

Rapport nr.: 99.049		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Undersøkelse av polyklorerte bifenyler (PCB) i jorden i skolegården ved Skjold skole.			
Forfatter: Rolf Tore Ottesen, Tore Volden, Tor Erik Finne og Jan Alexander (Statens institutt for folkehelse)		Oppdragsgiver: Bergen kommune og Norges geologiske undersøkelse	
Fylke: Hordaland		Kommune: Bergen kommune	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1115 1 Bergen	
Forekomstens navn og koordinater: Skjold skole, Fanaveien 59		Sidetall: 7	Pris:
Feltarbeid utført: 7. april 1999		Rapportdato: 6. mai 1999	Prosjektnr.: 280800
		Ansvarlig:	
<p>Sammendrag: Prøver av overflatejord fra 0 - 2 cm dyp er samlet inn fra 23 steder jevnt fordelt ut over skolegården ved Skjold skole og to prøver fra 30 cm dyp (Figur 1). Det er ikke tatt prøver der jorden var asfaltert. Fra hver prøveplass ble det tatt en prøve på ca 1/2 kg mineraljord etter at gresslaget var skåret bort. Prøvene ble lagret på glassflasker og samme dag sendt i nedkjølt tilstand til Tauw Milieu Laboratorium i Nederland for analyse av polyklorerte bifenyler (PCB).</p> <p>Gjennomsnittlig innhold av PCB på Skjold skole er 0,013 mg/kg. 13 av de 23 prøvene som er tatt fra overflatejord har PCB-konsentrasjoner over SFTs normverdi på 0,01 mg/kg. Den høyeste PCB-konsentrasjon som hittil er påvist i overflatejorden er 1,1 mg/kg. Analyseresultatene er sammenlignet med ulike tekniske blandinger av PCB og resultatene tyder på at det er den høyklorerte varianten Clophen A60 som er påvist i skolegården. Ved Skjold skole kan sannsynligvis elevene eksponeres for PCB-forurenset jord via følgende eksponeringsveier:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inntak via munnen av jord eller støv</li> <li>• Hudkontakt med jord eller støv</li> <li>• Innånding av støv (ute i skolegården og inne i skolen)</li> </ul> <p>Fra et forslag til en SFT-veileder for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn oppgis det følgende delkonsentrasjoner for mest følsom arealbruk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inntak gjennom munnen av jord eller støv: 0,813 mg PCB/kg jord tørrstoff</li> <li>• Hudkontakt med jord eller støv: 5,76 mg PCB/kg jord tørrstoff</li> <li>• Innånding av støv: 83,4 mg PCB/kg jord tørrstoff</li> </ul> <p>Ved å sette disse konsentrasjonene inn i formelen for beregning av total eksponering</p> $C_{\text{Total eksponering}} = \frac{1}{\frac{1}{C_{\text{Oral inntak}}} + \frac{1}{C_{\text{Hudkontakt}}} + \frac{1}{C_{\text{Innånding}}}}$ <p>oppnås følgende resultat: <math>C_{\text{Total eksponering}} = 0,70</math> mg PCB/kg jord tørrstoff.</p> <p>Norges geologiske undersøkelse og Statens institutt for folkehelse anbefaler at det masseutskiftes jord fra deler av skolegården på Skjold skole. De forurensete massene graves ut ned til 20 cm dyp. Graving må skje på en varsom måte slik at det ikke virvles opp jordstøv under arbeidet.</p>			
Emneord: Skjold skole	PCB	Risikovurdering	
Bergen kommune	€	€	
€	€	€	

**Innhold:**

1. Mål.....	4
1.1 Akseptkriterier.....	4
2. Bakgrunn.....	4
2.1 Resultater fra den bydekkende kartleggingen.....	4
2.2 Politiske vedtak.....	4
3. Prøvetaking, prøvepreparering og kjemisk analyse.....	4
4. Resultater av grunnundersøkelsen.....	5
5. Kildekarakterisering.....	6
6. Karakterisering av spredningsveier.....	7
7. Stedsspesifikk risikovurdering.....	7
8. Toksikologisk grunnlag.....	8
9. PCB-eksponering ved Skjold skole.....	8
10. Forslag til tiltak.....	9
11. Hva er polyklorerte bifenyler?.....	9
12. Litteratur.....	9
13. Vedlegg: Analyseresultater fra Tauw Milieu Laboratorium	

## **1. Mål:**

Faglig mål for prosjektet er å:

- Prøvetta jord fra Skjold skole for bestemmelse av PCB
- Gjennomføre en helserisikovurdering i forhold til barns mulighet for eksponering av PCB fra jord i skolegården eller fra jordstøv inne i skolen
- Komme med forslag til eventuelle tiltak

### 1.1 Akseptkriterier

Akseptkriteriene for risiko som er lagt til grunn for denne risikoanalysen er at ingen av elevene eller ansatte ved Skjold skole skal utsettes for helsefare på grunn av PCB-forurenset jord i skolegården.

## **2. Bakgrunn**

### 2.1 Resultater fra den bydekkende kartleggingen

Den høyeste konsentrasjon av PCB (0,095 mg/kg sum 7 PCB) i den geokjemiske kartleggingen av hele Bergen kommune, fremkom i en prøve tatt i skolegården på Skjold skole (Tabell 3, NGU-rapport 99.022). Statens forurensningstilsyn (SFT) har utarbeidet normverdier for forurenset jord, mest følsom arealbruk (barnehager, skoler, boligområder), for PCB er denne normverdien satt til 0,01 mg/kg. Ved overskirdelse av normverdi bør det gjennomføres en stedsspesifikk risikovurdering.

Bergen kommune og ledelsen ved Skjold skole ønsket at dette funnet skulle følges opp med ytterligere prøvetaking og helserisikovurdering etterfulgt av eventuelle tiltak.

### 2.2 Politiske vedtak

Bergen formannskap har den 24. mars 1999 i sak "Jordforurensning i Bergen - Videre arbeid" fattet følgende vedtak:

*"Det avsettes kr 700 000 til videre arbeid med jordforurensning i Bergen. Arbeidet omfatter helserisikovurdeing, supplerende undersøkelser og gjennomføring av tiltak."*

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har fått i oppdrag av Bergen kommune å utføre de oppfølgende undersøkelser og bidra med sin fagekspertise i en helserisikovurdering sammen med medisinske eksperter fra bl.a. Statens institutt for folkehelse.

## **3. Prøvetaking, prøvepreparering og kjemisk analyse**

Utearealene rundt skolen er av forskjellige type:

- vegetasjonsdekket (gressplen),
- asfaltert ballplass
- lekeplass med sandkasse og lekeapparater
- plener hvor vegetasjonen er slitt bort

Prøver av overflatejord fra 0 - 2 cm dyp er samlet inn fra 23 steder jevnt fordelt ut over skolegården ved Skjold skole og to prøver fra 30 cm dyp (Figur 1). Det er ikke tatt prøver der jorden var asfaltert. Fra hver prøveplass ble det tatt en prøve på ca 1/2 kg mineraljord etter at gresslaget var skåret bort. Prøvene ble lagret på glassflasker og samme dag sendt i nedkjølt tilstand til Tauw Milieu Laboratorium i Nederland for analyse av polyklorerte bifenyler (PCB).

Ved de kjemiske analysene er det fokusert på de antatt viktigste og vanligste av de 209 enkeltforbindelsene (PCB-kongener) som teoretisk kan være til stede. Følgende kongener ble bestemt: IUPAC-28, IUPAC-52, IUPAC-101, IUPAC-118, IUPAC-138, IUPAC-153, IUPAC-180 og sum 7 PCB (Hollandsk modell, Ballschmiter og medarbeidere 1989).

Normalt utgjør PCB-7 omkring 40 – 60 % av den tilsvarende kommeriselle PCB-blandingen som observeres i miljøet (De Voogt og Brinkmann 1989).

#### 4. Resultater av grunnundersøkelsen

Gjennomsnittlig innhold av PCB på Skjold skole er 0,013 mg/kg. 13 av de 23 prøvene som er tatt fra overflatejord har PCB-konsentrasjoner over SFTs normverdi på 0,01 mg/kg. Den høyeste PCB-konsentrasjon som er påvist i overflatejorden er 1,1 mg/kg (Figur 1 og vedlegg 2). De to prøvene (prøve nr 722 og 727) som er innsamlet fra 30 cm dyp har et meget lavt innhold av PCB.

De høyeste konsentrasjonene er mellom skolen og Fanaveien. Et annet anomaliområde er på vestsiden av skolen. Her er verdiene noe lavere. De høyeste PCB-konsentrasjonene er påvist i område A, B, og C (Figur 1 og tabell 1). Områdene A og B er stort sett vegetasjonsfrie.

Tabell 1 *Innhold av polyklorerte bifenyler i overflatejord i 5 delområder rundt Skjold Skole.*

Område og antall prøver	Gjennomsnittsverdi for sum 7 PCB (mg/kg)	Min. og maks.-verdi for sum 7 PCB (mg/kg)
Område A, 2 prøver	0,680	0,26 – 1,10
Område B, 3 prøver	0,100	0,044 – 0,150
Område C, 3 prøver	0,060	0,055 – 0,065
Område D <sup>1</sup> , 8 prøver	0,013	0,005 – 0,041
Område E <sup>2</sup> , 9 prøver	0,013	0,006 – 0,035

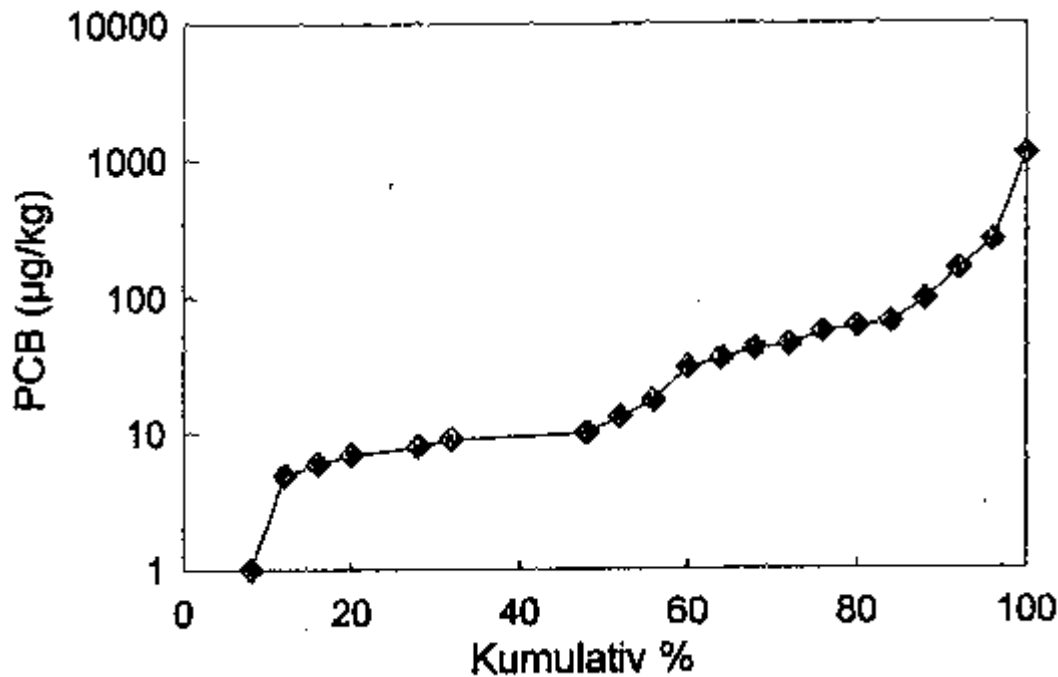
<sup>1</sup>Nordsiden av skolegården

<sup>2</sup>Sørenden av skolegården

Den kumulative frekvensfordeling for PCB-verdiene er fremstilt i figur 2. Kurven indikerer to populasjoner av PCB. Bakgrunnspopulasjonen har verdier omkring 0,01 mg/kg. Dette er noe

høyere enn medianverdien for datasettet fra hele Bergen (Tabell 3, NGU-rapport 99.022). En anomal populasjon har PCB-verdier fra 0,05 til 1,1 mg/kg..

Totalt er det samlet inn 25 jordprøver fra skolegården. Dette ansees som et tilstrekkelig antall prøver for å gi en reproducerbar frekvensfordeling og et godt nok underlag for en helse-risikovurdering. Sannsynligheten for å finne høyere konsentrasjoner enn den påviste maksimumskonsentrasjonen i dette datasettet innenfor de avmerkede områdene A, B og C er stor med ytterligere prøvetaking.



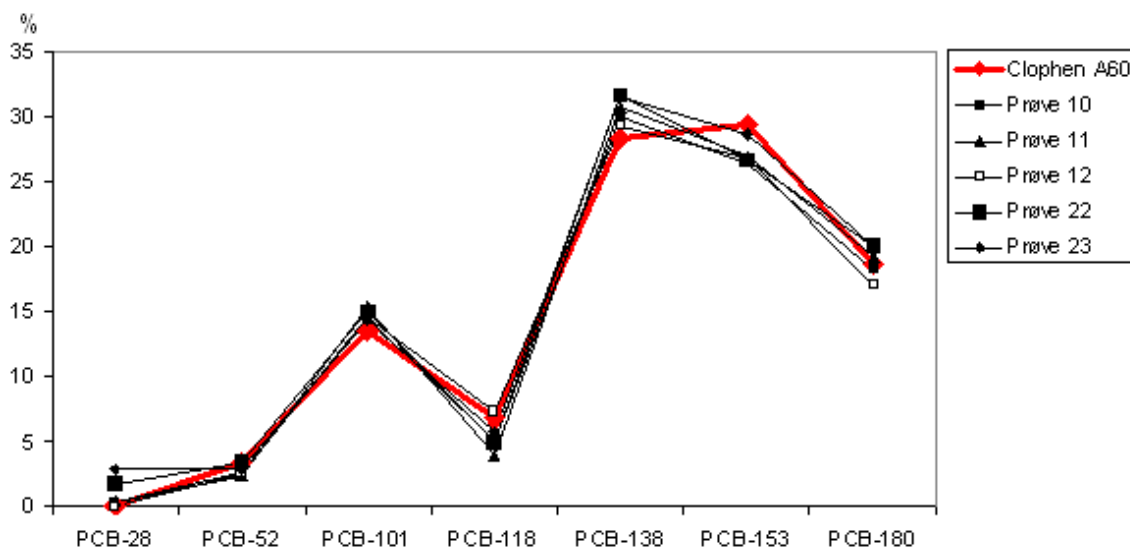
Figur 2 Kumulativ frekvensfordeling av sum 7 PCB i prøver av overflatejord fra Skjold skole i Bergen.

## 5. Kildekarakterisering

Analyseresultatene er sammenlignet med ulike tekniske blandinger av PCB og resultatene tyder på at det er den høyklorerte varianten Clophen A60 som er påvist i skolegården (Figur 3). De tekniske Clophen-blandingene ble produsert ved Bayer-fabrikken i Tyskland. Disse blandingene ble brukt bl.a. som transformatorolje og som tilsats til visse typer maling bl.a. betongmaling.

Jorden i skolegården ved Skjold skole har sannsynligvis et lokalt opphav. I følge Mattis Melheim, som var leder for byggprosjektavdelingen i Fana kommune den gang Skjold skole ble bygget, er det liten sannsynlighet for at jordmasser ble tilkjørt. I det aktuelle området er det fylt på med steinmasser etter utsprenning på stedet og lagt på jordmasser fra det litt lavere myrområdet.

PCB-forurensningen opptrer bare i det øverste jordlaget. Forurensningen er derfor tilført etter at jordlaget er kommet på plass. Basert på de eksisterende data kan det ikke avgjøres helt sikkert hva som er kilden til PCB, men malingflak og betongstøv med malingflak er en sannsynlig kilde. Nåværende transformatorstasjon og eldre slike er sannsynligvis ikke PCB-kilden for PCB-innholdet i overflatejorden på Skjold skole.



Figur 3 PCB profil for prøver av overflatejord fra Skjold skole i Bergen sammenlignet med profilet for Clophen A60.

## 6. Karakterisering av spredningsveier

Clophen A60 er tungt nedbrytbar og bindes til finkornede jordpartikler. Spredning av stoffer vil skje via støvtransport eller ved at jordpartikler fester seg til elevenes skotøy og flyttes.

Mellom Fanaveien og Skjold skole ligger det PCB-forurenset jord dels uten vegetasjonsdekke. Mye gjørme og jord dras inn i gangen på skolen. Rektor Magnar Blom opplyser at det er kostet opp 10 kg jord bare i løpet av en dag.

## 7. Stedspesifikk risikovurdering

I den systematiske gjennomgangen er det gjort noen begrensninger og antagelser som ligger til grunn for risikovurderingen:

- Denne undersøkelsen avgrenses til eksponering av barn ved Skjold skole og for den tid de er på skolen
- For direkte eksponering av jord vurderes: inntak via munnen, hudkontakt og innånding av støv.
- For eksponering fra matvarer er det valgt å benytte data fra litteraturen for PCB.

- Det antas at jordinntaket hos barn på Skjold skole er på liknende nivå som er rapportert i andre undersøkelser (Calabrese og medarbeidere 1989, van Wijnen og medarbeidere, Calabrese og Stanek 1991)
- Eksponering fra spising av snø er ikke behandlet. Dette er bare aktuelt hvis snøen er forurenset av jord.

Eksponeringsanalysen følger de krav som er satt til årsaksanalyse i Norsk standard NS 5814 "Krav til risikoanalyser".

### 8. Toksikologisk grunnlag

Mennesker eksponeres først og fremst for PCB gjennom konsum av fisk og produkter basert på fiskeolje og melkefett. Det daglige totalinntaket av PCB i Norge er antatt å ligge noe lavere enn det daglige inntaket i som har vært angitt til ca 0,003 mg/dag i gjennomsnitt. Hvis dette legges til grunn også for norske forhold vil det ukentlig inntak av PCB blandinger bli 0,021 mg.

### 9. PCB-eksponering ved Skjold skole

Ved Skjold skole kan sannsynligvis elevene eksponeres for PCB-forurenset jord via følgende eksponeringsveier:

- Inntak av jord eller støv gjennom munnen
- Hudkontakt med jord eller støv
- Innånding av støv (ute i skolegården og inne i skolen)

Fra et forslag til en SFT-veileder for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn oppgis det følgende delkonsentrasjoner for mest følsom arealbruk:

- Inntak gjennom munnen av jord eller støv: 0,813 mg PCB/kg jord tørrstoff
- Hudkontakt med jord eller støv: 5,76 mg PCB/kg jord tørrstoff
- Innånding av støv: 83,4 mg PCB/kg jord tørrstoff

Ved å sette disse konsentrasjonene inn i formelen for beregning av total eksponering

$$C_{\text{Total eksponering}} = \frac{1}{1/C_{\text{Oral inntak}} + 1/C_{\text{Hudkontakt}} + 1/C_{\text{Innånding}}}$$

oppnås følgende resultat:  $C_{\text{Total eksponering}} = 0,70 \text{ mg PCB/kg jord tørrstoff}$

Naturvårdsverket i Sverige har fastsatt følgende referanse konsentrasjoner for områder med mest følsom arealbruk:

- Oralt inntak av jord eller støv: 0,53 mg/kg
- Hudkontakt med jord eller støv: 4,0 mg/kg
- Innånding av støv: 331 mg/kg

Ved å sette disse konsentrasjonene inn i formelen for beregning av total eksponering

$$C_{\text{Total eksponering}} = \frac{1}{1/C_{\text{Oral inntak}} + 1/C_{\text{Hudkontakt}} + 1/C_{\text{Innånding}}}$$

oppnås følgende resultat:  $C_{\text{Total eksponering}} = 0,46 \text{ mg/kg}$ .

I forhold til akseptkriteriene betyr dette at det minimum gjøres tiltak der hvor PCB-konsentrasjonene i jorden overskrides ca 0,5 mg/kg.

## 10. Forslag til tiltak

Det anbefales å masseutskifte jord fra skolegården på Skjold fra områdene A og B på figur 1 i denne rapporten. De forurensede massene graves ut ned til 20 cm dyp. Graving må skje på en varsom måte slik at det ikke virvles opp jordstøv under arbeidet.

Arealenes størrelse er beregnet til:

- Område A 650 m<sup>2</sup>
- Område B 475 m<sup>2</sup>

Massene må levers til godkjent mottak og behandles eller deponeres.

## 11. Hva er polyklorerte bifenyler (PCB)?

PCB er navnet på en stoffgruppe som består av to fenyl-ringer knyttet sammen av en enkeltbinding og et varierende antall kloratomer på bindingene. Det finnes 209 PCB-forbindelser med forskjellige egenskaper. PCB er meget stabilt både kjemisk, biologisk og termisk. Disse egenskapene har vært stoffenes viktigste bruksegenskaper. PCB er nå forbudt, men ble tidligere brukt som transformatoroljer, kondensatorer i lysstoffrør, impregneringsmiddel for bomull og asbest og som tilsatsmiddel til gummi og enkelte malinger. De 209 PCB-forbindelsene har svært ulike gifteffekter. PCB er svært tungt nedbrytbart og har lang oppholdstid i miljøet. PCB bioakkumuleres ved lagring i fettvev og oppkonsentreres i næringskjeder. PCB utskilles i morsmelk og overføres derved til neste generasjon. PCB har meget høy akutt giftighet overfor marine organismer. Akutt giftighet overfor pattedyr inklusive mennesker er relativt lav. PCB har kroniske giftvirkninger overfor akvatiske og terrestriske organismer selv i små konsentrasjoner. På samme måte som for dioksiner er det molekylens form som utgjør de biologiske egenskapene til PCB.



## 12. Litteratur

Bjørnstad, S.L., 1996: PCB i Norge – Forekomst og forslag til tiltak. SFT-rapport 96:08.

Calabrese, E.J., Barnes, R., Stanek, E.J., Pastides, H., Gilbert, C.E., Veneman, P., Wang, X., Lasztity, A. Og Kostecki, P.T., 1989: How much soil do young children ingest: an epidemiologic study. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol 10, 123 – 139.

Calabrese, E.J. og Stanek, E.J., 1991: A guide to interpreting soil ingestion studies, 2. Quality and quantitative evidence of soil ingestion. *Chem. Spec. Bioavail.*, 3, 55 – 63.

Konieczny, R., 1997: Tolkning av PCB-profiler og beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter. SFT-rapport 97:33.

Langedal, M. og Hellesnes, I., 1997: Innhold av tungmetaller i overflatejord og bakterier i sandkasser i barnehagene i Trondheim: Helseisikovurdering. Trondheim kommune, Miljøavdelingens rapporter, TM 97/03.

Ottesen, R.T. og Volden, T. 1999: Jordforurensning i Bergen. NGU-rapport 99.022

Statens institutt for folkehelse, 1998: Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. Rapport.

Van Wijnen, J.H., Clausing, P. og Brunekreef, B., 1990: Estimated soil ingestion by children. *Environmental Research*, 51, 147 – 162.

Vik, E.A., Breedveld, G., Oen, A., Rike, A.G., Weideborg, M., Næss, M., Mogensen, A., Jonassen, H. og Bakke, S., 1998: SFT-veiledning for gjennomføring av risikovurdering av foruresnet grunn. (Utkast).

Naturvårdverket, 1996: Development of generic guideline values. Report 4639.

### 13. Vedlegg

Analyseresultater fra Tauw Milieu Laboratorium

Tabell 1 *Innhold av polyklorerte bifenyler (PCB) i jord fra skolegården ved Skjold skole.*

Prøve nr	Sum 7 PCB (mg/kg)	Tørrestoffinnhold (%)
710	0,095	59,7
721	0,006	32,2
722	Under følsomhetsgrensen	17,3
723	0,007	57,4
724	0,010	51,0
725	0,044	54,9
726	0,160	65,6
727	Under følsomhetsgrensen	80,5
728	0,010	62,4
729	0,030	39,5
730	1,10	57,6
731	0,260	37,7
732	0,041	56,4
733	0,009	49,8
734	0,008	65,4
735	0,010	68,3
736	0,008	63,3
737	0,005	71,0
738	0,013	81,4
739	0,017	31,5
740	0,065	49,1
741	0,055	62,0
742	0,060	59,6
743	0,035	57,5
744	0,010	51,5