukjent hvilket omfang denne mulige PCB-kilden har i bosetningene på Svalbard.

4.2 EFFEKTER AV EVENTUELLE KLIMAENDRINGER

De seneste klimarapportene (UNEP/AMAP Expert Group 2011, IPCC 2007, ACIA 2005) identifiserer de forventende endringene som vil kunne ramme Svalbard og andre arktiske områder.

Arktiske områder synes å påvirkes raskere og med større utslag enn noen annen region på planeten (SWIPA 2011; IPCC 2007). I tillegg til direkte effekter i arktiske områder kan klimaendringene få konsekvenser, som også indirekte vil påvirke PCB-forurensningen på blant annet Svalbard; på lavere breddegrader kan en økning i hyppigheten av skogbranner øke tilførselen av miljøgifter til Arktis via luft (Øyseth 2010, Noyes P. D. mfl. 2009).

Forutsette klimatiske endringer kan påvirke isdekke og luft- og havstrømmer inn i Svalbard-området (Macdonald mfl. 2005). I tillegg vil for eksempel temperaturavhengige prosesser som adsorpsjon og akkumulering av PCB kunne påvirkes. Resultatet kan bli endringer direkte eller indirekte i kilder, transportprosesser og -veier og nedbrytningsmønstre som:

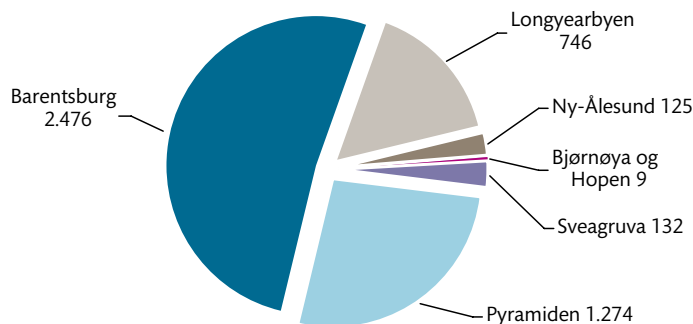
- tilførte typer kongenere og tilførte mengder (Øyseth 2010)

- fordeling mellom tilførselsveier. Studier har for eksempel vist at forandringer i temperatur har endret fordelingen (partisjonering) av organiske forbindelser, som PCB, mellom løst og partikulær fase i vann (Smith and McLachland, 2006) og luft (Macdonald mfl. 2005).
- geografisk fordeling av stoffene. Økt nedbør kan føre til øket erosjon og raskere utvasking av PCB fra sekundære kilder, for eksempel stoffer midlertidig lagret i jord, snø og is. Videre kan økt avsmelting fra isbreene og sjøis frigi stoffene som er bundet i isen (Øyseth 2010 NorAcia). Målinger i næringskjeder fra Svalbard indikerer en sesongvariasjon som kan tyde på innvirkning fra lokale isbrekilder, (Hallanger mfl. 2011).
- transformasjon og nedbrytning (for eksempel fotokjemisk og mikrobiell).
- biotilgjengelighet, og således opptak og akkumulering i organismer (Noyes mfl. 2009; Borgå mfl. 2010). Økt sjøtemperatur kan for eksempel indirekte påvirke økosystemene gjennom endringer i omsetning og effekter. Forandringer i struktur av næringsnett som følge av klimaendringer er dokumentert i arktiske fjorder (Willis mfl. 2006 og 2008; ACIA 2005). Det er også rapportert at fødeinntaket hos isbjørn fra Western Hudson Bay har endret seg med den følge at vevskonsentrasjoner av persistente organiske forbindelser har økt (McKinney mfl. 2009). Endringer i tidspunktet for det årlige oppbruddet av sjøis forklarte en vesentlig del av det endrete fødeinntaket.
- Effekter. I tillegg til effekter fra økede mengder miljøgifter vil andre stress-situasjoner kunne samvirke i negativ retning blant annet næringsstress. Eksempel er sjøfugler som tærer på fettlagrene i perioder med næringsmangel og hvor allerede lagrede miljøgifter kan frigjøres fra kroppsfett til blod. Frigierte miljøgifter kan bidra til redusert hekkesuksess og redusert overlevelse med påfølgende bestandsnedgang.

Zeppelinstasjonen har siden 2004 registrert en økning i nivåene av enkelte PCB kongenere og heksaklorbenzen (HCB). Dette kan indikere at forurensningstilførselen til Svalbard og Barentsregionen påvirkes av klimaendringer, se kapittel 3.1.4. Atlantisk varmt vann som strømmer opp langs Spitsbergens vestkyst som har vært isfri året rundt de siste årene antas, kombinert med avgassing av PCB fra sjøvannet, å være forklaringen på den registrerte økningen (AMAP 2009), se kapittel 4.1.3. Modellering av dette datamaterialet har blitt foretatt basert på IPCC-scenarier (Ma mfl. 2011).

INNSAMLETE PCB-KONDENSATORER 2007-2010

totalt 4.762 stk



Kilde: Sysselmannen på Svalbard, 2010

BILDE 4.1.6.4-1 Antall PCB-kondensatorer som er samlet inn i bosetningene. Det PCB-holdige elektriske utstyret er sendt til destruksjon.



Isbjørnen vil fortsatt måtte slite med PCB-forurensningen. Basert på dagens kunnskap er det ikke mulig å forutsi effekten av klimaendringene, men et mulig utfall er at PCB i arktiske områder vil øke. Dette vil da skje på tross av arbeidet i Stockholmkonvensjonen om utfasing og destruksjon. Over tid skulle dette tilsagt en minskning av stoffene. Foto: Magnus Andersen, Norsk Polarinstitutt

NorACIA har påpekt følgende (NorACIA 2010):

- Det er gjort lite forskning som kan bidra til å forutse hvordan miljøgiftbelastningen vil endre seg som følge av klimaendringer. Det er behov for å kartlegge hvordan endringer i luft- og havstrømmer vil påvirke forurensningstilførslene og hvordan sammensetningen som belaster arktiske økosystemer, vil endre seg som følge av dette.
- Det er videre viktig å få kunnskap om hvordan endret forurensningsbelastning, temperaturendringer og andre stressfaktorer samlet påvirker arter og økosystemer. Denne typen ny kunnskap er viktig for å kunne forutse effekten av endringene og eventuelt sette i verk tiltak for å motvirke de mest skadelige påvirkningene.

Det er igangsatt forskning som vil bote på noe av kunnskapsmangelen, blant annet COPOL (Contaminants in Polar regions) og "Combined Effects of Climate Change and Contaminants" (et AMAP-initiativ), sluttrapporten forventes primo 2012.

Basert på dagens kunnskap er det ikke mulig å forutsi effekten av alle endringene med sikkerhet. Et mulig utfall av varslede klimaendringer er at PCB i arktiske områder vil øke. Dette vil da skje på tross av intensjonen og arbeidet i Stockholmkonvensjonen om at stoffene skal fases ut og forsvarlig destrueres og som over tid skulle tilsi en minskning av stoffene/forurensningen.

Modellforsøk (Lamon mfl. 2009) tyder på at forsvarlig utfasing internasjonalt av primære kilder i tråd med Stockholm-konvensjonen, er viktigst for å oppnå reduksjoner.

4.2.1 MODELLERTE KLIMAENDRINGER PÅ ØST-SVALBARD

Scenariene for klimaendringer viser at endringene vil bli størst og komme først på Øst-Svalbard. Varmere klima vil kunne gi

store endringer i naturmiljøet og økosystemene i havet og på land. De viktigste endringene det neste hundreåret som er vist i modellene er:

- varmere klima (særlig høst og vinter)
- mer nedbør (10-40 prosent økning i forhold til den nedbøren dag)
- flere nedbørstunge dager
- større relativ økning fra sør til nord
- mer snø i nord, mindre snø i sør
- redusert snødybde, men ikke i ytre strøk
- mulig økning i maksimal vindstyrke og vindhastigheter til alle årstider

Ifølge Norsk Polarinstitutt kan Øst-Svalbard forvente store temperaturøkninger gjennom dette århundret. Spesielt i havområdet øst for Svalbard, og over øyene der det forventes økninger på 8 °C vinterstid allerede ved midten av århundret. Det blir også en endring i nedbørmengder, spesielt i nordlige deler. Selv om det i absolutte tall kan oppleves som små endringer siden det i dag faller lite nedbør over øygruppen. Det kan bli endringer i snødybde over øygruppen, opp til over 60 prosent mindre snødybde noen steder.

FORSLAG TIL TILTAK:

- Fortsette langsiktige studier for å klarlegge forholdet mellom klimaendringer og nivå av miljøgifter

FOTNOTE KAPITTEL 4

¹⁹Personlig meddelelse, Roland Kallenborn.



Foto: NGU

5 REFERANSER

Informasjonsmaterialet som ligger til grunn for rapporten

REFERANSER KAPITTEL 2

- AMAP 2011. *Arctic Pollution 2011. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo. vi + 38pp
- AMAP, 2009. *AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo, Norway. xiv+256 pp.
- AMAP, *Atmospheric Monitoring of Organic Pollutants in the Arctic under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): 1993-2006*, Sci. Tot. Environ. 408: 2854-2873.
- AMAP, 2004a. *AMAP assessment 2002: Persistent organic pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and assessment Programme (AMAP)*. Oslo, Norway, 309 s.
- AMAP, 1998. *AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo, Norway. xii +859 pp. AMAP, 2002. *Arctic Pollution 2002 Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo, 112 s.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A M P, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K, Borgå K, Gabrielsen G W, Skaare J U, 2001, *Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain*. Environmental Pollution 113, 187-198
- Christensen G N, Evenset A, 2011, *Miljøgifter i røye fra innsjøer på Svalbard*, Akvaplan-niva rapport nr. 4232-1
- Eek E, 2007, *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann - Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter*, TA-2229/2007
- Evenset A, Ottesen RT, 2009, *Norsk og russisk overvåking av PCB-forurensning ved bosettinger på Svalbard: Sammenligning av felt- og analysemetoder og resultater*. Akvaplan-niva rapport nr 4330 - 1
- Evenset A, Carroll J, Christensen GN, Kallenborn R, Gregor D og Gabrielsen GW 2007. *Seabird guano is an efficient conveyor of persistent organic pollutants to arctic lake ecosystems*. Environmental Science & Technology 41: 1173-1179.
- Folkehelsa, 2008, *PCB-forbindelser som ikke er dioksinliknende – faktaark* Publisert 23.10.2008, oppdatert: 14.12.2010, 09:35
- Gilman A, Ayotte P, Berner J, Dewailly E, Dudarev A, Bonefeld E, Jørgensen, Muckle, G, Odland J, Tikhonov C, 2009. *Public health and the effects of contaminants. AMAP Assessment 2009: Human Health in the Arctic*, pp. 143-190. Arctic Monitoring and Assessment Programme.
- Hansen H J, Danielsberg A, *Tilstandsklasser for forurenset grunn*, TA-2553/2009
- Havforskningsinstituttet, 2010a *Det faglige grunnlaget for oppdateringen av forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten*, Rapport fra Faglig forum, Overvåkingsgruppen og Risikogruppen til den interdepartementale styringsgruppen for forvaltningsplanen, særnummer 1a-2010
- Henriksen EO, Wiig Ø, Skaare JU, Gabrielsen GW, Derocher AE. *Monitoring PCB in polar bears: lesson learned from Svalbard*. J Environ Monitoring 2001; 3: 1-7
- Hermanson M H, Johnson G W, Matthews K, Isaksson E, Teixeira C, van de Wal R S W, Muir D C G. 2005. *Historic PCB congener profiles in an ice core from Svalbard, Norway*. Organohalogen Compounds (Proceedings 25th International Symposium on Halogenated Organic Environmental Pollutants and Persistent Organic Pollutants) 50, 936-939.
- Hermanson MH, Isaksson E, Teixeira C, Muir DCG, Compher KM, Li Y-F, Igarashi M, Kamiyama K, 2005. *Current-Use and Legacy Pesticide History in the Austfonna Ice Cap, Svalbard, Norway*. Environ. Sci. Technol. 39, 8163-8169.
- Hermanson M H, Matthews K A, Isaksson E, Texeira C, Muir D C G, Winther J-G, van de Wal R, Steig E J. *Congener profiles of polychlorinated biphenyls in an ice core from Lomonosovfonna, Svalbard*. Society for Environmental Toxicology & Chemistry (SETAC), 14th European Conference, Prague, Czech Republic, 2004.
- Hu D og Hornbuckle KC, 2010. *Inadvertent Polychlorinated Biphenyls in Commercial Paint Pigments*. Environmental Science & Technology, vol. 44, s.2822-2827
- Grandjean P mfl. 2001. *Neurobehavioral deficits associated with PCB in 7-year old children prenatally exposed to seafood neurotoxicants*. Neurotoxicol Teratol 23: 305-317. 27.
- Jenssen BM (2006). *Endocrine-disrupting chemicals and climate change: a worst-case combination for Arctic marine mammals and seabirds?* Environmental Health Perspectives 114 (Supp 1): 76-80.

- Konieczny R og Mouland L, 1997, *Tolkning av PCB-profiler. Beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter.*, Klif/SFT, report 97:33, Oslo, Norway
- Kuipers B, Cullen WR, Mohn WW (2003). *Reductive dechlorination of weathered Aroclor 1260 during anaerobic biotreatment of Arctic soils.* Canadian Journal of Microbiology 49 (1): 9-14.
- Letcher RJ, Bustnes JO, Dietz R, Jenssen BM, Jørgensen EH, Sonne C, Verreault J, Vijayan MM, Gabrielsen GW, 2010. *Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish.* Sci Total Environ. 408, 2995-3043.
- Li N, Wania F, Lei YD and Daly GL (2003). *A comprehensive and critical compilation, evaluation, and selection of physical-chemical property data for selected polychlorinated biphenyls.* Journal of Physical and Chemical Reference Data 32 (4): 1545-1590.
- Menzie CA og Coleman AJ (2007). *Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments: an overview of risk-related issues.* Human and Ecological Risk Assessment 13: 269-275.
- Miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/PCB/Mohn WM, Westerberg K, Cullen WR and Reimer KJ (1997). *Aerobic biodegradation of polychlorinated biphenyls by Arctic soil microorganisms.* Applied and Environmental Microbiology 63 (9): 3378-3384.
- Nasjonal handlingsplan for reduserte utslipp av PCB http://www.klif.no/nyheter/dokumenter/pcb_handlingsplan090709.pdf
- NIFES, 2010a, Nilsen BM, Frantzen S, Nedreaas K, Julshamn K, *Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkkeite (Reinhardtius hippoglossoides)*
- NIFES, 2010b *Miljøgifter i blanding påvirker hverandre*, hjemmeside 13.04.10
- Oehme M, Haugen J.-E, Schlabach M, 1996. *Seasonal changes and relations between levels of organochlorines in Arctic ambient air: first results of an all-year-around monitoring program at Ny-Ålesund, Svalbard, Norway.* Environ. Sci. Technol. 30, 2294-2304
- Pusch K, Schlabach M, Prinzinger R, Gabrielsen GW, 2005. *Gull eggs - food of high organic pollutant content?* Journal of Environmental Monitoring 7, 635-639.
- Riksrevisjonen rapport 3:8 (2006-2007). *Riksrevisjonens undersøkelse av forvaltningen av Svalbard*
- Snappe I, Acomb L, Barnes DL, Bainbridge S, Eno R, Filler DM, Plato N, Poland JS, Raymond TC, Rayner JL, Riddle MJ, Rike AG, Rutter A, Schafer AN, Siciliano SD and Walworth JL (2007). *Contamination, regulation and remediation: an introduction to bioremediation of petroleum hydrocarbons in cold regions.* In Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in Cold Regions, ed. Filler DM, Snappe I and Barnes D. Cambridge: Cambridge University Press: p. 1-37.
- Snappe I, Riddle MJ, Filler DM and Williams PJ (2003). *Contaminants in freezing ground and associated ecosystems: key issues at the beginning of the new millennium.* Polar Record 39 (211): 291-300.
- Stewart P mfl. 2003. *Cognitive development in preschool children prenatally exposed to PCBs and MeHg.* Neurotoxicol Teratol 25: 11-22.
- Stølevik SB, Nygaard UC, Namork E, Haugen M, Kvalem HE, Meltzer HM, Alexander J, van Delft JH, Loveren HV, Løvik M, Granum B. *Prenatal exposure to polychlorinated biphenyls and dioxins is associated with increased risk of wheeze and infections in infants.* Food Chem Toxicol 2011 May 6. (Epub i trykk)
- St. meld. nr. 12 (2001-2002) *Rent og rikt hav*
- St. meld. nr. 22 (2008-2009) *Svalbard*
- Svalbardmiljøloven, *Lov 15. juni 2001 om miljøvern på Svalbard*
- Sysselmannen, 2010. *Svalbard fritt for lokale PCB-kilder*, prosjektrapport 2010 og sluttrapport. 4 s.
- Sysselmannen, 2009. *Svalbard fritt for lokale PCB-kilder*, prosjektrapport 2009. 8 s.
- Sysselmannen, 2008. *Svalbard fritt for lokale PCB-kilder*, prosjektrapport 2008. 8 s.
- Sysselmannen, 2008 *PCB på Svalbard. Kunnskaps- og forvaltningsstatus, april 2008.* Rapport 1/2008
- Typhoon, 2010 *Oversikt over forurensning av naturmiljøet på grunnlag av resultatene av basisovervåking og lokal overvåking av miljøet i områder med russisk næringsvirksomhet på Svalbard (Barentsburg med tilgrensende områder) i 2010*, St. Petersburg, 2010. (oversettelse fra russisk)
- Typhoon, 2009 *Oversikt over forurensning av naturmiljøet, basert på resultater av bakgrunnsmiljøovervåking og lokal miljøovervåking, gjort i næringslokalitetene til de russiske bedriftene i Spitsbergen-arkipelet (bygda Barentsburg og de tilgrensende strøk)*, St. Petersburg, 2009. (oversettelse fra russisk)
- Typhoon, 2004 *Review of environmental pollution in the area of Barentsburg settlement on the Spitsbergen archipelago based on the results of baseline ecological monitoring in 2002 "Monitoring of the Arctic" of Roshydromet (saksnr. 2001/00201, dok. Nr. 20 I Sysselmannens arkiv).*
- Van den Berg M, Birnbaum L S, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson R E, *The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds*, Toxicol. Sci. 93 (2006) 223-241.

REFERANSER KAPITTEL 3

- Aas W, Solberg S, Manø S og Yttri KE, 2008. *Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosferisk tilførsel*, 2007. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning, OR 29/2008 (Klif/SFT rapport nr TA-1033/2008).
- Andersen G, Kovacs KM, Lydersen C, Skaare JU, Gjert I, Jenssen BM. *Concentrations and patterns of organochlorine contaminants in white whales (Delphinapterus leucas) from Svalbard, Norway.*, The Science of the Total Environment, Volume 264, Number 3, 17 January 2001, pp. 267-281(15)
- Andersen M, Lie E, Derocher AE, Belikov SE, Bernhoft A, Bultinov AN, Garner GW, Skaare JU, Wiig Ø. *Geographic variation of PBC congeners in polar bears (Ursus maritimus) from Svalbard east to the Chukchi Sea.* Polar Biol 2001; 24: 231-238
- Andersson M, Ottesen R T og Haugland T, 2006. *Overvåking av jordforurensning i Trondheim 1994 – 2004.* NGU rapport 307200.
- Aluru N, Jørgensen EH og Vijayan MM 2004. *PCB disruption of the hypothalamus-pituitary-interrenal axis involves brain glucocorticoid receptor downregulation in anadromous Arctic charr.* Amer. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 287:R787-793.
- AMAP, 2011. *Climate Change and the Cryosphere: Snow, Water, Ice and the Permafrost in the Arctic.* AMAP, Oslo, (in press).
- AMAP, 2009. *Arctic Pollution 2009: Persistent Organic Pollutants in the Arctic, Arctic Monitoring and Assessment programme*, Sci. Total Environ., special issue.
- AMAP, 2004a. *AMAP assessment 2002: Persistent organic pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and assessment Programme (AMAP).* Oslo, Norway, 309 s.
- AMAP, 2002. *Arctic Pollution 2002 Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).* Oslo, 112 s.

- AMAP, 2000. *PCB in the Russian Federation: Inventory and proposals for priority remedial actions. Executive summary. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Center for International Projects, 26 s.
- AMAP, *Norwegian Implementation Plan* (01.09.2000)
- AMAP, 1997. *Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo, 188 s.
- Bakke T, Boitsov S, Brevik EM, Gabrielsen GW, Green N, Ruus A, Helgason LB, Klungsøyr J, Leknes H, Miljeteig C, Måge A, Rolfnes BE, Savinova T, Schlabach M, Skaare BB, Valdersnes S. 2008. *Mapping selected organic contaminants in the Barents Sea 2007*. Norwegian Pollution Control Authority (SFT), SPFO-report no. 1021/2008, (TA-2400/2008). NIVA report 5589:137pp.
- Bang K, Jenssen B M, Lydersen C og Skaare J U, 2001. *Organochlorine burdens in blood of ringed and bearded seals from north-western Svalbard*. Chemosphere 44, 193-203.
- Banks D. 1996. *The hydrochemistry of selected coal mine drainage and spoil-tip run-off waters, Longyearbyen, Svalbard*. NGU rapport nr 96.141.
- Barsch D, Gude M, Mausbacker R, Schukraft G, Schulte A. 1994. *Recent fluvial sediment budgets in glacial and periglacial environments, NW Spitsbergen*. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. suppl. bd 97: 111-122.
- Becker S, Halsall CJ, Tych W, Hung H, Blanchard P, Li H, Fellin P, Kallenborn R, Schlabach M og Manø S. 2005. *Investigating the long-term trends of atmospheric POPs in the Canadian and Norwegian Arctic: a spatial Comparison*. Organohalogen comp. CD 1937: 995-997
- Benjaminson H, 2009. *Partikkeltransport fra land til hav i Barentsburg og Pyramiden, Svalbard. Et grunnlag for beregning av transport av miljøgifter*. NVE, 5 s.
- Berg T, Kallenborn R og Manø S. 2004. *Temporal Trends in Atmospheric Heavy Metal and Organochlorine Concentrations at Zeppelin, Svalbard*. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 36/3: 283-290
- Berner J og Furgal C. 2005. *Human health*. In: Symon, C., Arris, L. og Heal, B., editors. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, New York, 2005, 863-906.
- Bernhoft A, Skaare JU, Wiig Ø, Derocher AE, Larsen HJ. *Possible immunotoxic affects and organochlorines in polar bears (Ursus maritimus) at Svalbard*. J Toxicol Environ Health 2000; 59: 101-114.
- Bernhoft A, Wiig Ø, Skaare JU. *Organochlorines in polar bears (Ursus maritimus) at Svalbard*. Environ Pollut 1997; 95 (2): 159-175.
- Borgå K, Fisk A T, Hoekstra P F, Muir D C G. *Biological and chemical factors of importance in the bioaccumulation and trophic transfer of persistent organochlorines contaminants in Arctic marine food webs*. Environ. Toxicol. Chem. 2004, 23, 2367-2385
- Borgå K, Gulliksen B, Gabrielsen GW, Skaare J U *Size-related bioaccumulation and between-year variation of organochlorines in ice-associated amphipods from the Arctic Ocean* Original Research Article Chemosphere, Volume 46, Issues 9-10, March 2002, Pages 1383-1392
- Bourne WRP, Bogan JA, 1972. *Polychlorinated Biphenyls in North Atlantic Seabirds*. Marine Pollution Bulletin 3, 171-175.
- Braune B M, Simon M, 2003. *Dioxins, furans, and non-ortho PCBs in Canadian Arctic seabirds*. Environmental Science & Technology 37, 3071-3077.
- Braathen M, Derocher AE, Wiig Ø, Sørmo EG, Lie E, Skaare JU og Jenssen BM. 2004. *Relationships between PCBs and thyroid hormones and retinol in female and male polar bears*. Environmental Health Perspectives, Vol.112, No.8, 826-833.
- Breedveld og Skedsmo 2000 a; *Svalbard - Supplerende undersøkelse av forurensede lokaliteter, Longyearbyen I*. NGI-rapport 994070-1.
- Breedveld og Skedsmo 2000 b; *Svalbard - Supplerende undersøkelse av forurensede lokaliteter, Longyearbyen II*. NGI-rapport 994070-2.
- Breedveld og Skedsmo 2000 c; *Svalbard - Supplerende undersøkelser av forurensede lokaliteter, Tvillingvann, Ny-Ålesund*. NGI-rapport 994070-3.
- Breedveld 2000 d; *Svalbard - Terrestriske bakgrunnsverdier i Longyearbyen*. NGI-rapport 994070-5
- Breedveld 2000 e; *Svalbard - Avklarende undersøkelser av forurensede lokaliteter, Svea*. NGI-rapport 994070-4.
- Breedveld mfl. 1999 a, *Svalbard - Undersøkelse av forurensede lokaliteter, Longyearbyen I*. NGI-rapport 984096-1. 65 s.
- Breedveld mfl. 1999 b, *Svalbard - Undersøkelse av forurensede lokaliteter, Longyearbyen II*. NGI-rapport 984096-2. 65 s.
- Breedveld mfl. 1999 c, *Svalbard - Undersøkelse av forurensede lokaliteter, Ny Ålesund*. NGI-rapport 984096-3.
- Breedveld mfl.. 1999 d, *Svalbard - Undersøkelse av forurensede lokaliteter, Pyramiden og Barentsburg*. NGI-rapport 984096-4.
- Børresen 2003; *Miljøundersøkelse av forurensede lokaliteter, Ny-Ålesund*. NGI-rapport 20021380-1.
- Børresen og Sørli 2002; *Miljøundersøkelser ved de russiske områdene i Barentsburg og Pyramiden samt Hollenderdalen og Colesbukta*. NGI-rapport 20011181-1.
- Breivik K, Czub G, McLachlan MS, Wania F, 2010. *Towards an understanding of the link between environmental emissions and human body burdens of PCBs using CoZMoMAN*. Environment International 2010; 36: 86-92.
- Breivik K, Sweetman A, Pacyna JM og Jones KC, 2007. *Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners - a mass balance approach. 3. An update*. Science of the Total Environment. vol. 377, No. 2-3, pp. 296-307.
- Burkow IC og Kallenborn R. 2000. *Sources and transport of persistent pollutants to the Arctic*. Toxicological letters 112-113: 87-92.
- Burkow IC og Kallenborn R. 1998. *Langtransport av miljøgifter til nordområdene*. Ottar 1: 24-28
- Bydrift Longyearbyen, 2007, *Tiltak ved Longyear Energiverk Etappe 1: Måling/beregning av utslipp til luft, Framtidig disponering av askeavfall*, 2007, Dokument nr. P:\100574 Longyear Energiverk\Notat rapport\100574 Tiltak Energiverk
- Bydrift Longyearbyen, 2005. *Avfallsplan for Longyearbyen 2005-2010*.
- Carrizo og Gustafsson, 2011. *Distribution and Inventories of Polychlorinated Biphenyls in Polar Mixed Layer of Seven Pan-Arctic Shelf Seas and the Interior Basins*. Environmental Science & Tehnology asap
- Carroll J, Savinov V, Savinova T, Dahle S, McCrea R og Muir DCG. 2008. *PCBs, PBDEs and pesticides released to the Arctic Ocean by the Russian Rivers Ob and Yenisei*. Environ. Sci. Technol. 2008, 42, 69-74.
- Choy E S, Kimpe L E, Mallory ML, Smol J P, Blais J M, 2010. *Contamination of an arctic terrestrial food web with marine-derived persistent organic pollutants transported by breeding seabirds*. Environmental Pollution 158, 3431-3438.
- Christensen G N, Evenset A, 2011, *Miljøgifter i røye fra innsjøer på Svalbard*, Akvaplan-niva rapport nr. 4232-1
- Christensen G N, Evenset A, Rognerud S, Skjelkvåle BL, Palerud R, Fjeld E, Røyset O. 2008, *National lake survey 2004-2006*,

- part III: AMAP. Status of metals and environmental pollutants in lakes and fish from the Norwegian part of the AMAP region. TA-2363/2008
- Christensen G N, Evensen A, Zaborska A, Berger U og Carroll JL. 2004. *Datering av sediment og historisk utvikling av miljøgifter i Ellasjøen, Bjørnøya*. Klif/SFT-report 906/04, TA2041/2004, Statlig program for forurensningsovervåkning. 33 p.
- Cochrane S, Næs K, Carroll J, Trannum HC, Johansen R og Dahle S, 2001. *Marin miljøundersøkelse ved bosetningene Barentsburg, Longyearbyen og Pyramiden i Isfjorden, Svalbard*. Akvaplan-niva rapport APN-414.1466. 57 s.
- Cooper D A. HCB, PCB, PCDD and PCDF emissions from ships. Atmospheric Environment, Vol. 39, pages 4901-4912, 2005.
- Cooper D A, Peterson K og Simpson D: *Hydrocarbon, PAH and PCB emissions from ferries: a case study in the Skagerak-Kattegat-Øresund region*. Atmospheric Environment Vol 30, No. 14, pp2463-2473, 1996.
- COPOL, Prosjektet *Contaminants in Polar Regions: Dynamic Range of Contaminants in Polar Marine Ecosystems*
- Daelemans FF, Mehlum F, Lydersen C, Schepens PJC, *Mono-ortho and non-ortho substituted PCBs in Arctic ringed seal (Phoca hispida) from the Svalbard area: Analysis and determination of their toxic threat* Original Research Article, Chemosphere, Volume 27, Issues 1-3, July-August 1993, Pages 429-437
- Danielsberg A, Kartlegging av deponier, forurenset grunn og etterlatenskaper på Svalbard, 1998 Klif, TA-1522,
- Derocher AE, Wolkers H, Colborn T, Schlabach M, Larsen TS, Wiig O, *Contaminants in Svalbard polar bear samples archived since 1967 and possible population level effects*, The Science of the Total Environment, Volume 301, Number 1, 1 January 2003 , pp. 163-174(12)
- de Wit CA, Fisk A, Hobbs K, Muir D, Gabrielsen G, Kallenborn R, Krahn M, Norstrom R, Skaare J. 2003. *Persistent Organic Pollutants*. In: Wilson SJ, Murray JL, Huntington HP, eds, AMAP II Assessment Report. Arctic Pollution Issues, Arctic Monitoring and Assessment Program, Oslo, Norway, +310pp.
- de Wit C, Fisk A T, Hobbs K E, Muir D C G, Gabrielsen G W, Kallenborn R, Krahn M M, Norstrom R J, og Skaare J U. 2004. *AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic*. Oslo, Norway: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).
- Detlef E. Schulz, Gert Petrick og Jan C. Duinker (1991). *Polychlorinated biphenyls in North Sea water*. Marine Chemistry, 36, 365-384
- Dietz R, Riget FF, Sonne C, Letcher R, Born EW og Muir DCG. 2004. *Seasonal and temporal trends in polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in East Greenland polar bears (Ursus maritimus)*, 1990-2001. Science of the Total Environment 331, 107-124.
- Direktoratet for naturforvaltning, Utredningsrapport 2000-10, *Oversikt og vurdering av miljøforvaltningens virkemidler og måloppnåelse for Svalbard*
- Eckhardt S, Breivik K, Mano S, Stohl A. 2007. *Record high peaks in PCB concentrations in the Arctic atmosphere due to long-range transport of biomass burning emissions*. Atmospheric Chemistry and Physics 2007; 7: 4827-4836
- Eckhardt S, Breivik K, Mano S, Stohl A. *Record high peaks in PCB concentrations in the Arctic atmosphere due to long-range transport of biomass burning emissions*. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions 7, 3 (2007) 6229-6254
- Eckhardt S, Stohl A, Beirle S, Spichtinger N, James P, Forster C, Junker C, Wagner T, Platt U, og Jennings S G, 2003. *The North Atlantic Oscillation controls air pollution transport to the Arctic*, Atmospheric Chemistry and Physics, 3, 1769-1778
- Eggen OA, Jartun M og Ottesen RT, 2010a. *Bakgrunnsnivåer av overflatejord rundt Forlandssundet på Svalbard*. NGU Rapport 2010.029
- Eggen OA, Jartun M og Ottesen RT, 2010b. *Undersøkelse av PCB i ni deponier på Svalbard*. NGU Rapport 2010.028
- Eggen OA og Ottesen RT, 2008. *Kartlegging av mulige lokale kilder til PCB på Bjørnøya, Hopen og Hornsund*. NGU-rapport 2008.083, 14 s.
- Eggen OA, Ottesen RT og Volden T, 2008. *Undersøkelse av mulige lokale kilder til PCB i Barentsburg, Colesbukta, Fuglehuken fyr, Grumant, Isfjord radio, Longyearbyen, Ny-Alesund og Svea*. NGU-rapport 2008.073, 43 s.
- Elverhøi A, Lønne O, Seland R, 1983. *Glaciomarine sedimentation in a modern fjord environment, Spitsbergen*. Polar Research 1: 127-149.
- Evenset A og Christensen GN, 2012a. *Undersøkelse av forurensningstilstand i Kinnvika, Nordaustlandet, Svalbard, 2011*. Akvaplan-niva rapport 5524 – 1, 26 + vedlegg
- Evenset A og Christensen GN, 2012b. *Miljøgifter i jord, marine sedimenter og fisk fra Kinnvika, Nordaustlandet, Svalbard, 2011*. Akvaplan-niva rapport 5203 – 1, 26 + vedlegg
- Evenset A. 2010. *Forurensning ved bosettinger på Svalbard. Behov for oppfølgende undersøkelser og tiltak*. Akvaplan-niva rapport 4900-1. 39 s.
- Evenset A og Christensen GN, 2009. *Undersøkelse av miljøgifter i sediment utenfor Kapp Amsterdam, Svea*. Akvaplan-niva rapport 4709-1. 16 s.
- Evenset A og Christensen GN, 2009. *PCB i bosettinger på Svalbard - Et problem for dyreliv i havet?* Akvaplan-niva rapport 4352-1. 33s + vedlegg.
- Evenset A, Christensen GN og Palerud R. 2009. *Miljøgifter i marine sedimenter i Isfjorden, Svalbard 2009. Undersøkelser utenfor Longyearbyen, Barentsburg, Pyramiden og Colesbukta*. Akvaplan-niva rapport 4707-1.
- Evenset A, Ottesen RT. 2009, *Norsk og russisk overvåking av PCB-forurensning ved bosettinger på Svalbard: Sammenligning av felt- og analysemetoder og resultater*. Akvaplan-niva rapport nr 4330 - 1
- Evenset A, Carroll J, Christensen GN, Kallenborn R, Gregor D og Gabrielsen GW 2007a. *Seabird guano is an efficient conveyor of persistent organic pollutants to arctic lake ecosystems*. Environmental Science & Technology 41: 1173-1179.
- Evenset A, Christensen GN, Carroll J, Zaborska A, Berger U, Herzke D og Gregor D. 2007b. *Historical Trends in Persistent Organic Pollutants and Metals Recorded in Sediment from Lake Ellasjøen, Bjørnøya, Norwegian Arctic*. Environmental Pollution 146: 196-205.
- Evenset A, 2006. *Seabirds as transport vectors for persistent organic pollutants (POPs)*. Ph. D. thesis. Norwegian College of Fishery Science/University of Tromsø.
- Evenset A, Christensen GN og Palerud R. 2006. *Miljøgifter i marine sedimenter, Isfjorden, Svalbard 2005*. Akvaplan-niva rapport APN-414.3341. 37 s.
- Evenset A, Christensen GN og Kallenborn R, 2005. *Selected chlorobornanes, polychlorinated naphthalenes and brominated flame retardants in Bjørnøya (Bear Island) freshwater biota*. Environmental Pollution 136: 419-430.
- Evenset A, Christensen GN, Skotvold T, Fjeld E, Schlabach M., Wartena Y og Gregor D, 2004. *A comparison of organic contaminants in two high arctic lake ecosystems, Bjørnøya (Bear Island), Norway*. The Science of the Total Environment 318: 125-141.

- Evenset A, Christensen GN, Skotvold T, Kallenborn R, Schlabach M og Gabrielsen GW, 2002. *Organochlorine contaminants in biota, fog and precipitation from Bjørnøya*. Akvaplan-niva report 510.1882.
- Evenset A. 2002. *Klorerte miljøgifter i sedimentprøver fra Adventfjorden, Svalbard*. Akvaplan-niva rapport APN-414.2369.
- Fisk A T, Hobson K A, Norstrom R J. *Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the northwater polynya marine food web*. Environ. Sci. Technol. 2001, 35, 732–738.
- Forsvarets forskningsinstitutt. *Effekter av polyklorerte bifenyl (PCB) på nervesystemet* Prosjektnr: 109119/720.
- Fuglei E, Bustnes JO, Hop H, Mork T, Bjørnfoth H, van Bavel B 2007. *Environmental contaminants in arctic foxes (Alopex lagopus) in Svalbard: Relationships with feeding ecology and body condition*. Environmental Pollution 146:128-138.
- Gabrielsen GW, Hallanger IG, Ruus A, Evenset A, Christensen G, Bustnes JO, Heimstad E, Warner N, Øverjordet IB, og K Borgå 2011. *Contaminants in Polar Regions-COPOL*. In: Polaråret 2007-2008. Det norske bidraget. Page 130-133.
- Gabrielsen GW, Sydnes LK. 2009. *Pollution in the Barents Sea. I: Ecosystem Barents Sea*. Sakshaug E, Johnsen G og Kovacs K. (Red). Tapir Academic Press
- Gabrielsen GW, 2007. *Levels and effects of persistent organic pollutants in arctic animals*. In "Arctic-Alpine Ecosystems and People in a Changing Environment" Orbaek J B, Kallenborn R, Tombre I, Hegseth E N, Falk-Petersen S og Hoel A H. (eds). Springer Verlag, Berlin, Chapter 20, page 377-412.
- Gabrielsen GW, Knudsen L B, Schlabach M, 2005. *Kartlegging av organiske miljøgifter i havbest*, Klif TA-2073
- Gabrielsen GW og Bustnes J O. 2004. *Er polarmåkene på Bjørnøya påvirket av miljøgifter?* Ottar 5: 60-65.
- Gabrielsen GW og Henriksen E. 2001. *Persistent organic pollutants in Arctic animals in the Barents Sea area and at Svalbard. Levels and Effects*. In: Memoirs of National Institute of Polar Research, Spessial Issue; No. 54, 349-364.
- Gandhi N, Bhavsar S-P, Gewurtz SB, Diamond ML, Evenset A, Christensen GC og Gregor D. 2006. *Development of a multi-chemical food web model: Application to PBDE in lake Ellasjøen, Bear Island, Norway*. Environmental Science and Technology 40: 4714-4721.
- Gewurtz SB, Laposa R, Gandhi N, Christensen GN, Evenset A, Gregor D og Diamond ML. 2006. *A comparison of contaminant dynamics in arctic and temperate fish: A modeling approach*. Chemosphere 63: 1328-1341.
- Gioia R, Nizzetto L, Lohmann R, Dachs J, Temme C, Jones KC. 2008. *Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in air and seawater of the Atlantic Ocean: Sources, trends and processes*. Environmental Science & Technology 2008; 42: 1416-1422.
- Green NW, Molvær J, Kaste Ø, Schrum C, Yakushev E, Sørensen K, Allan I, Høgåsen T, Christiansen AB, Heldal HE, Klungsoyr J, Boitsov S, Børsheim KY, Måge A, Julshamn K, Aas W, Braathen OA, Breivik, Eckhardt S, Rudjord AL, Iosipe M, Brungot AL, 2010. *Tilførselsprogrammet 2009. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Barentshavet og Lofotenområdet*. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Rapport TA 2660/2010. NIVA rapport 5980-2010. ISBN 978-82-577-5715-1. 245 sider
- Grochowalski A, Konieczynski J. *PCDDs/PCDFs, dl-PCBs and HCB in the flue gas from coal-fired CFB boilers*. Chemosphere 73 (2008) 97–103.
- Gustafsson Ö, Andersson P, Axelmann J, Bucheli TD, Kömp P, MacLachlan MS, Sobek A, Thörngren J-O, 2005. *Observations of the PCB distribution within and in-between ice, snow, ice-rafted debris, ice-interstitial water and seawater in the Barents Sea marginal ice zone and the North Pole area*. Science of the Total Environment 342, 261-279.
- Haave M, Ropstad E, Derocher AE, Lie E, Dahl E, Wiig Ø, Skaare JU, Jensen BM. (2003): *Polychlorinated Biphenyls and reproductive hormones in female polar bears at Svalbard*. Environ Health Persp, 2003, 4 (volume 111): 431-436.
- Hallanger IG, Ruus A, Herzke D, Warner NA, Evenset A, Heimstad ES, Gabrielsen GW, Borgå K, 2011a. *Influence of season, location, and feeding strategy on bioaccumulation of halogenated organic contaminants in Arctic marine zooplankton*. Environmental Toxicology and Chemistry 30, 77-87.
- Hallanger IG, Ruus A, Warner NA, Herzke D, Evenset A, Schoyen M, Gabrielsen GW, Borgå K, 2011b. *Differences between Arctic and Atlantic fjord systems on bioaccumulation of persistent organic pollutants in zooplankton from Svalbard*. Science of the Total Environment 409, 2783-2795.
- Hallanger I G, N A Warner, A Ruus, A Evenset, GN Christensen, D Herzke, GW Gabrielsen og K Borgå 2011c. *Seasonality in contaminant accumulation in Arctic marine pelagic food webs using trophic magnification factor as a measure of bioaccumulation*. Environmental Toxicology and Chemistry 30, 1026-1035.
- Hammar J, 1985. *The geographical distribution of Arctic charr (Salvelinus alpinus (L.) species complex in Svalbard*. ISACF Information Series, 3, 29-37.
- Hansen J, Overrein Ø, 2000. *Røye på Svalbard og Jan Mayen. En statusoversikt med vekt på forvaltningsrelaterte kunnskapsbehov*. Norsk Polarinstitutt, rapport nr. 114, pp. 42.
- Hanssen SA og Moe B, *Ærfuglens sårbarhet for miljøgifter, klimændringer og sykdommer*, i Olav Orheim og Kristen Ulstein: Polaråret 2007-2008. Det norske bidraget, Oslo 2011.
- Hanssen SA og Moe B, *Arktisk superslanker*, Ottar, nr. 4, 2008
- Harris E, 2008. *Weathering Processes and Remediation Options for Polychlorinated Biphenyl and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contamination at Kinnvika Station, Svalbard*. Bacheloroppgave, University of Tasmania
- Hasholt B, Bobrovitskaya N, Bogen J, McNamara J, Mernild SH, Milbourn D og Walling DE, 2006. *Sediment transport ti the Arctic Ocean and adjoining cold oceans*. Nirdic Hydrology 37 (4-5)
- Havforskningsinstituttet, 2010a *Det faglige grunnlaget for oppdateringen av forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten*, Rapport fra Faglig forum, Overvåkinggruppen og Risikogruppen til den interdepartementale styringsgruppen for forvaltningsplanen, særnummer 1a–2010
- Havforskningsinstituttet 2010b, *Forvaltningsplan Barentshavet – rapport fra overvåkinggruppen 2010, Fisken og havet*, særnummer 1b–2010, versjonen dato 25. februar 2010
- Helgason LB, 2011. *Levels and effects of halogenated organic contaminants in arctic animals: how does seasonal emaciation affect tissue distribution and biotransformation?* University of Tromsø, Faculty of Biosciences, Fisheries, and Economics, Department of Arctic and Marine Biology, PhD thesis.
- Helgason LB, Barrett R, Lie E, Polder A, Skaare JU, Gabrielsen GW. 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. doi:10.1016/j.envpol.2007.10.022.
- Henriksen EO, Wiig Ø, Skaare JU, Gabrielsen GW, Derocher AE. *Monitoring PCB in polar bears: lesson learned from Svalbard*. J Environ Monitoring 2001; 3: 1-7

- Henriksen EO, Gabrielsen GW, Trudeau S, Wolkers J, Sagerup K, Skaare JU. 2000. *Organochlorines and possible biochemical effects in glaucous gulls (Larus hyperboreus) from Bjørnøya, the Barents Sea.*, Archives of Environmental Contamination and Toxicology 38, 234-243
- Henriksen EO, Gabrielsen GW, Skaare JU, Skjeggstad N og Jenssen BM. 1998. *Relationships between PCB levels, hepatic EROD activity and plasma retinol in glaucous gulls, Larus hyperboreus.* Marine Environmental Research, Vol. 46, No. 1-5, 45-49.
- Herbert BMJ, Halsall CJ, Jones KC og Kallenborn R. 2006. *Field investigation into the diffusion of semi-volatile organic compounds into fresh and aged snow in Svalbard (Norway)* Atmosph. Environ. 40/8: 1385-1393
- Hermanson M H, Johnson G W, Matthews K, Isaksson E, Teixeira C, van de Wal R S W, Muir D C G. 2005. *Historic PCB congener profiles in an ice core from Svalbard, Norway.* Organohalogen Compounds (Proceedings 25th International Symposium on Halogenated Organic Environmental Pollutants and Persistent Organic Pollutants) 50, 936-939.
- Herzke D, Gabrielsen GW, Evenset A, Burkow IC, *Polychlorinated camphenes (toxaphenes), polybrominated diphenylethers and other halogenated organic pollutants in glaucous gull (Larus hyperboreus) from Svalbard and Bjornøya (Bear Island),* Environmental Pollution, Volume 121, Number 2, February 2003, pp. 293-300(8)
- Hobbs KE, Muir DCG, Born EW, Dietz R, Haug T, Metcalfe T, Metcalfe C, Øien N. 2003. *Levels and patterns of persistent organochlorine in minke whale (Balaenoptera acutorostrata) stocks from the North Atlantic and European Arctic.* Environ. Poll. 121: 239-252.
- Hodson AJ, Ferguson RI. 1999. *Fluvial suspended sediment transport from cold and warm-based glaciers in Svalbard.* Earth Surface Processes and Landforms 24: 957- 974.
- Holm Ø. 2007. *Klorerte organiske miljøgifter (PCB, DDT, Klordan, HCH og HCB) i vågehval (Balaenoptera acutorostrata) fra Nord-Norge og Svalbard.* Masteroppgave, Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø. 84 pp.
- Holte B, Næs K, Dahle S og Gulliksen B. 1994. *Marine resipientundersøkelser ved Longyearbyen og Barentsburg, Svalbard. Bunndyrsamfunn og miljøgifter i bunnsedimenter.* Akvaplan-niva rapport APN-412.94.402. 47 s.
- Hop H, Pearson T, Kovacs KM, Wiencke C, Kwasniewski S, Gulliksen B, Cochrane S, Gabrielsen GW, Lønne OJ, Zajaczkowski M, Falk-Petersen S, Voronkov A, Poltermann M. 2002. *The marine ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard* Polar Research 21: 167-208
- Hop H, Sagerup K, Schlabach M og Gabrielsen GW, 2001. *Persistent organic pollutants in marine macro-benthos near urban settlements on Svalbard; Longyearbyen, Pyramiden, Barentsburg and Ny-Ålesund.* Norsk Polarinstitutt. Internrapport nr. 8/2001. 33 s.
- Hung H, Kallenborn R, Breivik K, Su Y, Brorstrom-Lunden E, Olafsdottir K, Thoracius JM, Leppaenen S, Bossi R, Skov H, Manø S, Patton GW, Stern G, Sverko E, Fellin P, 2010, *Atmospheric monitoring of organic pollutants in the Arctic under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): 1993–2006.* Sci. Total. Environ. 408: 2854-2873
- International Council for the Exploration of the Sea (ICES) data Inventory (<http://www.ices.dk>)
- IPY, The International Polar Year Project 317: *"Flux of sediment-associated chemical elements in rivers draining to the Arctic Ocean"*
- Ivanov G I, 2006. *Geocology of Western Arctic Shelf of Russia: Lithological and Ecogeochemical aspects.* Ministry of Natural Resources of Russian Federation. 2006. St. Petersburg.
- Jartun M, Eggen OA og Ottesen RT, 2010. *PCB fra lokale kilder på Svalbard – overflatejord og produkter.* NGU Rapport 2010.038, 55 s.
- Jartun M, Eggen OA og Ottesen RT, 2009. *PCB fra lokale kilder på Svalbard 2009 – Utfyllende undersøkelser i Longyearbyen, Barentsburg og Pyramiden.* NGU-rapport 2009.073, 35 s.
- Jartun M, Eggen OA, Volden T og Ottesen RT, 2008. *Nasjonalt estimat på problemomfang og mengdeberegning for PCB i stående bygningsmasse i Norge.* NGU Rapport 2008.080, 18 s.
- Jartun M, Volden T og Ottesen RT, 2007. *PCB fra lokale kilder i Barentsburg, Pyramiden og Longyearbyen på Svalbard.* NGU-rapport 2008.075, 31s.
- Johansson-Karlsson E mfl. 2010, *Forurensning av polyklorerte bifenyler (PCB) i luft fra Barentsburg og Longyearbyen, Svalbard.* UNIS
- Jordforsk, 1998: *Kjemisk karakterisering av slam, aske, slagg og skidestein fra Svalbard, kjemisk innhold og mobilitet.* Rapport nr 66/98.
- Jørgensen EH, Vijayan MM, Killie J-E, Aluru N, Aas-Hansen Ø og Maule AG 2006. *Toxicokinetics and effects of PCB in arctic fish: A review of studies on Arctic charr.* J. Toxicol. Environ. Health. Part A, 69:37-52.
- Jørgensen EH, Aas-Hansen Ø, Maule A, Tau Strand JE og Vijayan MM 2004. *PCB impairs smoltification and seawater performance in anadromous Arctic charr (Salvelinus alpinus).* Comp. Biochem. Physiol., 138:203-212.
- Jørgensen EH, Bye BE, og Jobling M. 1999. *Influence of nutritional status on biomarker responses to PCB in the Arctic charr (Salvelinus alpinus).* Aquatic Toxicology. 44: 233-244.
- Kallenborn R, Jensen TW. *Persistent organic Pollutants (POPs) in background Arctic surface snow and in vertical snow profiles.* Abstract AMAP 2011 Copenhagen
- Kallenborn R, Christensen G, Evenset A, Schlabach M, Stohl A, 2007, *Atmospheric transport of persistent organic pollutants (POPs) to Bjørnøya (Bear island).* J. of Environ. Monitor. 9/10:1082-109
- Kallenborn R og Berg T. 2006. *Long-term atmospheric contaminant monitoring for the elucidation of airborne transport processes into Polar Regions.* In: Arctic and Alpine Environments (Ed.- In Chief: J. B. Ørbæk). Springer Verlag, New York, Tokyo, Heidelberg, ISBN 3-540-48512-0, XXVIII + pp. 434
- Kallenborn R, Burkow IC, Schlabach M, og Jørgensen EH. 1997. *PCB and pesticide distribution in cod (Gadus morhua), sea trout (Salmo trutta) and Arctic charr (Salvelinus alpinus) from the Norwegian Arctic.* Organohalogen Compounds 32: 252-256.
- Killie B, Dahle S, Matishov G og dos Santos J. 1997. *Svalbard, Frans Josef Land and the Eastern Barents Sea: Contaminants in marine sediments from 1992-1994.* Akvaplan-niva rapport APN-414.97.893
- Kings Bay Kull Kompani AS og Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS. 1998. *Kartlegging av forurensnings potensiale fra deponier på Svalbard*
- Kjeldsen S og Volden T. 1988. *Geokjemisk kartlegging på Svalbard. Innholdet av gull og tellur i flomsedimenter.* NGU-rapport 88.096, 24 s.
- Kjeldsen S, 1987. *Innholdet av arsen og vismut i flomsedimenter fra Svalbard.* NGU-rapport 87.114, 21 s.
- Kleivane L, Severinsen T og Skaare J U, 2000. *Biological transport and mammal to mammal transfer of organochlorines in Arctic fauna.* Mar. Environ. Res. 49:343-357.
- Kleivane L, Skaare JU. 1998. *Organochlorine contaminants in*

- northeast Atlantic minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*). Environ. Poll. 101: 231-239.
- Kleivane L, Espeland O, Ugland KI, Skaare JU. 1995. *Seasonal variation in organochlorine concentrations in harp seal (Phoca groenlandica)*. I: *Whales, seals, fish, and man*. A.S. Blix, L. Walløe, Ø. Ulltang (Red). Elsevier Science B.V.: 599-605.
- Klif database Grunnforurensning
- Klif 2008, *National lake survey 2004 – 2006, part III: AMAP 2008 TA2363*,
- Klif/SFT, 1998. Hansen HJ og Danielsberg A. *Kartlegging av deponier, forurenset grunn og etterlatenskaper på Svalbard*. Statens forurensningstilsyn, rapport 98:04. 48 s. og rapport 98:04B, 123 s. (TA 1522/1998 og 1523/1998)
- Klif/SFT, 1991. *Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn*, SFT rapport 91:01 og 91:01b
- Knies J, Jensen HKB, Finne TE, Lepland A, Sæther OM. 2006. *Sediment composition and heavy metal distribution in Barents Sea surface samples: Results from Institute of Marine Research 2003 and 2004 cruises*. NGU-report no. 2006.067: 1-35.
- Knudsen LB, Borgå K, Jørgensen EH, van Bavel B, Schlabach M, Verreault J, Gabrielsen GW, 2007. *Halogenated organic contaminants and mercury in northern fulmars (Fulmarus glacialis): levels, relationships to dietary descriptors and blood to liver comparison*. Environmental Pollution 146, 25-33.
- Knudsen LB, Sagerup K, Polder A, Schlabach M, Josefsen TD, Strøm H, Skåre JU og Gabrielsen GW. 2007. *Halogenated Organic Contaminants (HOCs) and mercury in dead or dying seabirds on Bjørnøya (Svalbard)*. Klif/SFT-report, TA-2222/2007, 45 s.
- Konieczny RM og Moulard L. 1997. *Tolkning av PCB-profiler og beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter*. Klif/SFT-rapport 97:33. TA 1497/1997, 48 s.
- Kostrzewski A, Kanecki A, Kapuschinski J, Klimczak R, Stach A, Zwolinski Z. 1989. *The dynamics and rate of denudation of glaciated and non-glaciated catchments in central Spitsbergen*, Polish Polar Res. 10(3): 317-367.
- Kovacs KM, 1996, *The impact of human settlement in Svalbard. Containment risk to the environment*. Akvaplan-niva Report 410.96.1043, Tromsø, Norway
- Krawczyk WE, Opolka-Gadek J. 1994. *Suspended sediment concentrations in the Werenkiold Glacier drainage basin in 1986*. Proceedings of the XXI Polar Symposium, Warszawa: 215–224.
- Lee R M, Coleman P, Jones J, Jones K and Lohmann R: *Emission Factors and Importance of PCDD/Fs, PCBs, PCNs, PAHs and PM10 from the Domestic Burning of Coal and Wood in the U.K*. Environ. Sci. Technol. 2005, 39, 1436-1447
- Letcher RJ, Bustnes JO, Dietz R, Jenssen BM, Jørgensen EH, Sonne C, Verreault J, Vijayan MM, Gabrielsen GW, 2010. *Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish*. Sci Total Environ. 408, 2995-3043.
- Letcher R, m.fl. *Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish*. Science of the Total Environment. 12.november 2009
- Lie E, Larsen HJS, Larsen S, Johansen GM, Derocher AE, Lunn NJ, Norstrom RJ, Wiig Ø, Skaare JU. *Does high organochlorine (OC) exposure impair the resistance to infection in polar bears (Ursus maritimus)? Part II: Effect of OCs on mitogen- and antigen-induced lymphocyte proliferation*. J. Toxicology & Environmental Health 2005; Part A, 68: 457-484.
- Lie E, Larsen HJS, Larsen S, Johansen GM, Derocher AE, Lunn NJ, Norstrom RJ, Wiig Ø, Skaare JU. *Does high organochlorine (OC) exposure impair the resistance to infection in polar bears (Ursus maritimus) Part I: Effect of OCS on the humoral immunity*. J. Toxicology & Environmental Health, 2004; part A; 67: 555-582
- Lie E, Bernhoft A, Riget F, Belikov SE, Boltunov AN, Derocher AE, Garner GW, Wiig Ø og Skaare JU 2003. *Geographical distribution of organochlorine pesticides (OCPs) in polar bears (Ursus maritimus) in the Norwegian and Russian Arctic*. Science of the Total Environment 306, 159-170.
- Lie E, Derocher AE, Wiig Ø, Skaare JU. *Polychlorinated biphenyls in mother/offspring pairs of polar (Ursus maritimus) at Svalbard*. Organohalogen Compound 2000; 49: 457–460.
- Lindahl I og Håbrekke H, 1986. *Kartlegging av radioaktivt nedfall etter Tjernobylulykken*. NGU Rapport 86.160
- Låg J, 1988: *Jordforgiftning fra gruvealvfall brukt som fyllmasse i Longyearbyen, Svalbard*. Jord og Myr, 208-211.
- Låg J, 1980: *Sur sulfatjord ved Longyearbyen, Svalbard*. Jord og Myr, 158-160.
- Ma J, Hung H, Tian Chongguo og Kallenborn R. *Revolatilization of persistent organic pollutants in the Arctic induced by climate change*. Nature Climate Change. DOI: 10.1038/NCLIMATE1167
- Macdonald RW, Harner T, Fyfe J, 2005, *Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data*. Sci Total Environ 342 (1-3):5-86
- Macdonald RW, Barrie L A, Bidleman T F; Diamond M L, Gregor R G, Semkin R G, *Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways*. Sci. Total Environ. 2000, 254, 93–234.
- McKinney M A, Letcher R, Aars J, Born E, Branigan M, Dietz R, Evans T, Gabrielsen GW, Peacock E, Sonne C, 2011. *Flame retardants and legacy contaminants in polar bears from Alaska, Canada, East Greenland and Svalbard, 2005-2008*. Env Int 37, 365-374.
- MAREANO-prosjektet, www.mareano.no
- Miljeteig C, Gabrielsen GW, 2010. *Contaminants in Brünnich's guillemots from Kongsfjorden and Bjørnøya in the period from 1993 to 2007*, Kortrapportserie. Instituttet, Tromsø, p. 33 s.
- Miljeteig C, Lie E, Sagerup K, Gabrielsen GW, 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*. Norwegian Polar Institute, Tromsø, p. 20.
- Miljeteig C, Gabrielsen GW, 2009. *Contaminants in black-legged kittiwake eggs from Kongsfjorden, Barentsburg and Pyramiden*. Norsk polarinstitutt, Tromsø, p. 28 s.
- Miljeteig C, Strøm H, Gavrilov MV, Skaare JU, Jenssen BM, Gabrielsen GW, 2007. *Organohalogenes and mercury in ivory gull eggs*, Norwegian Polar Institute Brief Report Series (Kortrapport) no. 7. Norwegian Pollution Control Authority (SFT), Oslo, Klif, TA-2033/2004 p. 36.
- Molvær J, Barret K, Barkved L, Iosjpe M, Jantsch T, Kaste Ø, Saloranta T, Selvik J, Skaare B, Wehde H. 2008. *Tilførsler av olje og miljøfarlige kjemikalier til norske havområder, Fase II*. [Discharges of oil and environmentally dangerous chemicals to Norwegian marine areas, phase II – in Norwegian]. SFT-rapport TA 2364/2008, NIVA-lnr 5624, 125 s.
- Molvær J, Barkved L, Borgvang S, Isachsen PE, Nilsson HC og Selvik JR, 2007. *Tilførsler av olje og kjemikalier til norske hav- og kystområder*, SFT TA-nr. 2213/2006, NIVA-rapport nr. 8347-2007. 64 sider.
- Murvoll KM, Skaare JU, Jensen H og Jenssen BM. 2007. *Associations between persistent organic pollutants and vitamin status in Brünnich's guillemot and common eider hatchlings*. Science of

- the Total Environment 381, 134-145.
- NERI Technical Report No. 786. *Emissions from decentralised CHP plants 2007 - Energinet.dk Environmental project no. 07/1882. Project report 5 – Emission factors and emission inventory for decentralised CHP production.*
- NIFES, www.nifes.no Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning
- NIFES, 2010a, Nilsen BM, Frantzen S, Nedreaas K, Julshamn K, *Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite (Reinhardtius hippoglossoides)*
- Nilssen K J. *The effect of persistent organic pollutants on fecundity and some endocrine control mechanisms in captive Svalbard charr (Salvelinus alpinus L).* Brattøra Research Center, Zoological Institute, Faculty of Chemistry and Biology. The Norwegian University of Science and Technology, N-7491, Trondheim, Norway.
- NINA. *Populasjonsøkologiske effekter av PCB-forurensning: et studie av polarmåke.* Norsk institutt for naturforskning – Tromsø Prosjektleder: Erikstad, Kjell Einar, Professor Prosjektnr: 114198/720
- NINA. *Effekter av PCB på hormonelle mekanismer knyttet til sesongrelaterte, adaptive prosesser hos anadrom røye* Norsk institutt for naturforskning – Tromsø Prosjektleder: Jørgensen, Even Forsker Prosjektnr: 125688/720
- Nordisk Ministerråd, *Unintentional formation and emission of the persistent organic pollutants HCB and PCBs in the Nordic countries*
- Norges veterinærhøgskole. *Toksiske effekter av PCB-kongenere.* Prosjektnr: 112534/720.
- Norsk polarinstitutt, faktaark nr 017/N
- Nyman M, Bergknut M, Fant ML, Raunio H, Jestoi M, Bengs C, Murk A, Koistinen J, Backman C, Pelkonen O, Tysklind M, Hirvi T, Helle E, 2003. *Contaminant exposure and effects in Baltic ringed and grey seals as assessed by biomarkers.* Mar Environ Res. 55, 73-99.
- Oehme M, Biseth A, Schlabach M, Wiig, *Concentrations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and non-ortho substituted biphenyls in polar bear milk from Svalbard (Norway).*, Environmental Pollution, Volume 90, Number 3, 1995, pp. 401-407(7)
- 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.
- Olsen GH, Mauritzen M, Derocher AE, Sørmo EG, Skaare JU, Wiig Ø, Jensen BM. *Space-Use Strategy is an important determinant of PCB concentrations in female polar bears in the Barent Sea.* Environmental Sci. Technol. 2003; 37: 4919-4924.
- Olsson K, Savinov V, Gulliksen B og Dahle S. 1998. *Contaminants in marine sediments, Svalbard 1997.* Akvaplan-niva rapport APN-412.98.1396.
- Oskam IC, Ropstad E, Lie E, Derocher AE, Wiig Ø, Dahl E, Larsen S, Skaare JU. *Organochlorines affect the steroid hormone cortisol in polar bears (Ursus maritimus) at Svalbard, Norway.* J. Toxicology & Environmental Health 2004; 67 (12): 959-977.
- Oskam I, Ropstad E, Dahl E, Lie E, Derocher AE, Wiig Ø, Larsen S, Wiger R, Skaare JU. *Organochlorines affect the major androgenic hormone, testosterone, in male polar bears (Ursus maritimus) at Svalbard.* Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2003; 66: 2119-2139.
- Oslo Paris Commission (OSPAR, <http://www.ospar.org>)
- Ottesen RT, Bogen J, Finne TE, Andersson M, Dallmann WK, Eggen OA, Jartun M, Lundkvist Q, Pedersen HR og Volden T, 2010. *Geochemical atlas of Norway. Part 2: Geochemical atlas of Spitsbergen.* NGU/NVE
- Ottesen RT, Kjeldsen S og Volden T. 1988. *Geokjemisk kartlegging på Svalbard. Totalinnhold av grunnstoffer i flomsedimenter.* NGU-rapport 88.002, 10 s. + vedlegg
- Ottesen RT, Ekremsæter J, Kjeldsen S og Volden T. 1987. *Geokjemisk kartlegging på Svalbard.* NGU-rapport 87.055, 14 s.
- Polder A, Skaare JU, Tryland M, Ropstad E, Gabrielsen GW, Vikøren T, Arnemo JM, Mørk T, Killengreen S, Leonards P, Lie E. *Screening of halogenated organic compounds (HOCs) in wild living terrestrial mammals in Norway.* Statlig program for forurensningsovervåking. Klima- og forurensningsdirektoratet, Oslo. SPFO report 2009: 1064/2009; TA-2572/2009.
- Rigét F, Bignert A, Braune B, Stow J, Wilson S, 2010. *Temporal trends of legacy POPs in Arctic biota, an update.* Sci Total Environ. 408, 2874-2884.
- Rognerud S, Grimalt JO, Rosseland BO, Fernandez P, Hofer R, Lackner R, Lauritzen B, Lien L, Massabuau JC, Ribes A, *Mercury and Organochlorine Contamination in Brown Trout (Salmo Trutta) and Arctic Charr (Salvelinus Alpinus) from High Mountain Lakes in Europe and the Svalbard Archipelago,* Water, Air and Soil Pollution: Focus, Volume 2, Number 2, 2002 , pp. 209-232(24)
- Rose NL, Rose CL, Boyle JF, Appleby PG. *Lake-Sediment Evidence for Local and Remote Sources of Atmospherically Deposited Pollutants on Svalbard , Source: Journal of Paleolimnology, Volume 31, Number 4, May 2004 , pp. 499-513(15)*
- Routti H, Letcher R J, Arukwe A, van Bavel B, Yoccoz N G, Chu S G og Gabrielsen G W, 2008. *Biotransformation of PCBs in relation to Phase I and II xenobiotic-metabolizing enzyme activities in ringed seals (Phoca hispida) from Svalbard and the Baltic Sea.* Environ. Sci. Technol. 42:8952-8958.
- Savinov V, Muir D, Savinova T, Gabrielsen G, Alexeeva L, Marasaev S og Zyryanov S. 2005. *Chlorinated hydrocarbons and polybrominated diphenyl ethers in glaucous gulls (Larus hyperboreus) from Barentsburg (West Spitsbergen).* Organohalogen Vol. 67: 981-985.
- Savinova TN, Gabrielsen GW og Falk-Petersen S. 1995. *Chemical pollution in the Arctic and sub-arctic marine ecosystems: an overview of current knowledge.* NINA fagrapport No. 1. 68 pp.
- Sagerup K, Savinov V, Savinova T, Kuklin V, Muir DCG, Gabrielsen GW, 2009. *Persistent organic pollutants, heavy metals and parasites in the glaucous gull (Larus hyperboreus) on Spitsbergen.* Environmental Pollution 157, 2282-2290.
- Sagerup K, Helgason LB, Polder A, Strøm H, Josefsen TD, Skåre JU, Gabrielsen GW, 2009a. *Persistent organic pollutants and mercury in dead and dying glaucous gulls (Larus hyperboreus) at Bjørnøya (Svalbard).* Science of the Total Environment 407, 6009-6016.
- Schlabach M, Kallenborn R og Manø S. 2005. *Atmospheric monitoring for organochlorine contaminants at the Zeppelin mountain clean air station (Ny-Ålesund, Svalbard, Norway)* Organohalogen comp. CD 629: 921-922.
- Schlabach M og Steinnes E, 1999. *Organic contaminants in natural surface soils from Svalbard.* Organohalogen Compounds, vol 43, pp 227-230.
- Schrum C, Harms I, Hatten K, 2005. *Modelling air-sea exchange in the Barents Sea by using a coupled regional ice-ocean model. Evaluation of modelling strategies.* Meteorol. Z. 14 (6), 801–808.
- Schulz-Bull DE, Petrick G, Bruhn R, Duinker JC, *Chlorobiphenyls (PCB) and PAHs in water masses of the northern North Atlantic,* Marine Chemistry, Volume 61, Issues 1-2, June 1998, Pages 101-114, DOI: 10.1016/S0304-4203(98)00010-3.
- Schwarzenbach R, Gschwend PM, Imboden DM. *Environmental Organic Chemistry*, 2nd ed., Wiley-Interscience: Hoboken,

- NJ, 2003.
- Severinsen T og Skaare JU, 1997, *Level of heavy metals and persistent organic components in some terrestrial animals from Svalbard*. Poster in AMAP international symposium on environmental pollution in the Arctic, Extended abstract, Tromsø, Norway, June 1-5, 1997: 407-409
- Skaare JU, Larsen HJ, Lie E, Bernhoft A, Derocher AE, Norstrom R, Ropstad E, Wiig Ø. *Ecological risk Assessment of persistent organic pollutants in the arctic*. Toxicology 2002; 181-182, 193-197.
- Skaare JU, Bernhoft A, Wiig Ø, Norum KR, Haug E, Eide DM, Derocher AE. *Relationships between plasma levels and organochlorines, retinol and thyroid hormones from polarbears (Ursus maritimus) at Svalbard*. Toxicol Environ Health Pt A 2001; 62, (4): 227-241.
- Skaare JU, Bernhoft A, Derocher A, Gabrielsen GW, Goksøyr A, Henriksen E, Larsen HJ, Lie E, Wiig Ø. *Organochlorines in top predators at Svalbard - occurrence, levels and effects*. Toxicol Letters 2000; 112-113: 103-109
- Skaare JU. 1995. *Organochlorine contaminants in marine mammals from the Norwegian Arctic. I: Whales, seals, fish, and man*. A.S. Blix, L. Walløe, Ø. Ulltang (Red). Elsevier Science B.V., Amsterdam. 589-598.
- Skei J, 1993. *Miljøgeokjemiske undersøkelser i Kongsfjorden 1991 og 1992*. NIVA rapport O-90112. 42 s.
- Skotvold T, Savinov V, *Regional distribution of PCBs and presence of technical PCB mixtures in sediments from Norwegian and Russian Arctic Lakes*. The Science of the Total Environment, Volume 306, Number 1, 1 May 2003, pp. 85-97(13)
- Skotvold T, Wartena E og Rognerud S, 1997. *Heavy metals and persistent organic pollutants in sediments and fish from lakes in Northern and Arctic regions of Norway*. Akvaplan-niva rapport 514.660.
- Sobek A, McLachlan M S, Borgå K, Asplund L, Lundstedt-Enkel K, Polder A, Gustafsson O. *A comparison of PCB bioaccumulation factors between an Arctic and a temperate marine food web*. Sci. Total Environ. 2010, 408, 2753-2760.
- Sobek A, Olli K, Gustafsson O. *On the relative significance of bacteria for the distribution of polychlorinated biphenyls in Arctic Ocean surface waters*. Environ. Sci. Technol. 2006, 40, 2586-2593
- Sonne C, Dietz R, Larsen H J S, Loft K E, Kirkegaard M, Letcher R J, Shahmiri S, Møller P, 2006. *Impairment of cellular immunity in West Greenland sledge dogs (Canis familiaris) dietary exposed to polluted Minke whale (Balaenoptera acutorostrata) blubber*. Environmental Science & Technology 40, 2056-2062.
- Stange K, Klungsoyr J, *Organochlorine contaminants in fish and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Barents Sea*, ICES Journal of Marine Science, Volume 54, Number 3, June 1997, pp. 318-332(15)
- Stanmore B R, *The formation of dioxins in combustion systems*, Review article in Combustion and Flame, 136 (2004) 398-427.
- Steindal EH, Lie E, Van den Brink NW, Skaare JU. *Direct ordination analysis of organochlorines in Polar Bear: Determining the relevance of explanatory variables*. Organohalogen Compounds 2006; 68: 1470-1473.
- Sinkkonen S og Paasivirta J (2000) *Degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modelling*. Chemosphere 40: 943-949
- St.meld. nr. 12 (2001-2002) *Rent og rikt hav*
- St.meld. nr. 9 (1999-2000) *Svalbard*
- St.meld. nr. 22 (1994-1995) *Om miljøvern på Svalbard*
- Svensen J I, Mangerud J, Miller GH. 1989. *Denudation rates in the arctic estimated from lake sediments on Spitsbergen, Svalbard*. Paleogeography, paleoclimatology, palaeoecology 76: 153-168.
- Svenning M, Klemetsen A, Olsen T, 2007 *Habitat and food choice of Arctic charr in Linnevatn on Spitsbergen, Svalbard: the first year-round investigation in a high Arctic lake*. Ecology of Freshwater Fish, 16, 70-77.
- Svenning M, Gullestad N, 2002. *Adaptations to stochastic environmental variations: The effects of seasonal temperatures on the migratory window of Svalbard Arctic charr*. Environmental Biology of Fishes, 64, 165-174.
- SWIPA, AMAP 2011. *Climate Change and the Cryosphere: Snow, Water, Ice and the Permafrost in the Arctic*. AMAP, Oslo.
- Sysselmannen på Svalbard, 2008. *Miljøgifter på land og i marine sedimenter på Svalbard. Status og oppfølging*. Notat 07.01.2007, sak 200701028. 7 s.
- Sysselmannen på Svalbard, 2007. *Rapport fra kontrollaksjon PCB*. Se www.sysselmannen.no.
- Trümper mfl. 2012 in preparation.
- Tveter MG, 2005. *Atmosferisk nedfall av tungmetaller og PCB på Bjørnøya*. Mastergradsoppgave i naturmiljøkjemi. Institutt for kjemi. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Typhoon, 2010. *Oversikt over forurensning av naturmiljøet på grunnlag av resultatene av basisovervåking og lokal overvåking av miljøet i områder med russisk næringsvirksomhet på Svalbard (Barentsburg med tilgrensende områder) i 2010*, St. Petersburg, 2010. (oversettelse fra russisk)
- Typhoon, 2009. *Oversikt over forurensning av naturmiljøet, basert på resultater av bakgrunnsmiljøovervåking og lokal miljøovervåking, gjort i næringslokalitetene til de russiske bedriftene i Spitsbergen-arkipelet (bygda Barentsburg og de tilgrensende strøk)*, St. Petersburg, 2009. (oversettelse fra russisk)
- Typhoon, 2004. *Review of environmental pollution in the area of Barentsburg settlement on the Spitsbergen archipelago based on the results of baseline ecological monitoring in 2002* "Monitoring of the Arctic" of Roshydromet (saksnr. 2001/00201, dok. Nr. 20 I Sysselmannens arkiv).
- Ucn-Marn F, Arukwe A, Mortensen A, Gabrielsen GW, Fox G A., Letcher RJ. *Recombinant Transthyretin Purification and Competitive Binding with Organohalogen Compounds in Two Gull Species (Larus argentatus and Larus hyperboreus)* Toxicological Sciences, Volume 107, Number 2, 12 February 2009, pp. 440-450(11)
- Vieweg I, 2010. *Persistent organic pollutants in four bivalve species from Svalbard waters*. Master thesis, Norwegian Polar Institute and Universität Bremen.
- Vijayan, Gabrielsen: *Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish*, Science of The Total Environment, Volume 408, Issue 15, 1 July 2010, Pages 2995-3043
- Vijayan MM, Aluru N, Maule AG og Jørgensen EH, 2006. *Fasting augments PCB impact on liver metabolism in anadromous Arctic charr*. Toxicological Sciences, 91, 431-439.
- Voie ØA, 2000. *Immuno- and neurotoxic effects of ortho-substituted polychlorinated biphenyls (PCB's)*. Dr. Scient. Thesis. University of Oslo
- Velvin R og Evenset A. 2008. *Resipientovervåking i Van Mijenfjorden, Svalbard 2007*. APN-3809.01
- Verreault J, Gabrielsen GW, Bustnes JO, 2010, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 205. Springer Science, pp. 77-116.
- Verreault J, Shahmiri S, Gabrielsen GW og Letcher RJ. 2007. *Organohalogen and metabolically-derived contaminants and associations with whole body constituents in Norwegian Arctic glaucous gulls*. Environment International 33, 823-830.

- Verreault J, Gabrielsen GW. 2006. *Contaminants in Polar Bears: Temporal and Geographical Trends*. Dokument utarbeidet for Miljøovervåkingssystem for Svalbard og Jan Mayen (MOSJ). Norsk Polarinstitutt, mosj.npolar.no.
- Verreault J, Muir DCG, Norstrom RJ, Stirling I, Fisk AT, Gabrielsen GW, Derocher AE, Evans TJ, Dietz R, Sonne C, Sandala GM, Gebbink W, Riget FF, Born EW, Taylor MK, Nagy J og Letcher RJ. 2005. *Chlorinated hydrocarbon contaminants and metabolites in polar bears (Ursus maritimus) from Alaska, Canada, East Greenland, and Svalbard: 1996-2002*. Science of the Total Environment 351-352, 369-390.
- Wania F, Daly GL. 2002. *Estimating the contribution of degradation in air and deposition to the deep sea to the global loss of PCBs*. Atmospheric Environment 2002; 36: 8881-8893.
- Wania F og Mackay D. 1995. *A global distribution model for persistent organic chemicals*. The Science of the Total Environment 160/161 s. 211-232
- Wania F. og Mackay D. 1993. *Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions*. Ambio 22, 10-18.
- WHO, 2000. *Air Quality Guidelines, Chapter 5.10: Polychlorinated biphenyls*, 2nd ed, WHO Regional Publications, European series, No. 91.
- Wiig Ø, Derocher AE, Cronin MM, Skaare JU. *Female Pseudohermaphrodite Polar Bears at Svalbard*. Wildlife Diseases 1998; 34: 792-796
- Wolkers J, Burkow IC, Lydersen C, Dahle S, Monshouwer M, Witkamp RF, *Congener specific PCB and polychlorinated camphene (toxaphene) levels in Svalbard ringed seals (Phoca hispida) in relation to sex, age, condition and cytochrome P450 enzyme activity.*, The Science of the Total Environment, Volume 216, Number 1, 14 May 1998 , pp. 1-11(11)
- Wolkers H, Lydersen C, og Kovacs KM. 2004. *Accumulation and lactational transfer of PCBs and pesticides in harbor seals (Phoca vitulina) from Svalbard, Norway*. Sci. Total Environ. 319:137-146.
- Wolkers Hans, Krafft Bjørn, van Bavel Bert, Helgason Lisa, Lydersen Christian, Kovacs Kit, *Biomarker Responses and Decreasing Contaminant Levels in Ringed Seals (Pusa hispida) from Svalbard, Norway* Journal of Toxicology and Environmental Health Part A, Volume 71, Number 15, January 2008 , pp. 1009-1018(10)
- Wolkers H, Lydersen C, Kovacs KM, Burkow I, og Bavel B. 2006a. *Accumulation, Metabolism, and Food-Chain Transfer of Chlorinated and Brominated Contaminants in Subadult White Whales (Delphinapterus leucas) and Narwhals (Monodon monoceros) From Svalbard, Norway*. Arch.Environ.Contram.Toxicol. 50:69-78.
- Wolkers H, van Bavel B, Ericson I, Skoglund E, Kovacs K M, og Lydersen C. 2006b. *Congener-specific accumulation and patterns of chlorinated and brominated contaminants in adult male walrus from Svalbard, Norway: Indications for individual-specific prey selection*. Sci. Total Environ. 370:70-79.
- Wolkers H, van Bavel B, Derocher AE, Wigg Ø, Kovacs KM, Lydersen C, Lindström G. 2004. *Congener-specific accumulation and food chain transfer of polybrominated diphenyl ethers in two arctic food chains*. Environmental Science and Technology 38: 1667-1674.
- Årthun M, Schrum C. 2010. *Ocean surface heat flux variability in the Barents Sea*. Journal of Marine Systems, 83, 88-98.
- Øyseth, NORACIA, 2009. *Impact of climate change on transport and distribution of persistent organic pollutants (pops) in the arctic environments*
- REFERANSER KAPITTEL 4**
- ACIA, 2005, *Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press, 1042p.
- Agrell C, Okla L, Larsson P, Backe C, Wania F, 1999. *Evidence of latitudinal fractionation of polychlorinated biphenyl congeners along the Baltic Sea region*. Environ. Sci Technol 33: 1149-1156.
- AMAP, 2009. *Arctic Pollution 2009: Persistent Organic Pollutants in the Arctic, Arctic Monitoring and Assessment programme, Sci. Total Environ., special issue*.
- AMAP, 2004a. *AMAP assessment 2002: Persistent organic pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and assessment Programme (AMAP)*. Oslo, Norway, 309 s.
- AMAP, 2004b. *Environmentally Sound Management and Elimination of PCBs in Russia. Executive Summary. Phase 2: Feasibility Study Supporting Documentation*. AMAP - Arctic Council Action Plan (ACAP).
- AMAP, 1998, Assment report: *Artic Pollution Issues*.
- Axelman J, Broman D, *Budget calculations for polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Northern hemisphere – a single-box approach*, Tellus 2001, 53B, 235-259
- Aas W, Solberg S, Berg T, Manø S og Yttri KE, *Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosferisk tilførsel*, 2003 Klif,TA-2033/2004
- Ballschmiter K, 1992, *Transport and fate of organic-compounds in the global environment*, Angewandte Chemie, 31, 487-515
- Berg T, Kallenborn R og Manø S, 2004, *Temporal Trends in Atmospheric Heavy Metal and Organochlorine Concentrations at Zeppelin, Svalbard. Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36/3: 283-290
- Bergknut M, Meijer S, Halsall C, Ågren A, Laudon H, Köhler S, Jones K, Tysklind M, Wiberg K, 2010a. *Modelling the fate of hydrophobic organic contaminants in a boreal forest catchment: A cross disciplinary approach to assessing diffuse pollution to surface waters*. Environmental Pollution. doi:10.1016/j.envpol.2010.05.027 Available online 8 July 2010.
- Beyer A, Mackay D, Matthies M, Wania F, Webster E 2000 *Assessing long-range transport potential of persistent organic pollutants (2000)* Environ. Sci. Technol. 34/4: 699-703.
- Blais JM, Macdonald RW, Mackey D, Webster E, Harvey C, Smol JP 2007. *Biologically mediated transport of contaminants to aquatic systems* Environmental Science & Technology 41: 1075-1084.
- Blais J M, Kimpe LE, McMahon D, Keatley BE, Mattory ML, Douglas MSV, Smol J P, 2005 *Arctic seabirds transport marine-derived contaminants*. Science 309, 445.
- Borgå K, Saloranta TM, Ruus A, 2010. *Simulating Climate Change-Induced Alterations In Bioaccumulation Of Organic Contaminants In An Arctic Marine Food Web*. Environmental Toxicology And Chemistry 29: 1349-1357.
- Breivik K, Alcock R, Li YF, Bailey RE, Fiedler H, Pacyna JM, 2004. *Primary sources of selected POPs: regional and global scale emission inventories*. Environmental Pollution 128, 3e16.
- Breivik K, Sweetman A, Pacyna JM og Jones KC, 2002a. *Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach. 1. Global production and consumption*. Science of the Total Environment. vol. 290, pp. 181-198.
- Breivik K, Sweetman A, Pacyna JM, Jones KC, 2002b. *Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach. 2. Emissions*. Science of the Total Environment, vol 290, pp. 199-224.
- Brown JF jr, Frame GM, Olson DR, Webb JL, 1995. *The Sources*

- of the Coplanar PCBs. *Organohalogen Compounds* 26: 427-430.
- Burkow IC og Kallenborn R, 1998. *Langtransport av miljøgifter til nordområdene*. Ottar 1: 24-28
- Carrizo og Gustafsson, 2011. *Distribution and Inventories of Polychlorinated Biphenyls in Polar Mixed Layer of Seven Pan-Arctic Shelf Seas and the Interior Basins*. Environmental Science & Technology asap
- Christensen G, A Evenset, S Rognerud, BL Skjellkvåle, R Palerud, E Fjeld og O. Røyset, 2008 *Nasjonal innsjøundersøkelse 2004 – 2006, Del III: AMAP. Status for metaller og miljøgifter i innsjøer og fisk i den norske delen av AMAP regionen*. Akvaplan-niva rapport 3613.01. Klif TA 2363-2008.
- Danielsberg A, *Kartlegging av deponier, forurenset grunn og etterlatenskaper på Svalbard*, 1998 Klif, TA1522,
- Eckhardt S, Breivik K, Manø S & Stohl A, 2007. *Record high peaks in PCB concentrations in the Arctic atmosphere due to long-range transport of biomass burning emissions*. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 6229–6254.
- Eggen OA og Ottesen RT, 2008. *Kartlegging av mulige lokale kilder til PCB på Bjørnøya, Hopen og Hornsund*. NGU-rapport 2008.083, 14 s.
- Eggen OA, Ottesen RT og Volden T, 2008. *Undersøkelse av mulige lokale kilder til PCB i Barentsburg, Colesbukta, Fuglehuken fyr, Grumant, Isfjord radio, Longyearbyen, Ny-Ålesund og Svea*. NGU-rapport 2008.073, 43 s.
- Evenset A, Carroll J, Christensen GN, Kallenborn R, Gregor D og Gabrielsen GW, 2007a. *Seabird guano is an efficient conveyor of persistent organic pollutants to arctic lake ecosystems*. *Environmental Science & Technology* 41: 1173-1179.
- Evenset A, Christensen GN, Carroll J, Zaborska A, Berger U., Herzke D og Gregor D. 2007b. *Historical Trends in Persistent Organic Pollutants and Metals Recorded in Sediment from Lake Ellasjøen, Bjørnøya, Norwegian Arctic*. *Environmental Pollution* 146: 196-205.
- Evenset A, 2006. *Seabirds as transport vectors for persistent organic pollutants (POPs)*. Ph. D. thesis. Norwegian College of Fishery Science/University of Tromsø.
- Evenset A, Christensen GN og Kallenborn R, 2005. *Selected chlorobornanes, polychlorinated naphthalenes and brominated flame retardants in Bjørnøya (Bear Island) freshwater biota*. *Environmental Pollution* 136: 419-430.
- Evenset A, Christensen GN, Skotvold T, Fjeld E, Schlabach M., Wartena Y og Gregor D, 2004. *A comparison of organic contaminants in two high arctic lake ecosystems, Bjørnøya (Bear Island), Norway*. *The Science of the Total Environment* 318: 125-141.
- Emery WJ, Fowler CW, Maslanik JA, Pfirman S, 1997, *New satellite derived sea ice motion tracks Arctic contamination*. *Mar Pollut Bull* 35(7-12):345-352.
- Franz TP, Eisenreich SJ, 1998. *Snow scavenging of polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in Minnesota*. *Environmental Science & Technology* 32, 1771e1778.
- Gerland S mfl. *The Arctic sea ice regime around Svalbard in late summer 2010*, Abstract Arctic Frontiers
- Green NW, Molvær J, Kaste Ø, Schrum C, Yakushev E, Sørensen K, Allan I, Høgåsen T, Christiansen AB, Heldal HE, Klungsoyr J, Boitsov S, Børsheim KY, Måge A, Julshamn K, Aas W, Braathen OA, Breivik K, Eckhardt S, Rudjord AL, Iospe M, Brungot AL, 2010. *Tilførselsprogrammet 2009. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Barentshavet og Loføtenområdet*. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Rapport TA 2660/2010. NIVA rapport 5980-2010. ISBN 978-82-577-5715-1. 245 sider
- Gregor DJ, GummerWD, 1989. *Evidence of atmospheric transport and deposition of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in Canadian Arctic snow*. *Environmental Science & Technology* 23, 561e565.
- Gregor DJ, Peters AJ, Teixeira C, Jones N, Spencer C, 1995. *The historical residue trend of PCBs in the Agassiz Ice Cap, Ellesmere Island, Canada*. *The Science of The Total Environment* 160/161, 117e126.
- Hallanger I G, N A Warner, A Ruus, A Evenset, GN Christensen, D Herzke, GW Gabrielsen og K Borga 2011. *Seasonality in contaminant accumulation in Arctic marine pelagic food webs using trophic magnification factor as a measure of bioaccumulation*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30, 1026-1035.
- Hansen, JR, Hansson R og Norris S, (eds.), 1996. *The State of the European Arctic Environment*. EEA Environmental Monograph No. 3, Oslo, 136 pp.
- Hansen GH, Kallenborn R, Kylin H, Eckhardt S, Burkhart J, Stohl A, Hirdman D, Sodemann H (2009) *NORACIA: Impact of climate change on transport and distribution of persistent organic pollutants (pops) in the arctic environments*. Report 32pp. Finnes på NorACIA webpage ved NP.
- Hu, Hornbuckle K, *Inadvertent Polychlorinated Biphenyls in Commercial Paint Pigments*, *Environmental Science Technology* 2010, 44, 2822-2827
- Hu, Martinez A, Hornbuckle K, 2011, *Sedimentary records of non-Aroclor and Aroclor PCB mixtures in the Great Lakes*, *Journal of Great Lakes Research* 37 (2011) 359–364
- Hung H, Kallenborn R, Breivik K, Su Y, Brorstrom-Lunden E, Olafsdottir K, Thoracius JM, Leppaenen S, Bossi R, Skov H, Manø S, Patton GW, Stern G, Sverko E, Fellin P, 2010, *Atmospheric monitoring of organic pollutants in the Arctic under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): 1993–2006*. *Sci. Total. Environ.* 408: 2854-2873
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M and Miller HL, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Iwata H, Tanabe S, Sakai N og Tatsukawa R, 1993, *Distribution og persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate*, *Environmental Science and Technology*, 27, 1080-1098
- Jartun M, Eggen OA og Ottesen RT, 2010. *PCB fra lokale kilder på Svalbard – overflatejord og produkter*. NGU Rapport 2010.038, 55 s.
- Jartun M, Eggen OA og Ottesen RT, 2009. *PCB fra lokale kilder på Svalbard 2009 – Utfyllende undersøkelser i Longyearbyen, Barentsburg og Pyramiden*. NGU-rapport 2009.073, 35 s.
- Jartun M, Eggen OA, Volden T og Ottesen RT, 2008. *Nasjonalt estimat på problemomfang og mengdeberegning for PCB i stående bygningsmasse i Norge*. NGU Rapport 2008.080, 18 s.
- Jartun M, Volden T og Ottesen RT, 2007. *PCB fra lokale kilder i Barentsburg, Pyramiden og Longyearbyen på Svalbard*. NGU-rapport 2008.075, 31s.
- Jartun M, Volden T, Ottesen RT, 2007. *PCB fra lokale kilder i Barentsburg, Pyramiden og Longyearbyen på Svalbard*. NGU Rapport 2007.075. 31 s.
- Jeremiason JD, Hornbuckle KC, Eisenreich SJ, 1994. *PCBs in Lake Superior, 1978-1992: Decreases in Water Concentrations Reflect Loss by Volatilization*. *Environ Sci Technol* 28:903-914.

- Kallenborn R, Christensen G, Evenset A, Schlabach M, Stohl A, 2007, *Atmospheric transport of persistent organic pollutants (POPs) to Bjørnøya (Bear island)*. J. of Environ. Monitor. 9/10:1082-109
- Klif, arkiv nr 2010/1348 *PCB i pigment i moderne maling*
- Klif, TA-2033/2004, *Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør Atmosferisk tilførsel*, 2003
- Kovacs KM, 1996, *The impact of human settlement in Svalbard. Containment risk to the environment*. Akvaplan-niva Report 410.96.1043, Tromsø, Norway
- Kystverket, 2010. *M/V Petrozavodsk Miljøkartlegging av vrak og undersøkelse av marint miljø*. Norconsult rapport nr. 5102456
- Lamon L, Von Waldow H, Macleod M, Scheringer M, Marcomini A, Hungerbühler K. *Modeling the global levels and distribution of polychlorinated biphenyls in air under a climate change scenario*. Environ Sci Technol. 2009 Aug 1;43(15):5818-24.
- Lei YD, Wania F, 2004. *Is rain or snow a more efficient scavenger of organic chemicals?* Atmospheric Environment 38, 3557e3571.
- Ma J, Hung H, Tian Chongguo og Kallenborn R. *Revolatilization of persistent organic pollutants in the Arctic induced by climate change*. Nature Climate Change . DOI: 10.1038/NCLIMATE1167
- Macdonald RW, Harner T, Fyfe J, 2005, *Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data*. Sci Total Environ 342 (1-3):5-86
- McKinney MA, Peacock E, Letcher RJ. 2009. *Sea Ice-associated Diet Change Increases the Levels of Chlorinated and Brominated Contaminants in Polar Bears*. Environmental Science & Technology 43(12): 4334-4339.
- Meyer T, Lei YD, Muradi I, Wania F, 2009a. *Organic contaminant release from melting snow. 1. Influence of chemical partitioning*. Environmental Science & Technology 43, 657e662.
- Meyer T, Lei YD, Muradi I, Wania F, 2009b. *Organic contaminant release from melting snow. 2. Influence of snow pack and melt characteristics*. Environmental Science & Technology 43, 663e668.
- NorACIA 2010, delutredning 3, Loeng H, Ottesen G, Svenning MA, Stien A. *Effekter på økosystemer og biologisk mangfold – Klimaendringer i norsk Arktis*.
- Noyes P D mfl. *The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world*, Environmental International, 35 (2009) 972-986
- Nürnberg D, Wollenburg I, Dethleff D. 1994 *Sediments in Arctic sea ice-entrainment, transport and release*. Mar Geol 119:185-214.
- Oehme M, Haugen J-E, Schlabach M, 1996a. *Seasonal changes and relations between levels of organochlorines in Arctic ambient air: first results of an all-year-around monitoring program at Ny-Ålesund, Svalbard, Norway*. Environ. Sci. Technol. 30, 2294-2304.
- Oehme M, Schlabach M, Kallenborn R & Haugen J-E, 1996b, *Sources and pathways of persistent polychlorinated pollutants to remote areas of the North Atlantic and levels in the marine food chain - A research update*. Sci. Tot. Environ., Vol. 186, 13-24
- 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.
- OSPAR 2009, *Quality Status Report 2010*
- OSPAR, *Atmospheric deposition of selected heavy metals and persistent organic pollutants to the OSPAR maritime area (1990–2005)*. OSPAR Commission, London, 2008. Publication 375/2008.
- Pavlov V, 2007, *Modelling of long-range transport of contaminants from potential sources in the Arctic Ocean by water and sea ice*. In: Orbaek JB, Tombre T, Kallenborn R, Hegseth E, Falk-Petersen S. and Hoel A.H. (Eds.), *Arctic-alpine Ecosystems and People in a Changing Environment*, Springer Verlag, Berlin, 329-350.
- Pavlov V, Pavlova O, Korsnes R, 2004, *Sea ice fluxes and drift trajectories from potential pollution sources, computed with a statistical sea ice model of the Arctic Ocean*. J Mar Syst 48(1-4):133-157.
- Pfirman S, Haxby WF, Colony R, Rigor I, 2004. *Variability in Arctic sea ice drift*. Geophys Res Letters 31, L16402, doi:10.1029/2004GL020063.
- Pfirman S, Colony R, Nürnberg D, Eicken H, Rigor I, 1997, *Reconstructing the origin and trajectory of drifting Arctic sea ice*. J Geophys Res 102(C6):12575-12586.
- Pfirman S, Eicken H, Bauch D, & Weeks W, 1995, *The potential transport of pollutants by arctic sea-ice*. Science of the total Environment, 159, 129-146
- Rigor I, Colony R, 1997, *Sea-ice production and transport of pollutants in the Laptev Sea, 1979-1993*. Science Total Environ 202:89-110.
- Slubowska-Woldengen M, Rasmussen TL, Koc N, Kiltgaard-Kristensen D, Nilsen F, Solheim A (2006) *Advection of Atlantic Water to the western and northern Svalbard shelf since 17,500 cal yr BP* Quat. Sci. Rev. 26/3-4: 463-468.
- Smith KEC, McLachlan MS. 2006. *Concentrations and partitioning of polychlorinated biphenyls in the surface waters of the southern Baltic Sea - Seasonal effects*. Environmental Toxicology And Chemistry 25(10): 2569-2575.
- Steindal E H, *Screening av persistente organiske miljøgifter (POPs) i migrerende fugler; hvitkinngås og kortnebbgås*, Masteroppgave 2009. Prosjektsamarbeid mellom Norsk Polarinstitutt, Norges Veterinærhøgskole og Universitetet i Amsterdam.
- SWIPA, AMAP 2011. *Climate Change and the Cryosphere: Snow, Water, Ice and the Permafrost in the Arctic*. AMAP, Oslo
- UNEP/AMAP Expert Group, 2011, *Climate Change and POPs: Predicting the Impacts (Report of the UNEP/AMAP Expert Group)*, 2011
- Verreault J, Gabrielsen GW, Bustnes JO, 2010, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 205. Springer Science, pp. 77-116.
- Wania F og Mackay D, 1995. *A global distribution model for persistent organic chemicals*. The Science of the Total Environment 160/161 s. 211-232
- Wania F, Mackay D, 1993, *Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in Polar Regions*. Ambio 22: 10-18.
- Willis KJ, Cottier FR, Kwasniewski S. 2008. *Impact of warm water advection on the winter zooplankton community in an Arctic fjord*. Polar Biology 31(4): 475-481
- Willis K, Cottier F, Kwasniewski S, Wold A, Falk-Petersen S. 2006. *The influence of advection on zooplankton community composition in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard)*. Journal Of Marine Systems 61(1-2): 39-54.
- Øyseth 2009: NORACIA: *Impact of climate change on transport and distribution of persistent organic pollutants (pops) in the arctic environments*

REFERANSER KAPITTEL 7

- Andersson M, Ottesen RT, Jartun M, Eggen OA og Enqvist, A-C. *PCB contamination from sampling equipment and packaging*. Applied Geochemistry 2012; 27: 146-150.
- Beyer A, Wania F, Gouin T, Mackay D, Matthies M, 2003. *Temperature dependence of the characteristic travel distance*. Environmental Science & Technology 2003; 37: 766-771.
- Beyer A, Mackay D, Matthies M, Wania F, Webster E, 2000. *Assessing long-range transport potential of persistent organic pollutants*. Environmental Science & Technology 2000; 34: 699-703.
- Breivik K, Alcock R, Li YF, Bailey RE, Fiedler H, Pacyna JM, 2004. *Primary sources of selected POPs: regional and global scale emission inventories*. Environmental Pollution 2004; 128: 3-16.
- Eckhardt S, Breivik K, Li YF, Mano S, Stohl A. 2009. *Source regions of some persistent organic pollutants measured in the atmosphere at Birkenes, Norway*. Atmospheric Chemistry and Physics 2009; 9: 6897- 6610.
- Eckhardt S, Stohl A, Beirle S, Spichtinger N, James P, Forster C, Junker C, Wagner T, Platt U, og Jennings S G, 2003. *The North Atlantic Oscillation controls air pollution transport to the Arctic*, Atmospheric Chemistry and Physics, 3, 1769-1778
- ECMWF (White, P. W., Ed.): IFS Documentation, ECMWF, Reading, UK, 2002.
- Green NW, Molvær J, Kaste Ø, Schrum C, Yakushev E, Sørensen K, Allan I, Høgåsen T, Christiansen AB, Heldal HE, Klungsoyr J, Boitsov S, Børsheim KY, Måge A, Julshamn K, Aas W, Braathen OA, Breivik ., Eckhardt S, Rudjord AL, Iosjpe M, Brungot AL, 2010. *Tilførselsprogrammet 2009. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Barentshavet og Lofotenområdet*. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Rapport TA 2660/2010. NIVA rapport 5980-2010. ISBN 978-82-577-5715-1. 245 sider
- Gusev A, Rozovskaya O, Shatalov V, Sokovyh V, Aas W, Breivik K. 2009. *Persistent Organic Pollutants in the Environment*. EMEP Status Report 3/2009. MSC/E and CCC, 2009, pp. 84
- Malanichev A, Mantseva E, Shatalov V, Strukov B, Vulykh N. 2004. *Numerical evaluation of the PCBs transport over the Northern Hemisphere*. Environmental Pollution 2004; 128: 279-289.
- Stohl A. 2006. *Characteristics of atmospheric transport into the Arctic troposphere*. J. Geophys. Res. 111, D11306, doi:10.1029/2008JD006888.
- Stohl A, Forster C, Eckhardt S, Spichtinger N, Huntrieser H, Heland J, Schlager H, Wilhelm S, Arnold F, og Cooper O. 2003. *A backward modeling study of intercontinental pollution transport using aircraft measurements*. J. Geophys. Res. 108, 4370, doi:10.1029/2002JD002862.
- Stohl A, Thomson DJ, 1999. *A density correction for Lagrangian particle dispersion models*. Bound.-Layer Met. 90, 188-167.
- Stohl A, Hittenberger M og Wotawa G, 1998. *Validation of the Lagrangian particle dispersion model FLEXPART against large scale tracer experiments*. Atmos. Environ. 32, 4248-4264.

6 RAPPORTOVERSIKT STEDFESTEDE MILJØGIFTUNDERSØKELSER

Tabellen er en oversikt over gjennomførte undersøkelser av PCB og miljøgifter i geografisk avgrensede områder på land og i sedimenter på Svalbard, med resultater og mulig oppfølging.

ÅR	INST./REFERANSE	RESULTAT/TILSTAND	STOFFER/KILDER	OPPSUMMERING OG OPPFØLGING
LONGYEARBYEN/ADVENTFJORDEN				
2009	NGU/Jartun mfl. 2009	Oppfølgende undersøkelser og PCB-analyser av overflatejord, maling og betong. Lav grad av PCB-forurensning i jord. PCB påvist i lave konsentrasjoner i enkeltprøver.	PCB i overflatejord og maling.	Det er ikke anbefalt spesielle tiltak i Longyearbyen utover korrekt avfallsbehandling ved riving/renovering av bygg med PCB i maling/vinduer og rensetiltak i kraftverket for å redusere utslipp av nydannet PCB.
2009	Evenset mfl. 2009 Akvaplan-niva rapport 4707-1.	Miljøgifter i marine sedimenter i Isfjorden, Svalbard 2009. Undersøkelser utenfor Longyearbyen, Barentsburg, Pyramiden og Colesbukta.		
2007	NGU/Jartun mfl. 2007	PCB-analyser av overflatejord, maling, betong, oljer og kondensatorer. Lav grad av PCB-forurensning i jord (tilstandsklasse I og II), påvist i maling og i jorda rundt brakker i Nybyen og i maling fra Gruve 3.	PCB i olje, maling, betong, jord og kondensatorer	Det er påvist lokal tilførsel av miljøgifter til Adventfjorden, men generelt lave verdier (tilstandsklasse I-II). Mulige kilder i forurenset grunn er vurdert av NGI og anbefalte tiltak har vært fulgt opp tidligere og er gjennomgått av Klif/SMS i 2008.
2006	SMS 2006	Tilsyn hos alle bygningseiere av utfasing PCB-lysarmatur, merking PCB-isolerglassuter og behandling av farlig avfall. Alle kondensatorer skal være utfaset i løpet av 2007, alle vinduer skal være merket.	PCB i lysarmatur og isolerglassruter.	Kildesituasjonen i avløp forventes å være bedre enn før 1990-tallet på bakgrunn av strengere regelverk på bruk av de ulike forbindelsene. Nye rensetiltak blir vurdert etter nye målinger innen 2009. Aktuelt med oppfølgende undersøkelser for å overvåke status. Oversikt over utfasete PCB-lysarmaturer hos SMS. Energiverket har fått krav om nytt askedeponi som over tid vil redusere utvasking langs fjorden der dagens aske blir deponert, selv om tilførsel av miljøgifter og tungmetaller fra sigevannet er vist lavt.
2005	Akvaplan-niva/Velvin mfl. 2006	Marin resipientundersøkelse ved Longyearbyen, Svalbard 2005. Bløtbunnsundersøkelse i Adventfjorden for Svalbard Samfunnsdrift.		
2005	Akvaplan-niva/Evenset 2006	Miljøundersøkelse av marine sedimenter utenfor bosetningene i Isfjorden. PCB i sedimentet i Adventfjorden ligger innenfor tilstandsklasse I.		
2002	Akvaplan-niva/Evenset 2002	Miljøgifter i Adventfjorden: Sammenheng med utslipp fra Longyear Energiverk. På oppdrag fra Longyear energi.		
2001	Akvaplan-niva/Evenset 2002	Oppfølging av DDT- og toksafenfunn i to stasjoner fra Cochrane mfl. 2001. Vesentlig lavere DDT-verdier (klasse I), og med relativt høyere andel DDE og DDD enn i 1998. Lokalt utslipp av DDT på slutten av 90-tallet kan ikke utelukkes. Toksafen ble ikke gjenfunnet. Det spekuleres i mulig feil i toksafen-analysen fra 1998.	PCB/HCB: avløp, gamle fyllinger PAH: Kullkraftverk, skipstrafikk, oljeforurensning, kullpartikler (naturlig og fra kulldrift). DDT: Ukjent	
1999	Akvaplan-niva/Savinova mfl. 1999.	Biologiske effekter av POPs på polarmåke.		
1999	NP/Hop mfl. 2001	POP i marin makro-benthos. Det ble funnet ubetydelig forhøyede nivå av forurensning i materialet (klasse I).		
1998	Akvaplan-niva/Cochrane mfl. 2001	Samtlige stasjoner PAH i klasse II. PCB klasse I på de fleste stasjoner, en stasjon klasse II. For HCB lå stasjonene i klasse I-II. DDT en stasjon klasse IV, øvrige klasse I-II. Høy andel DDT i forhold til DDD/DDE antydte "fersk" tilførsel. Lave verdier av metaller (klasse I).		
1992	Akvaplan-niva/Holte mfl. 1994	Samtlige stasjoner PAH i klasse III. PCB under deteksjonsgrense (< 0,2 µg/kg). HCB i klasse III-IV. Lave verdier av DDT. Lave verdier av metaller (klasse I).		

ÅR	INST./REFERANSE	RESULTAT/TILSTAND	STOFFER/KILDER	OPPSUMMERING OG OPPFØLGING
----	-----------------	-------------------	----------------	----------------------------

GRØNFJORDEN/BARENTSBURG

2009	NGU/Jartun mfl. 2009	Oppfølgende undersøkelser og PCB-analyser av overflatejord, maling og betong. Komplettering av tidligere arbeid. Prøver fra alle bygg. Resultatene bekrefter tidligere funn.	PCB i overflatejord, maling og betong.	Se "Diverse områder" under, og rapportene fra Akvaplan-niva og NGU 2010.
2009	Evenset mfl. 2009 Akvaplan-niva rapport 4707-1.	Miljøgifter i marine sedimenter i Isfjorden, Svalbard 2009. Undersøkelser utenfor Longyearbyen, Barentsburg, Pyramiden og Colesbukta.		
2007	NGU/Jartun mfl. 2007	PCB-analyser av overflatejord, maling, betong, oljer og kondensatorer. Over 11 % PCB i russiske kondensatorer. Jord fra de russiske bosetningene er markert forurenset med PCB (tilstandsklasse II-V for begge), høyere innhold av PCB enn tidligere funnet på fastlands-Norge. Dette skyldes nok svært høye konsentrasjoner av PCB i maling fra Barentsburg og Pyramiden, i Barentsburg også påvist PCB i betong.	PCB i olje, maling, betong, jord og kondensatorer	Det er påvist lokal tilførsel av miljøgifter og Grønfjorden utenfor Barentsburg fremstår i dag som det mest påvirkete av de undersøkte områdene (tilstandsklasse I-III). Mulige kilder i forurenset grunn er vurdert av NGI. Anbefalte tiltak følges opp. Kildesituasjonen i avløp forventes å være bedre enn før 90-tallet på bakgrunn av strengere regelverk på bruk av de ulike forbindelsene. For de russiske bosetningene er effekten av dette usikker. Aktuelt med oppfølgende undersøkelser for å overvåke status og gjennomføring av tilsyn. Norske myndigheter har varslet likebehandling av Trust Arktikugol med hensyn til miljøkrav til virksomheten.
2005	Akvaplan-niva/Evenset 2006	Miljøundersøkelse av marine sedimenter utenfor bosetningene i Isfjorden. Konsentrasjonene i Grønfjorden utenfor Barentsburg lå i tilstandsklasse II.		
1999	Norsk Polarinst./Hop mfl. 2001	POP i marin makro-benthos. Det ble funnet ubetydelig forhøyede nivå av forurensning i materialet. Dvs. hovedsaklig klasse I, med unntak av PAH klasse II.	PAH: Kullkraft, skipstrafikk, oljeforurensning, kullpartikler (naturlig og fra kulldrift). PCB/HCB: avløp, gamle fyllinger	
1998	Akvaplan-niva/Cochrane mfl. 2001	PAH i klasse II og PCB i klasse I på alle stasjoner. HCB i klasse I-II. DDT en stasjon klasse III, øvrige klasse I-II. Lave verdier av metaller (klasse I).		
2001	Akvaplan-niva/Savinov mfl. 2001.	Contaminant levels in Glaucous Gulls from Barentsburg, 2001		
1992	Akvaplan-niva/Holte mfl. 1994	Samtlige stasjoner PAH i klasse III. PCB: en stasjon klasse III, tre stasjoner klasse II, to stasjoner klasse I. For HCB lå stasjonene i klasse III-IV. Lave verdier av DDT. Lave verdier av metaller (klasse I).		

BILLEFJORDEN/PYRAMIDEN

2011	Evenset mfl. 2011 under arbeid	Undersøkelser av spredning av PCB-forurensningen utover fjorden, inkl. toksisitetstesting.		Bidrag også til vurderingen av det relative bidraget fra lokal PCB-kilder kontra langtransportert PCB.
2009	Evenset mfl. 2009 Akvaplan-niva rapport 4707-1.	Miljøgifter i marine sedimenter i Isfjorden, Svalbard 2009. Undersøkelser utenfor Longyearbyen, Barentsburg, Pyramiden og Colesbukta.		
2009	NVE/Benjaminen 2009	Partikkeltransport fra land til hav i Pyramiden og Barentsburg er beregnet. Overflateavrenning gjør at mer eller mindre hele terrengoverflaten spyles, og finere partikler føres ut i dreneringssystemet. Data er brukt som grunnlag for beregning av transport av miljøgifter. I Pyramiden kan den ene bekken føre ca. 100 tonn masse ut i sjøen årlig, mest ved flom. Vindtransport antas å være en aktiv prosess, spesielt i Barentsburg med store bare jordflater.	Partikkeltransport i elver og bekker ved Barentsburg og Pyramiden	I pyramiden gir mengden transportert masse og nivåer av partikkelbundet PCB i elvematerialet et årlig utslipp på ca. 7 g Σ7PCB. Dette tilsvarer et moderat til stort norsk industriutslipp. Kilder på land er dermed aktive og gir forurensning ut i fjorden.
2009	NGU/Jartun mfl. 2009	Oppfølgende undersøkelser og PCB-analyser av overflatejord, maling og betong. Komplettering av tidligere arbeid. Prøver fra alle bygg. Resultatene bekrefter tidligere funn.	PCB i overflatejord, maling og betong.	

ÅR	INST./REFERANSE	RESULTAT/TILSTAND	STOFFER/KILDER	OPPSUMMERING OG OPPFØLGING
2007	NGU/ Jartun mfl. 2007	PCB-analyser av overflatejord, maling, betong, oljer og kondensatorer. Over 11 % PCB i russiske kondensatorer. Jord fra de russiske bosetningene er markert forurensset med PCB (tilstandsklasse II-V for begge), høyere innhold av PCB enn tidligere funnet på fastlands-Norge.	PCB i olje, maling, betong, jord og kondensatorer.	Det er påvist lokal tilførsel av miljøgifter i sedimentene (klasse II-III). Høyere nivåer av PCB i 2005 enn i 1998 indikerer en aktiv kilde. Høye PCB-nivåer i maling/betong, PCB-holdig kassert utstyr i dagen. Mulige kilder i forurensset grunn er vurdert av NGI. Stort lager av olje er ryddet opp i 2006, kan ha lekket oljer. Driften ble lagt ned i 1998, avløp opphørte. Utvasking av forurensset grunn kan bli større etter hvert som elva eroderer byen. Opprydding av PCB-holdig avfall og tiltak mot PCB i maling og overflatejord må vurderes. Oppfølgende undersøkelser bør gjennomføres.
2005	Akvaplan-niva/ Evenset 2006	Miljøundersøkelse av marine sedimenter utenfor bosetningene i Isfjorden. Høyeste konsentrasjonene av PCB ble funnet utenfor Pyramiden (tilstandsklasse III).	PCB fra mulig aktiv kilde på land.	
1999	Norsk Polarinst./ Hop mfl. 2001	POP i marin makro-benthos. Det ble funnet ubetydelig forhøyede nivå av forurensning i materialet (klasse I)	PAH: Kullkraft, oljer, kullpartikler (naturlig og fra kulldrift). PCB/HCB/DDT: avløp, gamle fyllinger	
1998	Akvaplan-niva/ Cochrane mfl. 2001	De fleste stasjoner PAH i klasse II, PCB klasse I, HCB i klasse I, DDT klasse I-II. Lave verdier av metaller (klasse I-II, naturlig)		

KONGSFJORDEN/NY-ÅLESUND

1999	Norsk Polarinst./ Hop mfl. 2001	POP i marin makro-benthos. Det ble funnet ubetydelig forhøyede nivå av forurensning i materialet (klasse I).	PAH: Olje-forurensning, kullpartikler (naturlig og fra kulldrift). PCB: gammel fylling	Tiltak ved mulige kilder (deponiet og tankanlegg) er gjennomført i 2003. Ved avslutning av lokalitetene er det aktuelt å fastsette overvåkningskrav. Gjennomføring av tilsyn.
1997	Akvaplan-niva/ Olsson mfl. 1998	PAH klasse II i Kongsfjorden. Konsentrasjonene på nivå med øvrige stasjoner i undersøkelsen i områder uten lokale kilder.		
1991/-92	NIVA/ Skei 1993	Sedimentundersøkelse. Forhøyede verdier av PCB - klasse I - ved deponiet i Kullhamna. PAH klasse V ved deponiet i Kullhamna og klasse III like utenfor Ny-Å. Deponiet og oljeforurensning fra tankanlegget (lekkasje i 1985) kan være mulige kilder. PAH er ellers i fjorden ikke avdekket i konsentrasjoner som gir grunn til oppfølging. Pesticider og PCB stort sett på bakgrunnsnivå eller under deteksjonsgrensen i Kongsfjorden. Metaller stort sett på bakgrunnsnivå.		
1988	NGU	Metaller i jord	Naturlig forhøyet innhold	Gull, arsen forekomst

ISFJORDEN

2009	Evenset mfl. 2009 Akvaplan-niva rapport 4707-1.	Miljøgifter i marine sedimenter i Isfjorden, Svalbard 2009. Undersøkelser utenfor Longyearbyen, Barentsburg, Pyramiden og Colesbukta.		
1999	Norsk Polarinst./ Hop mfl. 2001	POP i marin makro-benthos (vest for utløp av Linnévatnet). Det ble funnet ubetydelig forhøyede nivå av forurensning i materialet. Dvs. hovedsaklig klasse I, med unntak av PAH klasse II.	Naturlig lekkasje av olje fra sjøbunnen, kull (naturlig og fra gruvedrift) og forbrenningsrester fra kullkraftverk og skipstrafikk.	Kan være aktuelt å innta målepunkter fra disse undersøkelsene i oppfølgingsundersøkelse av sedimenter utenfor bosettingene i Isfjorden planlagt i 2015 for å følge med utviklingen i det store fjordsystemet og overvåke status.
1998	Akvaplan-niva/ Cochrane mfl. 2001	PAH klasse II i Svenssunddjupet ytterst i Isfjorden. POP og metaller viser ikke vesentlig forhøyede verdier (klasse I-II).		
1992	Akvaplan-niva/ Killie mfl. 1997	PAH klasse III i Svenssunddjupet ytterst i Isfjorden. Øvrige POP og metaller viser ikke vesentlig forhøyede verdier (klasse I-II)		

COLESBUKTA

2009	Evenset mfl. 2009 Akvaplan-niva rapport 4707-1.	Miljøgifter i marine sedimenter i Isfjorden, Svalbard 2009. Undersøkelser utenfor Longyearbyen, Barentsburg, Pyramiden og Colesbukta.		
------	--	---	--	--

ÅR	INST./REFERANSE	RESULTAT/TILSTAND	STOFFER/KILDER	OPPSUMMERING OG OPPFØLGING
2008	NGU/Eggen m.fl. 2008	Undersøkelser av overflatejord ved bygninger, maling fra bygg. Funn av PCB i maling og overflatejord.		
2005	Akvaplan-niva/Evenset mfl. 2006	Miljøundersøkelse av marine sedimenter utenfor bosetningene i Isfjorden. Lave konsentrasjoner av PCB (tilstandsklasse I).	PCB-mønster tyder på langtransport som kilde.	
2001	NGI 2002		Diesel i fri fase ved lektere.	Pålegg om opprydding gitt av SMS, under gjennomføring av Trust Arktikugol.

FORLANDSUNDET

1998	Akvaplan-niva/Cochrane mfl. 2001	PAH klasse II sør for Poolepynten i Forlandssundet. Øvrige POP og metaller viser ikke vesentlig forhøyde verdier (klasse I-II), lavere verdier enn i Isfjorden, og i samsvar med "bakgrunnsverdier" rundt Svalbard.		Ikke aktuelt med oppfølging.
------	----------------------------------	---	--	------------------------------

SVEAGRUVA

2009	Akvaplan-niva/Evenset & Christensen 2009	Undersøkelse av miljøgifter i sediment utenfor Kapp Amsterdam, Svea. Akvaplan-niva rapport 4709-1		Oppdrag fra Store Norske Spitsbergen kullkompani
2008	Akvaplan-niva/Velvin mfl. 2007	Resipientovervåking i VanMijenfjorden Akvaplan-niva rapport 3809 - 01		Oppdrag fra Store Norske Spitsbergen kullkompani

GRUMANT

2009	NGU/Jartun mfl. 2010	Noen sedimentprøver analysert, vanskelig prøvetaking.		
2008	NGU/Eggen m.fl. 2008	Undersøkelser av overflatejord ved bygninger, maling fra bygg. Funn av PCB i maling og overflatejord.		

FERSKVANN

2009-2010	Akvaplan-niva/Christensen mfl.	Undersøkelse av miljøgifter i røye fra 8 innsjøer på Spitsbergen og 2 på Bjørnøya..	POPS og Hg i muskel fra røye	Røye fra Ellasjøen, Laksvatn (Bjørnøya), Richardvatn, Arresjøen, Annavatn, Ratjøna, Diesetvatn, Linnévatn, Straumsjøen og Liefdefjorden ble analysert for POPS og Hg. Analyseresultatene viser at PCB er den dominerende miljøgiften i fisk fra alle de undersøkte innsjøene. Innsjøer påvirket av sjøfugl hadde gjennomgående de høyeste nivåene av miljøgifter.
2008	Akvaplan-niva/Christensen mfl. 2008	Koordinerte, nasjonale sedimentundersøkelser. Del III: Status for metaller og organiske miljøgifter i sedimenter og fisk fra utvalgte innsjøer innen det norske AMAP-området	POPs og metaller målt i sediment.	Sediment fra Ellasjøen, Kongressvatn, Arresjøen, Richardvatn og analysert for POPS og metaller. Fisk fra Ellasjøen, Richardvatn, Åsøvatn og Arresjøen er analysert for POPS og Hg.
1997	Akvaplan-niva/Skotvold mfl. 1997.	Tungmetaller og persistente organiske miljøgifter i sediment og fisk fra innsjøer i Nord-Norge og på Svalbard.	PCB målt i sediment.	PCB målt i sediment fra Ellasjøen og Barentsvann. Høye nivåer i Ellasjøen. Relativt lave nivåer i Barentsvann. Fisk fra Ellasjøen, Diesetvannet, Richardvatn, Hornsundet og Kongressvatn analysert for miljøgifter.

ÅR	INST./REFERANSE	RESULTAT/TILSTAND	STOFFER/KILDER	OPPSUMMERING OG OPPFØLGING
----	-----------------	-------------------	----------------	----------------------------

DIVERSE OMRÅDER

2010	Akvaplan-niva/Evenset 2010	Rapporten gir en oversikt over miljøundersøkelser ved bosettinger på Svalbard og har en trinn 1 risikovurdering for forurenset sediment. Konsentrasjonen av de fleste forbindelser er lavere enn terskelverdi for økologisk risiko (jf. Klifs veileder), bortsett fra for en del PAH-forbindelser (alle områder) og PCB i sediment ved Pyramiden. Hvis tilførsel fra lokale kilder stanser, vil sedimentasjon føre til en naturlig forbedring av miljøtilstanden i sjøbunnen.		• Overvåkingen av sjøbunn bør fortsette og opptak og effekter av miljøgifter i de mest forurensete områdene bør undersøkes videre. • Det anbefales å ikke iverksette tiltak mot forurenset sjøbunn nå, men fokusere på kildene på land og tiltak der for å hindre utlekking av miljøgifter til sjø. • Behov for å undersøke hvor langt ut i fjorden PCB sprer seg og virker på det marine økosystemet.
2007-2009	NGU/Jartun mfl. 2010	PCB fra lokale kilder på Svalbard, overflatejord og produkter 2007-2009, samlerapport for 1.019 prøver fra alle bosetningene på Svalbard. 60 % av eksisterende bygningsmasse i Barentsburg og Pyramiden inneholder PCB i ett eller flere typer materialer. I Longyearbyen finnes spor av PCB i 15 % av de undersøkte bygningene, enten i utendørs maling eller betong. Det er også grove estimater av PCB-innhold i overflatejord i de tre største bosetningene og for bakgrunnsnivåer. Barentsburg og Pyramiden er sterkt forurenset med PCB, mens det er lite i Longyearbyen.	PCB i jord, sedimenter, bygningsmaterialer (maling, betong mv.)	• Myndighetene må sammen med Trust Arktikugol sørge for aktsomhet rundt forflytting av overflatemasser, spesielt i de russiske bosetningene, samt sikker deponering av forurenset jord og bygningsavfall. • Bakgrunnsnivåer av langtransportert forurensning bør regnes grundigere basert på flere prøver og bredere analyser.
2008	NGU/Eggen mfl. 2008	Med unntak av Svea, er det påvist PCB i én eller flere prøver av overflatejord eller maling fra alle bosetningene. Maling er primær lokalkilde i Barentsburg, Colesbukta, Grumant, Isfjord radio og Longyearbyen. Sekundærkilder til PCB (jord og sedimenter) i Barentsburg, Colesbukta og Ny-Ålesund.	PCB i olje, maling, betong og jord	Flere prøver ble tatt i 2009.
1994 1992	Akvaplan-niva/Olsson mfl. 1998 Killie mfl., 1997	Måling av langtransportert forurensningsnivå i Hinlopen, Storfjorden, Erik Eriksenstretet mfl.		Ikke aktuelt med oppfølging.
1987	NGU, Ottesen mfl.	Geokjemisk kartlegging 50 grunnstoffer		Prøvematerialet er arkivert i NGUs prøvebank.

BJØRNØYA, HOPEN OG HORNSUND

2008	NGU/Eggen og Ottesen, 2008	Kartlegging av mulige lokale kilder til PCB på Bjørnøya, Hopen og Hornsund	PCB i maling og overflatejord	Bjørnøya, Hopen og Hornsund er i all hovedsak frie for lokale kilder av PCB, men likevel noe PCB i maling og overflatejord på Bjørnøya
------	----------------------------	--	-------------------------------	--

SYSSELMANEN

2010	SMS 2010	Årsrapport PCB-prosjektet 2010 og sluttrapport: 1. alt PCB-utstyr er destruert (4.762 kondensatorer og to tonn større industriutstyr) 2. PCB i jord og bygninger er kartlagt og dokumentert, (herunder 415 merkede PCB-vinduer), fremtidig avfall herfra kan håndteres forsvarlig 3. dokumenterte nivåer av PCB på land og i fjordene 4. mange delrapporter med ny kunnskap om PCB, alle er oversatt til engelsk og russisk 5. godt samarbeid med Trust Arktikugol, norsk-russisk miljøovervåking og samarbeid på tvers av fagmiljøer 6. gode erfaringer vist frem i flere internasjonale fora	PCB	Prosjektet har oppfordret Miljøverndepartementet til å iverksette disse tiltakene for mer kunnskap og informasjon: - om mulig, anslå hvor store de lokale PCB-kildene er i forhold til den langtransporterte forurensningen - tilgjengeliggjøre resultatene av arbeidet for internasjonale fora, bla. Stockholmkonvensjonen - dele erfaringer og bidra til internasjonalt samarbeid for å forebygging spredning av PCB lokalt
------	----------	--	-----	--

2009	Norges veterinærhøgskole	Analyser av PCB i isbjørn (fett, lever og muskel) og reinsdyr viser at sporadisk inntak av kjøtt fra den prøvetatte isbjørnen ikke vil utgjøre noen helserisiko for et voksent menneske. Det ble ikke funnet PCB i reinskjøttet.	PCB i isbjørn og reinsdyr	
2009	SMS 2009	Årsrapport PCB-prosjektet 2009	PCB	Se over (SMS 2010).
2008	SMS 2008	Årsrapport PCB-prosjektet 2008	PCB	Se over (SMS 2010).

FUGL/NORSK POLARINSTITUTT

2010	NP kortrapport nr 16, 2010	Miljøgifter i polarlomvi egg fra Kongsfjorden og Bjørnøya i perioden 1993 til 2007. For de fleste av de undersøkte organiske miljøgiftene, inklusive PCB, ble det funnet en betydelig nedgang i konsentrasjoner fra 1993 til 2002/2003 og fra 2002/2003 til 2007.	PCB/ Langtransport	Konsentrasjonene av alle analyserte stoffer var generelt sett sammenlignbare med tidligere rapporterte konsentrasjoner i sjøfuglegg i Arktis og Barentshavet (AMAP 2004, Helgason mfl. 2008). Miljøgiftnivåene som er funnet i egg fra polarlomvi ligger under grenseverdier for negative effekter på egg og fosterutvikling.
2009	NP kortrapport nr 14, 2009 og Sluttrapport til Svalbards miljøvernfond 2010	Miljøgifter i egg fra krykkje (<i>Rissa tridactyla</i>) fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden – en undersøkelse av bidrag fra lokal forurensning til sjøfuglen krykkje i bosetningene på Svalbard. I studiet av krykkjeegg ble det ikke funnet forskjeller i miljøgiftkonsentrasjon eller sammensetning mellom Kongsfjorden, Barentsburg og Pyramiden. Kildene til miljøgifter i hekkende krykkjer er derfor 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.	PCB/ Langtransport	Det er ikke et behov 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 på Svalbard.
2007	NP kortrapport nr 7, 2007	Organisk halogenerte miljøgifter og kvikksølv i ismåke egg. Det vart funne høge nivå av miljøgifter i ismåkeegg sam-anlikna med nivå i egg frå ei rekkje sjøfuglartar (t.d. ismåke, polarmåke, krykkje) frå heile Arktis. Det vart også funne negative assosiasjonar mellom eggeskaltjukkelleik og ei rekkje miljøgifter, noko som indikerer at eggeskaltjukkelleiken er påverka av miljøgifter.	PCB/ Langtransport	Dei høge nivåa av miljøgifter, særskild organokloriner, funne i ismåkeegg frå Svalbard og russisk Arktis er truleg så høge at dei påverkar ismåka og dei kan ha innverknad på populasjonen til ismåka. Dei høge nivåa gjær at ismåka framleis må overvåkast for miljøgifter.

REFERANSER:

Benjaminsen H. 2009. *Partikkeltransport fra land til hav i Barentsburg og Pyramiden, Svalbard. Et grunnlag for beregning av transport av miljøgifter.* 5 s.

Eggen og Ottesen 2008. *Kartlegging av mulige lokale kilder til PCB på Bjørnøya, Hopen og Hornsund.* NGU-rapport 2008.083. 14 s.

Eggen O A, Ottesen R T, og Volden T. 2008. *Undersøkelse av mulige lokale kilder til PCB i Barentsburg, Colesbukta, Fuglehuken fyr, Grumant, Isfjord radio, Longyearbyen, Ny-Ålesund og Svea.* NGU-rapport 2008.073. 43 s

Evenset A. 2010. *Forurensning ved bosettinger på Svalbard. Behov for oppfølgende undersøkelser og tiltak.* Akvaplan-niva rapport nr. 4900-1. 39 s.

Jartun M, Eggen O og Ottesen RT. 2010. *PCB fra lokale kilder på Svalbard – overflatejord og produkter 2007-2009.* NGU-rapport 2010.038. 55 s.

Jartun M, Eggen O og Ottesen RT, 2009. *PCB fra lokale kilder på Svalbard – Utfyllende undersøkelser i Longyearbyen, Barentsburg og Pyramiden.* NGU Rapport 2009.073. 35 s.

Løken KB og Lie E. 2009. *Analyser av PCB i enkeltprøver av vev fra avlivet isbjørn og felt reinsdyr, på oppdrag fra Sysselmannen.*

Oversendelsesbrev med analyseresultater, 3 s.

Miljeteig C, Gabrielsen GW, 2010. *Contaminants in Brünnich's guillemots from Kongsfjorden and Bjørnøya in the period from 1993 to 2007,* Kortrapportserie. Instituttet, Tromsø, p. 33 s.

Miljeteig C, Lie E, Sagerup K, Gabrielsen GW, 2010. *Miljøgifter i egg fra krykkje (Rissa tridactyla) fra Barentsburg, Pyramiden og Kongsfjorden – en undersøkelse av bidrag fra lokal forurensning til sjøfuglen krykkje i bosetningene på Svalbard.* Norwegian Polar Institute, Tromsø, p. 20.

Miljeteig C, Gabrielsen GW, 2009. *Contaminants in black-legged kittiwake eggs from Kongsfjorden, Barentsburg and Pyramiden,* Kortrapportserie. Norsk polarinstitutt, Tromsø, p. 28 s.

Miljeteig, C., Strøm, H., Gavrilov, M.V., Skaare, J.U., Jenssen, B.M., Gabrielsen, G.W., 2007. *Organohalogen and mercury in ivory gull eggs,* Klif, TA-2033/2004. Norwegian Polar Institute Brief Report Series (Kortrapport) no. 7.

Sysselmannen (SMS) 2010. *Svalbard fritt for lokale PCB-kilder,* prosjektrapport 2010 og sluttrapport. 4 s.

Sysselmannen (SMS) 2009. *Svalbard fritt for lokale PCB-kilder,* prosjektrapport 2009. 8 s.

Sysselmannen (SMS) 2008. *Svalbard fritt for lokale PCB-kilder,* prosjektrapport 2008. 8 s.

- PCB står på den nasjonale listen over prioriterte miljøgifter.
- De samlede utslippene av PCB i Norge er ikke kjent.
- Selv om PCB er forbudt, finnes miljøgiftene i lovlige produkter og materialer produsert før forbudet trådte i kraft.

Foto: Halvard R. Pedersen

7 VEDLEGG

Supplement til tidligere kapitler.

7.1 LANGTRANSPORTERT FORURENSNING: KILDER PÅ DEN NORDLIGE HALVKULE GENERELT

Modellberegninger kan gi oversikt over mulige kilderegioner for forurensninger som påvirker Svalbard-regionen. Beregningen nedenfor for PCB#28 er gjort i Tilførselsprosjektet og er dokumentert i Green mfl. 2010:

Simuleringene er gjort med den atmosfæriske spredningsmodellen FLEXPART (Stohl mfl. 1998; Stohl og Thomson 1999; Stohl mfl. 2005 <http://transport.nilu.no/flexpart>). Modellen er basert på såkalt "Lagrange partikkelspredning" og har blitt validert gjennom flere ulike studier, for eksempel kontinental spredningseksperimenter (Stohl mfl. 1998); transport av biomasse forbrenningsprodukter i Øst Europa til Arktis (Stohl mfl. 2006); langtransporterte luftforurensningsepisoder mellom kontinenter (Stohl mfl. 2003) og inn i Arktis (Eckhardt mfl. 2003), samt langtransport av PCB#28 til Birkenesstasjonen i Sør-Norge (Eckhardt mfl. 2009). Meteorologiske data for å drive modellen kommer fra European Centre for Medium Range Weather Forecast (ECMWF 2002).

Modellresultatet er gjort med data for året 2007 og gir en tredimensjonal fordeling av potensiell utslippsfølsomhet, såkalt PES "potential emission sensitivity" (enhet s kg-1), for lokasjonene.

STASJONSNR.	LOKALITET	KOORDINATER
1	Zeppelin	78.9 N 11.9 E
3	Barentshavet	78.9 N 25 E
4	Barentshavet	75.0 N 20 E
5	Barentshavet	75.0 N 28 E

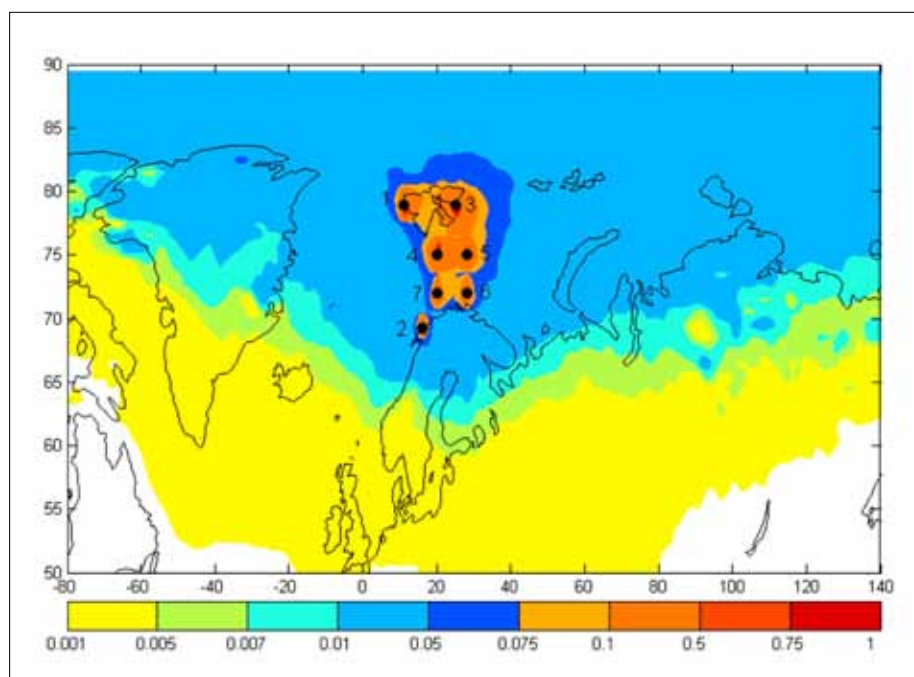
Simuleringsresultater FLEXPART

Et årlig gjennomsnittlig transportmønster for 2007 for lokaliteter er vist i figur 7.1-1. Den viktigste kilderegionen for luften som befinner seg på disse lokalitetene er det arktiske området, Nord-Skandinavia, Grønland og Nord-Russland, men også Nord-Europa kan forventes å ha bidrag til disse stedene. Figur 7.1-2 viser den samme informasjonen, men adskilt for hver sesong. Innflytelsen fra kontinenter viser stor forskjell mellom sommer og vinter, mens vår og høst viser gjennomsnittresultater. På sommeren er luftens oppholdstid rundt lokalitetene lengre og mindre transport av luft inn mot arktisk, mens man på den annens side har større transportpotensiale fra kontinentet på vinteren. Dette vises også klart i de forventede konsentrasjonstimatene figur 7.1-2.

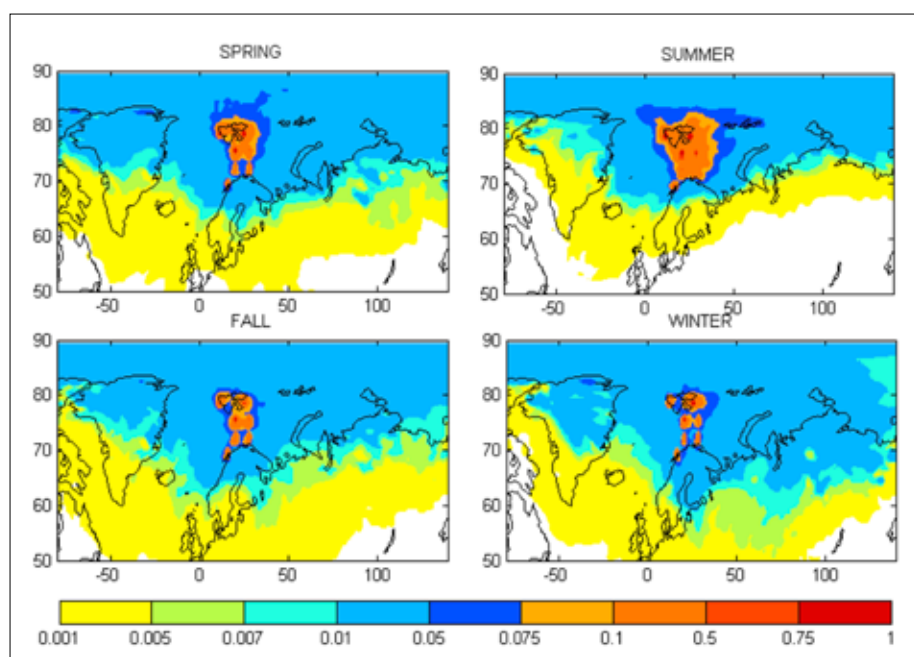
Zeppelin-stasjonen ligger på en fjelltopp, 478 meter over havet. Utslippssensitiviteten (ES) reduseres fra stasjonen i alle retninger, men nedgangen er tregest i retning Europa og Sibir, særlig om vinteren. Dette indikerer at utslipp fra disse områdene mest sannsynlig vil kunne nå Zeppelin i løpet av denne tiden av året. Figur 7.1-3 viser den samme analysen separat for hver lokalitet. Det er en klar forskjell mellom de to nordligste stedene og de andre. De to viser en klar maksimal oppholdstid for luften nord for Svalbard. Zeppelin-stasjonen (nr 1) viser en påvirkning av

Russland som er meget forskjellig i forhold til Andøya (nr 2), som er mer påvirket av kilderegioner i Vest-Europa og lenger ned i Nord-Atlanteren.

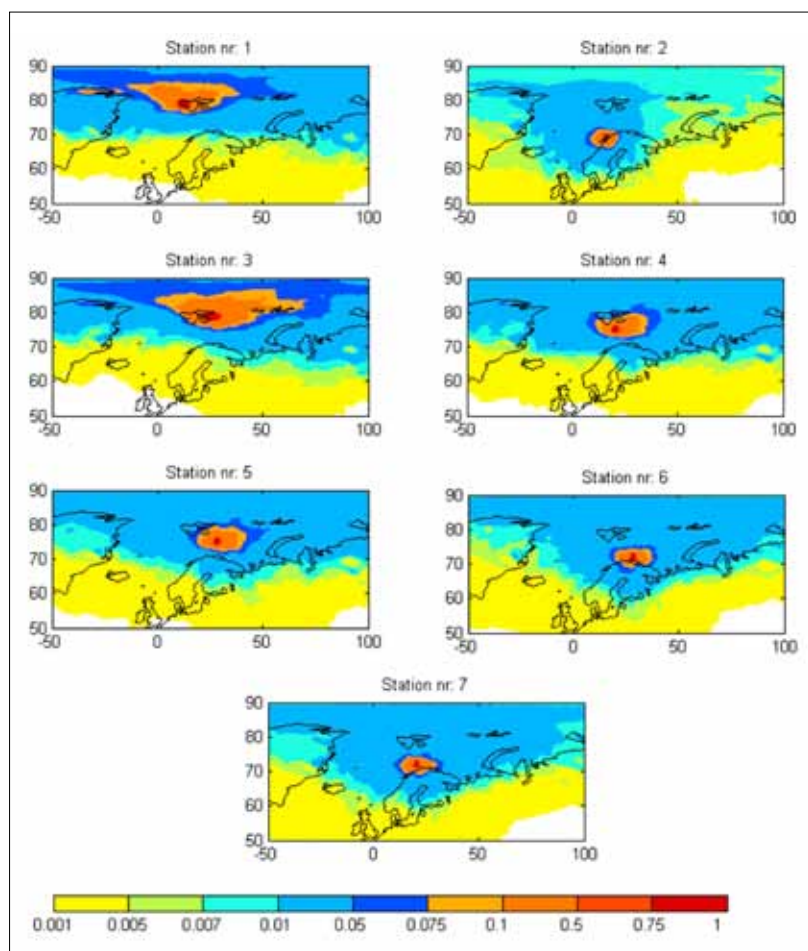
For hver sesong og hver lokalitet ble den forventete gjennomsnittlige konsentrasjon av PCB#28 anslått, vist som kart med utslippsbidrag (figur 7.1-4). Man kan tydelig se at Storbritannia, Europa og Vest-Russland er de dominerende utslippsregionene for alle lokaliteter.



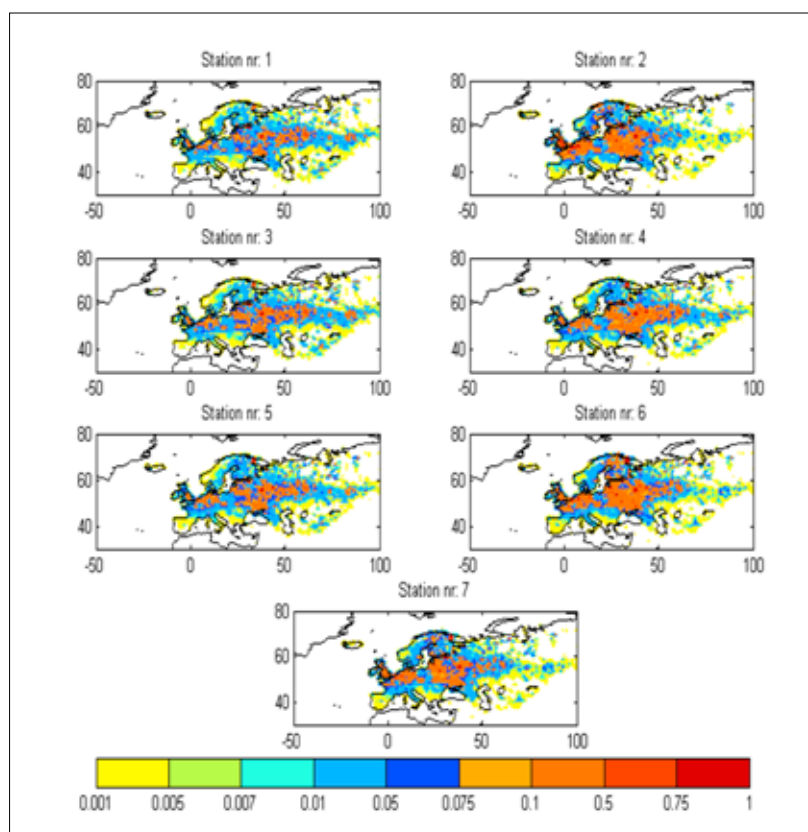
FIGUR 7-1 Fotavtrykkskart som viser gjennomsnittlig utslippssensitivitet (ES) (0-100 m) for luft [ns/m³] representert med PCB#28 og gjennomsnitt for lokalitetene for hele 2007. Kilde Green mfl. 2010.



FIGUR 7-2 Fotavtrykkskart som viser gjennomsnittlig utslippssensitivitet (ES) (0-100 m) for luft [ns/m³] representert med PCB#28 og gjennomsnitt for lokalitetene for vår, sommer, høst, og vinter 2007. Kilde Green mfl. 2010.



FIGUR 7-3 Fotavtrykkskart som viser gjennomsnittlig utslippssensitivitet (ES) (0-100 m) for luft [ns/m³] representert med PCB#28 og gjennomsnitt for lokalitetene hele 2007. Kilde Green mfl. 2010.



FIGUR 7-4 Gjennomsnittlig utslippsbidrag (EC) for 2007, representert ved PCB#28 tracer [1E12 pg/m³]. Kilde Green mfl. 2010.

Det er en veldig klar sesongmessig variasjon i PCB#28 konsentrasjon. Modellerte verdier er lave om vinteren og høye om sommeren. Om sommeren oppholder luft seg mye lengre i området og mindre transport inn i regionen. Man kan derfor anta at avsetning av atmosfærisk tilførsel til havet varierer betydelig over året. I andre studier (for eksempel Eckhardt mfl. 2003) ble det vist at i denne regionen spiller NAO (North Atlantic Oscillation) en viktig rolle for langtransport-episoder fra kontinentet til nordområdene. Siden NAO indeksen har vært ganske stabil de siste årene er det forventet at den årlige variasjonen er mye lavere enn sesongvariasjonen.

Simuleringsresultater EMEP

Til sammenligning kan en se på resultater fra EMEP-modellen som viser hvilke OSPAR-land som bidrar mest, såkalt kildematrise beregninger.

EMEP-modellen er utviklet for å understøtte relevante aktiviteter under langtransportkonvensjonen (e.g. Malanichev mfl. 2004) er nok den mest anvendte modellen i forvaltningsøyemed i Europa både når det gjelder organiske og metalliske miljøgifter. Denne modellen utvikles og drives av MSC/East (Meteorological Synthesizing Centre – East) som et av sentrene under UN/ECE EMEP (<http://www.emep.int>).

Gusev mfl. 2009 presenterer EMEP-beregninger for hvordan ulike land påvirker konsentrasjoner og avsetning av organiske miljøgifter, herunder beregninger for hvordan individuelle land bidrar til avsetningen av PCB#183 i året 2006. For regionen beskrevet som "Arctic Water" kan det forventes visse likehetstrekk i tilførselsmønsteret. Men man kan ikke uten videre anta at tilførselsmønsteret for andre organiske miljøgifter tilsvarende mønsteret for PCB#183, ettersom langtransportpotensialet varierer (Beyer mfl. 2000; Beyer mfl. 2003) og på grunn av ulikheter i de ulike stoffers kildeområder (Breivik mfl. 2004).

7.2 REGELVERK OG KONVENSJONER

Selv om PCB er forbudt, finnes miljøgiftene i lovlige produkter og materialer produsert før forbudet trådte i kraft. Dette er såkalt primære kilder som det fortsatt er mulig å forebygge utslipp fra, for eksempel via forsvarlig avfallshåndtering og destruksjon. I tillegg finnes mye PCB allerede ut i naturen på grunn av søl, utslipp og ulykker, som har gjort at stoffene finnes i blant annet forurenset jord, vann, snø og luft.

7.2.1 NASJONALT

Bruk og håndtering av PCB-produkter og materialer nasjonalt er i dag hovedsakelig regulert gjennom:

- forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften), § 2-2 og § 3-1
- forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften), blant annet kapittel 9, 11 og 14
- Svalbardmiljøloven

PCB står på den nasjonale listen over prioriterte miljøgifter. De samlede utslippene av PCB i Norge er ikke kjent.

7.2.2 INTERNASJONALT

Internasjonalt er PCB regulert via blant annet Stockholmkonvensjonen og langtransport-konvensjonen for ECE-området (LRTAP-konvensjonen) og den underliggende POP-protokollen. Norge er part i disse konvensjonene.

7.2.2.1 Stockholmskonvensjonen

Stockholm-konvensjonen er opprettet for å beskytte helse og

miljø mot persistente organiske miljøgifter (POP). Over 160 land har ratifisert konvensjonen siden den ble undertegnet i 2001. Konvensjonen innebærer forpliktelser til å fase ut de farligste POPene, blant annet PCB, DDT og dioksiner.

Gjennomføring av den globale Stockholmkonvensjonen (www.chm.pops.int) vil fremme utslippsreducerende tiltak for PCB globalt gjennom krav om stans i produksjon og bruk, krav til utfasing av visse produkter innen gitte frister, krav til avfallsbehandling og krav om reduksjon/ minimering av utslipp fra gitte industrikilder. Dette regelverket er viktig for å redusere de globale utslippene og hovedfokus må framover være på partenes gjennomføring og innlemming av nye miljøgifter i avtalen. Foreløpig foreligger ingen planer om revisjon av kravene i avtalen.

I 2009 ble ytterligere ni miljøgifter inkludert i avtalen, blant annet PFOS, penta-BDE, okta-BDE, og lindan. Med dette omfatter avtalen 21 stoffer. På sikt vil flere POPer kunne bli innlemmet i konvensjonen.

7.2.2.2 Langtransportkonvensjonen for ECE-området (LRTAP)

Norge er part til konvensjon om langtransportert grenseoverskridende luftforurensning (LRTAP-konvensjonen, (www.unece.org/env/lrtap/) og den underliggende POP-protokollen. LRTAP-konvensjonen innebærer at 51 land har forpliktet seg til å beskytte mennesker og miljø mot luftforurensning og så langt som mulig redusere og forhindre utslipp av langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger. Konvensjonen inneholder åtte protokoller, blant annet om persistente organiske miljøgifter (POP) og tungmetaller.

Protokollen forplikter partene til å stanse produksjon og bruk av PCB, fase ut visse produkter med PCB innen gitte frister og disponere PCB-holdig avfall på en miljømessig forsvarlig måte. Det foreligger forslag om å sette krav til reduksjon i årlige utslipp av PCB fra industrikilder i forhold til valgt referanseår, men det er ikke enighet om dette ennå. Norge har så langt ikke fått tilslutning til sitt forslag om å stramme inn utfasingsfristene for produkter i bruk og å skjerpe kravene til avfallsbehandling. Partene er også forpliktet til blant annet å anvende de beste tilgjengelige teknikker og overholde grenseverdier for visse utslippskilder etter nærmere bestemmelser i protokollen (protokollen har pr. i dag ingen utslippsgrenser for PCB, bare for dioksiner og PAH). Dette regelverket er viktig for å redusere de samlede europeiske utslippene og langtransportert europeisk og transatlantisk luftforurensning og det har derfor stor betydning for å redusere de langtransporterte tilførselene til Norge og Arktis.

7.2.2.3 Andre internasjonale organ og konvensjoner

Andre internasjonale organ og konvensjoner for beskyttelse av miljøet og som regulerer PCB er:

- Oslo-Pariskonvensjonene (www.ospar.org) OSPAR Decision 92/3, regulerer PCB og krever utfasing. Formålet med konvensjonen er å beskytte det marine miljø mot forurensning, enten utslippene skjer til luft eller til vann. Konvensjonen er ratifisert av 15 land i tillegg til EU-kommisjonen, som representant for Den europeiske union. Partene har forpliktet seg til å arbeide for å stanse utslipp av prioriterte miljøgifter innen 2020. På lang sikt er målsettingen at konsentrasjonene av naturlig forekommende farlige stoffer skal tilbake til bakgrunnsnivå og konsentrasjonen av menneskeskapte stoffer så nær null som mulig.
- Baselkonvensjonen, ble opprettet for å unngå dumping av farlig avfall i utviklingsland. Formålet er å minimere avfallsgenerering og sikre miljømessig forsvarlig destruksjon av farlig avfall. Partene skal redusere transport av farlig avfall over landegrensene

til et minimum, minimalisere mengde og giftighet på farlig avfall som er dannet og sikre at forvaltningen av avfallet er miljømessig forsvarlig og skjer så nært kilden som mulig. Konvensjonen stiller strenge krav til melding, godkjenning og sporing av bevegelsen av farlig avfall over nasjonalgrenser og inneholder et generelt forbud mot eksport eller import av farlig avfall mellom medlemsland og ikke medlemmer.

- Rotterdamkonvensjonen, skal hindre uønsket kjemikalieimport og dumping av farlige kjemikalier til land som har svake kontrollregimer og kjemikalielovgivning. Landene skal sende inn melding til konvensjonens sekretariat om stoffer de har forbudt eller strengt regulert. Dersom et stoff meldes inn av stater fra to av totalt sju ulike regioner, skal stoffet vurderes for oppføring på en liste som i dag omfatter 41 kjemikalier. Disse stoffene kan ikke eksporteres uten forhåndssamtykke fra importlandet. Konvensjonen stiller også krav til at partene ved eksport av kjemikalier de selv har forbudt, skal varsle importlandet om dette forbudet.
- Helsingforskonvensjonen
- OECD

PCB og produkter som inneholder PCB er også regulert av flere EU-direktiv.

- Rådets direktiv 96/59/EEG vedr fjerning av PCB/PCT
- Rådets direktiv 89/677/EEG vedr marknadssføring av farlige stoffer
- Rådets direktiv 75/439/EEG vedr spillolje
- Rådets direktiv 94/67/EEG vedr forbrenning av farligt avfall
- Kommisjonens forordning (EEG) 92/2455/EC vedr eksport og import av farlige kjemikalier, "PIC"
- Rådets direktiv 91/689/EEG vedr farligt avfall
- Rådets forordning (EEG) nr. 259/93 vedr overvåking og kontroll av avfallstransporter innen, til og fra EU

EUs strategi i forhold til PCB er dokumentert og tilgjengelig via blant annet www.europalov.no.

7.2.3 NASJONALE MÅL OG PLANER

7.2.3.1 Generasjonsmålet

PCB er en prioritert miljøgift, og det er fastsatt et nasjonalt mål om stans eller vesentlig reduksjon i utslippene. Det såkalte generasjonsmålet.

For den lokale forvaltningen av Svalbard vil dette kunne bety at hovedfokus fremover vil være å bidra til at PCB-holdige produkter og materialer blir disponert slik at de ikke gir utslipp (informasjon om mengder og bruk av PCB før 1980 på Svalbard og tall for hva som er forsvarlig faset ut har vært umulig å finne).

Generasjonsmålet om å stanse utslipp innen 2020, vil være en stor utfordring. Grunnen er at det ikke vil være realistisk å stanse videre spredning av PCB som allerede har kommet ut i miljøet. Her vil arbeidet derfor måtte konsentreres om å holde oversikt over forurensningen og i størst mulig grad redusere utslippene og spredningen fra kjente kilder av PCB.

7.2.3.2 Handlingsplan for reduserte utslipp av PCB

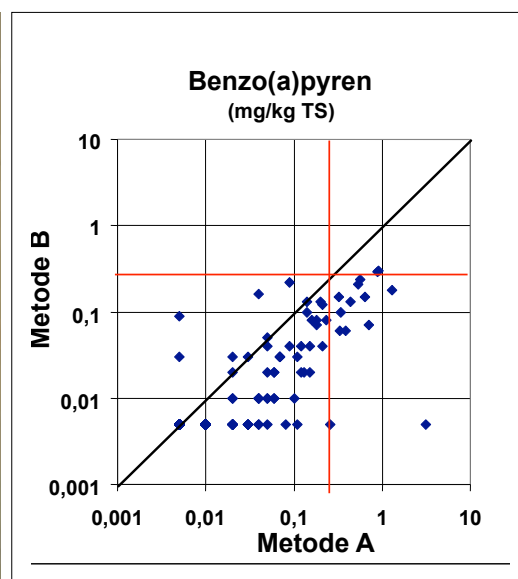
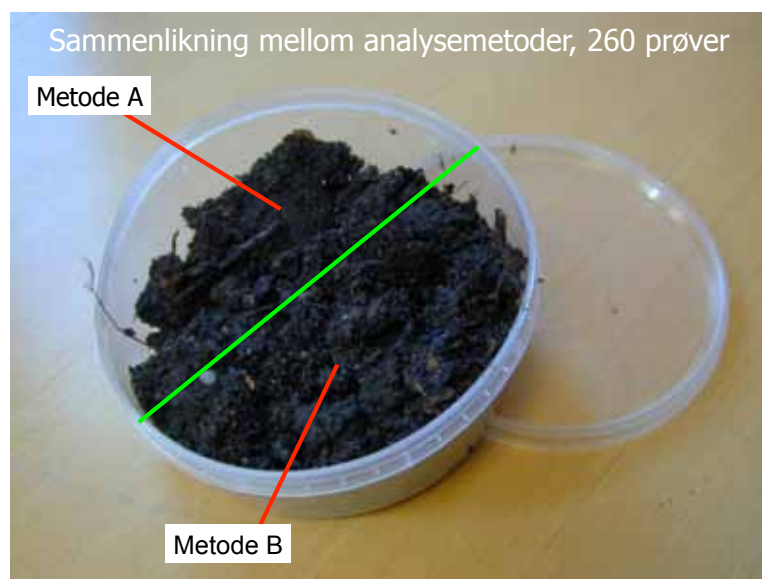
For å møte de nasjonale miljømålene har myndighetene en handlingsplan for innsatsen mot PCB.

Planen innebærer en fortsettelse av det arbeidet som ble systematisert da handlingsplanen for reduserte utslipp av PCB kom i 2003, herunder også arbeidet med opprydding i sedimenter og forurensset grunn. Det er Klima- og forurensningsdirektoratet som har ansvaret for oppfølgingen av planen.

7.3 METODEKRAV, PRØVETAKING, ANALYSER OG LIGNENDE

En rekke forhold kan være med på å bestemme utfallet av måleresultat og hvordan det tolkes, eksempler er:

1. Prøvetype og prøvetakingsvariabilitet i felt
2. Ulike metoder for opparbeidelse av prøvene
3. Problematikk knyttet til ulike analysebatcher
4. Problematikk knyttet til påvisningsgrenser og håndtering av verdier under deteksjonsgrensen
5. Kontaminering fra prøveemballasje
6. Problematikk knyttet til innvekt av heterogent prøvemateriale



BILDE 7.3.2-1 Bildet viser resultatene etter at samme prøve er analysert etter to forskjellige oppslutningsmetoder. Kilde NGU

7.3.1 PRØVETYPE OG PRØVETAKINGSVARIABILITET

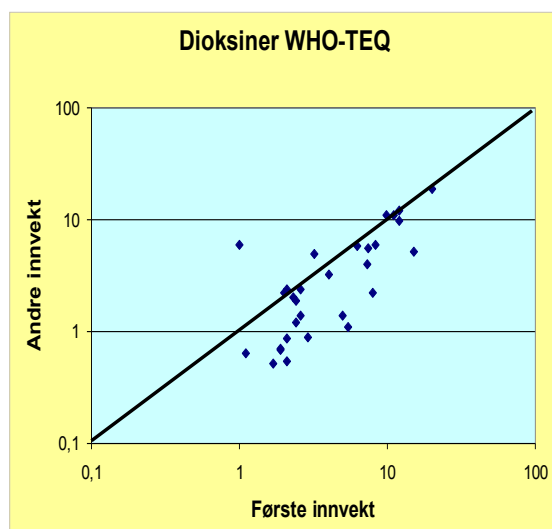
Duplikatprøvetaking i felt er et viktig verktøy for å fastlegge variasjonen i felt. Ofte vil den naturlige variasjonen være større enn den variasjonen som oppstår under kjemisk analyse i form av analyseusikkerhet. Duplikatprøvetaking gjøres rutinemessig i noen prosjekter, men de fleste undersøkelsene på Svalbard mangler god kontroll på variabiliteten i felt.

7.3.2 ULIKE METODER FOR OPPARBEIDELSE AV PRØVENE

Oppslutningsmetodene varierer mellom laboratoriene. Selv om det brukes standardiserte metoder, vil ofte hvert laboratorium ha sin variant av metoden. Dette gjelder i særlig grad kommersielle laboratorier. Bilde 7.3.2-1 viser resultatene etter at samme prøve er analysert etter to forskjellige oppslutningsmetoder. Til sammen ble 260 prøver analysert på begge metodene. I metode B ble prøvene varmet opp under oppslutningen, noe som førte til at lette forbindelser fordampet bort. Resultatene viste følgelig lavere konsentrasjoner av de lette stoffene i metode B sammenlignet med metode A.

7.3.3 PROBLEMATIKK KNYTTET TIL ULIKE ANALYSEBATCHER

At ingen dag er lik gjelder også på et laboratorium. Både ansatte og instrumenter har sin dagsform og ingen jobber absolutt helt likt hele tiden. Ideelt bør alle prøvene innen et prosjekt veies inn av én og samme person, oppsluttes av samme person og analyseres på samme instrument, av samme operatør. Helst på samme dag. Slik er det imidlertid sjelden og man bruker derfor standardprøver med kjent innhold av stoffer som analyseres for å se "hvor landet ligger". Bilde 7.3.3-1 viser resultatene av dioksinbestemmelser av samme prøve i to ulike batcher. Prøvene er analysert ved samme lab, men ved to ulike innvekter. Figuren viser en systematisk forskjell mellom analysene, der den første analysen ga høyere konsentrasjoner enn ved den andre. Ved lange miljøovervåkingsprogrammer vil batchproblematikken være aktuell.



BILDE 7.3.3-1 Bildet viser resultatene av dioksinbestemmelser av samme prøve i to ulike batcher. Prøvene er analysert ved samme lab, men ved to ulike innvekter. Kilde NGU

7.3.4 PÅVISNINGSGRENSER OG HÅNDTERING AV VERDIER UNDER DETEKSJONGRENSEN

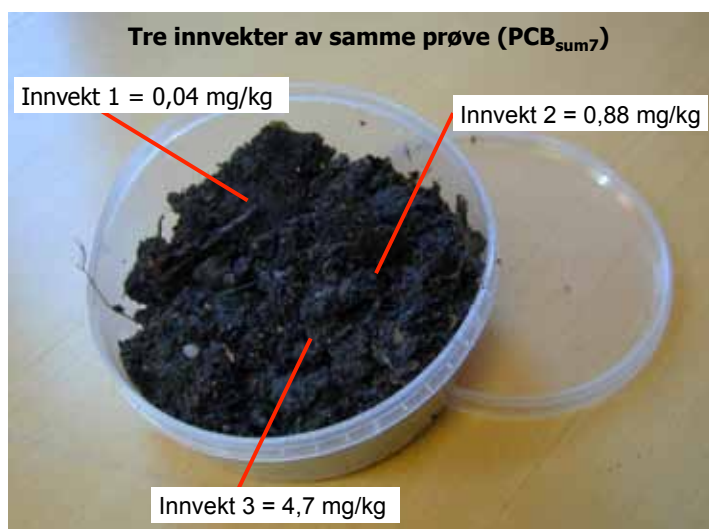
I miljøovervåkning opererer man i lave konsentrasjonsområder, ofte handler det om å påvise eller ikke påvise stoffet. Et datamateriale består derfor av mange resultater under deteksjonsgrensen/følsomhetsgrensen. Behandling av slike "mindre-enn"-verdier er avgjørende for hvordan datamaterialet framstilles og presenteres. Miljøovervåking som går over flere år eller 10-år har en utfordring knyttet til både analyseinstrumentenes utvikling og batchproblematikk. I løpet av de siste 30 år har det skjedd en revolusjon på instrumentsiden. Per i dag er det mulig å bestemme PCB i ultralave konsentrasjoner og man kan skille de individuelle kongenere bedre fra hverandre. Det er derfor all grunn til å være varsom med å direkte sammenligne gamle måleresultater med nye data i tidstrendanalyser.

7.3.5 KONTAMINERING FRA PRØVEEMBALLASJE

NGU har undersøkt PCB i ulike typer emballasje (tabell 7.3.5-1) og det er funnet PCB i flere av dem, selv i nye produkter (Andersson mfl. 2012). Rilsanposer og aluminiumsfolie er trygge med hensyn til PCB. Glass er også regnet som trygg, men plastlokk bør unngås (i det minste undersøkes før bruk).

7.3.6 PROBLEMATIKK KNYTTET TIL INNVEKT AV HETEROGENT PRØVEMATERIALE

Heterogene prøver er vanlig. Dette gjør "laboratorieprøvetaking" (innvekt) vanskelig. Tester som er utført på jordprøver viser stor forskjell i PCB-innhold mellom ulike innvekter. Bilde 7.3.6-1 viser hvordan tre ulike innvekter av samme prøve kan variere når prøven er heterogen.



BILDE 7.3.6-1 Utplukk av materiale til kjemisk analyse er vanskelig pga inhomogene prøver. Kilde NGU

	PAPIR 1	PAPIR 2	ZIPLOCK POSE	PLASTIKK POSE	HDPE KANNE	HDPE SKRU-KORK
2,4,4'-TriCB, #28	71000	1900	2400	1300	510	290
2,2',5,5'-TeCB, #52	10000	790	900	460	230	110
2,2',4,5,5'-PeCB, #101	1900	150	480	320	130	<100
2,3',4,4',5'-PeCB, #118	4300	380	140	110	<100	<100
2,2',3,4,4',5'-HxCB, #138	1900	400	140	110	<100	<100
2,2',4,4',5,5'-HxCB, #153	1400	180	200	160	<100	<100
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB, #180	410	130	<100	<100	<100	<100
Σ7PCB	91000	3900	4300	2500	870	400

Tabell 7.3.5-1 Innhold av PCB i plast og papiremballasje (ng/kg). Kilde NGU/Andersson mfl. 2012.

7.4 MILJØOVERVÅKINGSPROGRAMMER OG ANDRE INFORMASJONSKILDER

7.4.1 MILJØOVERVÅKINGSPROGRAMMER

Overvåking av miljøgifter på Svalbard og i Arktis har en viktig strategisk betydning fordi:

- Områdene ligger langt fra de store utslippskildene og funn av miljøgifter blir dermed en sterk indikasjon på langtransporterte tilførsler
- Svalbard ligger i et område der luft- og havstrømmer gir spesielt store langtransporterte tilførsler
- Kaldt klima gjør at stoffene brytes meget langsomt ned i miljøet

Mens den atmosfæriske og hav-baserte transporten er prioritert i de regionale overvåkingsprogrammene er det lokale bidraget langt ifra godt nok kartlagt.

Data fra miljøovervåking er i dag begrenset tilgjengelige for andre enn den institusjon som har utført målingene. Måleresultater av miljøgifter, inkl. PCB bør gjøres elektronisk tilgjengelige for alle slik at dobbeltarbeid unngås og forskning og miljøovervåking effektiviseres.

Overvåkingsprogram som i dag omfatter eller kan gi informasjon om PCB på og rundt Svalbard er blant annet:

- MOSJ (Miljøovervåking Svalbard og Jan Mayen). MOSJ er bygget opp rundt en serie indikatorer. Samlet skal indikatorene gi et bilde av miljøtilstanden og danne grunnlag for å vurdere om regjeringens miljømål for området er oppnådd. Nivå av PCB inngår som parameter i sjøbunns-forurensning utenfor bosetningene i Isfjorden, luft i Ny-Ålesund (Zeppelinfjellet, Σ33PCB), isbjørn (PCB#153), fjellrev (Σ7PCB), ringsel (PCB #153), polarmåke (PCB#153) og polarlomvi (PCB#153). MOSJ utfører ikke selv overvåkingsundersøkelser, men sammenstiller data fra andre undersøkelser som er finansiert av ulike kilder.
- COPOL er et prosjekt som startet under det internasjonale polaråret (IPY). Prosjektet er et samarbeid mellom Norsk Polarinstitutt, NIVA, Akvaplan-niva, NILU, NTNU og NINA. Forskningsprosjektet er avhengig av økonomisk støtte fra Norsk forskningsråd og Framsenteret. Målet for prosjektet er å bedre kunne forutsi hvordan mulige klimarelaterte forand-

ringer i marine næringsnett reflekteres i nivåer og effekter på høyere trofiske nivåer. Det er gjennomført fem prøvetakingstokt (i mai, juli og oktober 2007, samt i juli 2008 og 2009). Prøvene omfatter bentiske og pelagiske næringskjeder fra fjorder på Svalbard med ulik innflytelse av atlantiske og arktiske vannmasser (Kongsfjorden med atlantisk og polart vann og Liefdefjorden med polart kaldt vann). Det er så langt indikasjoner på at sekundære kilder kan ha innflytelse på fjordområdene og økosystemene.

- Tilførselsprogrammet ble startet opp i 2009 av Klif som en direkte oppfølging av forvaltningsplanen for Barentshavet. Programmet beregner, og modellerer tilførsler til Barentshavet og måler nivåer av blant annet miljøfarlige stoffer i utvalgte indikatorer. Tilførselsprogrammet omfatter lokaliteter for overvåking av luft, sedimenter, sjøvann og biota. Programmet benytter og supplerer pågående overvåkingsprogrammer blant annet i regi av Klif, HI, NIFES, NIVA, NILU, Akvaplan-niva og Statens strålevern, og dataene rapporteres nasjonalt og internasjonalt. Det er lagt opp til en rullerende overvåking i forvaltningsplanområdene. I 2009 ble det fokusert på Barentshavet for å skaffe nye data til oppdateringen av forvaltningsplanen i 2010. Det er satt ut passive prøvetakere i luft og sjø på Bjørnøya. Stasjonene og målinger med passive prøvetakere vil gi nye data til overvåking av luft og sjø i Barentshavet.

I saksbehandlingen av blant annet utslippstillatelser er det, og kan bli, stilt krav om resipientundersøkelse og/eller utslippsmålinger som kan gi kunnskap om PCB-forurensning:

- I Klifs tillatelse til kulldriften i Sveagruva er det stilt krav om resipientundersøkelse med fokus på Braganzavågen og Kapp Amsterdam hvert femte år, første undersøkelse i 2007.
- I Klifs tillatelse til Energiverket i Longyearbyen ble det stilt krav om verifikasjonsmåling av eventuelle utslipp av PCB (se kapittel 3.1.7).
- Longyearbyen lokalstyre fikk i 2009 ny tillatelse til drift av avfallsordningen med deponiet i Adventdalen og her inngår flere vilkår om blant annet overvåking av forurensningssituasjonen.
- Undersøkelser av marine sedimenter utenfor bosetningene i Isfjorden fra 1992, 1998, 2005 og 2009 skal etter planen følges opp med overvåking hvert 5. år, altså 2015, 2020 osv.

7.4.2 INFORMASJONSKILDER VIA INTERNETT

Andre sentrale informasjonskilder er:

- AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). I AMAP-sammenheng er det gjort mye forskning knyttet til PCB og effektene av stoffgruppen og som er relevant for Svalbard.
- NIFES driver blant annet overvåking av miljøgifter i sjømat. Prøveinnsamling skjer ved Havforskningsinstituttet.
- Havforskningsinstituttet (IMR) gjennomfører blant annet undersøkelser av miljøgifter i sediment, skalldyr og fisk.

7.5 FORKORTELSER, BETEGNELSER OG VEKTEHETER

7.5.1 FORKORTELSER

lv	Lipidvekt eller fettvekt
POP	Persistent Organic Pollutants (tungt nedbrytbare organiske forurensninger)
$\Sigma 7\text{PCB}$	PCB#28+#52+#101+#118+#138+#153+#180
TEQ	Toxic equivalency quotient
TEF	Toxic equivalency factor
tv	Tørr vekt
vv	Våttvekt

Institusjoner

Klif	Klima- og forurensningsdirektoratet
NGU	Norges geologiske undersøkelse
NILU	Norsk institutt for luftforskning
NP	Norsk polarinstitutt
NIVA	Norsk institutt for vannforskning
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
NVH	Norges Veterinærhøgskole
SMS	Sysselmannen på Svalbard
TA	Trust Arktikugol
UiB	Universitetet i Bergen
UNIS	Universitetssentret på Svalbard
UMB	Universitetet for miljø- og biovitenskap

7.5.2 VEKTEHETER

1 kg (kilogram)	1000 g	10^3 g
1 g (gram)	1 g	10^0 g
1 mg (milligram)	0.001 g	10^{-3} g
1 µg (mikrogram)	0.000,001 g	10^{-6} g
1 ng (nanogram)	0.000,000,001 g	10^{-9} g
1 pg (picogram)	0.000,000,000,001 g	10^{-12} g
1 fg (femtogram)	0.000,000,000,000,001 g	10^{-15} g

MER INFORMASJON OM PCB OG UTFORDRINGENE KNYTTET TIL MILJØGIFTENE FINNES PÅ:

ORGANISASJON, INFORMASJON, O.L.	NETTSTED
Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)	http://amap.no/acia/
Det arktiske system	http://www.arcticsystem.no/no/thearcticsystem/
Dioksiner og dioksinliknende PCB	http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainLeft_6039&MainArea_5661=6039:0:15,4520:1:0:0::0:0&MainLeft_6039=6041:69501::1:6043:6::0:0#eHandbook695012
Dioksiner og dl-PCB - faktaark	http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainLeft_5648&MainArea_5661=5648:0:15,2917:1:0:0::0:0&MainLeft_5648=5544:67050::1:5590:2::0:0
Environmental Protection Agency, USA	http://www.epa.gov/waste/hazard/tsd/pcbs/index.htm
EUs strategi knyttet til PCB	http://europalov.no/politikkdokument/om-gjennomforingen-av-eus-strategi-om-dioksiner-furaner-og-polyklorete-bifenyler/id-4126 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52007DC0396:EN:NOT
FN, uavhengig rapport om PCB og helseeffekter	http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad55.htm#6.1
EU-kommisjonen, Matvaresikkerhet: Temasider om dioksiner og dl-PCB	http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/dioxins_en.htm
Folkehelseinstituttet	http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainLeft_5648&MainArea_5661=5648:0:15,2917:1:0:0::0:0&MainLeft_5648=5544:67050::1:5590:2::0:0
Klima- og forurensningsdirektoratet	http://www.klif.no/Tema/Kjemikalier/PCB/Handlingsplan-mot-PCB/
MAREANO	www.mareano.no
Miljøstatus i Norge	http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/PCB/
OSPAR (Oslo-Pariskonvensjonene)	www.ospar.org
PCB-forbindelser som ikke er dioksinliknende	http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=Area_5775&MainArea_5661=5648:0:15,2917:1:0:0::0:0&MainLeft_5648=5775:0:15,2917:1:0:0::0:0&Area_5775=5544:72341::1:5780:5::0:0
PCB på Svalbard (Sysselmannen) Rapport på norsk, engelsk og russisk	http://www.sysselmannen.no/hoved.aspx?m=51645
WHO: Fakta om dioksiner og deres virkning på helsen	http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/

Ringsel ved pustehullet, Tempelfjorden Svalbard, Foto: Halvard R. Pedersen







PCB PÅ SVALBARD; KUNNSKAPS- OG FORVALTNINGSSTATUS 2011

DELTAGENDE INSTITUSJONER

Akvaplan-niva
Direktoratet for naturforvaltning (DN)
Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)
Norges geologiske undersøkelse (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk polarinstitutt (NP)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Norges Veterinærhøgskole (NVH)
Sysselmannen på Svalbard
Trust Arktikugol (TA)
Universitetet i Bergen (UiB)
Universitetssentret på Svalbard (UNIS)
Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB)



**SYSSELMANNEN
PÅ SVALBARD**