

Rapport nr.: 2006.024		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Spredning av miljøgifter fra tetteflater i Trondheim				
Forfatter: Bjervamoen, S.G., Bjørk, T.B., Elgen, M., Gaut, S., Hauan, G., Herman, S., Ilestad, I., Johnsen, C.C., Knapstad, H., Nordløkken, M., Stoeckert, K., Stokkan, T. og Ottesen, R.T.		Oppdragsgiver: Trondheim havn, Miljøenheten i Trondheim kommune og Trondheim byteknikk		
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Trondheim		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 76	Pris: kr 240,-	
		Kartbilag: 0		
Feltarbeid utført: September - oktober 2005	Rapportdato: Februar 2006	Prosjektnr.: 296000	Ansvarlig: <i>Toril Haugland</i>	
Sammendrag:				
<p>71 sandfangsprøver fra 53 ulike lokaliteter er analysert for 33 metaller, blant annet arsen, bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, sink og tinn. I tillegg er prøvenes innhold av total organisk karbon (TOC) samt de organiske miljøgiftene tributyltinn (TBT) (5 lokaliteter), polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) bestemt i prøver fra 53 lokaliteter.</p>				
Basert på resultatene av undersøkelsen kan det konkluderes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Det er ikke nødvendig å iverksette tiltak for å redusere mengden av arsen, krom og nikkel fra landbaserte kilder til havnebassenget. • Resultatene viser at det eksisterer aktive kilder til kadmium, kobber, kvikksølv, sink, bly, TBT, PCB og PAH. • Spesielt forurensede områder er arealene rundt Nyhavn (PCB, PAH, BaP, TBT, Hg, Cu), Ila-området (Cd, Zn, TBT, PAH og BaP) og enkelte deler langs Kanalen (Hg, PAH og BaP). • Oppfølgende undersøkelser anbefales for å identifisere kildene og kvantifisere mengden miljøgifter som spres. Eventuelle tiltak kan deretter vurderes. • For flere av lokalitetene i datasettet er det rive- og byggevirksomhet som peker seg ut som mulig forurensningskilde. Det antas at særlig sanering av gamle bygg og oppussing har ført til forurensningen da spesielt malingsprodukter inneholder tungmetaller. Det anbefales derfor å sette mer fokus på å forebygge forurensning rundt sanering, oppussing og byggevirksomhet. 				
Emneord: Diffuse kilder	Metaller		PCB	
PAH	TBT			

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	KONKLUSJON OG ANBEFALINGER	3
2.	INNLEDNING	4
2.1.	Bakgrunn	4
2.2.	Tidligere undersøkelser av jord og marine sedimenter i Trondheim	4
2.2.1.	Undersøkelser rundt Trondheim havn og i havnebassenget.....	4
2.2.2.	Undersøkelser av jordforurensninger i Trondheim	5
2.3.	Oppsamling av sedimenter i sandfang	6
3.	FORURENSNINGSKILDER	7
3.1.	Kilder til tungmetaller	7
3.1.1.	Arsen (As)	7
3.1.2.	Bly (Pb)	7
3.1.3.	Kadmium (Cd).....	10
3.1.4.	Krom (Cr).....	10
3.1.5.	Kobber (Cu).....	10
3.1.6.	Kvikksølv (Hg).....	10
3.1.7.	Nikkel (Ni)	11
3.1.8.	Sink (Zn)	11
3.1.9.	Tinn (Sn)	11
3.2.	Kilder til tributyltinn (TBT)	11
3.3.	Kilder til total organisk karbon (TOC).....	11
3.4.	Kilder til polyklorete bifenyler (PCB)	12
3.5.	Kilder til polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	12
4.	METODEBESKRIVELSE.....	13
4.1.	Prøvetaking.....	13
4.2.	Prøvebehandling.....	14
4.3.	Bestemmelse av tungmetaller og total organisk karbon (TOC).....	14
4.4.	Bestemmelse av tributyltinn (TBT).....	15
4.5.	Bestemmelse av PCB	15
4.6.	Bestemmelse av PAH.....	16
4.7.	Statistisk behandling av data	16
5.	RESULTATER OG KOMMENTARER	17
5.1.	Vurdering av datasettet.....	17
5.2.	PNEC-verdier for miljøgifter i sedimenter.....	17
5.3.	Tungmetaller, TBT, PCB, PAH og B(a)P	17
5.3.1.	Arsen (As)	20
5.3.2.	Bly (Pb)	22
5.3.3.	Kadmium (Cd).....	24
5.3.4.	Kobber (Cu).....	26
5.3.5.	Krom (Cr).....	28
5.3.6.	Kvikksølv (Hg).....	30
5.3.7.	Nikkel (Ni)	32
5.3.8.	Sink (Zn)	34
5.3.9.	Tinn og tributyltinn (TBT)	36
5.3.10.	Total organisk karbon (TOC).....	39
5.3.11.	Polyklorete bifenyler (PCB)	41
5.3.12.	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).....	43
5.3.13.	Benzo(a)pyren	45

6.	KONKLUSJONER OG FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER.....	47
6.1.	Kildekarakterisering: partikkelkarakterisering, fysiske og kjemiske analyser for å identifisere forurensningskilder.....	49
6.2.	Måling av vannføring og sedimenttransport i overvannsystemet	50
6.3.	Regelverk for å forebygge forurensning tilknyttet rive/rehabiliterings/byggeprosjekter.....	50
7.	REFERANSER.....	51

VEDLEGG 1 Analyseresultater med koordinatfestede prøvepunkt

VEDLEGG 2 Korrelasjonsdiagram - dublett og hovedprøve

VEDLEGG 3 Korrelasjonsdiagram – toc og de ulike tungmetallene

1. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Spredningen av miljøgifter fra diffuse landbaserte forurensningskilder til Trondheim havn er kartlagt basert på innsamling av sedimenter fra sandfangkummer nær havneområdet.

For kobber, nikkel, sink, PCB#118 og benzo(a)pyren er PNEC-verdien (Predicted No Effect Concentration) oversteget i flere sandfang. Analyseresultatene for tinn er benyttet for å velge ut lokaliteter for analyse av organiske tinnforbindelser, blant annet TBT. Alle de fem analyserte sedimentprøvene inneholder for høye konsentrasjoner av TBT, og det er sannsynlig at også andre lokaliteter med høyt innhold av tinn er forurenset med TBT.

Datamaterialet i denne undersøkelsen er relativt begrenset og usikkerhetene rundt mulige kilder er store. Det anbefales derfor ytterligere undersøkelser med prøvetaking av flere lokaliteter, for å lokalisere kildene og omfanget av forurensningene, samt å estimere mengden miljøgifter som årlig transporteres til havnebassenget.

Basert på resultatene av undersøkelsen kan det konkluderes:

- Det er ikke nødvendig å iverksette tiltak for å redusere mengden av arsen, krom og nikkel fra landbaserte kilder til havnebassenget.
- Resultatene viser at det eksisterer aktive kilder til kadmium, kobber, kvikksølv, sink, bly, TBT, PCB og PAH.
- Spesielt forurensede områder er arealene rundt Nyhavn (PCB, PAH, BaP, TBT, Hg, Cu), Ila-området (Cd, Zn, TBT, PAH og BaP) og enkelte deler langs Kanalen (Hg, PAH og BaP).
- Oppfølgende undersøkelser anbefales for å identifisere kildene og kvantifisere mengden miljøgifter som spres. Eventuelle tiltak kan deretter vurderes.
- For flere av lokalitetene i datasettet er det rive- og byggevirksomhet som peker seg ut som mulig forurensningskilde. Det antas at særlig sanering av gamle bygg og oppussing har ført til forurensningene da spesielt malingsprodukter inneholder tungmetaller. Det anbefales derfor å sette mer fokus på å forebygge forurensning rundt sanering, oppussing og byggevirksomhet.

2. INNLEDNING

2.1. Bakgrunn

En kombinasjon av diffuse punktutslipp fra land og utslipp fra tidligere og dels pågående industrivirksomhet har skapt en betydelig forurensning i Trondheims havnebasseng. På grunn av den omfattende forurensningen er Trondheim havn én av 31 norske havner og fjorder der Mattilsynet har gitt kostholdsrestriksjoner.

Statens Forurensningstilsyn (SFT) har satt i gang omfattende pilotprosjekter for å teste ut ulike metoder for å rense eller fjerne forurensende sedimenter i flere havner. Som en del av SFTs satsing for å heve kompetansen innefor forurensede sedimenter i Norge, har Trondheim Havn gjennom "Pilotprosjekt. Opprydding av forurensede sedimenter i Trondheim havn" fått utført en tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i havnebassenget (Laugesen m.fl. 2003). Som en del av prosjektet, er det foretatt mudring i Ilsvika for å finne gode miljø-tekniske løsninger innenfor en akseptabel økonomisk ramme. Massene er lagret i et deponi ytterst på Pir 2, og basert på erfaringene fra pilotprosjektet planlegges det nå et deponi i Nyhavna.

For at en opprydding i havneområdet skal være effektiv, er det nødvendig å identifisere og stoppe eventuelle aktive landbaserte forurensningskilder, hvilket også er påpekt av Laugesen m.fl. (2003).

Spredningen av miljøgifter fra diffuse landbaserte forurensningskilder til Trondheim havn er hittil ikke undersøkt i Trondheim. Denne problemstillingen ble derfor valgt som praktisk oppgave i kurset KJ3071 Anvendt geokjemi ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) høsten 2005. Prosjektet er finansiert av Trondheim kommune, Norges geologiske undersøkelse (NGU) og NTNU. NGU bidrar med analyser av tungmetaller og total organisk karbon (TOC) og NTNU med studenter til å utføre arbeidet med innsamling av data, tolkning av resultater og rapportering. Trondheim kommune finansierer analyser av polyklorerte bifinyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT). Hver studentgruppe skriver én rapport som har dannet grunnlaget for denne NGU-rapporten. Faglig ansvarlig er professor II Rolf Tore Ottesen (NGU/NTNU).

En tilsvarende kartlegging er tidligere utført av NGU i Bergen (Jartun m.fl. 2005) og i Harstad (Jartun og Volden 2006).

2.2. Tidligere undersøkelser av jord og marine sedimenter i Trondheim

2.2.1. Undersøkelser rundt Trondheim havn og i havnebassenget

Det ble i 2002 utført en tiltaksanalyse av områdene i havnebassenget for å vurdere tiltak mot forurensning (Laugesen m.fl. 2003). Tiltaksanalysene er en del av Pilotprosjektet i Trondheim havn og bygger hovedsakelig på sedimentundersøkelser utført av GeoCore (2000). Spredte sedimentprøver er også tatt i perioden 1987 til 1999 (Oceanor 1988a, Oceanor 1988b, GeoCore 1999, NIVA 2001, NIVA 2002), og Røe (1975) har utført en grov kartlegging av sedimenteringsområdet for slagg fra Killingdal Gruber. I tillegg har man i prosjektet blant

annet benyttet data fra SFTs grunnforurensningsdatabase for å identifisere forurensningskilder på land.

Analyseresultatene fra undersøkelsene i 1999 (GeoCore 1999, Ottesen m.fl. 2000b) viste at deler av eller hele havneområdet var forurenset med arsen, bly, kadmium, kobber, sink og TBT, mens de fleste prøvene hadde lavt innhold av kvikksølv. Innholdet av krom og nikkel lå innenfor SFTs tilstandsklasser I og II. Oppsummeringen fra Pilotprosjektet (Laugesen m.fl. 2003) viste at de mest forurensede områdene i havnebassenget strekker seg fra Fagervika/Ilsvika i vest langs land til Nyhavna og Korsvika i øst. Høyeste konsentrasjon av tungmetaller finnes i Fagervika/Ilsvika, der slagg fra Killingdal gruber antas å være den viktigste forurensningskilden. PAH og PCB finnes også i de høyeste konsentrasjonene i Fagervika/Ilsvika samt i Nyhavna, mens TBT er generelt høyt (tilstandsklasse V) i hele havnebassenget.

2.2.2. Undersøkelser av jordforurensninger i Trondheim

I 1994 tok Miljøavdelingen i Trondheim kommune initiativet til en kartlegging av innholdet av tungmetaller og utvalgte organiske miljøgifter i overflatejord fra Trondheim (Ottesen m.fl. 1995). Hensikten var å få en oversikt over miljøtilstanden i byen. Det ble konkludert med at tungmetaller som kobber, krom og nikkel hovedsakelig har et naturlig opphav, mens elementene bly, sink, kadmium og kvikksølv i stor grad kan tilskrives menneskelig aktivitet. De eldste bydelene er forurenset med bly og sink, mens områdene nær innfartsårene i tillegg er forurenset med kvikksølv og kadmium. Innholdet av arsen, kadmium, kvikksølv, PAH og PCB i overflatejorden var stort sett under verdien for det som regnes som ren jord. En tilsvarende undersøkelse med hovedsakelig de samme prøvepunktene ble gjennomført av NGU i 2004 (Andersson, 2006). Denne undersøkelsen viste tilsvarende geografisk fordeling av stoffene.

I 1997 ble det i Trondheim gjennomført en undersøkelse av barnehagejord (Langedal og Hellesnes 1997). Undersøkelsen viste at jorden særlig var forurenset med arsen fra trykkimpregnert trevirke, men også innholdet av bly i flere barnehager var høyt.

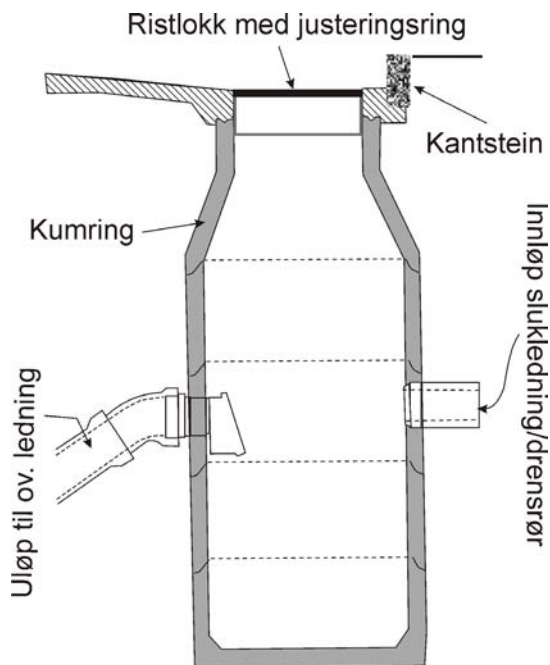
Undersøkelser av Trondheim havneområde i 1999 (GeoCore 1999) var en del av en større plan for å lage en kommunal plan for forurenset grunn og forurensede sedimenter i Trondheim (Ottesen m.fl. 2000b). Det ble derfor også tatt jordprøver. På hver lokalitet ble det ved hjelp av borer, tatt prøver fra flere dyp, fortrinnsvis så dypt at man nådde ned i naturlige masser. Innholdet av krom og nikkel lå på det som er naturlig i forhold til lokal berggrunn og løsmasser, mens særlig det øverste jordlaget flere steder var forurenset med arsen, bly, kadmium, kobber og sink. Også på land ble de høyeste konsentrasjonene funnet i Ilsvika/Fagervika.

Trondheim kommune fikk i 2004 undersøkt forurensningsfaren fra snødeponiet ved Ilabekken (Andersson m.fl. 2004). Det ble konkludert med at deponiet ikke representerer noen forurensningsfare for havnebassenget da både innholdet av PAH og metaller var lavt. En undersøkelse av miljøtilstanden ved opplagsplasser og pussesteder ved småbåthavner i Trøndelag, blant annet Skansen i Trondheim, viste derimot at jorda rundt opplagsplassene ofte var sterkt forurenset med tungmetaller (Jartun og Volden 2005). Ved Skansen ble det funnet for høye konsentrasjoner av både arsen, kadmium, kobber, kvikksølv, bly, tinn og sink.

2.3. Oppsamling av sedimenter i sandfang

I havneområder og bymiljø er svært mange flater dekket av asfalt eller bygninger og overflateavrenningen er stor. Overvann samles derfor opp i byens avløpsnett sammen med løsmasser som strøsand og asfaltstøv som vannet fører med seg.

Sandfang er utformet for å samle opp vann og sedimenter som transporteres i gateplan. Et eksempel på utforming av sandfangkummer i Trondheim er vist i figur 1. Sedimentene felles ut i kummen, mens vannet renner ut via overløp. Når havnebassenget vil dette vannet renne ut i sjøen. Sandfangkummene tømmes generelt én gang i året, men avhengig av beliggenhet og vanntilgang kan tømmeffrekvensen være hyppigere. Kummer plassert på området administrert av Trondheim Havn tømmes av dem og ikke av Trondheim kommune. Tømmeffrekvensen er også her én gang pr år. Trondheim kommune frakter slam fra kummene til avvanningsanlegg på Valøya på Tempe. Det samme gjør Trondheim Havn, men de benytter også eget deponi (Pir 2) eller deponi på Heimdal.



Figur 1 Eksempel på sandfang vanlig i Trondheim. Forenklet figur basert på materiale mottatt av Trondheim kommune, vann og avløp.

3. FORURENSNINGSKILDER

I forbindelse med Pilotprosjektet i Trondheim havn (Laugesen m.fl. 2003) er det nevnt en rekke mulige historiske og eksisterende kilder til forurensning i Trondheim havnebasseng. Disse er oppsummert i tabellene 1 og 2 sammen med noen mer generelle kilder som bybranner og biltrafikk. Tabellene inneholder hovedsakelig den samme informasjonen, men tabell 1 er sortert etter type forurensning (tungmetaller, PAH, osv.) og tabell 2 etter forurensningskilde. I tillegg til direkte forurensning av havnebassenget, skjer det en spredning av eksisterende forurensning gjennom undersjøiske ras, oppvirvling forårsaket av skipstrafikken og strøm, det siste med retning fra Høvringen mot Østmarkneset.

De ulike tungmetallene, total organisk karbon (TOC) og tributyltinn (TBT), polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) med kilder er nærmere omtalt i dette kapitlet.

3.1. Kilder til tungmetaller

Innholdet av arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink og tinn ble undersøkt i sandfangsprøvene.

3.1.1. Arsen (As)

Arsen er giftig for mange organsimer i små konsentrasjoner og kan medføre kreft. Uorganiske former av arsen er spesielt giftige. Etter de siste års begrensninger i bruken av arsen i trykkimpregnert trevirke, er utslippene betydelig reduserte (Miljøstatus 2005). Fra høsten 2002 ble det forbud mot bruk av CCA-impregnert trevirke (CCA = kadmium, krom og arsen) unntatt til bruk i næringsvirksomhet. Arsen brukes i glassvarer og som korrosjonsbeskyttelse i messing og i blyakkumulatorer (Aas-Aune og Huse 2003).

3.1.2. Bly (Pb)

Bly er både akutt og kronisk giftig. Det kan medføre fosterskader og redusert forplantningsevne. Forskning mistenker at eksponering av bly, selv i lave konsentrasjoner, kan påvirke barns intellektuelle utvikling (Mielke m.fl. 2005, Miljøstatus 2005)

Bly ble tidligere tilsatt i bensin og kan være akkumulert i byjord (Ottesen m.fl. 1995). Kilder til bly er metalliske produkter (verkstedsindustri/byggevarer), batterier og plaststabilisatorer. Bly inngår også som kjemisk forbindelse i pigmenter i maling og glasurer samt som følgestoff i olje og blåsesand (Aas-Aune og Huse 2003). Oppussing, vedlikehold, riving av bygninger og forvitring bidrar til utslipp av bly. Når det gjelder bly i produkter, kommer de største utslippene fra blybatterier og blyakkumulatorer. Andre kilder er seilbåtkjøler, fiskeredskaper, plast og glass. Faren for utslipp er størst når produktene ender som avfall (Miljøstatus 2005).

Tabell 1 Oversikt over historiske og aktive forurensingskilder til Trondheim havnebasseng sortert etter type forurensning. Tabellen er basert på data fra "Pilotprosjektet i Trondheim havn" (Laugesen m.fl. 2003).

Type forurensning	Forurensningskilder	Beliggenhet	
		Gammel/historisk	Aktiv
Kvikksølv	Forbrenningsanlegg	St.Olavs hospital (tidligere RiT)	Heimdal
	Krematorier	St.Olavs hospital (tidligere RiT), Lademoen, Tilfredshet	Moholt
	Krigsetterlantenskaper	I fjorden ved Østmarkneset	
	Maling		Bygninger m.m.
	Bybranner		
Andre tungmetaller enn kvikksølv	Oppredningsverk (Killingdal gruber)	Ved Høvringen renseanlegg	Slagg brukt som veifylling
	Maling		Bygninger m.m.
	Metall og galvanotekniske industrier	Ila jern, Ila stålindustri, Ila og Lilleby smelteverk	
	Mekaniske verksted og skipsverft	Ørens Mekaniske, Trondheim Mekaniske, Dora	
	Gassverk	Kalvskinnet (nedlagt 1916) og Trondheim tidligere gassverk Jarlheimsletta (nedlagt 1957)	
	Rosenborg Krom – Nikkel AS	200 meter fra Nyhavna	
	Bybranner		
Polyaromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifinyler (PCB), tributyltinn (TBT), BTEX* og cyanid	Industri, oppvarming og biltrafikk	Diffus kilde	Diffus kilde
	Metall og galvanotekniske industrier	Ila jern, Ila stålindustri, Ila og Lilleby smelteverk	
	Mekaniske verksted og skipsverft	Ørens Mekaniske, Trondheim Mekaniske, Dora	
	Gassverk	Kalvskinnet og Trondheim tidl. gassverk, Jarlheimsletta	
	Maling, murpuss, osv..		Bygninger m.m.
	Småbåthavner	Rosenborg	Skansen, Fosenkaia, Tavern ved Bakke bru
	Havnevirksomhet m/lasting og lossing. Lekkage fra kreosotimpregnering		Kaiområdene
	Krigsetterlantenskaper	Ladehammeren, Dora og fjorden ved Østmarkneset	
	Bybranner		
Industri, oppvarming og biltrafikk		Diffus kilde	
Kull og olje	Tankanlegg (nedlagte og eksisterende)	Ved Høvringen renseanlegg	Ved Høvringen renseanlegg
	Varmekraftverk	Fagervika-Illsvika (kull)	Fagervika-Illsvika (lettolje)
	Gassverk	Kalvskinnet og Trondheim tidl. gassverk, Jarlheimsletta	

*BTEX = felles betegnelse for stoffene benzen, toluen, etylbenzen og xylen

Tabell 2 Oversikt over historiske og aktive forurensningskilder som kan ha bidratt eller bidrar til forurensning i Trondheim havnebasseng sortert etter forurensningskilde (alfabetisk). Tabellen er hovedsakelig basert på data fra "Pilotprosjektet i Trondheim havn" (Laugesen m.fl. 2003).

Forurensningskilde	Beliggenhet	Forurensning
Avfallsfyllinger	Lade, Transittgata 6-8	Mulig forurensning til Nyhavna
Bybranner	Diffus kilde	PAH, tungmetaller
Forbrenningsanlegg	Heimdal, St. Olavs hospital (tidligere RiT)	Kvikksølv, bly, sink og kadmium
Gamle kloakkutslipp og dreneringer	Nidelva. Ladekulverten.	Sigevann fra kommunal fylling Lade Dreneringsvann fra galvanoteknisk industri (Ila jern, Ila stålindustri og Ila og Lilleby smelteverk)
Gassverk	Kalvskinnet (nedlagt 1916), Trondheim tidligere gassverk, Jarlheimsletta (nedlagt 1957)	Steinkull, tungmetaller, cyanid, PAH, BTEX
Industri, oppvarming og biltrafikk	Landbaserte diffuse forurensningskilder	Tungmetaller, miljøgifter
Krematorier	Moholt, Lademoen, tidligere RiT	Kvikksølv, bly, sink og kadmium
Krigsetterlatenskaper	Nyhavna	
	Rosenborg Krom – Nikkel AS 200 m til Nyhavna	Tungmetaller
	Ladehammeren	Klorsulfonsyre
	I fjorden ved Østmarkneset	Uidentifiserte kjemikalier. Påvist høye verdier av Hg og organiske miljøgifter
	Dora	Ubåthavn under 2. verdenskrig. Trafoer med PCB-olje
Maling, murpuss, osv..	Bygninger m.m.	Tungmetaller og PCB
Mekaniske verksted/Skipsverft	Ørens mekaniske, Trondheim mekaniske, Dora	Tungmetaller, organiske miljøgifter
Metall og galvanotekniske industrier	Ila jern, Ila Stålindustri og Ila og Lilleby smelteverker	Tungmetaller, PAH og PCB
Oppredningsverk (Killingdal gruver)	Fagervika-Illsvika. Spredning til tankanleggene og veier (slag i veifyllinger) i nærområdet	Tungmetaller
Renseanlegg	Høvringen, Ladehammeren	Skal være rensset vann.
Sjøflyhavn	Fagervika-Illsvika	
Skipstrafikk	Havnebassenget og kaiområdene	PAH, TBT. Spredning av eksisterende forurensning (oppvirvling av sedimenter)
Småbåthavn	Skansen, Fosenkaia, Tavern ved Bakke bru Rosenborgbassenget (tidligere)	PAH, TBT
Strøm i fjorden	Retning fra Høvringen mot Østmarkneset	Sprer eksisterende forurensning.
Tankanlegg	Ved Høvringen renseanlegg: Nedlagte og eksisterende (Esso, Shell og Statoil)	Olje og tungmetaller er funnet. Tungmetallene er trolig fra slagghaugene til Killingdal gruver
Undersjøiske ras	Langs hele, men spesielt Ladehammeren og Fagervika-Illsvika	Sprer eksisterende forurensning.
Varmekraftverk	Fagervika-Illsvika	Kull, lettolje

3.1.3. Kadmium (Cd)

Kadmium og dets forbindelser er akutte og kronisk giftige for både mennesker og dyr. Det er bioakkumulerende i fisk og pattedyr, med lang biologisk halveringstid. De fleste av forbindelsene er kreftfremkallende og gir selv i små konsentrasjoner, kronisk forgiftning hos mange organismer (Aas-Aune og Huse 2003).

Bruk av kadmium i produkter er regulert av norsk regelverk. Siden 2002 har det vært forbudt å bruke kadmium og kadmiumforbindelser i maling, som fargestoff i plast og stabilisator i plastprodukter og til overflatebehandling av utstyr og maskiner (Aas-Aune og Huse 2003). Oppladbare nikkel-kadmium batterier er det største bruksområdet for kadmium, som følge av bruk i mobiltelefoner, batteridrevet verktøy og annet elektronisk utstyr. Kadmium er følge-stoff i blant annet mineralgjødsel, fossilt brensel og enkelte sinkprodukter. Av kadmiumproduktene er det offeranoder som gir størst utslipp. Lokale kilder til kadmium kan være avløp, gruveavrenning og metallurgisk industri (Miljøstatus 2005). Biltrafikk er også en kilde til kadmium (Ottesen m.fl. 1995).

3.1.4. Krom (Cr)

Krom forekommer i flere former i naturen, vanligst i 3-og 6-verdig form. Kromforbindelser er tungt nedbrytbare med varierende grad av bioakkumulering i organismer. Av disse forbindelsene er det de 6-verdige som er mest skadelige. Disse kan medføre kreft og allergier og er meget giftige for vannlevende organismer.

Krom forekommer naturlig i stein og jord. Stoffet benyttes i metalliske produkter, som fargestoff (i maling, lakk, keramiske glasurer og glass) samt til tekstilfarging og -fiksering (Miljøstatus 2005). Andre kilder til krom er blåsesand, sement, CCA-impregnert trevirke (gammelt trevirke og trevirke brukt i næringsvirksomhet) (Aas-Aune og Huse 2003).

3.1.5. Kobber (Cu)

Kobber, i form av løselige salter, kan være meget giftig, selv i små konsentrasjoner. Flere av disse er svært skadelige for vannlevende organismer og kan være uheldig for tilvekst og reproduksjon av enkelte dyrearter som lever i vann. Kobber kan akkumuleres i organismer og være akutt giftige for pattedyr. Metallisk kobber har derimot lav giftighet (Miljøstatus 2005).

Kobber forekommer naturlig i berggrunnen. Tilførselen av kobber fra produkter til miljøet er stor, med bunnstoff til båter og notimpregneringsmidler som de største kildene (Miljøstatus 2005). Stoffet benyttes i kjemiske produkter og i ulike legeringer i metalliske produkter. Kilder til kobber er blant annet impregneringsmidler, rør og rørdeler (pga. korrosjon i surt vann), maling og beis, industriråstoffer, sopp- og insektsmidler og mineralgjødsel (Aas-Aune og Huse 2003). Metallisk kobber forekommer i store mengder i metallegeringer, messing, bronse, elektriske ledninger, mynter o.l. Disse produktene gir imidlertid ubetydelig utslipp i bruksfasen (Miljøstatus 2005).

3.1.6. Kvikksølv (Hg)

Kvikksølv og kvikksølvforbindelser er meget giftige og kan forårsake kontaktallergi og skader på foster, nyrer og nervesystem. Disse forbindelsene bioakkumuleres i fisk og pattedyr,

spesielt i nyrer og hjerne. Kvikksølv oppkonsentreres i næringskjeden som følge av den lange biologiske halveringstiden.

Det er flere steder målt høye konsentrasjoner av kvikksølv i Norge, uten at man finner klare kilder (Miljøstatus 2005). I følge Aas-Aune og Huse (2003) var industrien den største nasjonale utslippskilden i 2002. Andre kilder er amalgamfyllinger, laboratoriekjemikalier, kvikksølvtermometre, utslipp fra krematorier og enkelte typer måleinstrumenter (for eksempel elektroder i måleinstrumenter), sparepærer og lysstoffrør. Biltrafikk (Ottesen m.fl. 1995) og maling (Kjeldsen og Christensen 1996) er også kilder til kvikksølv.

3.1.7. Nikkel (Ni)

Overskudd av nikkel er giftig for planter. Hos mennesker kan hudkontakt med nikkelholdige materialer gi nikkelallergi. Det er naturlig høye nivåer av nikkel i berggrunnen i Trøndelag (Ottesen m.fl. 1995, 2000a). Nikkel benyttes i legeringer i metalliske produkter og i ulike kjemiske produkter. Nikkelholdige produkter er batterier, akkumulatører, katalysatorer, rustfrie råvarer, støpte stålprodukter, blåsesand og forniklede produkter. Nikkel inngår som følgestoff i oljeprodukter (fossilt brensel, veiolje) og mineralgjødsel (Aas-Aune og Huse 2003).

3.1.8. Sink (Zn)

Sink er relativt ugiftig for mennesker og dyr, men kan i større mengder være giftig for planter (Manahan 2005). Metallet benyttes i ulike legeringer, i metalliske produkter og i ulike kjemiske produkter. Utslipp av sink skyldes slitasje fra bildekk (Bækken 1993, Ottesenm.fl. 1995), maling, bunnstoff, plast (stabilisator), batterier/akkumulatører, offeranoder (korrosjonsbeskyttelser) og sinkplater (Aas-Aune og Huse 2003).

3.1.9. Tinn (Sn)

Uorganiske tinnforbindelser er generelt lite giftige. Absorbert tinn blir hovedsaklig lagret i bein og utskilt via urin. Det tas dårlig opp i mage og tarm, men inntak av uorganisk tinn kan medføre akutte mage- og tarmproblemer. Tinn brukes som pigment i keramikk, tekstiler, maling, i hermetikkbokser og kjemisk industri (Friberg m.fl. 1986).

3.2. Kilder til tributyltinn (TBT)

Tributyltinn (TBT) er en kunstig framstilt tinnorganisk forbindelse og regnes som en organisk miljøgift. Stoffet har lang nedbrytningstid og oppkonsentreres derfor i organismer. Det er spesielt giftig for marine organismer, men også for mennesker (Miljøstatus 2005). TBT brukes hovedsaklig i bunnstoff for skip og i treimpregnering (Aas-Aune og Huse 2003).

3.3. Kilder til total organisk karbon (TOC)

Kildene til organisk materiale i jord er nedbryting av plante- og dyrerester. Andre kilder er husholdningskloakk samt utslipp fra tre- og visse typer næringsmiddelindustri (Flaten 2004). Undersøkelser har vist at økt innhold av organisk karbon fører til økt innhold av organiske miljøgifter og metaller i jorden da disse binder seg lett til det organiske materialet (Bogan og Trbovic 2003, Bolan m.fl. 2003, Kjeldsen og Christensen 1996, Yin m.fl. 2002).

3.4. Kilder til polyklorerte bifenylar (PCB)

PCB er syntetisk en fremstilt forbindelse bestående av to fenylgrupper med fra ett til ti kloratomer bundet til. Det finnes i alt 209 kongener av PCB, disse er ulike i posisjon av og antall klorsubstitusjoner. PCB er varmemestabil og resistent mot syrer og baser. Persistensen øker med antall kloratomer. Forbindelsene er lite vannløselige og vil akkumuleres i næringskjeden. PCB har inngått som bestanddel i maling, mørtel, betong og fugemasser. Malte og pussede husfasader kan være en viktig diffus kilde for spredning av PCB. Pga av forbindelsenes elektriske isolasjonsevne har PCB blitt mye brukt i kondensatorer, lysarmaturer og elektriske apparater.

PCB er fettløselig og tas lett opp av organismer og oppkonsentreres i næringskjeden. Forbindelsene vil også kunne overføres til avkom via fettrikk morsmelk, eller opplagsnæring i egg. PCB kan ha akutt giftighet, men særlig viktig regnes den reproduksjonsforstyrrende effekten. Andre observerte effekter er svekkelse av immunsystemet, endret læreevne og nedsatt utviling.

3.5. Kilder til polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH består av mange forskjellige forbindelser og er bygget opp av flere benzenringer. PAH-forbindelser med mange benzenringer har lav vannløselighet og disse finnes i miljøet hovedsakelig bundet til partikler. PAH forekommer naturlig i råolje. Andre viktige naturlige kilder er skogsbranner og vulkanutbrudd.

Menneskeskapt kilder til PAH er ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Biltrafikk, brenning av gass i Nordsjøen, oljefyringsanlegg, søppelforbrenning og vedfyring er kilder til betydelige PAH-utslipp. Bildekk, gammelasfalt og oljesøl er viktige diffuse kilder i et bymiljø. PAH er i tillegg et biprodukt ved flere industrielle prosesser (aluminumsverk, ferromanganverk, kalsiumkarbidverk og anodefabrikker).

PAH-forbindelsene er spesielt giftige for vandige organismer. PAH kan opptas via lunger, mage og hud. På grunn av sine fettløselige egenskaper lagres PAH i organer som inneholder fett. Noen PAH-forbindelser er karsinogene, og andre alvorlige helseeffekter som nedsatt immunforsvar og hudsykdommer er en bivirkning av PAH-forgiftning. PAH kan påvirke reproduksjonen hos noen dyrearter.

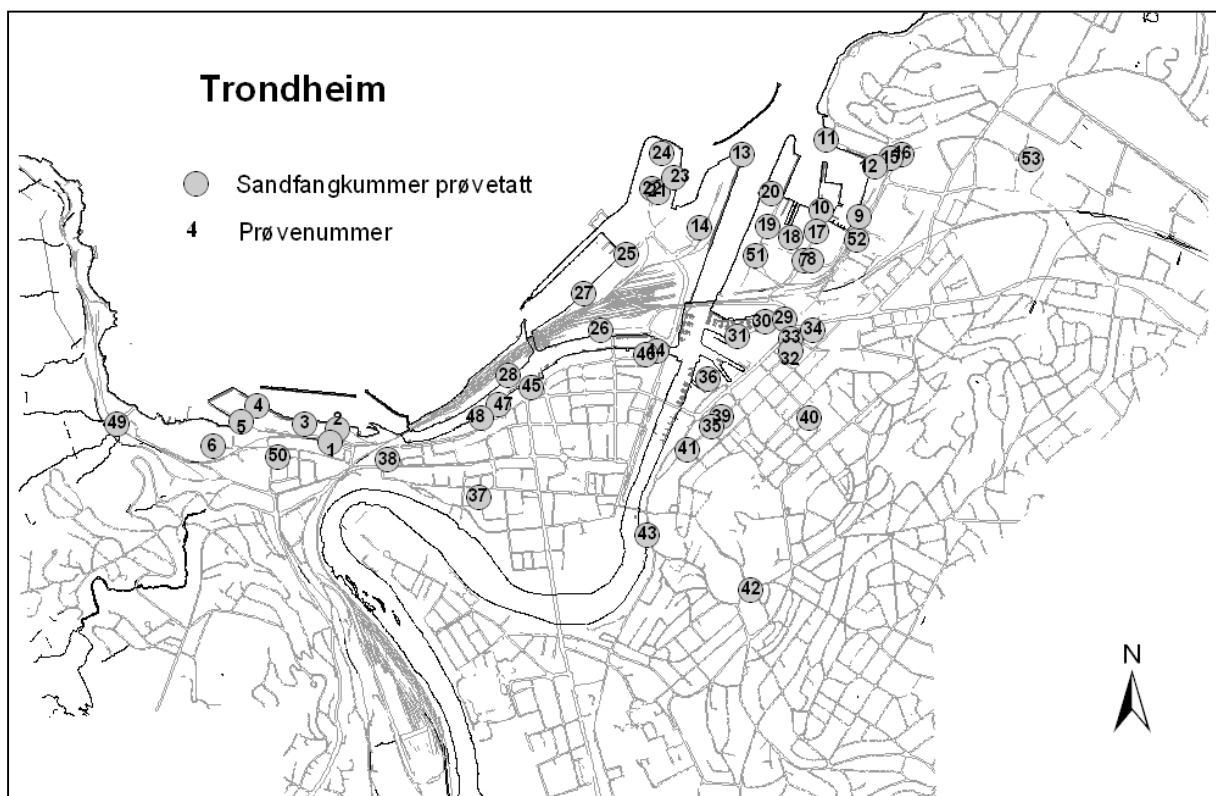
4. METODEBESKRIVELSE

4.1. Prøvetaking

Studenter ved NTNU har under veiledning fra ansatte ved NGU, samlet inn 71 sedimentprøver, derav 18 dubletter fra 53 sandfangskummer ved Trondheim havn. Prøvepunktene er jevnt fordelt i området fra Fagervika/Ilsvika i vest til Nyhamna/Ladehammeren i øst inklusive noen kummer langs Nidelva (figur 2). I tillegg er det samlet inn materiale fra én kum ved Kristiansten festning (nr. 42) og to kummer (nr. 40 og 53) nær bygge- og rivningstomter.

Sedimentprøvene består av materiale som transporteres i gateplan og som fanges opp i kummene ved blant annet nedbør. Det ble tatt prøver av det faste materialet i bunnen av kummene. Dette ble utført ved bruk av en aluminiumsstang med en koppformet øse i enden (figur 3). Prøvematerialet (0,5-1,0 liter) ble samlet i hvite 1 liters plastbøtter og forseglet med lokk. Prøvene ble fraktet til NGU for tørking og videre preparering.

Under prøvetakingen ble det observert olje i de fleste sandfangskummene.



Figur 2 Prøvepunkter for undersøkelse av 53 sandfang hovedsakelig langs havnebassenget i Trondheim.



Figur 3 Prøvetakingsutstyr (aluminiumsstang med koppformet øse) og plastbøtte for prøvemateriale. Selve aluminiumstangen er ca 2 m lang.

4.2. Prøvebehandling

Prøvepreparering ble foretatt i lokalene til NGUs akkrediterte laboratorium i Trondheim. Prøvene ble tørket ved ca 30°C i 3-4 uker. De ble deretter siktet med 2 mm nylonsikt hvor grovfraksjonen ble kastet. Det resterende materialet ble splittet i to like fraksjoner. En fraksjon ble analysert for tungmetaller og TOC ved NGUs laboratorium, mens den andre fraksjonen ble sendt til AnalyCen for analyse av miljøgiftene tributyltinn (TBT), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyl (PCB).

4.3. Bestemmelse av tungmetaller og total organisk karbon (TOC)

Tungmetaller og TOC er analysert ved NGU-Lab i Trondheim. De ulike analysemetodene er utførlig beskrevet i NGU-Labs kvalitetshåndbok (NGU-Lab 2005). En oppsummering av analyseteknikker, deteksjonsgrenser og analyseusikkerhet er gitt i tabell 3. Før analyse ble de tørkede prøvene oppløst i 7N HNO₃ i autoklav i samsvar med Norsk Standard – NS 4770.

ICP-AES er benyttet for å analysere tungmetallene bly (Pb), sink (Zn), kobber (Cu), krom (Cr) og nikkel (Ni) i tillegg til 26 andre grunnstoff som ikke omtales i denne rapporten. Tinn (Sn), kadmium (Cd) og arsen (As) er analysert ved hjelp av atomabsorpsjonsspektrometri (AAS) med grafittovnsteknikk, mens det for kvikksølv (Hg) er benyttet AAS med Hg-kalddampsteknikk.

TOC ble bestemt ved bruk av et Leco SC-444-instrument. Analyseusikkerheten er avhengig av målt konsentrasjon som følger: ± 15 % rel. i måleområde 0,1-3,0 % og ± 10 % rel. i måleområde > 3,0 %.

Tabell 3 Analyseteknikker, deteksjonsgrenser og analyseusikkerhet for utvalgte tungmetaller og TOC analysert ved NGU-Lab. Rel. = relativ

Parameter	Analyseteknikk	Deteksjonsgrense	Analyseusikkerhet	
Bly (Pb)	ICP-AES ^{*1}	1,00 mg/kg	± 10 % rel	
Sink (Zn)		3,00 mg/kg		
Kobber (Cu)		0,50 mg/kg		
Krom (Cr)		0,20 mg/kg		
Nikkel (Ni)		1,00 mg/kg		
Tinn (Sn)	AAS ^{*2} – grafittovnsteknikk	3,00 mg/kg	± 10 % rel	
Kadmium (Cd) ^{*3}		0,02 mg/kg		
Arsen (As) ^{*3}		1,00 mg/kg		
Kvikksølv (Hg)	AAS ^{*3} – Hg-kalddampsteknikk	0,01 mg/kg	± 10 % rel	
Polyklorete bifenyler (PCB)	GC-ECD	0,001 mg/kg	± 25 % rel	
Polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	GC-AED	0,01 mg/kg	± 25 % rel	
Tributyl tinn (TBT)	GC-AED	0,001 mg/kg	± 25 % rel	
TOC	Leco SC-444	0,1 %	Måleområde (%)	Usikkerhet
			0.1-3.0	± 15 % rel.
			>3.0	± 10 % rel.

^{*1} Inductively coupled plasma – atomic emission spectrometry

^{*2} Atomabsorpsjonsspektrometri

^{*3} Cd og As er også analysert med ICP-AES, men det er valgt å benytte resultatene fra AAS

4.4. Bestemmelse av tributyltinn (TBT)

De tinnorganiske forbindelsene tributyltinn (TBT), dibutyltinn, monobutyltinn og trifenylyltinn er analysert ved AnalyCen, men bare TBT er omtalt i denne rapporten. Analysene er utført ved at prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøven renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av rentensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standard. Bestemmelsen ble utført med gasskromatografi med atomemisjons deteksjon (GV-AED) av AnalyCen AS.

4.5. Bestemmelse av PCB

10 gram prøve ekstraheres med heksan og aceton. Opprensing foretas med TBA og rykende svovelsyre. PCB-bestemmelsene ble utført ved hjelp av gasskromatografi, LC-LVI-GC-MS (Liquid Chromatography, Large Volume Injection, Gas Chromatography with Mass Spectrometry) av AnalyCen AS.

I prøve nr 34 og 45 kunne ikke PCB påvises pga sterke matrikseffekter. Disse prøvene inneholder halogenerte forbindelser, muligens klorete parafiner.

4.6. Bestemmelse av PAH

40 gram prøve ble tilsatt vann med pyrofofat og ristet i minimum en time med sykloheksan/etylacetat blanding tilsatt deuterte PAH-forbindelser som intern standard. PAH-bestemmelsene ble utført ved hjelp av GC-MS.

I prøve nr 11 var det sterke matrikseffekter og fluoranten og pyren kunne ikke kvantifiseres.

4.7. Statistisk behandling av data

Programvaren Microsoft Excel er benyttet for å beregne median og gjennomsnitt samt tegne kumulativ frekvensfordeling for hver av de aktuelle parameterne. Samtlige 71 prøver er benyttet til disse beregningene.

De kumulative frekvensfordelingskurvene er benyttet til å vurdere tilstedeværelsen av én eller flere forurensningskilder i tillegg til en bakgrunnsverdi basert på antallet knekkpunkter på kurven som omtalt av Bølviken (1973).

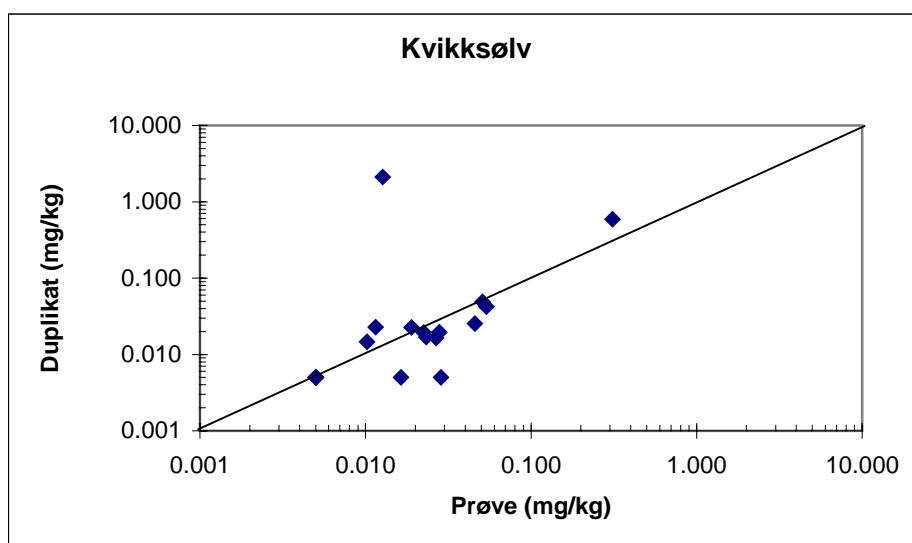
GIS-verktøyet ArcMapTM 8.3 fra ESRI® er benyttet for å tegne kartbildene. Konsentrasjonsklassene for bly, sink, kobber, krom, kadmium, arsen, kvikksølv, TBT, PCB, PAH og B(a)P er hentet ut fra SFTs veiledning for "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (Molvær m.fl. 1997). Det er ikke utarbeidet tilstandsklasser for tinn og TOC. For disse parameterne er det i stedet benyttet en 5-deling av tierpotensen, noe som er vanlig ved presentasjon av geokjemiske data (Bølviken 1973). Konsentrasjonsklassene blir da: 1-16, 16-25, 25-39, 39-63, 63-100 osv. Den minste klassen utgjør ca. 1/3 av prøvene (30-prosentilen fra den kumulative frekvensfordelingen er benyttet). Kartene er tegnet basert på 53 prøver. Det vil si at dublettene ikke er benyttet, og enkelte høye verdier kommer derfor ikke frem på kartene.

5. RESULTATER OG KOMMENTARER

5.1. Vurdering av datasettet

For å vurdere kvaliteten og reproduserbarheten av datasettet er det samlet inn duplikatprøver fra 18 av sandfangene. For hvert element er det plottet et x-y-diagram der konsentrasjonen målt i hovedprøvene er plottet mot konsentrasjonen av stoffet i dublettene. Et eksempel er vist i figur 4, mens de resterende grafene finnes i vedlegg 2.

De fleste elementene har en god korrelasjon mellom duplikat og hovedprøve selv om noen prøvepar skiller seg ut. Dette er blant annet vist for kvikksølv (.1Hg) i figur 5.2, der én av dublettene (nr 40D) har mye høyere innhold av Hg enn hovedprøven.



Figur 4 Diagram som viser korrelasjonen mellom konsentrasjonen målt i duplikatprøvene og hovedprøvene. Eksempelet viser kvikksølv.

5.2. PNEC-verdier for miljøgifter i sedimenter

Trondheim Havn har som ambisjon at nivået av miljøgifter ikke skal ha noen effekt på biota. Vurderingen av om det eksisterer et forurensningspotensial fra land til havnebassenget, er derfor gjort ut fra PNEC-verdier (Predicted No Effect Concentration) omtalt av Laugesen m.fl. (2003). Aktuelle stoff er gjengitt i tabell 4. Miljøgifter skal ikke ha noen negativ effekt på sedimentlevende organismer, så lenge PNEC-verdiene ikke overskrides.

5.3. Tungmetaller, TBT, PCB, PAH og B(a)P

Resultater for arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink, tinn, TBT, PCB og PAH er vist i tabeller i vedlegg 1. Statistiske parametre for datasettet er presentert i tabell 5.

Geokjemiske kart og kumulative frekvensfordelingskurver er fremstilt for alle metallene, TBT, PCB, PAH og benzo(a)pyren og presenteres i de neste avsnittene.

Ved sammenlikning mellom medianverdien for miljøgifter i overflatejord (0-2 cm) fra sjønære sentrumsområder med tilsvarende innhold i sandfangsmasser indikeres det at sandfangs-massene har et forhøyet innhold av arsen, sink, tinn, kobber, PAH, B(a)P og PCB i forhold til overflatejord. Innholdet av bly og kvikksølv er betydelig lavere i sandfangsmasser enn i overflatejord (Tabell 6).

Basert på en sammenlikning mellom medianverdier i marine sedimenter og tilsvarende verdi i sandfangsmasser, indikeres det at kun sink har et høyere innhold i sandfangsmassen enn i marine sedimenter. For de øvrige komponentene er nivået høyest i de marine sedimentene (Tabell 6).

Tabell 4 PNEC-verdier (Predicted No Effect Concentration) for miljøgifter i sedimenter sammenlignet med tilstandsklasse og tilstanden i Trondheim havn (Utdrag fra tabell 22 i Laugesen m.fl. (2003)).

Stoff	PNEC-verdi (mg/kg TS)	Prosentandel overskridelse av PNEC	PNEC-verdi tilsvarer tilstandsklasse	Vurderte områder i Trondheim havn hvor sedimenter har konsentrasjon over PNEC-verdi
As	160	0	III	Fagervika – Ilsvika
Cd	30	0	V	Ingen
Cr ¹⁾	1720	0	IV	Ingen
Cu	73	36	II	Alle
Hg	26	0	V	Ingen
Ni	44	24	II	Alle
Pb	4800	0	V	Ingen
Zn	620	11	II	Fagervika-Ilsvika, Ilbassenget, Kanalen, Nyhavna og Ladehammeren-Østmarknesset
TBT	0,010	100	III	Alle
PCB-kongen 118	0,5 µg/kg	34	I	Fagervika-Ilsvika, Ilbassenget, Kanalen, Nyhavna og Ladehammeren-Østmarknesset
B(a)P	0,19	40	III	Fagervika-Ilsvika, Ilbassenget, Kanalen, Nyhavna og Ladehammeren-Østmarknesset

¹⁾PNEC-verdien er basert på resultater for seksverdig krom.

Tabell 5 Statistiske parametre for arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink, tinn, TBT, PCB, PAH og benzo(a)pyren

Grunnstoff / kjemisk forbindelse	Aritmetisk gjennomsnitt	Median	Minimum	Maksium
Arsen (mg/kg)	5,8	5,0	2,0	21,0
Bly (mg/kg)	33,5	19,5	4,9	208
Kadmium (mg/kg)	0,4	0,2	< 0,01	2,3
Kobber (mg/kg)	99,7	52,9	19,9	1240
Krom (mg/kg)	46,3	42,8	20,6	88,8
Kvikksølv (mg/kg)	0,3	< 0,01	< 0,01	5,8
Nikkel (mg/kg)	33,4	29,9	14,2	98,8
Sink (mg/kg)	276,6	217,0	36,0	996,0
Tinn (mg/kg)	8,7	4,5	< 3	40
TBT (µg/kg)	241,6	100	26	510
PCB _{sum 7} (mg/kg)	0,03	0,002	0,001	0,94
PAH _{sum 16} (mg/kg)	5,48	2,8	0,06	57,0
Benzo(a)pyren	0,24	0,16	< 0,01	2,8

Tabell 6 Medianverdier for miljøgifter i overflatejord, sandfangsmasser og marinesedimenter fra Trondheim. Basert på data fra Ottesen m.fl 1995 og 2000).

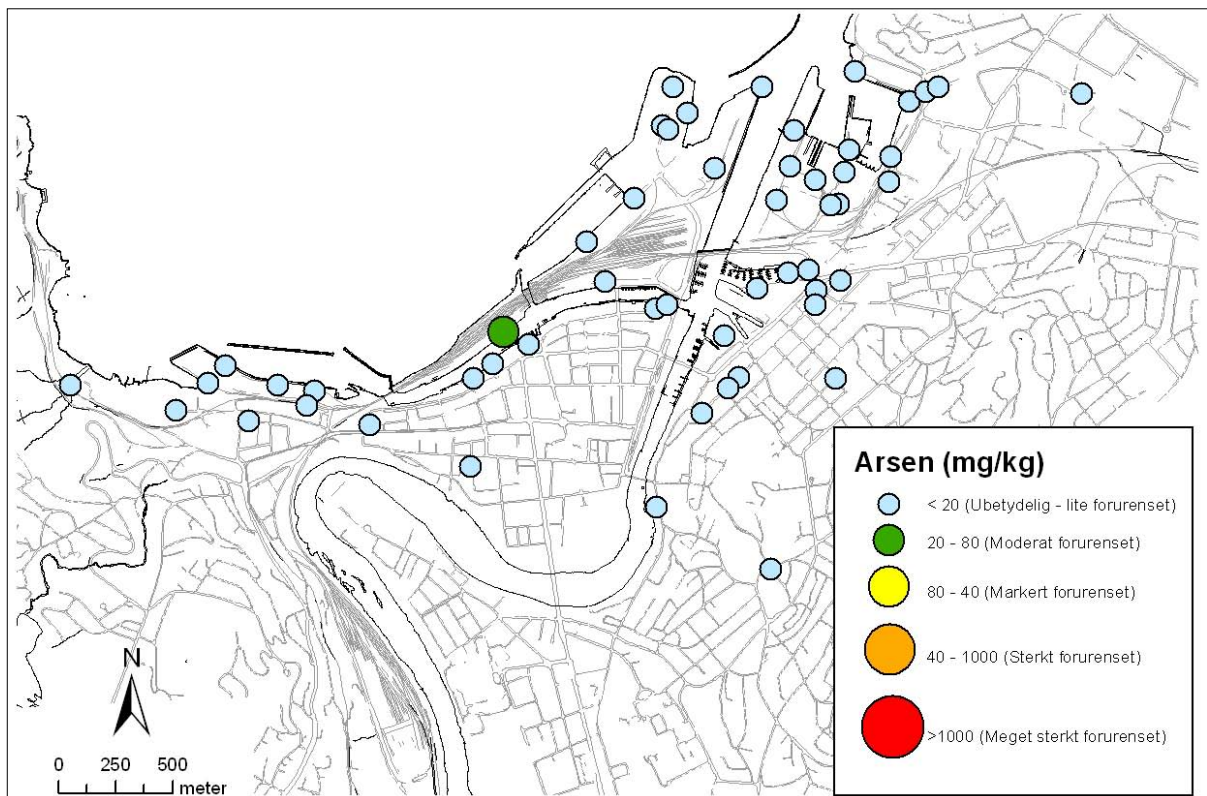
Parameter / Konsentrasjon i mg/kg	Medianverdi overflatejord i sentrale sjønære byområder (0-2 cm)	Medianverdi i sandfangsmasser	Medianverdi i marine sedimenter (0-2 cm)	Forholdstall: Sandfang / overflatejord	Forholdstall: Sandfang / marine sedimenter
Arsen (mg/kg)	2,8	5,0	8,8	1,75	0,56
Bly	88,0	19,5	46,0	0,2	0,42
Kadmium	0,19	0,2	0,33	1,05	0,60
Kobber	44,0	52,9	84,0	1,20	0,62
Krom	59,6	42,8	54,0	0,71	0,79
Kvikksølv	0,33	<0,01	0,26	0,03	0,03
Nikkel	38,1	29,9	35,0	0,78	0,85
Sink	131	217	182	1,65	1,19
Tinn	2,0	4,5	-	2,35	-
PAH	0,5	2,8	3,65	4,1	0,76
B(a)P	0,04	0,16	0,35	4,0	0,45
PCB	0,001	0,002	0,007	2,0	0,28

5.3.1. Arsen (As)

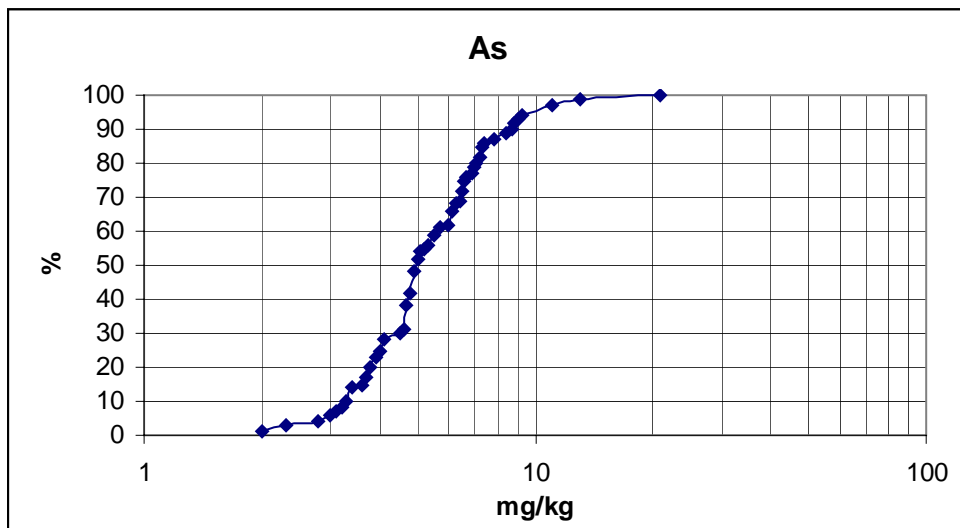
Arsenfordelingen er vist i figur 5. Resultatene viser at sandfangsmassene er ubetydelig til lite forurenset med arsen. Unntaket er lokalitet 28 der konsentrasjonen så vidt tipper over i tilstandsklasse II (moderat forurenset). Den kumulative frekvensfordelingen (Figur 5.3.2) viser at 95% av prøvene inneholder < 10mg As/kg.

Konsentrasjonene funnet i sandfangsmassene er høyere enn i overflatejord fra Trondheim (Tabell 6). Tabellen er basert på data fra Ottesen m.fl. (1995). Ingen av prøvene inneholder As-verdier som overskrider PNEC-verdien (Tabell 4).

Basert på de lave konsentrasjonene som er funnet, regnes ikke forurensning av arsen fra diffuse landbaserte kilder til havnebassenget som noe problem. Største aktive landbaserte kilde er massene på tomten til Killingdal Gruber (Bynesveien 30).



Figur 5 Kart som viser konsentrasjonen av arsen (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).

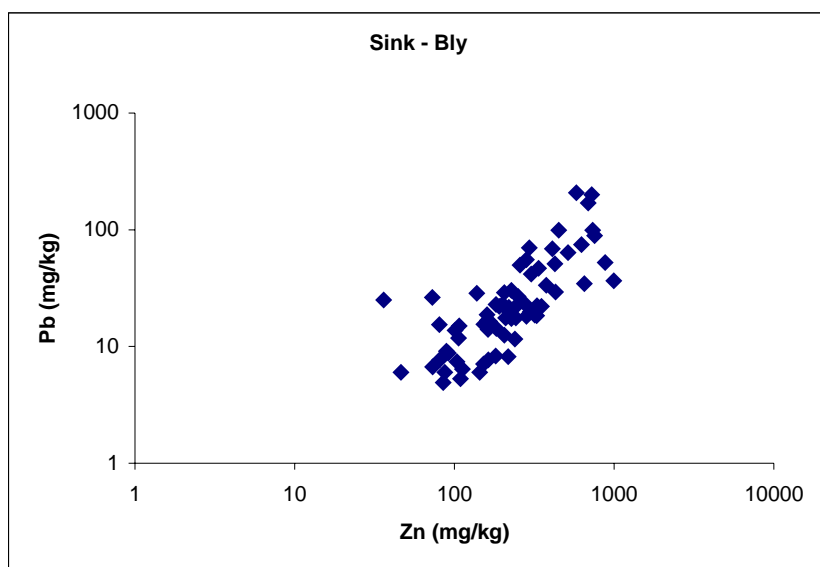


Figur 6 Kumulativ frekvensfordeling for arsen (As) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.2. Bly (Pb)

Blyfordelingen er vist i figur 8. Resultatene viser at sandfangsmassene er generelt ubetydelig til lite forurenset eller moderat forurenset (ca 95 % av prøvene) med unntak av to lokaliteter (10 og 53) i tilstandsklasse III (markert forurenset) vist i tabell 8.

Blykonsentrasjonene i sandfangsmassene er betydelig lavere enn i overflatejord fra sentrale bydeler i Trondheim (Tabell 6). Det ser også ut til at bly i sandfangene samvarierer med sink (Figur 7). Hovedkilden til bly er antagelig partikler fra veislitasje som følge av biltrafikk.



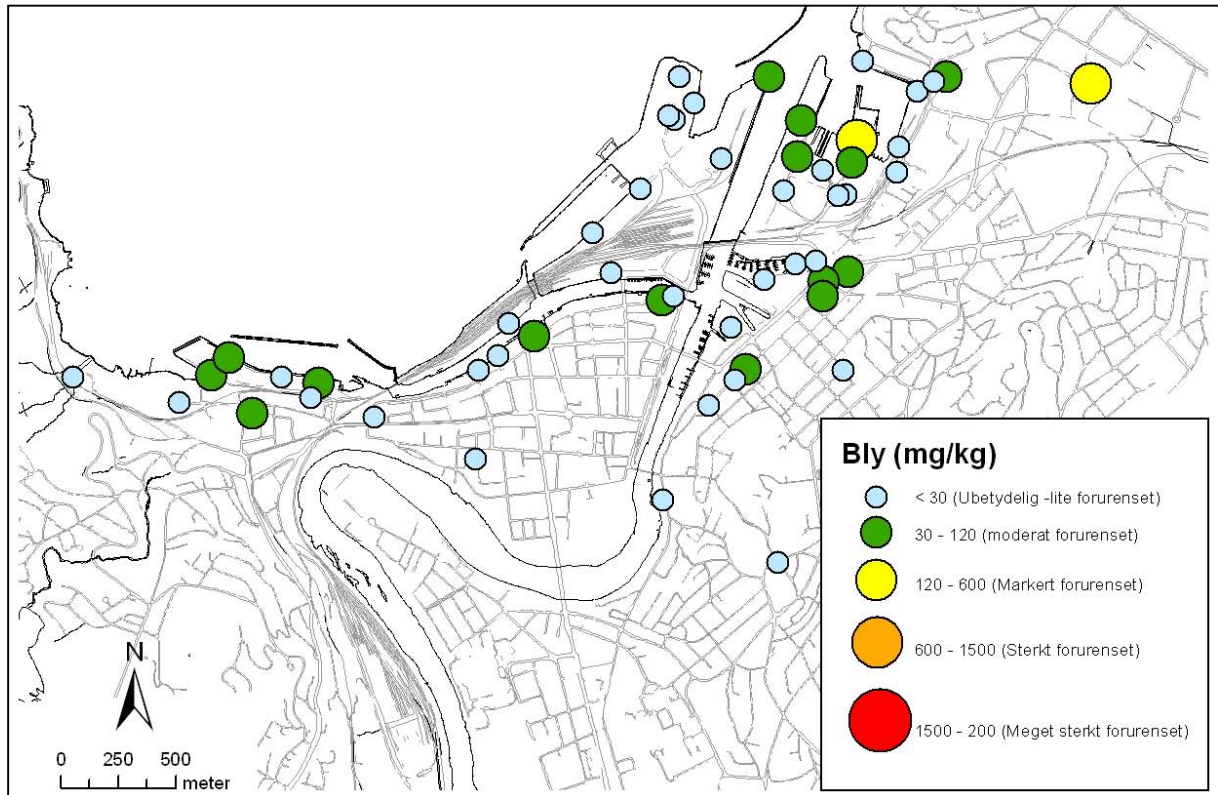
Figur 7 x-y-plot av samvariansen mellom konsentrasjonen av bly (Pb) og sink (Zn) i sedimentprøvene.

Sammenlignet med PNEC-verdiene for bly (Tabell 4) er det ikke nødvendig med tiltak, men resultatene tyder på aktive kilder i enkelte områder. Eksempel på dette er to lokalitetene 53 (Lade) og 10 (Nyhavna). Ved lokalitet 53 pågikk det rivearbeider da prøven ble innsamlet.

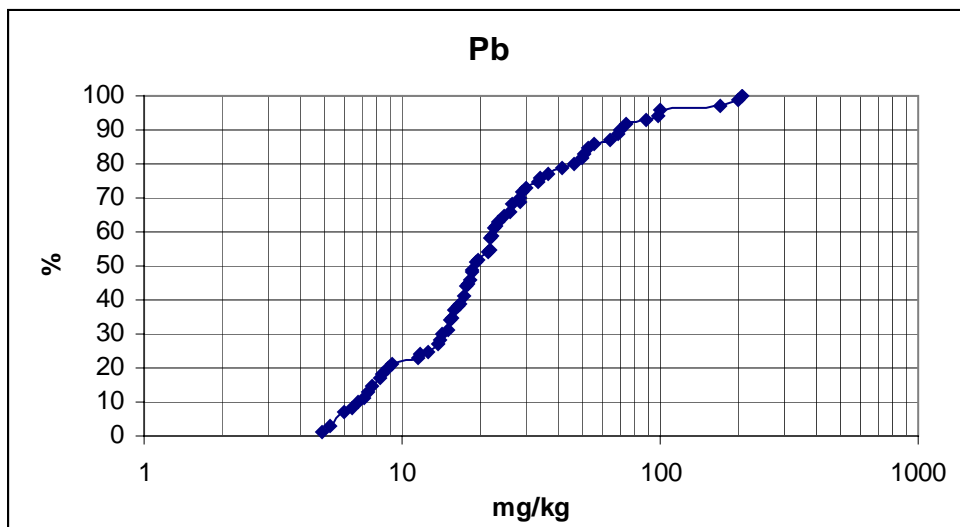
Den kumulative frekvensfordelingen (Figur 9) viser at kun 3 % av prøvene har blyinnhold over 200 mg/kg. Blynivået i sandfangsmassene er betydelig lavere enn i overflatejord og i de marine sedimentene (Tabell 6).

Tilførsel av bly fra diffuse kilder på land til det marine miljøet er ikke omfattende i Trondheim. Imidlertid tyder resultatene på at bygge- og rivearbeider er en aktiv forurensningskilde som bør komme under bedre kontroll. Prøvelokalitet nr 53 i Ladedalen er sterkt påvirket av riveaktiviteten i nærheten. Sandfangsmasser fra denne lokaliteten er sterkt forurenset med kobber, sink, tinn og TBT og PAH samt moderat forurenset med PCB.

Basert på de konsentrasjonene som er påvist, regnes ikke forurensning av bly fra land til havnebassenget som et alvorlig problem, men oppfølgings arbeid rettes mot rive-, rehabiliterings- og byggeprosjekter.



Figur 8 Kart som viser konsentrasjonen av bly (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).



Figur 9 Kumulativ frekvensfordeling for bly (Pb) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.3. Kadmium (Cd)

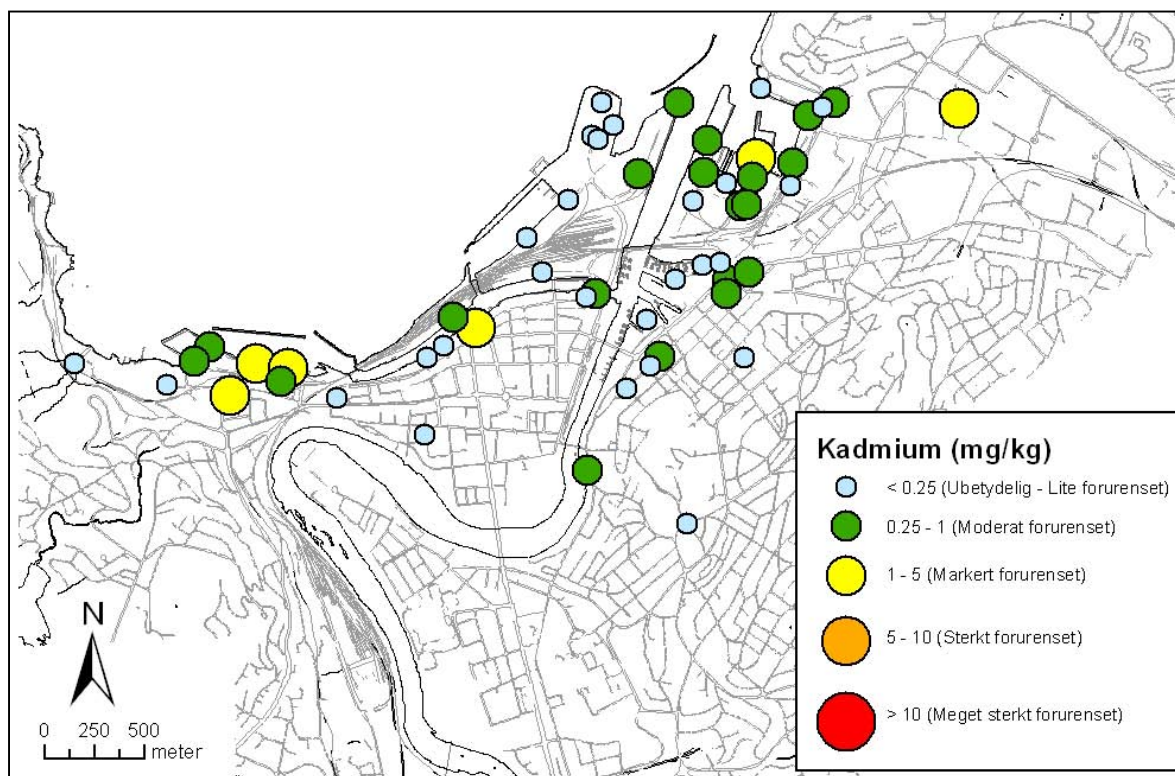
Den kumulative frekvensfordelingen for kadmium (Figur 11) viser stor spredning i konsentrasjoner. Drøyt 90 % av de målte verdiene ligger innenfor tilstandsklassene I og II (Figur 10), men det er også sandfang der sedimentene er markert forurenset. En kluster med kummer med markert forurensede sedimentene ligger ved Ilabassenget. Sedimentene i disse kummene har også et høyt innhold av sink. Enkeltkummer har forhøyet innhold ved Ravnkloa, Piren, Nyhavna og på Lade.

Generelt er kadmiumkonsentrasjonene i sandfangsmassene (Tabell 6) på samme nivå som i overflatejord fra sentrale bydeler i Trondheim.

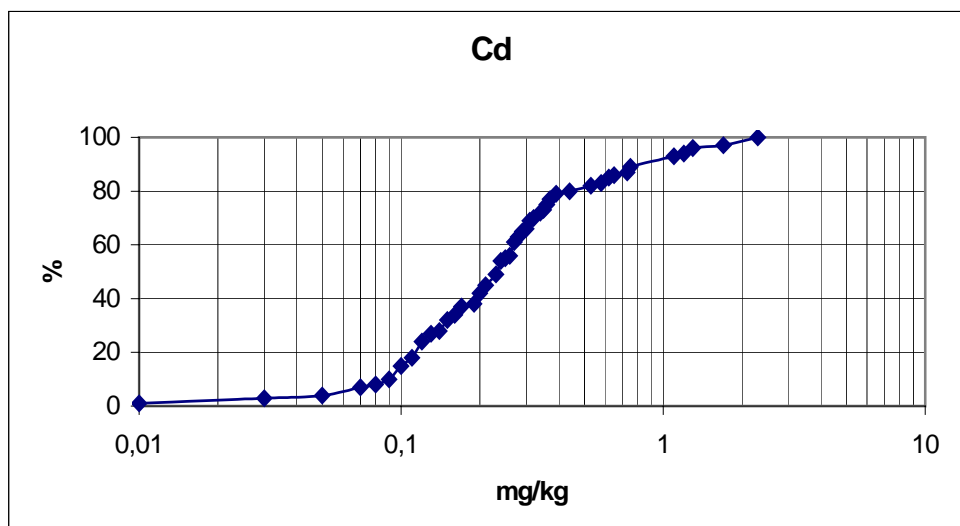
På Ilaområdet og Lade har det pågått/pågår det byggearbeider, så en mulig kadmiumkilde kan være knyttet til avfall fra disse arbeidene. Lokalt på Ila er det dokumentert kadmiumforurenset jord knyttet til forurensning fra gammel industri (Ottesen et al. 2000). Prøvepunktene 2, 3 og 4 (Figur 2) er innsamlet langs Ilabassenget ved Felleskjøpets fabrikanlegg. Prøvene har forhøyede konsentrasjoner av kalsium, fosfor, molybden, strontium, bor og sink (Vedlegg 1). Kilden for alle disse grunnstoffene er sannsynligvis ulike fôrprodukter fra Felleskjøpets anlegg.

Der er en samvarisjon mellom innholdet av kadmium i sandfangsmassene og det som er påvist i de marine sedimentene. Det foregår en aktiv spredning av kadmium fra diffuse landbaserte kilder til havnebassenget.

Ingen av prøvene var i nærheten av å overskride PNEC-verdien (tabell 4). Det er derfor trolig unødvendig å iverksette tiltak for å redusere kadmium. Innholdet av kadmium i Ilabassenget er ikke urovekkende høyt.



Figur 10 Kart som viser konsentrasjonen av kadmium (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).



Figur 11 Kumulativ frekvensfordeling for kadmium (Cd) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.4. Kobber (Cu)

Kobberfordelingen er vist i figur 12. De fleste lokalitetene har moderat forurensede sedimenter, og ca 98 % av prøvene inneholder < 150 mg Cu/kg. Tre lokaliteter skiller seg ut ved å være enten markert forurenset (10 Nyhavna og 13 PirII) eller sterkt forurenset (53 Lade).

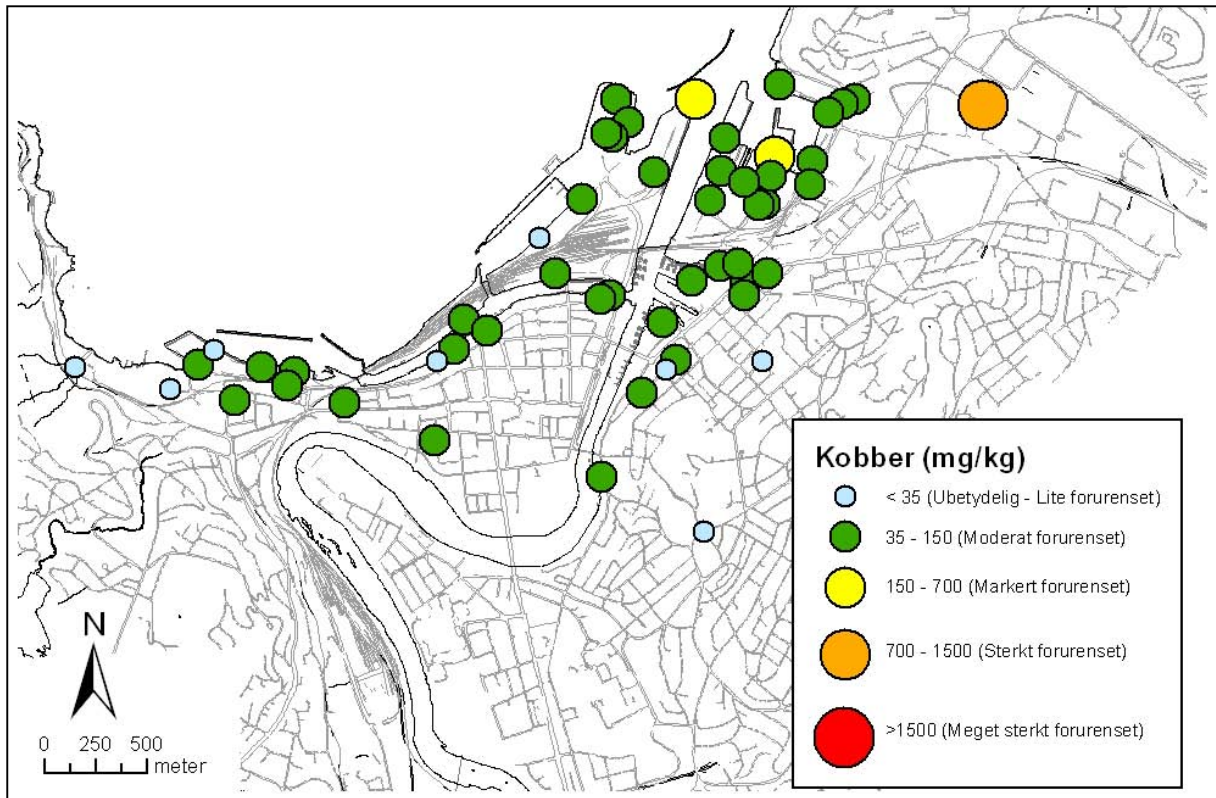
40 % av prøvene har kobberinnhold høyere enn PNEC-verdien (tabell4). Sandfang med konsentrasjoner over PNEC-verdien er spredt over hele prøvetakingsområdet.

Mulige kilder til kobber ved lokalitet 53 er rive/byggavfall (for eksempel maling). Lokalitet 10 ved Nyhavna er markert tilmeget sterkt forurenset med kobber, sink, bly, kvikksølv, kadmium, tinn, PAH og PCB. Kildene er uavklart.

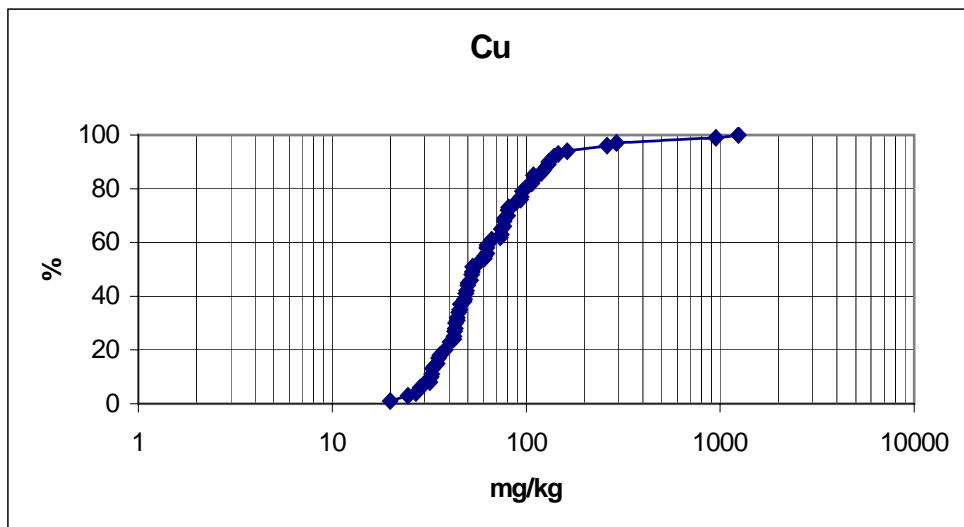
Kummen på Pir 2 (lokalitet 13) var tydelig påvirket av virksomheten knyttet til deponiet for forurensede sedimenter.

Basert på omfattende overskridelser av PNEC-verdiene (Tabell 4) indikeres det at det er nødvendig å iverksette tiltak for å redusere avrenning av kobber til havnebassenget.

Havnesedimentene er sterkest forurenset i Fagervika. Her er det aktiv tilførsel av kobber fra grunnen rundt Killingdal grubers nedlagte oppredningsverk i Bynesveien 30.



Figur 12 Kart som viser konsentrasjonen av kobber (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).



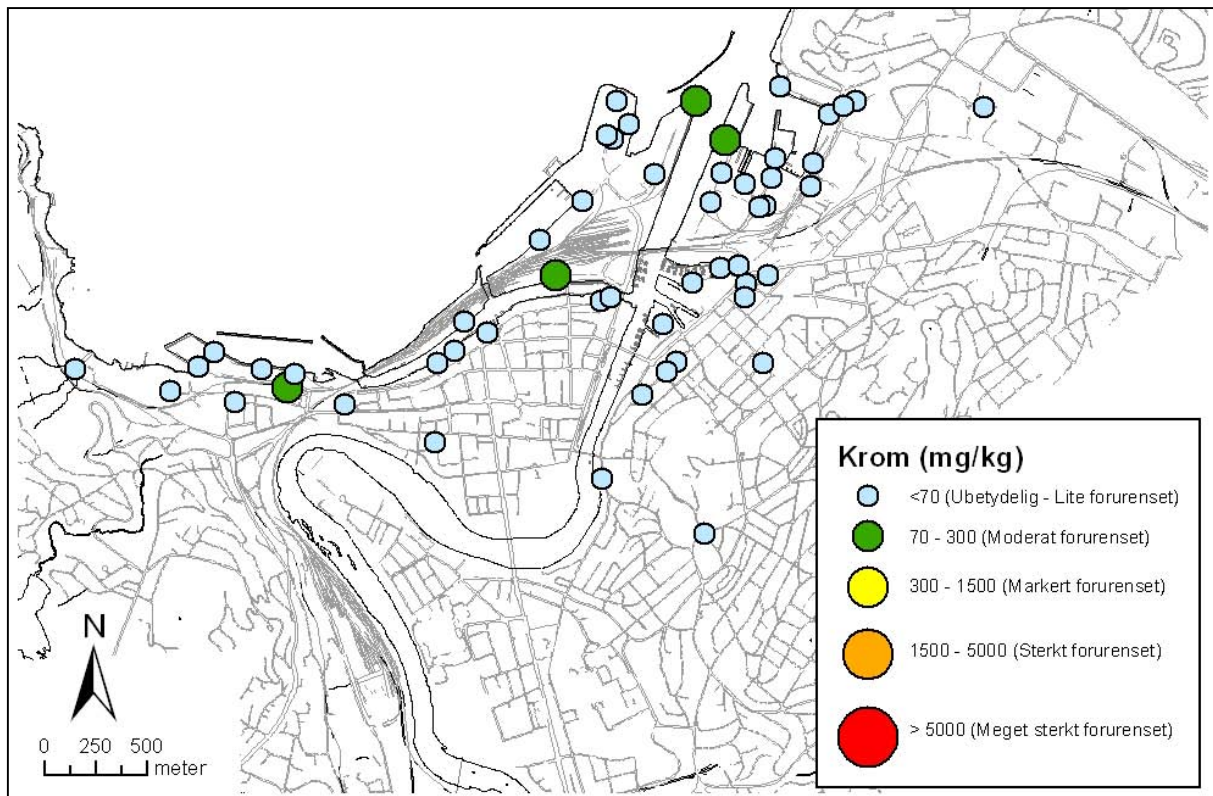
Figur 13 Kumulativ frekvensfordeling for kobber (Cu) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.5. Krom (Cr)

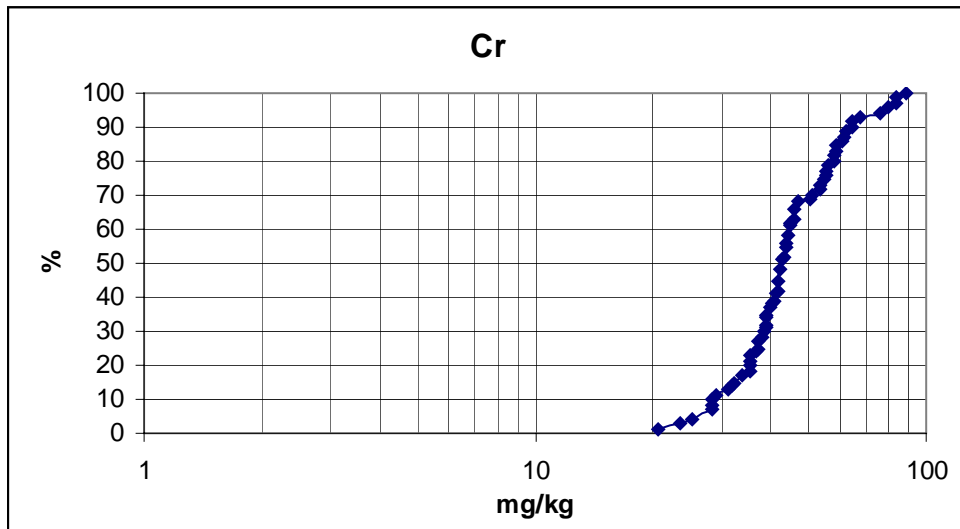
Kun i fire kummer (figur 14) er sedimentene moderat forurenset med krom (70-300 mg/kg), mens de resterende kummene inneholder sedimenter der konsentrasjonen er mindre enn 70 mg Cr/kg.

I følge den kumulative frekvensfordelingen (Figur 15) varierer kromkonsentrasjonene lite. Hovedkilden er sannsynligvis geologisk. Innholdet i overflatejord er høyere enn det som påvises i sandfangsmassene.

Det anses ikke for nødvendig å gjennomføre tiltak, da alle sandfang har konsentrasjoner langt under PNEC-verdien (tabell 4).



Figur 14 Kart som viser konsentrasjonen av krom (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).

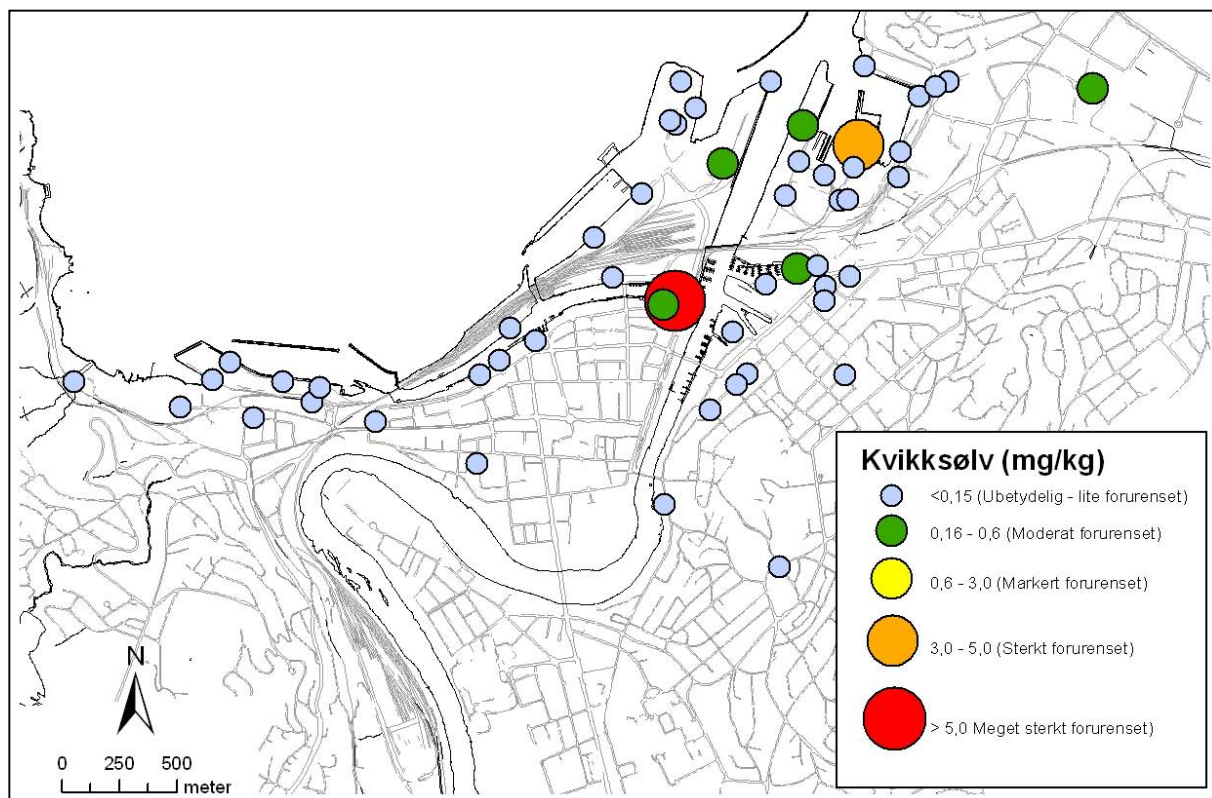


Figur 15 Kumulativ frekvensfordeling for krom (Cr) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.6. Kvikksølv (Hg)

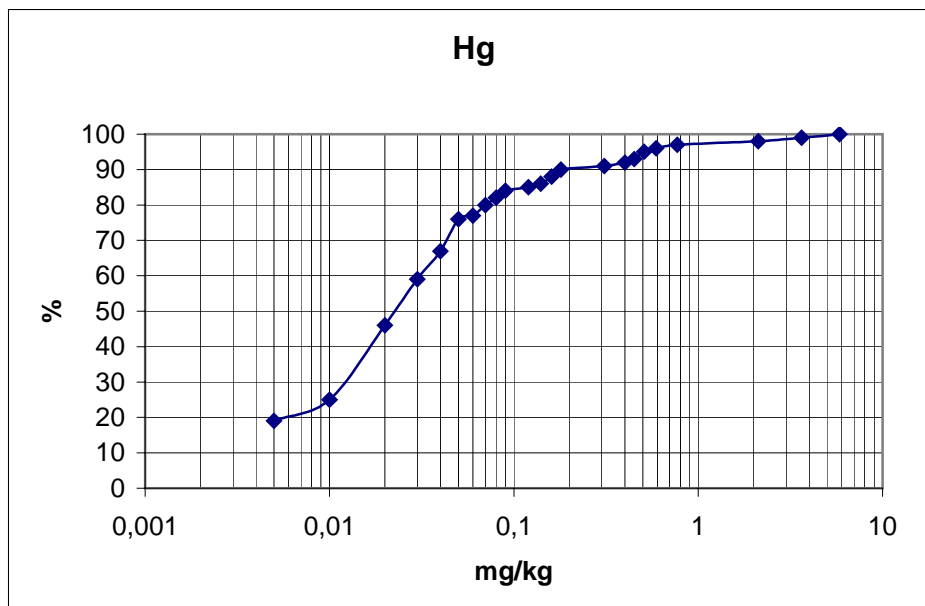
Kvikksølvfordelingen er vist i figur 16 og de fleste sandfangene er ubetydelig til lite forurenset. Noen kummer skiller seg derimot ut ved å være fra moderat til meget sterkt forurenset (8 stk). Samtlige kummer befinner seg i den østre delen av undersøkelsesområdet. Dublikatprøven for lokalitet 40 kommer ikke frem på kartet, men konsentrasjonen er høy (2,2 mg/kg).

I følge Tabell 6 er medianverdien for kvikksølv i overflatejord betydelig høyere enn tilsvarende verdi for sandfangsprøvene. I området rundt Nyhavna, Pir 2, Luseparken (lokalitetene 44 og 46), lokalitet 53 på Lade samt nedstrøms Rosenborg Park (lokalitet 40D) eksisterer det derimot aktive kilder til kvikksølv. Laugesen m.fl. (2003) antydnet at overflateavrenning kan være en kilde til Hg-forurensning i havnebassenget. Blant annet er kvikksølv i høye konsentrasjoner, påvist i havnesedimentene nær lokalitet 10 (Nyhavna) (Ottesen m.fl. 2000b). Ved flere av lokalitetene har det foregått rivning- og byggevirksomhet som kan ha bidratt til forurensningen da kvikksølv blant annet finnes i maling, men kildene er ikke klare. Selv om alle de målte verdiene ligger under PNEC-verdien for kvikksølv (Tabell 4), anbefales det derfor å gjøre ytterligere undersøkelser for å finne kildene. Prøvetaking av lokalitet 40 viser at det kan være nødvendig å ta flere prøver i dette området fordi hovedprøven i dette tilfellet inneholdt 0,01 mg/kg, mens duplikaten inneholdt 2,12 mg/kg. Gammel akkumulert kvikksølvforurensning i byjorden i Trondheim kan stamme fra krematoriene og forbrenningsanleggene (Tabell 1 og 2).



Figur 16 Kart som viser konsentrasjonen av kvikksølv (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).

Den kumulative frekvensfordelingen for kvikksølv viser stor spredning i konsentrasjon for dette metallet. Det eksisterer sannsynligvis flere kilder til kvikksølv. Maksimumsverdien er høy.

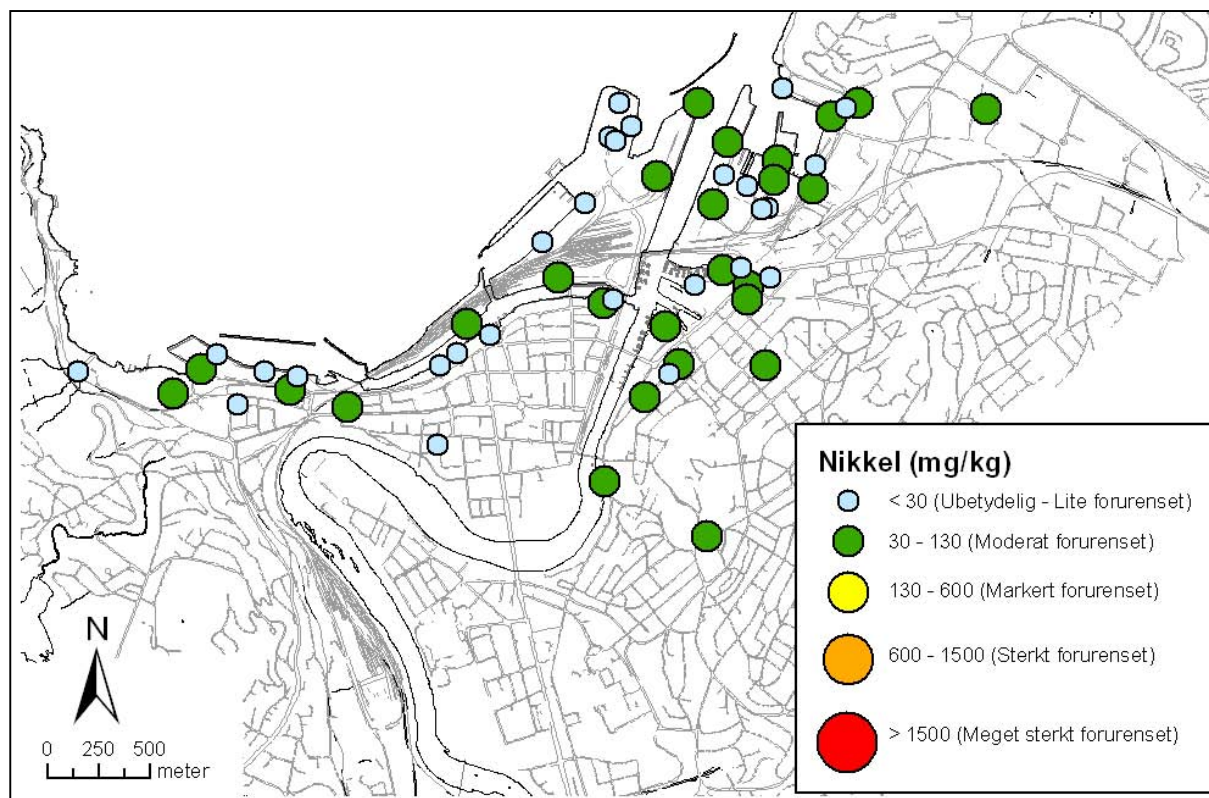


Figur 17 Kumulativ frekvensfordeling for kvikksølv (Hg) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

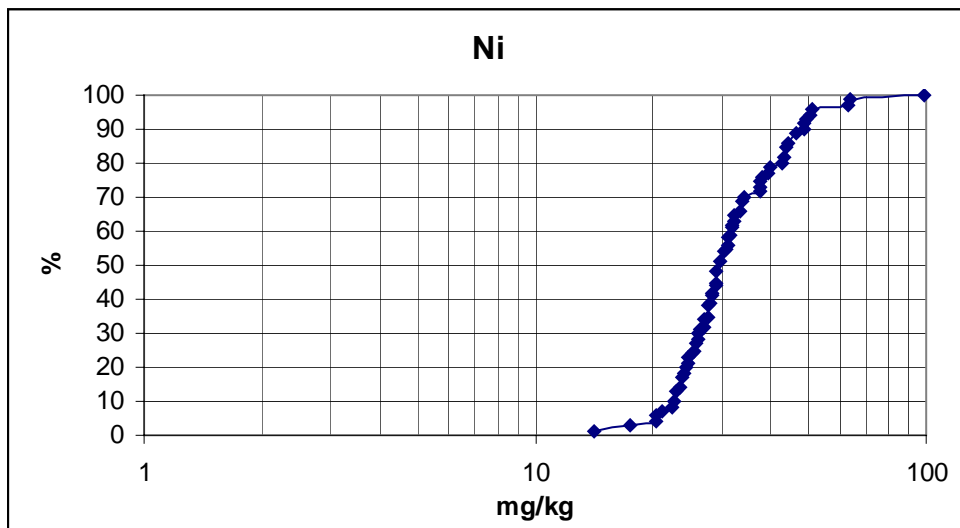
5.3.7. Nikkel (Ni)

Nikkelfordelingen er vist i figur 18. Sedimentene i 50 % av sandfangene er ubetydelig til lite forurenset med Ni, mens den andre halvparten er moderat forurenset. Det er ingen områder som skiller seg ut og ingen kommer inneholder mer enn 100 mg Ni/kg. Nikkel er jevnt fordelt over hele prøvetakingsområdet, noe som kan tyde på at forurensingskilden finnes generelt i miljøet.

Nikkelkonsentrasjonen i Trondheim er i følge Ottesen m.fl. (2000b) naturlig høy. I følge den kumulative frekvensfordelingen (Figur 19) er hovedkilden til nikkel sannsynlig naturlig innhold i jord. Det er sannsynligvis også minst en antropogen kilde, men konsentrasjonene den bidrar med er lave. Da veiolje inneholder nikkel, kan en av kildene være asfaltslitasje. En annen mulig kilde er fossilt brensel. Elleve av prøvene overstiger PNEC-verdi i tabell 4, men siden nikkelkonsentrasjonen geologisk sett er naturlig høy er det trolig ikke nødvendig å iverksette tiltak.



Figur 18 Kart som viser konsentrasjonen av nikkel (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).

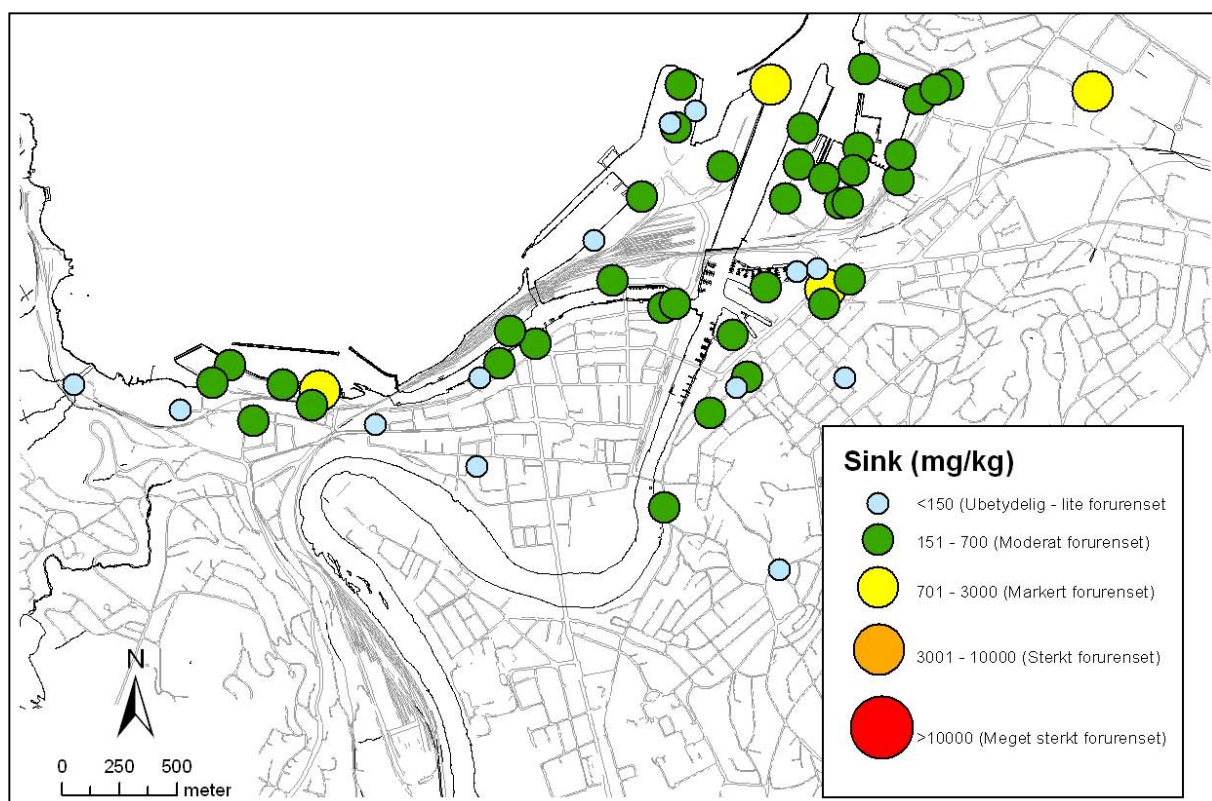


Figur 19 Kumulativ frekvensfordeling for nikkel (Ni) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

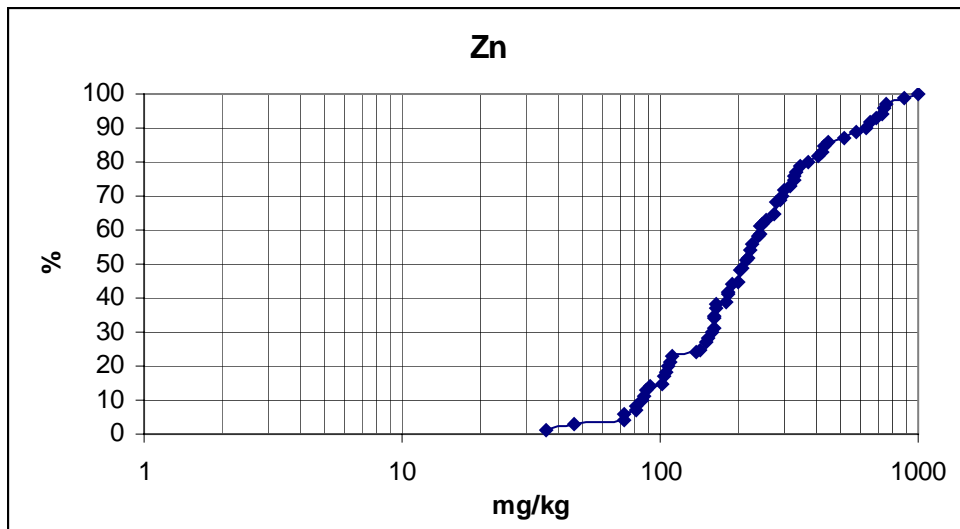
5.3.8. Sink (Zn)

Sinkfordelingen er vist i figur 20. Sedimenter fra de fleste sandfangene er moderat forurenset med sink, med unntak av fire lokaliteter som er markert forurenset (tabell 5.2).

Resultatene viser at 11 prosent av sedimentene inneholder sinkkonsentrasjoner over PNEC-verdien (Tabell 4) i enkelte kummer. En mulig kilde kan være slitasje av bildekk (Bækken 1993, Ottesen m.fl. 1995). Samvarians med bly (figur 5.3) indikerer at sink og bly har de samme kildene og dette støtter opp om biltrafikk som kilde. Ved lokalitet 13 (Pir 2) er kummen påvirket av søl fra deponivirkksomheten og dette kan ha forårsaket det noe høye innholdet av sink. På Lade (lokalitet 53) og rundkjøringen ved Solsiden (lokalitet 33) kan sinkinnholdet skyldes malingsrester i forbindelse med bygge-/rivningsvirksomhet, mens det ved Ilabassenget (lokalitet 2, 3 og 4) kan være søl fra Felleskjøpets fabrikk. Videre undersøkelser bør foretas rundt kummene der PNEC-verdien overskrides.



Figur 20 Kart som viser konsentrasjonen av sink (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).



Figur 21 Kumulativ frekvensfordeling for sink (Zn) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.9. Tinn og tributyltinn (TBT)

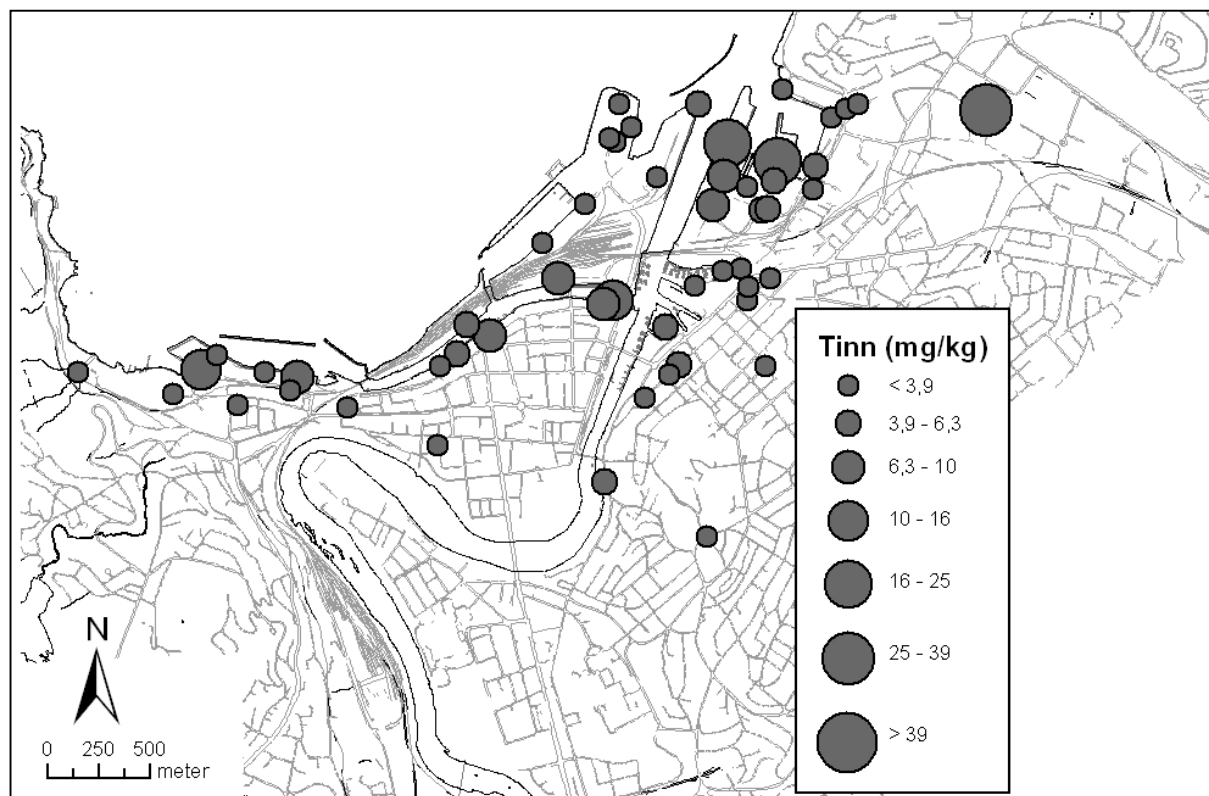
Tinnfordelingen er vist i figur 22. Alle prøvene ble analysert for syreløselig innhold av tinn på GFAAS. Drøyt 55 % av prøvene hadde en totalkonsentrasjon av tinn på over 3 mg/kg, mens fem prøver overskrider 16 mg Sn/kg (Figur 23).

I andre undersøkelser er det indikert en sammenheng mellom høye konsentrasjoner av uorganisk tinn og TBT (Jartun og Volden 2005). De fem lokalitetene med høyest totalkonsentrasjon av tinn ble derfor analysert for organisk tinn. Det ble påvist høye verdier av TBT i samtlige 5 sandfang som ble undersøkt (Figur 24). Tabell 9 viser likevel at de opprinnelige tinnverdiene hovedsakelig skyldes uorganisk tinn.

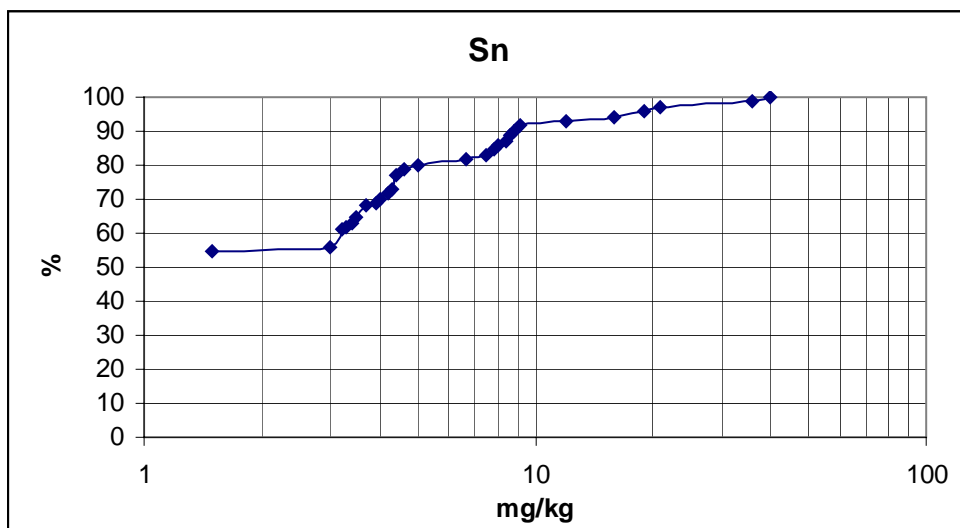
Lokalitetene 10 og 20 ved Nyhavna ligger i et typisk kai- og industriområde og både her og ved Ilabassenget (lokalitet 5) kan forurensningen skyldes industrivirksomhet og bunnstoff fra båter. Ved Luseparken (lokalitet 44) og Lade (lokalitet 53) er det observert byggevirkosomhet og gamle malingsrester kan derfor ha forårsaket innholdet av TBT i sandfangene. Det foreslås å iverksette tiltak for å begrense forurensningen av TBT og det bør tas flere prøver i nærliggende områder for å lokalisere de aktive kildene til TBT.

Det er ingen sammenheng mellom påvist konsentrasjon av uorganisk tinn og påvist mengde organiske tinnforbindelser (Tabell 9).

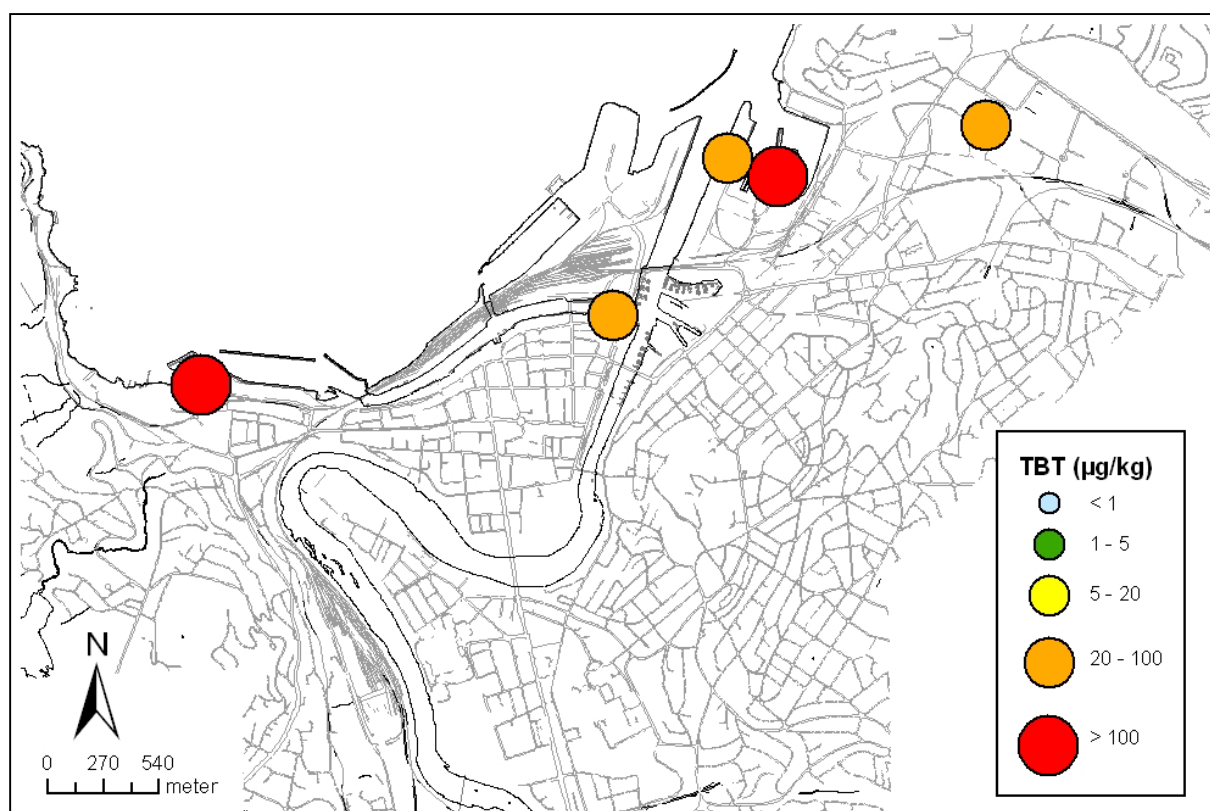
Resultatene indikerer aktiv spredning av TBT fra landkilder til det marine miljøet.



Figur 22 Kart som viser konsentrasjonen av tinn (mg/kg) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på en 5-delning av tierpotensen som beskrevet i kapittel 4.4.



Figur 23 Kumulativ frekvensfordeling for tinn (Sn) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.



Figur 24 Kart som viser konsentrasjonen av TBT ($\mu\text{g/kg}$) i slam fra 5 sandfang i Trondheim der slammet, analysert med Atomabsorpsjon, inneholder høye konsentrasjoner av tinn. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).

Tabell 9 Innholdet av uorganisk tinn og organiske tinnforbindelser i fem prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

Prøvenr	Organisk tinn				Uorganisk tinn*	Tinn totalt (ICP-AES)
	Tributyltinn µg/kg TS	Dibutyltinn µg/kg TS	Monobutyltinn µg/kg TS	Trifenyltinn µg/kg TS		
5	510	96	16	<5	15,38	16
10	500	280	35	<5	18,18	19
20	100	47	22	<5	20,83	21
44	26	33	15	<5	11,88	12
53	72	110	37	<5	35,73	36

*Uorganisk tinn er funnet ved å trekke organisk tinn fra totalinnholdet.

5.3.10. Total organisk karbon (TOC)

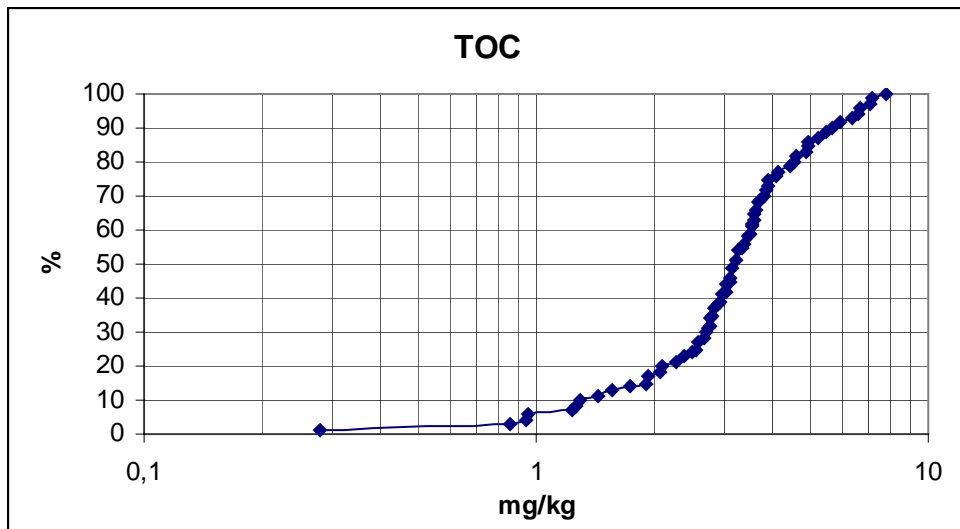
Sandfangsmassene består hovedsakelig av minerogent materiale. Medianverdier for TOC er 3,2 % med en spredning fra <0,3 til 7,8 %. TOC-fordelingen er vist i figur 25. Det er varierende TOC-innhold i sandfangskummene, men ca 50 % inneholder < 3 % TOC. De største konsentrasjonene finnes i kummene ved Ilabassenget og rundt Nyhavna.

At enkelte lokaliteter har høyere verdier enn andre, skyldes antagelig kloakk i kummene, noe som ble observert under prøvetakingen. Dette kommer av feilkoblinger i Trondheims kloaknett. En annen kilde er organisk materiale fra gateplan og forbrenning av organiske forbindelser (olje, gass og kull), for eksempel fra biltrafikk. En tredje kilde er produkter fra Felleskjøpets anlegg på Ila.

I teorien eksisterer det en korrelasjon mellom innholdet av TOC og innholdet av tungmetaller (Kjeldsen og Christensen 1996). Vår undersøkelse viser imidlertid ingen klar sammenheng mellom mengden TOC i prøvene og metallkonsentrasjonen for de enkelte tungmetallene (vedlegg 3).



Figur 25 Kart som viser innholdet av total organisk karbon (TOC) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 53 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. Inndelingen i klasser er basert på en 5-delning av tierpotensen som beskrevet i kapittel 4.7.



Figur 26 Kumulativ frekvensfordeling for total organisk karbon (TOC) i 71 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

5.3.11. Polyklorete bifenyler (PCB)

PCB_{sum 7} - fordelingen er vist i figur 26. De høyeste konsentrasjoner er i hovedsak konsentrert i Nyhavna området. Maksimumskonsentrasjonen er på 940 µg/kg. En mindre ansamling av PCB-holdige sandfangsmasser opptrer i Ila. PNEC-verdien for PCB-118 overskrides i 18 av 52 prøver

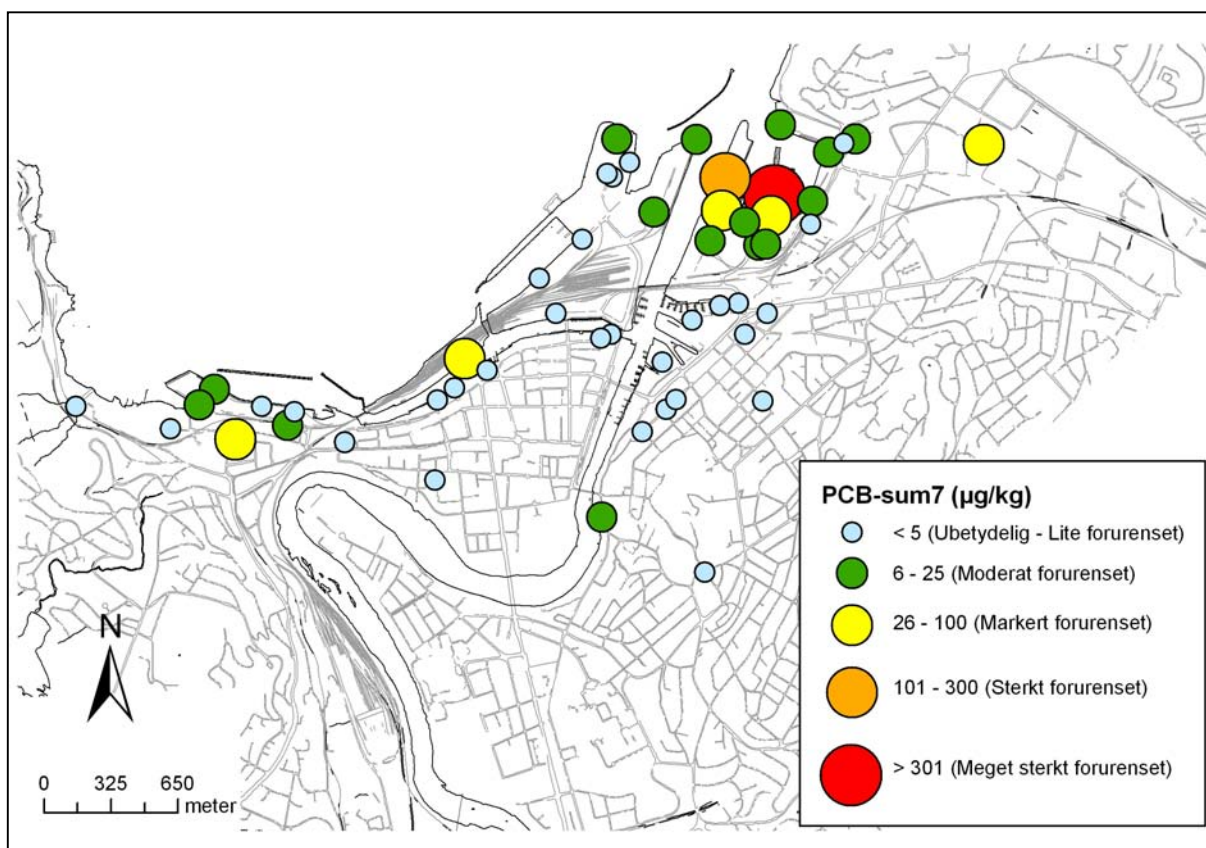
I Nyhavna er det en aktiv spredning av PCB fra land til sjø. Kongenerfordelingen antyder flere PCB-kilder. Prøve 10 inneholder en betydelig mengde lavklorert PCB.

I Ilaområdet foregår også en aktiv spredning av PCB, men her er konsentrasjonene lavere. En kilde er sannsynligvis aktiv ved Kanalen (Lokalitet 28).

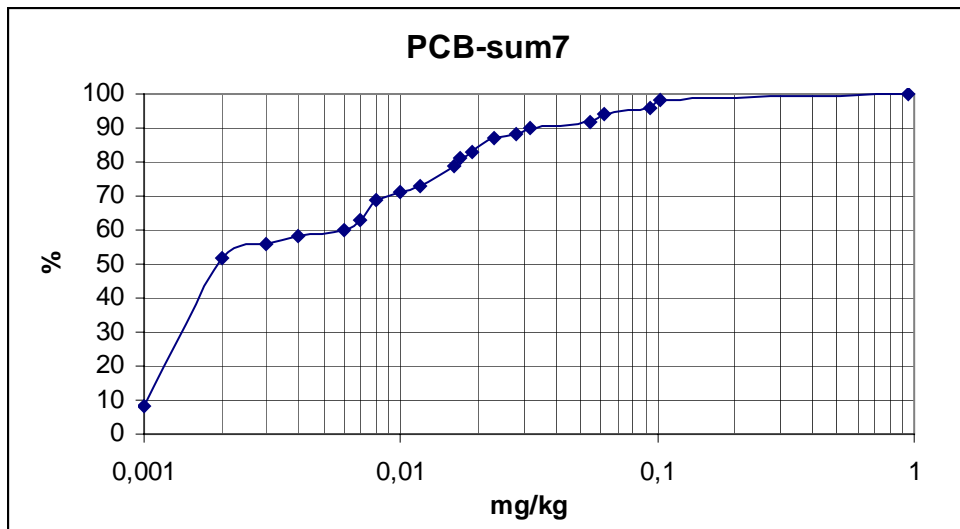
PNEC-verdiene for PCB#118 overskrides i 34 % va prøvene.

Det er behov for å identifisere PCB-kildene og gjøre tiltak for å stoppe dem.

Den kumulative frekvensfordelingen viser stor spredning i PCB-konsentrasjonene. Innholdet er høyest i de marine sedimentene og lavest i overflatejord (Tabell 6)



Figur 26 Kart som viser innholdet av polyklorete bifenyler (PCB) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 52 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. I en prøve lot ikke PCB bestemmes på grunn av interferens med andre organiske forbindelser, sannsynligvis klorerte parafiner. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).

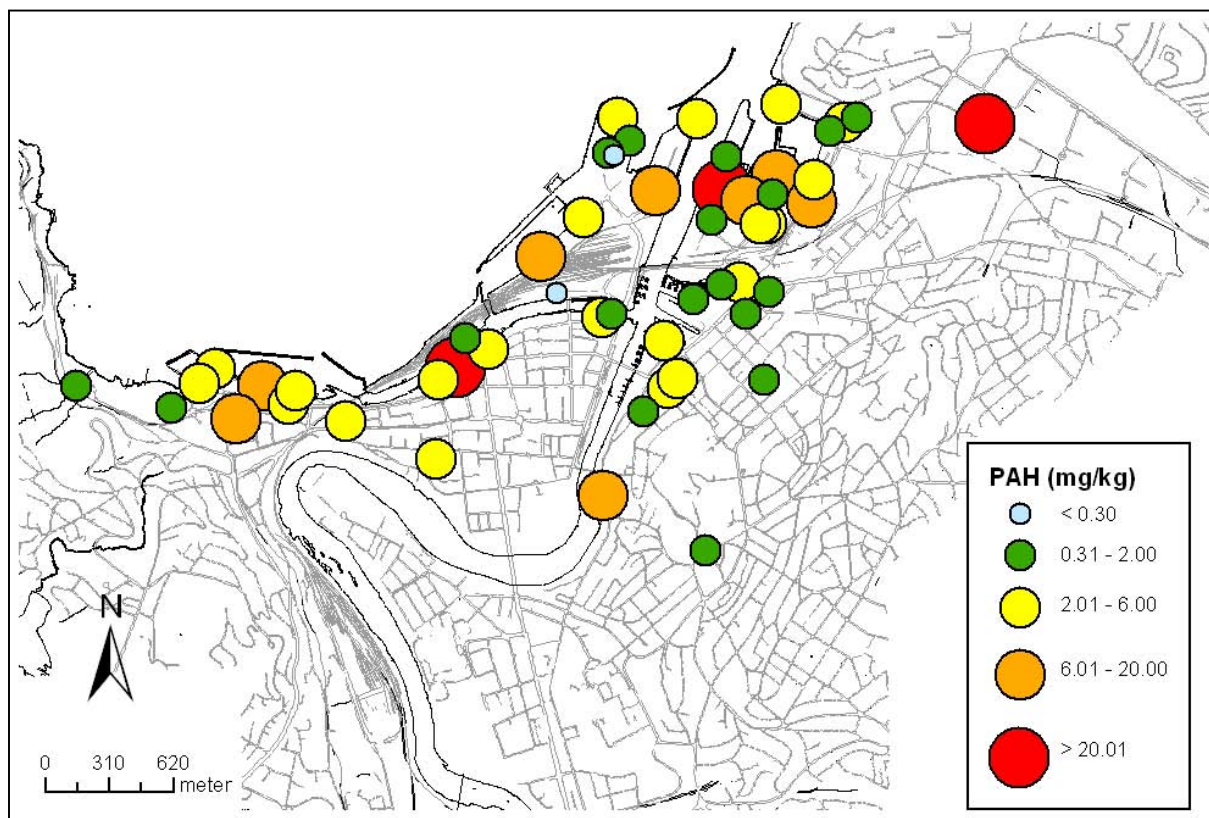


Figur 27 Kumulativ frekvensfordeling for polyklorete bifenyler (PCB) i 52 prøver av sandfangsmasser fra Trondheim.

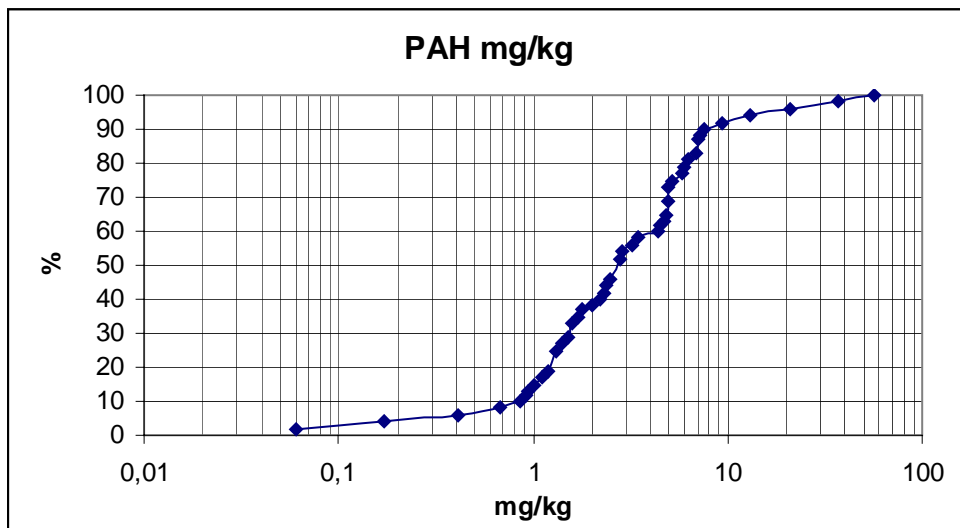
5.3.12. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH-fordelingen er vist i figur 28. Sandfangsmassene er moderat til meget sterkt forurenset med PAH. Fordelingen av de 16 undersøkte PAH-forbindelsene indikerer at både gammel og tildels fersk PAH er kildene for denne stoffgruppen. Fersk PAH stammer sannsynligvis fra oljeprodukter. Nesten alle sandfang hadde en klar oljefilm på vannet.

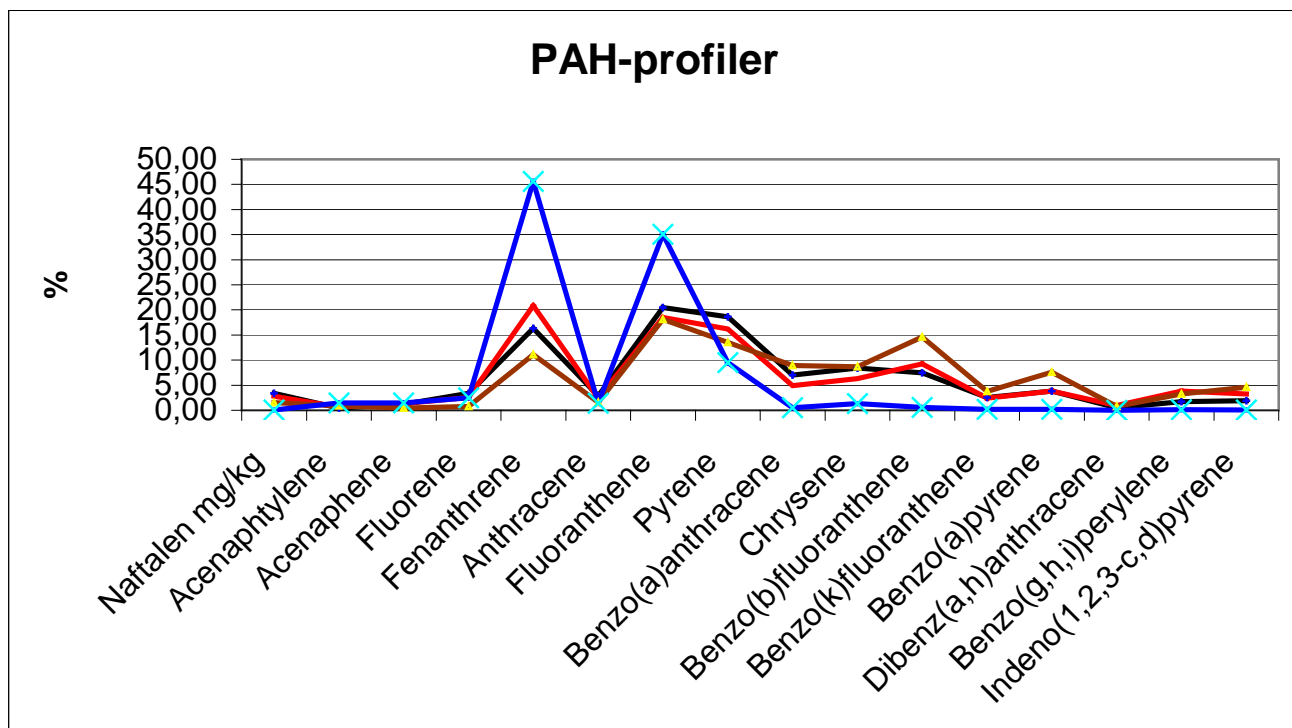
Det er sannsynligvis en betydelig spredning av PAH fra diffuse landbaserte kilder til havnebassenget. Det bør gjennomføres en mer detaljert undersøkelse for å identifisere kildene og kvantifisere spredningen. Etter dette kan eventuelle tiltak vurderes.



Figur 28 Kart som viser innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 52 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. I en prøve lot ikke PAH bestemmes på grunn av interferens med andre organiske forbindelser, sannsynligvis klorerte parafiner. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).



Figur 29 Kumulativ frekvensfordeling for PAH_{sum 16} i 52 prøver av sandfangsmasser

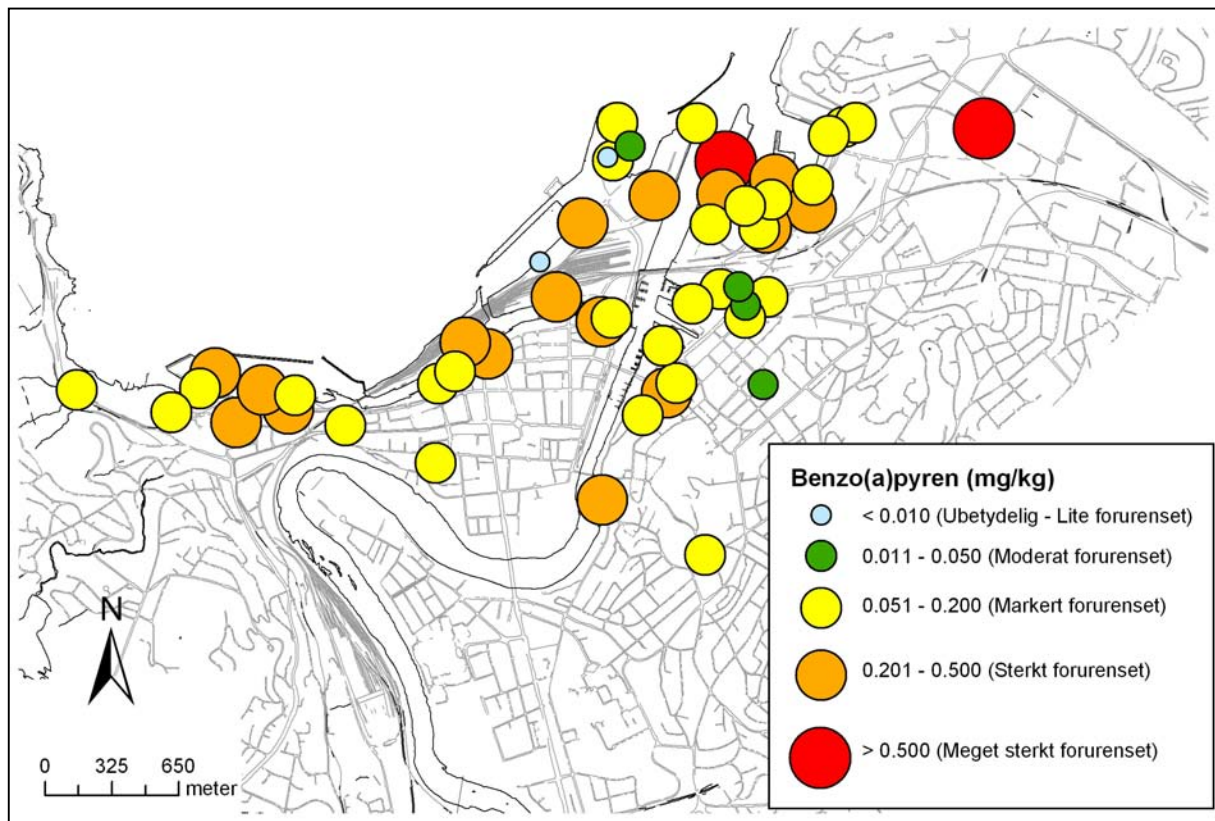


Figur 30 PAH-profil for 4 prøver av sandfangsmasser i Trondheim.

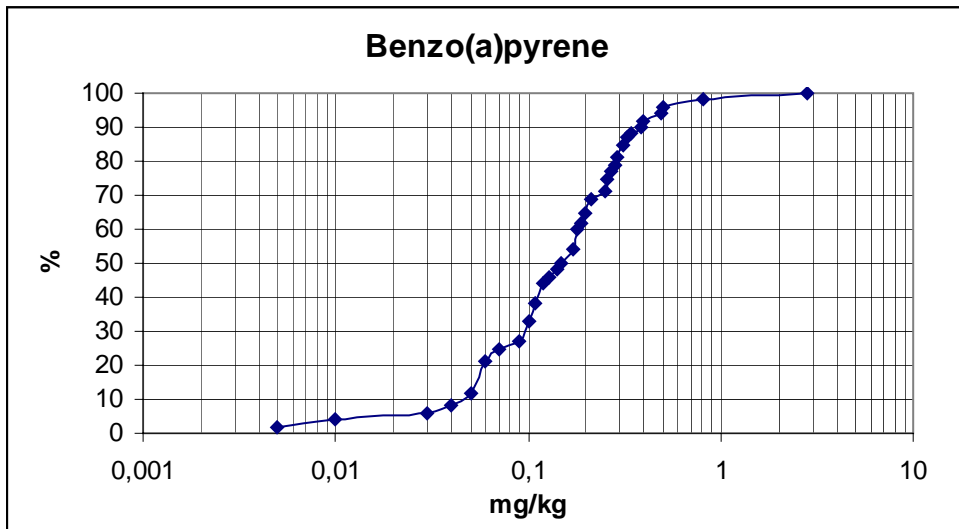
5.3.13. Benzo(a)pyren

Den geografiske fordelingen av benzo(a)pyren (B(a)P) er vist i figur 31. Seks prosent av prøvene havner i klassen meget sterkt forurensset (Figur 32). Sandfangsmassene langs hele havnebassenget for forurensset med B(a)P.

Det er en sannsynligvis en betydelig spredning av benzo(a)pyren fra diffuse landbaserte kilder til havnebassenget. Det bør gjennomføres en mer detaljert undersøkelse for å identifisere kildene og kvantifisere mengden som spres via overvann. Etter disse undersøkelsene kan eventuelle tiltak gjennomføres.



Figur 30 Kart som viser innholdet av benzo(a)pyren i slam fra sandfang i Trondheim. Kartet er basert på 52 prøver, det vil si at dublettene er utelatt. I en prøve lot ikke B(a)P seg bestemme på grunn av interferens med andre organiske forbindelser. Inndelingen i klasser er basert på SFTs tiltaksklasser I-V (Molvær m.fl. 1997).



Figur 32 Kumulativ frekvensfordeling for benzo(a)pyren i 52 prøver av sandfangsmasser.

6. KONKLUSJONER OG FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER

Med bakgrunn i fremtidig opprydning i havneområdet, er spredningen av miljøgifter fra diffuse landbaserte forurensningskilder til Trondheim havn kartlagt basert på innsamling og kjemisk analyse av masser fra 53 sandfangskummer nær havneområdet. Overløpsvann fra sandfangene som inneholder sedimentpartikler i overløpssituasjoner vil havne i sjøen.

For kobber, nikkel, sink, PCB#118 og benzo(a)pyren er PNEC-verdien (Predicted No Effect Concentration) oversteget i flere sandfang. Analyseresultatene for tinn er benyttet for å velge ut lokaliteter for analyse av organiske tinnforbindelser blant annet TBT. Alle de fem analyserte sedimentprøvene inneholder for høye konsentrasjoner av TBT og det er sannsynlig at også andre lokaliteter med høyt innhold av tinn er forurenset med TBT.

Resultatene viser ingen korrelasjon mellom innholdet av TOC og de ulike tungmetallene (Vedlegg 2). Tabell 10 og 11 oppsummerer funnene i undersøkelsen.

Tabell 10: Spesielt forurensede sandfang. Tabellen viser forurensningen oppgitt som SFTs tilstandsklasse (Molvær et al. 1997) med unntak av tinn som er gitt i mg/kg.

Lokalitet		Tilstandsklasser for de ulike miljøgiftene									
ID	Beliggenhet	Cd	Pb	Cr	Cu	Hg	Zn	TBT	PCB	PAH	B(a)P
10	Nyhavne	III	III		III	IV		V	V	IV	V
13	Pir 2	II			III		III				
20	Nyhavna	III	III	II		II		IV	IV	V	V
53	Ladedalen	III	III		IV	II	III	IV	III	V	V
44	Luseparken					V		IV			
5	Ila							V			
17	Nyhavna								III		
19	Nyhavna								III	V	
47	Kanalen									V	
43	Baklandet										IV
50	Ila										IV

Basert på resultatene av undersøkelsen kan det konkluderes:

- Det er ikke nødvendig å iverksette tiltak for å redusere mengden av arsen, krom og nikkel fra landbaserte kilder til havnebassenget.
- Resultatene viser at det eksisterer aktive kilder til kadmium, kobber, kvikksølv, sink, bly, TBT, PCB og PAH.
- Spesielt forurensede områder er arealene rundt Nyhavn (PCB, PAH, BaP, TBT, Hg, Cu), Ila området (Cd, Zn, TBT, PAH og BaP) og enkelte deler langs Kanalen (Hg, PAH og BaP)
- Oppfølgende undersøkelser anbefales for å identifisere kildene og kvantifisere mengden miljøgifter som spres. Eventuelle tiltak kan deretter vurderes.
- For flere av lokalitetene i datasettet er det rive- og byggevirksomhet som peker seg ut som mulig forurensningskilde. Det antas at særlig sanering av gamle bygg og oppussing har ført til forurensningene da spesielt malingsprodukter inneholder tungmetaller. Det anbefales derfor å sette mer fokus på å forebygge forurensning rundt sanering, oppussing og byggevirksomhet.

Tabell 11 Oversikt over tilstandsklassene for de ulike metallene, TBT, PCB, PAH og B(a)P. Tabellen viser den/de generelle T.klassene samt lokaliteter der denne/disse overskrides. T.klasse for tinn finnes ikke. I stedet er de fem lokalitetene analysert for TBT listet. I = Ubetydelig – Lite forurenset, II = Moderat forurenset, III = Markert forurenset, IV = Sterkt forurenset og V = Meget sterkt forurenset.

Forbindelse/ Parameter	Generell T.klasse	Forurensningsproblem/ aktive kilder	Andre lokaliteter		Kons. (mg/kg)	Beliggenhet
			T.klasse	Lokalitet		
Arsen (As)	I	Ingen forurensningsproblemer	II	28	21	Kanalen
Bly (Pb)	I og II	Ingen alvorlige forurensningsproblemer.	III	10 53	170 200	Nyhavna Lade
Kadmium (Cd)	I og II	Ingen alvorlige forurensningsproblemer	III	2 3 10 45 50 53/53D	1,7 2,3 2,3 1,2 1,1 1,3/1,1	Ilabassenget Ilabassenget Nyhavna Ravnkloa Ilabassenget Lade
Kobber (Cu)	II	Videre undersøkelser anbefales der PNEC-verdien overskrides	III IV	10 13 53	292 261 1240	Nyhavna Pir 2 (deponi) Lade (Riving av hus)
Krom (Cr)	I	Ingen forurensningsproblemer	II	1 13 20 26	79,7 84,2 88,8 76,6	Ilabassenget Pir 2 Pir 2 Brattøra
Kvikksølv (Hg)	I	Aktiv soredning av Hg Kilder bør identifiseres og tiltak gjennomføres	II III IV V	14 20 30 46 53 40D 10 44	0,16 0,45 0,16 0,18 0,31 2,12 3,64 5,84	Pir 2 Nyhavna Thaulowkaia Luseparken Lade Nedstrøms Rosenborg Park Nyhavna Luseparken
Nikkel (Ni)	I og II	Ingen forurensningsproblemer	----	----	----	----
Sink (Zn)	II	Videre undersøkelser anbefales der PNEC-verdien overskrides	III	2 13 33 53	996 734 877 724	Ilabassenget Pir 2 Rundkjøring Solsiden Lade
Tinn (Sn)	----	Ikke vurdert, men TBT bør undersøkes også i andre kummer med høye tinn konsentrasjoner.	16-25 25-39 > 39	5 10 20 53 53D	16 19 21 36 40	Ilabassenget Nyhavna Nyhavna Lade Lade
PCB (µg/kg)	I II-V	Aktiv soredning av PCB Kilder bør identifiseres og tiltak gjennomføres	V IV III III III	10 20 19 17 53	940 102 94 62 55	Nyhavne Nyhavna Nyhavna Nyhavna Ladedalen
PAH	II-IV	Aktiv soredning av PAH Kilder bør identifiseres og tiltak gjennomføres	V V V IV	47 20 53 7 prøver	57 37 21	Kanalen Nyhavna Ladedalen Hele området
B(a)P	II-IV	Aktiv soredning av B(a)P Kilder bør identifiseres og tiltak gjennomføres	V V V IV	53 20 10 15 lok.	2,8 0,82 0,5	Ladedalen Nyhavna Nyhavna Hele området
TBT	----	Aktive kilder. Tiltak nødvendig	IV V	20 44 53 5 10	0,100 0,026 0,072 0,510 0,500	Nyhavna Luseparken Lade Ilabassenget Nyhavna

Datamaterialet i denne undersøkelsen er relativt begrenset og usikkerhetene rundt mulige kilder er store. Det anbefales derfor ytterligere undersøkelser med prøvetaking av flere lokaliteter, for å lokalisere kildene og omfanget av forurensningene, samt å estimere mengden miljøgifter som årlig transporteres til havnebassenget. I Ila-området er det tydelig aktive kilder til kadmium og sink. Kilden er sannsynligvis Felleskjøpets fabrikkannlegg. Det er også aktive kilder til TBT og kvikksølv. TBT skyldes antakelig bunnstoff, mens kilden for kvikksølv er usikker. Oppussingsarbeider ved Luseparken og sanering ved Rosenborg Park indikerer at kilden til kvikksølv kan være rester av gammel maling. Området rundt Nyhavna har flere aktive kilder til TBT, PCB og PAH.

Det foreslås tre oppfølgende prosjekter:

1. Kildekarakterisering: partikkelkarakterisering, fysiske og kjemiske analyser for å identifisere forurensningskilder
2. Måling av vannføring og sedimenttransport i overvannsystemet
3. Regelverk for å forebygge forurensning tilknyttet rive/rehabiliterings/bygge-prosjekter

6.1. Kildekarakterisering: partikkelkarakterisering, fysiske og kjemiske analyser for å identifisere forurensningskilder

- ◆ Partikkelkarakterisering
Sandfangsprøvene undersøkes i vanlig mikroskop og elektronmikroskop. Beskrivelsen vil gi holdepunkter for hvilke type forurensningskilder som er aktive i "nedbørsfeltet".
- ◆ Husfasader: maling, puss og betong
Fra fem "nedbørsfelt" vil det fra husfasader (betonghus) bli tatt kjerneprøver med uttak av prøver av betong, puss og maling. Fra trehus vil malingsprøver bli innsamlet. I prøvene vil innholdet av miljøgifter bli bestemt. Det kalkuleres med ca 50 prøver av både betong, puss og maling.
- ◆ Asfalt: Asfalt, veimaling, asfaltlim
I "nedbørsfelt" med gammel asfalt (>30 år) vil kjerneprøver av asfalten bli samlet inn og innholdet av miljøgifter bestemt. Det regnes med ca 30 prøver.
- ◆ Avfallsmottak
Avfallsmottaket i Nyhavna vil bli undersøkt med vekt på håndtering av farlig avfall. Innholdet av miljøgifter vil bli bestemt i ca. 10 prøver.
- ◆ Skipsreperasjonsanlegg
Resultatene viser høyt innhold av PCB, TBT, PAH, B(a)P og metaller knyttet til skipsreperasjonsverksteder. Området vil bli detaljert prøvetatt og prøvenes innhold av miljøgifter bestemt. Det er kalkulert med 20 prøver.
- ◆ Felleskjøpets fabrikkannlegg på Ila
Resultatene viser forhøyet innhold av en rekke næringsstoffer og metaller i sandfangskummene ved Felleskjøpets fabrikk. Området vil bli detaljert prøvetatt og prøvenes innhold av miljøgifter bestemt. Det er kalkulert med 20 prøver.

6.2. Måling av vannføring og sedimenttransport i overvannsystemet

Det kommunale ledningsnett ble opprinnelig bygd som "fellessystem", dvs. at både overvann og spillvann fra husholdning og industri ble samlet i de samme rørene ned til utslippspunktet ved sjø. Nytt ledningsnett er bygget om til "separatsystem", dvs. at overvann blir ledet korteste veien til sjøen, mens spillvannet ledes i egne rør til renseanlegg.

Fremdeles er det fellessystem som er i bruk de fleste stedene rundt Trondheim havn, fordi det er kostbart å gjennomføre en komplett omlegging til separatsystem. Dette fungerer greit så lenge det ikke er store mengder overvann. I perioder med mye nedbør kan man ikke lede alt avløpsvannet ut til renseanlegget. Da trer overløpsfunksjonen i kraft, dvs. at deler av avløpsvannet renner urensset til nærmeste utslipp til sjøen, i stedet for å bli ført til renseanlegget.

- ◆ Måling av vannføring i overvannsystemet
Det settes opp en stasjon for vannføringsmåling i et av "nedbørsfeltene". Det skal måles vannføring kontinuerlig i en 2 måneders periode. Overløpssituasjoner blir markert.
- ◆ Måling av massetransport i overvannsystemet
I det "nedbørsfeltet" hvor vannføring blir målt, skal det monteres en ISCO automatisk vann/partikkel prøvetaker. Det skal innsamles prøver 4 ganger per døgn i en to måneders periode. Mengden suspendert materiale skal måles.
- ◆ Utvikling av revidert modell for spredning av miljøgifter fra tette flater
Resultatene av de kjemiske analysene, vannføring, overløpssituasjoner og massetransport skal danne det empiriske grunnlaget for utvikling av en revidert modell for spredning av miljøgifter fra tette flater.

6.3. Regelverk for å forebygge forurensning tilknyttet rive/rehabiliterings/byggeprosjekter

For flere av lokalitetene i datasettet er det rive- og byggevirksomhet som peker seg ut som mulig forurensningskilde. Det antas at særlig sanering av gamle bygg og oppussing har ført til forurensningene da spesielt malingsprodukter inneholder tungmetaller. Det anbefales derfor å sette mer fokus på å forebygge forurensning rundt sanering, oppussing og byggevirksomhet.

7. REFERANSER

- Aas-Aune, S. og A. Huse 2003: Miljøgifter i produkter - data for 2002. Rapport. TA-2040/2004, 58s + vedlegg.
- Andersson, M., In prep: Jordovervåking i Trondheim. Norges geologiske undersøkelse
- Andersson, M., M. Jartun, og T. Volden, 2004: Miljøundersøkelse av spredning av miljøgifter fra snødeponiet i Ilabekken. NGU-rapport 2004.041, 14s.
- Bækken, T., 1993: Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. 1993:628,
- Bogan, B. W., og V. Trbovic, 2003: Effect of sequestration on PAH degradability with Fenton's reagent: roles of total organic carbon, humin, and soil porosity. *J Hazard Mater*, **100**:285-300.
- Bolan, N., D. Adriano, S. Mani, og A. Khan, 2003: Adsorption, complexation, and phytoavailability of copper as influenced by organic manure. *Environ Toxicol Chem.*, **22**:450-456.
- Bølviken, B., 1973: Statistisk beskrivelse av geokjemiske data. *NGU Bulletin*, **285**:10.
- Flaten, T. P., 2004: KJ 2070 Naturmiljøkjemi, AK 2002 Vannkjemi / oseanografi. Laboratoriekurs. NTNU,
- Friberg, L., G. F. Nordberg, V. B. Vouk og E. Kessler, 1986: Handbook on the toxicology of metals, Volum II: Specific Metals. **II**, 704s.
- GeoCore, 2000: Hovedprosjekt: forurenset grunn og sedimenter i Trondheim. Datarapport pr 13.10.00. GeoCore oppdrag 00.04, 137s.
- GeoCore, 1999: Miljøkarakterisering av havnesediment Ila, Trondheim havn. Datarapport. GeoCore oppdrag 1999.001, 6s.
- Jartun, M., og T. Volden, 2005: Miljøtilstanden ved opplagsplasser og pussesteder ved 11 småbåthavner i Trøndelag. NGU-rapport 2005.012, 15s.
- Jartun, M., R. T. Ottesen, og T. Volden, 2005: Spredning av miljøgifter fra tette flater i Bergen. 2005.051, 69s.
- Jartun, M. og Volden, T., 2006: Jordforurensning i Harstad. NGU-rapport 2006.023, 92 sider.
- Kjeldsen, P., og T. H. Christensen, 1996: Kjemiske stoffers opførsel i jord og grundvand: Bind 1 og 2. Nr. 20, 512s.
- Langedal, M., og I. Hellesnes, 1997: Innhold av tungmetaller i overflatejord og bakterier i sandkasser i barnehager i Trondheim. TM 97/03.
- Laugesen, J., T. Møskeland, og A. Kelley, 2003: Tiltaksanalyse for opprydding i forurensete sedimenter i Trondheim havn og omgivelser. 2003-012, 113s.

- Manahan, S. E., 2005: Environmental Chemistry. CRC Press, 783s.
- Mielke, H. W., K. J. Berry, P. W. Mielke, E. T. Powell, og C. R. Conzales, 2005: Multiple metal accumulation as a factor in learning achievement within various New Orleans elementary school communities. *Environmental Research*, **97**:67-75.
- Miljøstatus, 2005: Miljøstatus i Norge. Noen farlige kjemikalier.
http://www.miljostatus.no/templates/PageWithRightListing_2833.aspx
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, og J. Sørensen, 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. 97:03, 36s.
- NGU-Lab, 2005: Gruppe 3: Geokjemiske analyser. *NGU-Labs kvalitetssystem*, Norges geologiske undersøkelse,
- NIVA, 2002: Resipientundersøkelse i Trondheimsfjorden. Miljøgifter i sediment. Niva rapport 4607-2002, 41s.
- NIVA, 2001: Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. Rapport 820/01. TA-nr. 1798/2001. (NIVA lnr. 4339-2001), 145s.
- Oceanor, 1988a: Resipientundersøkelse for Trondheim. Hovedrapprt. Oceanor rapport no OCN 88077, 18s.
- Oceanor, 1988b: Tillegg til rapport "Trondheimsfjorden. Resipientundersøkelse for Trondheim 1987-1988. Hovedrapport". Oceanor rapport no OCN 89044, 15s.
- Ottesen, R. T., P. G. Almklov, og L. Tijhuis, 1995: Innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter i overflatejord fra Trondheim. Datarapport. Rapport TM 95/06 130 s.
- Ottesen, R. T., J. Bogen, B. Bølviken, T. Volden, og T. Haugland, 2000a: *Geokjemisk atlas for Norge. Del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter*. Trykkerihuset Skipnes AS, 140s.
- Ottesen, R. T.; M. Langedal, J. Cramer; H. Elvebakk, T.E. Finne, T. Haugland, Ø. Jæger, H. Gautneb, T. M. Storstad, T. Volden, 2000b: Forurenset grunn og sedimenter i Trondheim kommune, Datarapport. NGU-rapport 2000.115, 22s + vedlegg.
- Røe, Ø, 1975: Utslipp fra Killingdal Brubeselskap AS Ilsvika. Vurdering av stabilitetsforhold i Trondheim havneområde. 4s + vedlegg.
- Yin, Y., C. A. Impellitteri, S. J. You, og H. E. Allen, 2002: The importance of organic matter distribution and extract soil:solution ratio on the desorption of heavy metals from soils. *Sci Total Environ*, **287**:107-119.

VEDLEGG 1

ANALYSERESULTATER MED KOORDINATFESTEDE PRØVEPUNKT

Tabell 1 - Analysedata for total organisk karbon og tungmetaller behandlet i denne rapporten.

Tabell 2 - Elementer analysert med ICP-AES, men ikke behandlet i denne rapporten.

Tabell 3 - Analysedata for organisk tinn.

Tabell 4 – Analysedata for polyklorerte bifenyler (PCB)

Tabell 5 – Analysedata for polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Tabell 1 Analysedata for total organisk karbon (TOC) og tungmetaller (Atomabsorpsjon – angitt som AAS og ICP-AES – ikke spesifisert) behandlet i denne rapporten. Arsen (As) og kadmium (Cd) er analysert både med AAS og ICP-AES. Kontraktnummer ved NGULab er 2005.0359.

PrøvelD	Unike nummer	Koordinater UTM sone 33		TOC (%)	As-AAS mg/kg	Cd-AAS mg/kg	Sn-AAS mg/kg	Hg-AAS mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	As* mg/kg
		x	y												
1	35001	568496	7034385	2.81	6.3	0.34	< 3	0.03	66.3	162	15.4	49.2	79.7	0.24	<2
1D	35002	568496	7034385	2.51	4.9	0.30	< 3	< 0.01	56.1	153	15.5	50.5	83.4	0.25	<2
2	35003	568530	7034451	3.05	7.0	1.7	7.9	< 0.01	130	996	36.5	27.7	31.0	1.56	4.6
3	35004	568370	7034476	7.78	7.3	2.3	< 3	< 0.01	93.5	430	29.3	22.5	28.4	2.08	6.3
4	35005	568141	7034561	4.61	2.8	0.39	3.2	0.02	32.6	303	41.7	23.7	23.6	0.35	2.6
5	35006	568066	7034485	3.29	7.3	0.31	16	0.02	94.2	257	49.8	43.3	65.0	0.28	2.8
6	35007	567927	7034367	2.58	6.1	0.17	< 3	0.02	31.8	107	15.0	37.6	55.1	<0.1	2.3
7	35008	570789	7035263	3.90	4.7	0.65	3.7	0.04	62.6	318	18.6	26.3	38.2	0.59	2.2
8	35009	570823	7035267	4.42	5.7	0.29	4.0	0.04	76.6	242	22.1	28.1	38.4	0.17	3.6
9	35010	571050	7035475	4.87	4.9	0.28	3.5	0.02	77.0	201	23.1	29.1	42.8	0.24	<2
10	35011	570866	7035504	6.71	13	2.3	19	3.64	292	689	170	44.3	61.8	1.81	7.4
11	35012	570893	7035848	6.65	6.5	0.23	< 3	0.01	48.8	298	19.8	29.2	39.9	0.20	3.4
12	35013	571129	7035716	4.08	7.2	0.31	< 3	0.02	50.1	282	18.1	30.4	42.0	0.24	4.6
13	35014	570485	7035777	1.94	6.7	0.75	3.7	0.03	261	734	99.1	98.8	84.2	0.58	<2
14	35015	570279	7035424	5.67	5.0	0.37	< 3	0.16	60.8	243	17.6	33.9	46.2	0.31	2.5
15	35016	571202	7035758	3.80	6.0	0.15	< 3	0.01	62.7	165	15.8	25.6	39.0	0.11	3.0
15D	35017	571202	7035758	4.13	5.0	0.20	4.4	0.02	108	209	17.6	31.4	43.5	0.16	2.4
16	35018	571259	7035779	6.37	3.4	0.32	< 3	0.03	123	652	34.5	31.3	41.7	0.33	2.2
17	35019	570848	7035405	5.99	5.5	0.37	5.0	0.12	74.3	227	30.2	30.4	40.8	0.31	3.2
18	35020	570721	7035374	0.86	4.0	0.12	3.3	0.01	52.9	166	16.4	24.1	31.8	<0.1	<2
19	35021	570608	7035432	3.53	7.9	0.53	7.5	0.05	146	425	51.1	28.9	42.2	0.48	3.6
19D	35022	570608	7035432	4.55	6.6	0.44	8.6	0.04	163	411	68.9	27.6	42.0	0.48	5.2
20	35023	570626	7035590	4.96	11	0.35	21	0.45	131	451	99.2	64.0	88.8	0.37	5.2
21	35024	570077	7035594	2.67	4.7	0.10	< 3	< 0.01	45.7	181	8.3	22.9	37.4	0.10	<2
21D	35025	570077	7035594	3.15	3.8	0.15	< 3	< 0.01	80.2	217	8.2	24.6	35.5	0.11	<2
22	35026	570052	7035611	2.09	5.2	0.12	< 3	< 0.01	35.3	104	7.4	24.4	35.3	0.11	2.6
22D	35027	570052	7035611	3.22	3.8	0.07	< 3	< 0.01	45.0	144	6.0	17.6	35.4	<0.1	<2
23	35028	570159	7035665	1.56	3.2	0.05	< 3	< 0.01	48.2	112	6.4	20.5	28.3	<0.1	<2
23D	35029	570159	7035665	0.95	2.0	< 0.02	< 3	< 0.01	49.2	85.0	4.9	22.6	25.1	<0.1	<2
24	35030	570098	7035781	3.38	9.1	0.19	< 3	0.02	81.2	351	22.0	21.2	32.3	0.17	6.1

Tabell 1 fortsetter

PrøveID	Unike nummer	Koordinater UTM sone 33		TOC (%)	As-AAS mg/kg	Cd-AAS mg/kg	Sn-AAS mg/kg	Hg-AAS mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	As* mg/kg
		x	y												
24D	35031	570098	7035781	1.24	2.3	0.13	< 3	< 0.01	29.5	152	7.1	14.2	20.6	0.11	<2
25	35032	569929	7035292	3.14	4.7	0.23	< 3	0.03	88.5	205	12.5	26.2	39.2	0.21	2.4
25D	35033	569929	7035292	3.72	4.0	0.26	3.4	0.02	44.1	239	11.6	32.0	46.2	0.17	<2
26	35034	569802	7034929	4.94	3.9	0.24	9.2	0.04	95.6	227	17.4	51.3	76.6	0.24	<2
27	35035	569721	7035102	0.28	3.6	0.03	< 3	< 0.01	33.7	36.0	25.0	27.1	46.1	<0.1	<2
28	35036	569357	7034709	2.56	21	0.73	3.9	0.05	80.6	250	26.9	48.6	60.7	0.63	15.4
29	35037	570690	7034981	0.94	3.1	0.09	< 3	< 0.01	40.5	80.6	15.4	23.7	28.2	<0.1	<2
30	35038	570600	7034968	1.27	6.9	0.15	< 3	0.16	44.0	72.8	26.3	43.7	64.5	0.11	3.6
31	35039	570464	7034897	2.72	4.5	0.11	< 3	0.02	62.8	163	7.7	28.2	40.3	<0.1	2.8
32	35040	570720	7034828	3.48	3.4	0.58	3.2	0.04	45.5	336	46.7	31.2	41.5	0.53	<2
33	35041	570723	7034890	7.16	6.1	0.62	< 3	0.06	107	877	52.3	46.7	58.0	0.63	3.6
34	35042	570830	7034931	1.91	3.9	0.27	< 3	0.02	40.5	282	55.4	22.9	34.0	0.25	<2
35	35043	570338	7034462	2.78	3.3	0.10	< 3	0.02	32.9	89.0	9.1	23.6	38.8	<0.1	<2
36	35044	570320	7034693	2.96	7.4	0.10	4.4	0.04	98.7	162	14.0	32.2	44.0	<0.1	4.8
37	35045	569212	7034121	3.12	6.6	0.11	< 3	0.03	38.2	91.7	8.8	28.4	51.1	0.18	3.9
37D	35046	569212	7034121	3.07	11	0.07	< 3	0.02	32.4	80.9	7.7	27.7	44.3	<0.1	7.3
38	35047	568773	7034303	5.21	4.8	0.14	3.0	0.02	52.8	138	28.6	37.7	50.4	0.12	2.6
38D	35048	568773	7034303	5.51	5.5	0.17	3.2	0.02	73.6	161	16.7	38.0	55.7	<0.1	2.5
39	35049	570386	7034509	3.54	4.1	0.36	4.2	0.05	51.7	376	33.4	39.5	56.0	0.34	<2
39D	35050	570386	7034509	2.91	3.7	0.27	< 3	0.03	42.7	275	23.4	33.9	47.2	0.24	<2
40	35051	570809	7034503	2.74	4.7	0.13	< 3	0.01	28.4	101	13.7	31.9	44.0	0.13	2.8
40D	35052	570809	7034503	2.28	4.6	0.12	< 3	2.12	24.6	106	11.8	26.1	35.6	<0.1	2.2
41	35053	570223	7034353	3.89	4.9	0.21	< 3	0.01	43.1	182	22.9	30.8	44.9	0.16	3.4
41D	35054	570223	7034353	3.55	4.8	0.20	4.4	0.01	43.2	191	22.1	33.3	44.1	0.17	<2
42	35055	570526	7033673	1.74	3.0	0.08	< 3	< 0.01	19.9	46.3	6.0	32.3	42.2	<0.1	<2
43	35056	570026	7033940	7.12	4.9	0.27	4.3	0.04	74.4	222	19.4	43.7	62.2	0.15	2.6
44	35057	570070	7034827	3.68	8.8	0.28	12	5.84	109	205	28.9	25.3	36.8	0.22	6.2
45	35058	569467	7034653	2.77	8.4	1.2	6.7	0.03	42.4	515	63.6	24.5	29.1	1.01	5.9
46	35059	570021	7034808	3.64	9.3	0.25	8.0	0.18	77.4	294	69.9	39.7	53.4	0.22	5.6
47	35060	569309	7034567	2.86	4.1	0.24	4.6	0.02	52.3	160	18.7	25.9	39.1	0.22	2.2
48	35061	569224	7034507	2.06	5.1	0.10	< 3	< 0.01	34.8	72.9	6.7	20.4	28.2	<0.1	2.3

Tabell 1 fortsetter

Prøved	Unike nummer	Koordinater UTM sone 33		TOC (%)	As-AAS mg/kg	Cd-AAS mg/kg	Sn-AAS mg/kg	Hg-AAS mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	As* mg/kg
		x	y												
49	35062	567466	7034477	1.30	3.4	0.12	< 3	< 0.01	27.0	87.2	6.0	27.2	42.8	0.12	<2
49D	35063	567466	7034477	1.44	4.7	0.16	< 3	< 0.01	35.9	109	5.3	29.2	44.8	<0.1	2.6
50	35064	568243	7034318	2.39	6.5	1.1	< 3	0.05	47.7	624	74.4	29.9	37.0	0.89	3.1
50D	35065	568243	7034318	2.98	6.1	1.1	< 3	0.05	42.2	754	88.9	29.9	44.8	0.87	2.6
51	35066	570551	7035285	3.29	8.7	0.24	8.8	0.02	139	329	22.4	62.9	68.1	0.16	3.1
51D	35067	570551	7035285	3.36	6.4	0.23	8.4	0.02	120	328	18.4	49.0	59.1	0.20	2.7
52	35068	571042	7035364	3.61	5.3	0.20	< 3	0.02	61.1	219	21.6	37.5	58.9	0.19	<2
52D	35069	571042	7035364	3.15	5.0	0.21	< 3	0.02	50.0	183	14.3	34.2	53.5	0.12	2.2
53	35070	571883	7035751	3.60	7.1	1.3	36	0.31	1240	724	200	46.7	57.9	1.12	2.5
53D	35071	571883	7035751	3.84	4.8	1.1	40	0.59	952	579	208	42.6	55.3	0.81	2.6

*)NGU-lab er ikke akkreditert for As (geologisk materiale)

Tabell 2 Elementer analysert med ICP-AES. Data er ikke behandlet i denne rapporten. Kontraktnummer ved NGULab er 2005.039

PrøveID	Si*	Al	Fe	Ti	Mg	Ca	Na	K	Mn	P	Co	V	Mo	Ba	Sr	Zr	Ag
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	132	23100	39700	3200	19200	21900	673	1510	560	770	16.0	90.6	1.15	42.6	51.0	5.9	<2
1D	158	23600	40400	3350	19900	22700	637	1530	579	744	16.6	91.8	0.89	40.9	49.7	5.6	<2
2	286	10200	17900	811	13900	47600	1770	1140	346	4620	7.71	34.0	5.38	44.4	269	4.2	<2
3	417	8760	15900	845	9370	60800	1950	2040	252	1320	11.3	32.7	5.50	50.0	408	1.3	<2
4	178	9960	18400	491	7350	65600	2520	819	285	1460	7.22	24.8	4.00	31.0	290	7.5	<2
5	176	12700	27200	1570	10000	12500	809	1410	344	492	9.74	47.7	4.91	42.7	44.6	7.6	<2
6	161	16000	25000	1800	12800	11400	486	1600	353	472	10.6	52.1	0.74	43.0	38.0	9.3	<2
7	166	11100	19100	1610	8260	13800	450	1010	263	468	8.09	48.0	2.58	43.2	38.8	6.8	<2
8	212	11500	19900	1700	8560	14500	479	999	276	548	9.04	53.2	3.16	48.2	39.5	6.8	<2
9	159	12200	20900	1690	9130	11400	460	1280	277	414	9.04	52.2	2.11	47.2	36.5	6.3	<2
10	430	14000	33500	1580	10500	12300	3750	1930	395	515	12.2	55.4	4.07	98.8	53.5	8.4	<2
11	198	11500	20000	1350	8870	13000	760	1410	282	526	8.19	41.3	1.44	42.4	87.1	7.8	<2
12	194	13200	22600	1540	10100	14600	1280	1440	298	487	8.88	50.3	1.31	38.2	58.6	8.8	<2
13	202	12600	38400	1490	14600	15100	781	1830	489	403	49.1	35.6	8.09	106	84.3	15.4	<2
14	180	13200	21800	1430	10300	12200	1470	1870	309	460	9.42	50.5	2.69	53.6	40.5	11.6	<2
15	160	11000	19200	1440	8690	9650	551	1120	256	453	8.77	47.1	0.98	42.5	33.9	5.6	<2
15D	192	13300	23400	1630	10300	12600	629	1260	310	478	8.71	53.9	1.44	59.2	46.0	6.7	<2
16	321	11100	20800	1400	8380	8320	526	1320	967	591	10.1	56.7	1.55	144	37.9	6.0	<2
17	345	11500	20600	1500	8440	15800	583	1220	289	517	8.38	49.1	2.78	48.9	55.2	7.4	<2
18	275	8570	22100	1000	6640	10500	401	699	304	361	5.50	26.2	2.81	27.4	44.3	7.1	<2
19	326	11600	23200	1010	7810	12300	597	1540	278	941	8.61	37.2	8.33	92.2	72.9	3.0	<2
19D	735	11100	23200	972	7400	13900	577	1300	293	950	9.10	34.1	9.67	173	77.7	2.8	<2
20	196	25000	47500	2550	18100	26300	1110	3200	612	672	14.9	84.5	3.00	124	82.3	13.8	<2
21D	265	9700	21000	1400	7980	10700	2610	1070	270	377	7.64	39.1	1.68	40.2	41.7	5.5	<2
22	173	9710	17600	972	10300	17900	811	1250	312	489	6.90	28.6	1.95	36.4	46.0	7.4	<2
22D	328	8750	16800	604	8750	16300	706	1250	306	366	6.32	22.3	15.6	52.2	43.5	7.8	<2
23	156	6250	11400	786	6310	6310	5400	1170	140	275	4.34	23.5	1.26	31.1	29.9	4.6	<2
23D	230	6310	11200	737	6510	6230	2500	934	142	258	4.92	21.7	0.74	46.0	27.5	4.5	<2
24	247	8850	17500	1020	7130	11200	2260	1250	251	532	9.62	34.7	2.08	71.5	45.6	5.1	<2
24D	842	7610	14600	954	5930	10100	769	983	209	434	7.45	27.1	1.31	39.3	39.3	4.9	<2
25	188	10200	16800	1230	7760	8780	447	1200	233	459	7.66	38.1	1.63	51.9	36.3	6.3	<2

Tabell 2 fortsetter

PrøveID	Si*	Al	Fe	Ti	Mg	Ca	Na	K	Mn	P	Co	V	Mo	Ba	Sr	Zr	Ag
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
25D	246	10700	21500	1190	8140	7600	446	1170	265	447	8.05	39.8	2.42	41.8	26.7	6.0	<2
26	419	17100	25500	1920	14900	18200	2450	2100	336	481	13.3	63.2	2.12	39.3	42.8	6.7	<2
27	373	8830	18100	1220	8240	12300	1290	1020	247	278	7.33	31.3	1.26	15.5	29.9	4.9	<2
28	<100	23800	29200	1780	15600	99900	2930	2260	539	805	14.6	63.0	2.20	204	545	35.2	<2
29	334	8170	12800	768	6340	8590	333	1490	190	346	6.25	23.6	0.64	31.0	25.7	5.2	<2
30	172	16100	25400	1630	13500	17900	651	2210	380	441	11.5	47.4	0.59	48.0	55.2	11.1	<2
31	216	9720	17100	1460	8110	13200	400	1030	239	422	12.2	38.4	1.17	59.8	31.6	4.5	<2
32	173	12900	20500	1520	10900	16400	438	1540	278	565	8.24	47.7	1.12	80.2	39.2	6.9	<2
33	188	17400	28200	2070	13000	9560	557	1990	354	924	13.2	68.5	1.54	84.1	32.9	5.5	<2
34	245	9910	16500	1310	8070	33500	332	998	236	436	6.65	35.3	0.81	50.8	61.3	5.6	<2
35	192	8460	14600	1020	7530	19600	404	741	205	369	7.37	30.2	0.91	24.7	79.1	3.1	<2
36	189	10800	18800	1470	9220	9970	494	1170	249	542	10.9	46.6	1.55	33.8	32.7	5.8	<2
37	193	10700	18400	1430	8710	7340	382	713	244	468	10.2	44.1	0.97	23.4	21.0	3.3	<2
37D	204	10200	16600	1370	8230	6440	417	635	219	478	12.6	38.5	0.64	21.1	17.9	3.4	<2
38	226	14700	23100	1520	11500	10200	681	1740	316	462	9.39	51.4	1.55	50.6	34.7	8.0	<2
38D	249	15400	24200	1640	11900	10700	790	1750	340	464	10.1	54.4	1.58	53.9	36.8	8.0	<2
39	215	15000	23400	1760	11800	24800	432	1630	328	572	10.3	52.6	1.21	72.1	51.0	6.5	<2
39D	190	13000	20200	1520	10500	36700	420	1420	262	510	8.46	44.6	0.94	54.2	60.4	5.6	<2
40	228	11200	18200	1270	9110	9750	472	1740	234	490	7.52	38.4	0.99	41.7	41.0	7.9	<2
40D	129	11100	17100	1160	8520	7730	627	1580	210	464	6.78	34.4	0.95	36.0	25.0	7.1	<2
41	254	13200	20700	1720	10000	15800	453	1390	281	504	9.32	49.3	1.10	43.1	43.3	8.8	<2
41D	181	13200	21000	1700	9990	16900	452	1380	280	525	9.03	49.0	1.32	44.5	46.7	8.8	<2
42	224	14000	22600	1880	11400	12100	437	1520	353	480	9.48	51.3	<0.5	32.9	28.4	5.6	<2
43	197	17400	26000	2200	13500	12600	1580	1730	323	604	12.3	73.5	2.39	47.8	39.6	8.6	<2
44	211	11400	18600	1350	9990	8260	11000	1610	205	670	10.6	42.2	1.25	37.5	44.5	4.9	<2
45	551	9720	16300	1080	7080	10700	516	1150	230	534	6.76	32.4	1.35	40.6	39.4	7.3	<2
46	195	15600	25900	1600	11900	12500	805	1930	416	786	13.0	53.7	1.57	66.1	41.1	9.9	<2
47	230	11200	18800	1250	9490	9730	6960	1560	308	460	7.90	36.7	1.62	40.0	41.1	8.1	<2
48	199	9370	15800	974	7710	11000	899	829	221	365	5.95	29.6	1.23	20.9	42.3	7.3	<2
49	133	11100	19300	1720	9410	15400	347	1190	647	374	9.14	42.4	<0.5	29.3	28.9	3.9	<2
49D	143	11800	21100	1880	9850	16300	345	1280	661	377	10.3	46.7	0.66	33.6	30.4	4.3	<2

Tabell 2 fortsetter

PrøveID	Si*	Al	Fe	Ti	Mg	Ca	Na	K	Mn	P	Co	V	Mo	Ba	Sr	Zr	Ag
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
50	203	11600	18500	1170	9030	14600	416	1330	248	529	8.04	36.1	0.81	82.2	41.3	7.5	<2
50D	260	13200	20600	1340	10200	14700	425	1630	268	588	8.34	40.8	0.82	90.1	43.7	7.5	<2
51	163	13700	42900	1500	10300	12400	498	1520	581	490	14.8	50.3	17.0	66.0	51.7	10.5	<2
51D	464	11200	37500	1220	8440	10900	430	1140	510	438	11.6	45.5	10.9	60.5	44.4	7.7	<2
52	199	15600	25300	1970	12300	12800	497	1550	337	512	11.3	62.7	2.04	45.2	31.9	7.3	<2
52D	174	14400	23200	1840	11400	10300	477	1380	295	441	9.67	55.0	1.52	39.8	29.4	6.5	<2
53	1090	14100	31700	1580	9600	17300	651	1830	390	494	11.0	47.3	4.15	110	67.5	9.3	<2
53D	312	14100	29600	1660	9410	16200	683	1630	398	463	9.80	48.1	4.26	82.0	55.9	8.9	<2

*)NGU-lab er ikke akkreditert for Si (geologisk materiale)

Tabell 2 fortsetter

PrøveID	B	Be	Li	Sc	Ce	La	Y
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	<5	<0.2	17.8	4.87	14.6	9.9	9.78
1D	<5	<0.2	17.9	4.98	13.9	9.5	9.74
2	7.0	<0.2	12.7	2.26	15.3	9.2	6.00
3	7.0	<0.2	9.5	2.04	22.8	14.7	5.93
4	7.0	<0.2	33.8	1.56	15.7	8.8	4.47
5	<5	<0.2	14.3	2.96	17.3	10.2	6.24
6	<5	<0.2	18.2	3.54	18.8	10.9	7.36
7	<5	<0.2	11.1	2.79	17.7	9.8	6.35
8	<5	<0.2	10.7	3.22	18.6	9.7	6.58
9	<5	<0.2	11.5	2.86	16.5	9.7	5.90
10	12.0	<0.2	14.1	2.82	20.0	12.3	8.70
11	<5	<0.2	13.1	2.70	17.9	10.2	6.30
12	<5	<0.2	17.0	3.11	18.7	10.3	6.73
13	11.7	<0.2	15.6	3.45	18.8	12.6	6.83
14	8.5	<0.2	15.7	3.09	22.9	12.5	7.34
15	<5	<0.2	11.4	2.63	14.9	8.5	6.14
15D	<5	<0.2	13.7	3.06	17.5	10.2	6.63
16	6.0	<0.2	10.4	2.53	15.1	8.3	5.80
17	<5	<0.2	11.5	2.79	18.6	10.8	6.63
18	<5	<0.2	12.3	1.97	17.0	10.2	5.04
19	<5	<0.2	13.2	2.48	17.3	10.0	5.28
19D	<5	<0.2	12.8	2.23	17.8	10.5	5.04
20	6.2	<0.2	23.9	5.15	27.4	17.1	9.59
21D	<5	<0.2	10.1	2.39	13.4	7.7	4.97
22	7.2	<0.2	13.8	2.06	14.1	8.2	4.88
22D	6.5	<0.2	13.0	1.52	12.2	7.0	3.85
23	6.2	<0.2	7.4	1.62	12.7	7.0	4.27
23D	5.9	<0.2	7.3	1.62	12.1	6.8	3.87
24	9.7	<0.2	9.4	2.03	17.3	10.3	4.72
24D	<5	<0.2	7.8	1.72	23.1	12.1	5.38
25	<5	<0.2	10.9	2.45	15.6	8.8	5.46

Tabell 2 fortsetter

PrøveID	B	Be	Li	Sc	Ce	La	Y
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
25D	<5	<0.2	12.0	2.47	18.9	11.7	5.54
26	5.1	<0.2	15.9	3.28	15.9	9.7	5.88
27	<5	<0.2	10.0	2.15	10.8	6.7	4.55
28	64.9	0.21	22.1	5.38	42.4	20.5	12.3
29	<5	<0.2	9.3	1.84	16.0	8.7	4.66
30	<5	<0.2	17.9	3.51	21.3	12.1	7.42
31	<5	<0.2	8.7	2.30	13.0	7.5	5.08
32	<5	<0.2	13.3	2.90	17.2	11.1	6.66
33	<5	<0.2	16.3	4.15	23.2	13.7	9.04
34	<5	<0.2	10.1	2.22	13.2	7.7	5.46
35	<5	<0.2	6.9	1.90	9.1	5.5	4.03
36	<5	<0.2	11.0	2.55	15.1	8.8	6.33
37	<5	<0.2	8.7	3.11	9.4	5.9	4.35
37D	<5	<0.2	8.2	2.36	9.6	5.6	3.87
38	<5	<0.2	16.5	3.16	19.3	11.1	6.43
38D	<5	<0.2	16.7	3.27	20.1	11.6	6.52
39	<5	<0.2	13.6	3.34	17.1	10.0	7.05
39D	<5	<0.2	12.0	2.87	14.9	8.9	6.00
40	<5	<0.2	12.6	2.85	19.4	10.7	6.42
40D	<5	<0.2	12.7	2.44	18.1	9.8	5.80
41	<5	<0.2	12.6	3.16	17.0	9.8	6.69
41D	<5	<0.2	13.3	3.16	17.4	10.0	6.75
42	<5	<0.2	12.5	3.36	15.3	8.9	7.38
43	<5	<0.2	16.3	3.98	20.4	11.7	7.79
44	11.7	<0.2	12.5	2.64	17.0	9.8	5.87
45	8.0	<0.2	11.3	2.27	19.0	10.3	5.95
46	<5	<0.2	16.1	3.65	22.6	12.6	7.83
47	9.9	<0.2	13.6	2.48	17.1	9.8	5.66
48	<5	<0.2	13.5	2.17	14.8	8.3	4.93
49	<5	<0.2	8.2	2.58	17.4	9.5	6.19
49D	<5	<0.2	8.9	2.72	17.4	10.1	6.45

Tabell 2 fortsetter

PrøveID	B	Be	Li	Sc	Ce	La	Y
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
50	<5	<0.2	12.4	2.68	19.8	12.0	6.35
50D	<5	<0.2	14.6	2.93	21.5	12.3	6.94
51	5.1	<0.2	15.1	2.94	21.0	13.5	6.84
51D	<5	<0.2	13.0	2.78	17.9	11.7	5.79
52	<5	<0.2	14.7	3.62	16.7	10.0	7.11
52D	<5	<0.2	14.1	3.33	15.8	9.1	6.67
53	7.0	<0.2	12.9	3.11	19.1	11.4	7.06
53D	6.4	<0.2	13.0	3.09	20.1	11.9	7.13

Tabell 3 Analysedata for organisk tinn. Analysert ved AnalyCen

PrøveID	Tributyltinn	Dibutyltinn	Monobutyltinn	Trifenylytinn
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
5	510	96	16	<5
10	500	280	35	<5
20	100	47	22	<5
44	26	33	15	<5
53	72	110	37	<5

Tabell 4 Analysedata for PCB

Prøvenr	PCB-sum7 (mg/kg)	PCB-28 (mg/kg)	PCB-52 (mg/kg)	PCB-101 (mg/kg)	PCB-118 (mg/kg)	PCB-138 (mg/kg)	PCB-153 (mg/kg)	PCB-180 (mg/kg)
1	0,017	<0.001	0,002	0,004	0,005	0,005	0,003	<0.001
2	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
3	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
4	0,012	<0.001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,004	0,001
5	0,007	<0.001	<0.001	0,002	0,001	0,002	0,002	<0.001
6	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7	0,019	0,003	<0.001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
8	0,016	0,004	0,004	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001
9	0,016	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001
10	0,940	0,501	0,003	0,064	0,054	0,048	0,036	0,019
11	0,023	0,003	0,219	0,003	0,001	0,006	0,006	0,004
12	0,023	0,010	<0.001	0,002	0,002	0,002	0,001	<0.001
13	0,016	0,004	0,006	0,002	0,002	0,003	0,002	<0.001
14	0,008	<0.001	0,003	0,001	<0.001	0,002	0,002	0,002
15	0,003	<0.001	0,001	<0.001	<0.001	0,001	0,001	0,001
16	0,008	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	0,003	0,002	0,002
17	0,062	0,008	<0.001	0,008	0,004	0,016	0,013	0,009
18	0,010	<0.001	0,006	0,002	0,001	0,003	0,002	<0.001
19	0,094	<0.001	0,001	0,018	0,010	0,027	0,020	0,011
20	0,102	0,001	0,008	0,016	0,008	0,030	0,024	0,016
21	0,002	<0.001	0,007	0,001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001
22	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
23	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
24	0,007	<0.001	<0.001	0,002	0,001	0,002	0,001	<0.001
25	0,002	<0.001	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
26	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
27	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
28	0,028	0,001	<0.001	0,003	0,001	0,009	0,007	0,006
29	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
30	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
31	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001
32	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,002	0,002	<0.001
34	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
35	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
36	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
37	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
38	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
39	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001
40	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
41	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
42	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
43	0,006	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,003	0,002	0,001
44	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
45	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
46	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001
47	0,003	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,002	0,001	<0.001
48	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
49	0,002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
50	0,032	<0.001	<0.001	0,004	0,001	0,011	0,009	0,007
51	0,008	<0.001	<0.001	0,002	<0.001	0,002	0,002	0,001
52	0,001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	<0.001	<0.001
53	0,055	0,007	<0.001	0,009	0,006	0,014	0,008	0,005

Tabell 5 Analysedata for PAH

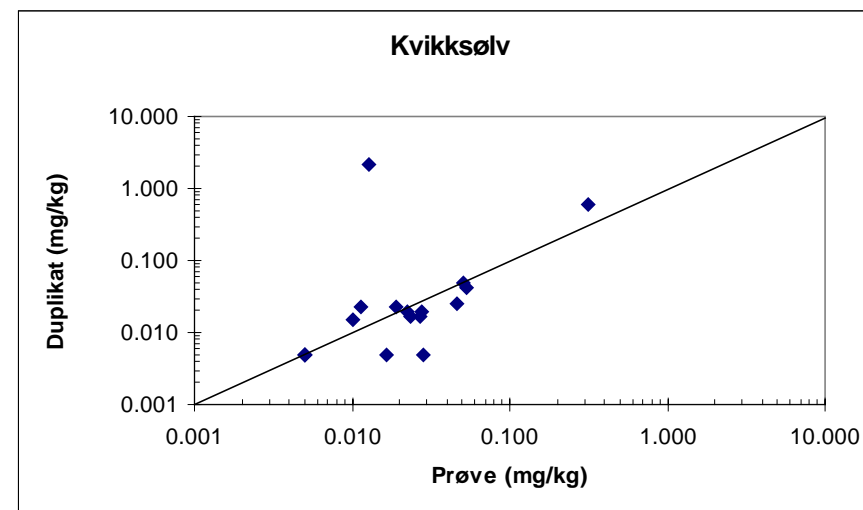
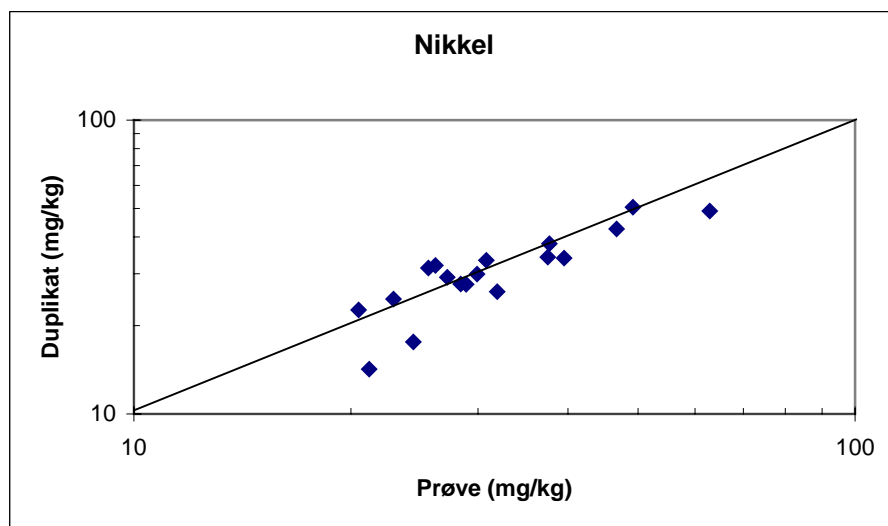
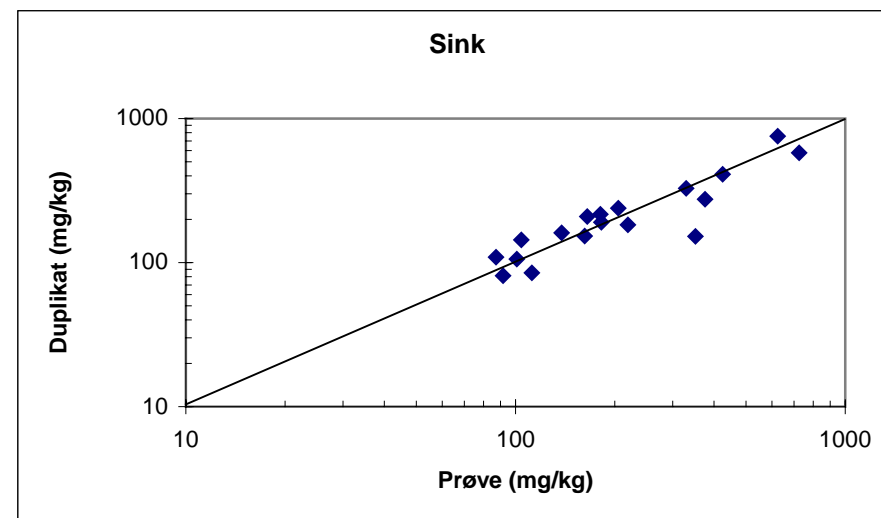
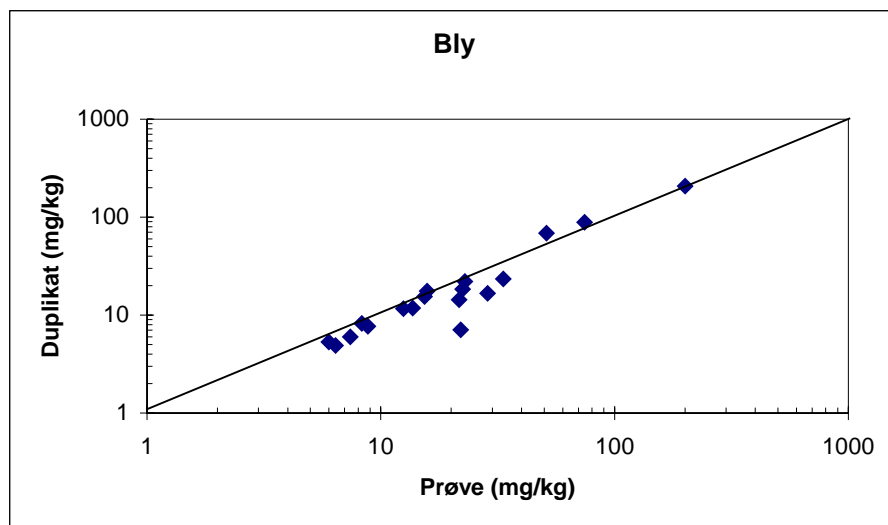
Prøvenr	PAH - Sum 16 (mg/kg)	Naftalen (mg/kg)	Acenaphtylene (mg/kg)	Acenaphene (mg/kg)	Fluorene (mg/kg)	Fenanthrene (mg/kg)	Anthracene (mg/kg)
1	5,2	0,02	0,02	0,02	0,01	0,15	0,04
2	5	0,01	0,01	0,02	0,05	0,73	0,06
3	7	0,01	0,15	0,03	0,02	0,21	0,15
4	4,5	0,18	0,01	0,05	0,02	0,56	0,02
5	2,5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,02
6	1,6	0,01	0,01	0,01	0,02	0,19	0,02
7	4,7	0,03	0,05	0,05	0,15	0,75	0,09
8	4,9	0,28	0,09	0,46	0,08	0,66	0,07
9	2,9	0,04	0,02	0,01	0,03	0,16	0,05
10	13	0,36	0,08	0,17	0,33	2,7	0,31
12	2,8	0,02	0,01	0,02	0,03	0,46	0,04
13	2	0,02	0,005	0,04	0,04	0,31	0,04
14	5,8	0,07	0,05	0,05	0,12	0,83	0,07
15	6,9	0,19	0,04	0,02	0,02	1	0,26
16	2,2	0,02	0,02	0,01	0,01	0,21	0,03
17	1	0,02	0,005	0,01	0,01	0,13	0,01
18	0,95	0,02	0,005	0,01	0,01	0,13	0,01
19	6,3	0,09	0,02	0,07	0,05	0,7	0,04
20	37	0,56	0,32	0,17	0,28	4,1	0,6
21	1,4	0,02	0,01	0,01	0,02	0,2	0,02
22	0,06	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
23	0,68	0,02	0,01	0,01	0,01	0,1	0,02
24	1,3	0,07	0,01	0,02	0,03	0,17	0,01
25	5	0,06	0,08	0,03	0,1	0,86	0,13
26	4,8	0,04	0,03	0,03	0,07	0,63	0,07
27	0,17	0,005	0,005	0,01	0,005	0,03	0,005
28	7,2	0,65	0,03	0,14	0,19	1,9	0,1
29	0,41	0,01	0,005	0,01	0,01	0,05	0,01
30	2,8	0,03	0,03	0,02	0,03	0,23	0,06
31	1,3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01
32	1,3	0,11	0,02	0,01	0,02	0,11	0,02
33	0,93	0,01	0,01	0,005	0,005	0,05	0,01
34	1,6	0,01	0,02	0,02	0,01	0,1	0,02
35	4,4	0,01	0,01	0,12	0,1	0,76	0,11
36	2,4	0,03	0,02	0,01	0,03	0,29	0,03
37	2,3	0,02	0,01	0,02	0,02	0,22	0,03
38	3,5	0,01	0,02	0,01	0,03	0,31	0,03
39	2,8	0,02	0,02	0,01	0,01	0,15	0,02
40	1,1	0,01	0,01	0,005	0,01	0,1	0,01
41	1,5	0,01	0,02	0,01	0,01	0,06	0,03
42	0,85	0,01	0,01	0,01	0,02	0,15	0,01
43	9,3	0,03	0,07	0,03	0,12	1,4	0,13
44	1,8	0,03	0,01	0,02	0,01	0,34	0,04
45	6	0,29	0,02	0,19	0,11	0,61	0,1
46	4,9	0,02	0,05	0,02	0,03	0,34	0,07
47	57	0,05	0,82	0,84	1,4	26	0,79
48	3,2	0,01	0,03	0,02	0,03	0,51	0,04
49	1,2	0,005	0,01	0,01	0,01	0,06	0,02
50	7	0,04	0,06	0,03	0,03	0,63	0,07
51	1,7	0,02	0,01	0,01	0,01	0,11	0,02
52	7,6	0,05	0,04	0,05	0,11	1	0,15
53	21	0,72	0,09	0,26	0,72	3,5	0,61

Prøvenr	Fluoranthene (mg/kg)	Pyrene (mg/kg)	Benzo(a)anthracene (mg/kg)	Chrysene (mg/kg)	Benzo(b)fluoranthene (mg/kg)	Benzo(k)fluoranthene (mg/kg)
1	0,91	1,1	0,46	0,46	0,72	0,24
2	1,2	0,9	0,4	0,42	0,49	0,13
3	1,5	3	0,26	0,4	0,45	0,13
4	0,73	0,52	0,21	0,49	0,64	0,2
5	0,43	0,51	0,2	0,25	0,35	0,11
6	0,3	0,28	0,09	0,13	0,19	0,04
7	0,8	1	0,24	0,31	0,43	0,1
8	0,75	0,79	0,21	0,27	0,44	0,09
9	0,45	0,65	0,16	0,23	0,34	0,08
10	2,4	2,1	0,64	0,82	1,2	0,31
12	0,65	0,53	0,14	0,2	0,29	0,06
13	0,31	0,26	0,18	0,16	0,26	0,07
14	1,1	1,1	0,34	0,49	0,63	0,17
15	1,5	1,7	0,57	0,48	0,42	0,14
16	0,4	0,44	0,09	0,19	0,34	0,07
17	0,18	0,12	0,06	0,08	0,14	0,03
18	0,15	0,11	0,06	0,08	0,15	0,04
19	1,2	0,81	0,46	0,58	1	0,24
20	6,7	5	3,3	3,2	5,4	1,4
21	0,24	0,29	0,07	0,12	0,15	0,03
22	0,06	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
23	0,09	0,08	0,05	0,07	0,09	0,02
24	0,19	0,26	0,05	0,1	0,15	0,02
25	1,1	0,76	0,33	0,34	0,5	0,13
26	1	1	0,34	0,38	0,55	0,11
27	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,005
28	1,1	0,94	0,26	0,43	0,62	0,19
29	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06	0,01
30	0,5	0,44	0,28	0,22	0,36	0,1
31	0,2	0,34	0,1	0,14	0,18	0,02
32	0,09	0,25	0,07	0,09	0,21	0,03
33	0,1	0,12	0,09	0,13	0,2	0,03
34	0,25	0,27	0,17	0,19	0,25	0,06
35	0,59	0,46	0,6	0,36	0,53	0,16
36	0,43	0,5	0,17	0,27	0,32	0,06
37	0,35	0,25	0,35	0,33	0,37	0,09
38	0,56	0,54	0,38	0,51	0,54	0,11
39	0,45	0,48	0,42	0,32	0,45	0,1
40	0,16	0,23	0,08	0,16	0,14	0,02
41	0,16	0,26	0,2	0,21	0,26	0,05
42	0,1	0,12	0,11	0,08	0,09	0,02
43	2	2,5	0,2	0,32	0,79	0,13
44	0,31	0,29	0,05	0,08	0,2	0,04
45	1,3	1,2	0,33	0,31	0,56	0,15
46	0,91	1,2	0,25	0,25	0,58	0,14
47	20	5,4	0,28	0,75	0,33	0,1
48	0,82	0,71	0,17	0,21	0,25	0,06
49	0,14	0,32	0,06	0,07	0,16	0,04
50	1,2	1,2	0,5	0,63	1	0,3
51	0,18	0,39	0,07	0,17	0,28	0,05
52	1,6	1,7	0,49	0,54	0,8	0,21
53	4,4	4	1,5	1,8	1,6	0,55

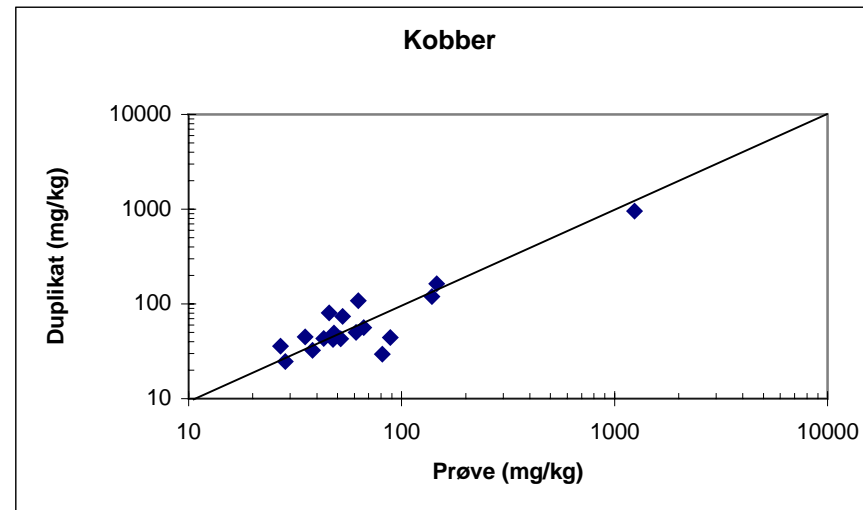
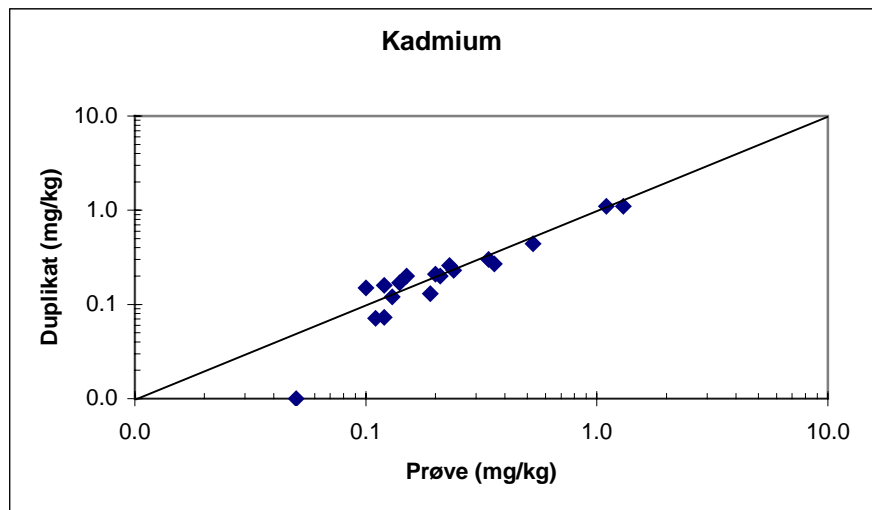
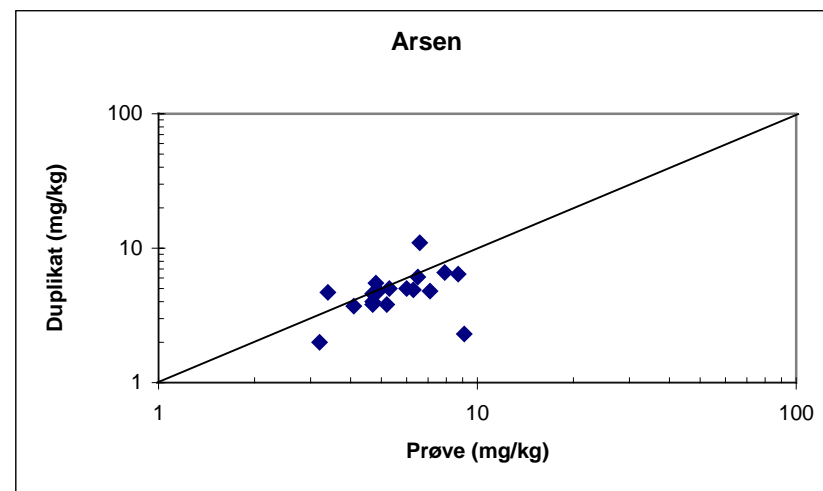
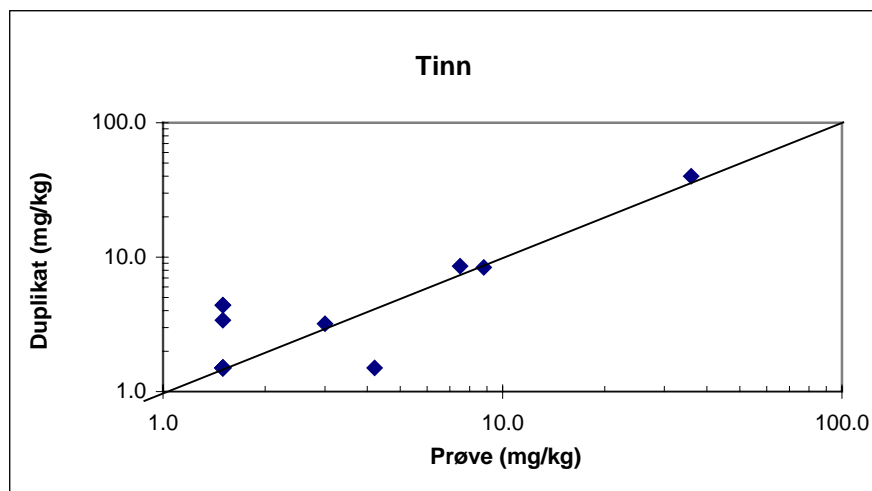
Prøvenr	Benzo(a)pyrene (mg/kg)	Dibenz(a,h)anthracene (mg/kg)	Benzo(g,h,i)perylene (mg/kg)	Indeno(1,2,3-c,d)pyrene (mg/kg)
1	0,33	0,06	0,31	0,28
2	0,2	0,05	0,18	0,15
3	0,21	0,05	0,22	0,16
4	0,26	0,07	0,27	0,27
5	0,17	0,05	0,17	0,14
6	0,07	0,01	0,1	0,08
7	0,2	0,07	0,28	0,17
8	0,21	0,07	0,28	0,17
9	0,17	0,06	0,25	0,14
10	0,5	0,12	0,5	0,42
12	0,11	0,02	0,11	0,07
13	0,15	0,03	0,06	0,08
14	0,28	0,05	0,19	0,13
15	0,19	0,03	0,17	0,09
16	0,12	0,03	0,13	0,09
17	0,06	0,01	0,05	0,05
18	0,06	0,01	0,05	0,05
19	0,4	0,07	0,22	0,29
20	2,8	0,28	1,2	1,7
21	0,06	0,02	0,07	0,03
22	0,005	0,005	0,005	0,005
23	0,04	0,01	0,04	0,02
24	0,06	0,02	0,12	0,05
25	0,26	0,04	0,16	0,14
26	0,25	0,04	0,18	0,12
27	0,01	0,005	0,01	0,01
28	0,27	0,03	0,14	0,19
29	0,03	0,01	0,02	0,02
30	0,18	0,03	0,11	0,13
31	0,06	0,01	0,06	0,03
32	0,1	0,01	0,08	0,04
33	0,05	0,01	0,07	0,04
34	0,11	0,02	0,06	0,06
35	0,29	0,04	0,1	0,13
36	0,12	0,02	0,09	0,05
37	0,14	0,02	0,06	0,06
38	0,18	0,03	0,11	0,08
39	0,18	0,03	0,09	0,07
40	0,05	0,01	0,04	0,02
41	0,11	0,01	0,07	0,03
42	0,07	0,01	0,02	0,02
43	0,39	0,1	0,67	0,27
44	0,1	0,02	0,15	0,09
45	0,31	0,05	0,24	0,19
46	0,31	0,07	0,38	0,28
47	0,12	0,01	0,06	0,04
48	0,13	0,02	0,11	0,06
49	0,1	0,02	0,08	0,06
50	0,49	0,07	0,34	0,37
51	0,09	0,03	0,16	0,08
52	0,34	0,07	0,27	0,21
53	0,82	0,11	0,37	0,41

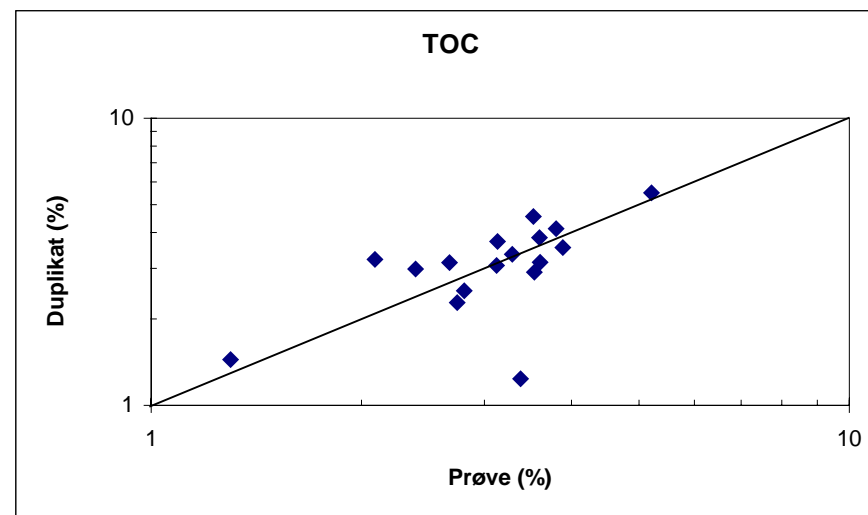
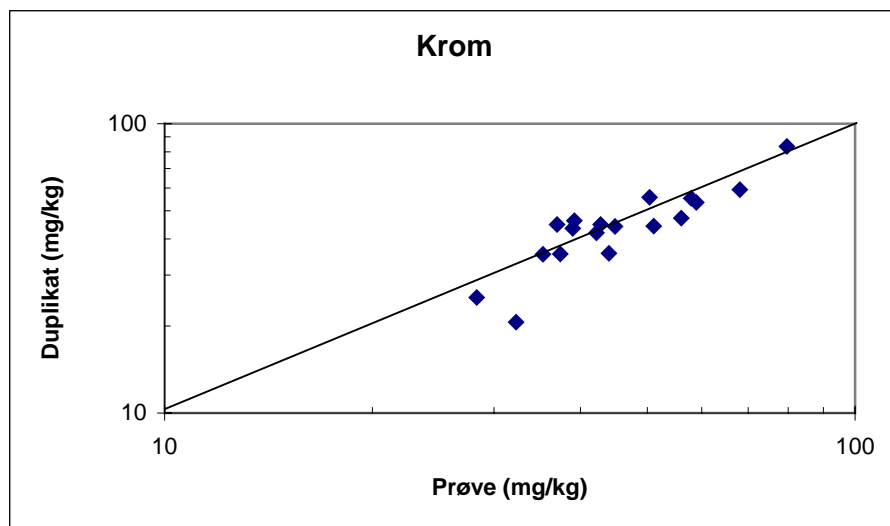
VEDLEGG 2

KORRELASJONSDIAGRAM - DUBLETT OG HOVEDPRØVE



Figur 1 Korrelasjonsdiagram for Bly, nikkel, sink og kvikksølv

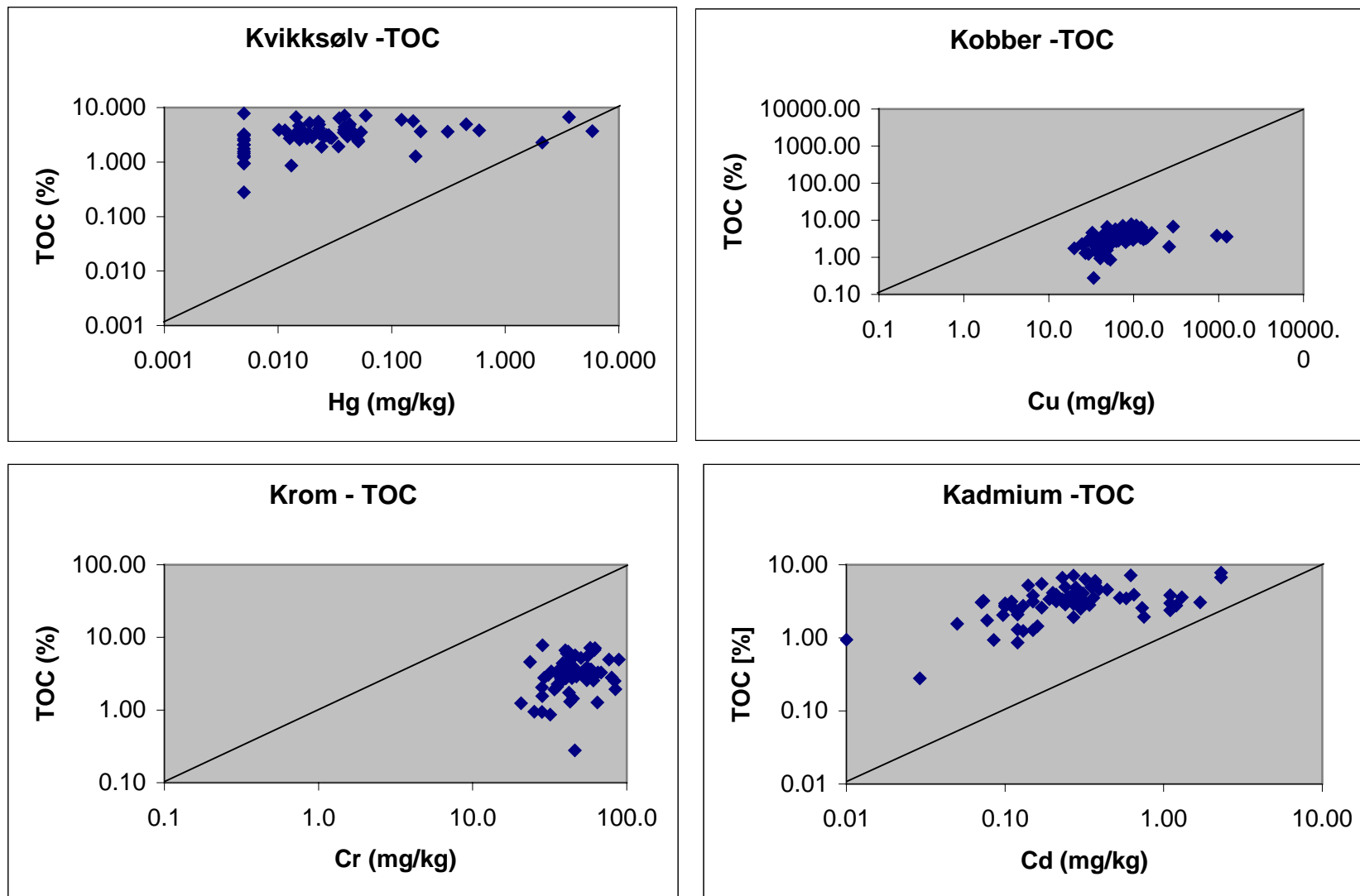




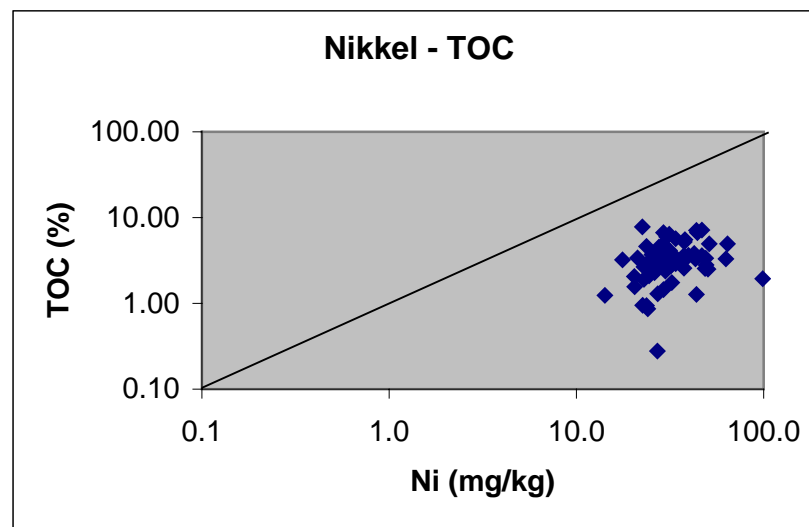
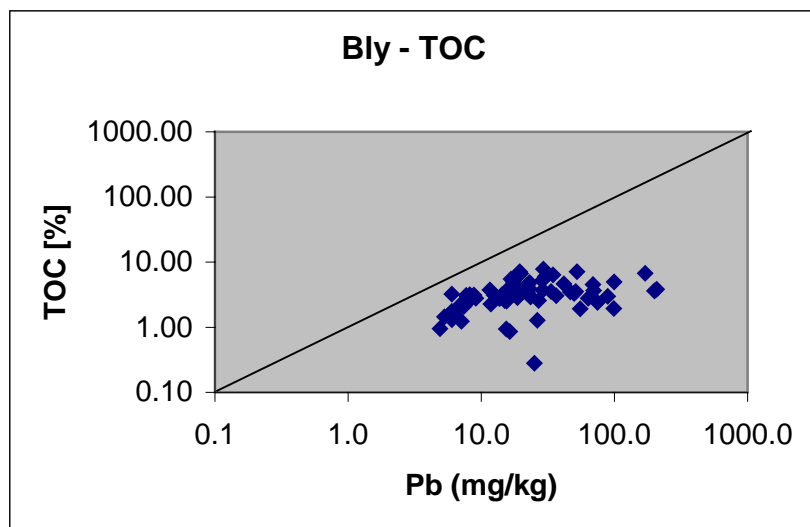
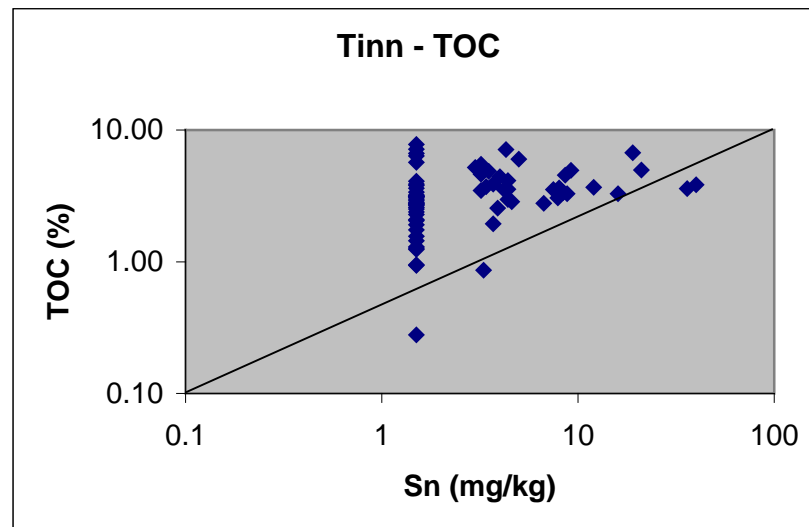
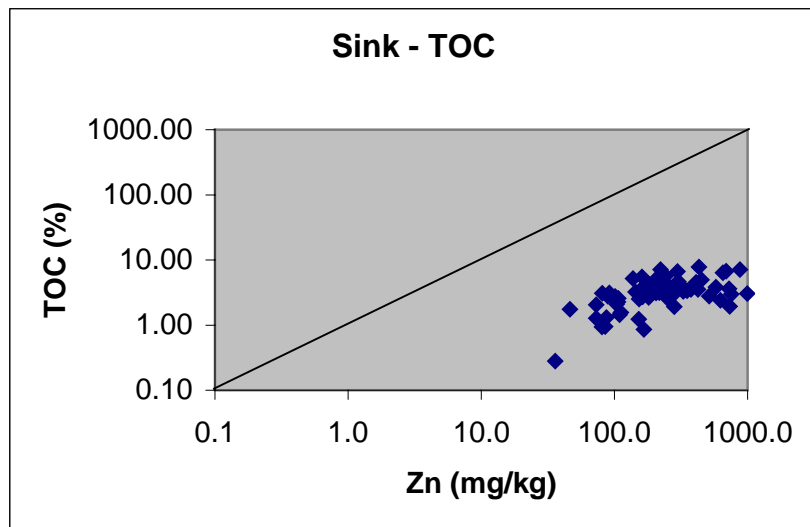
Figur 3 Korrelasjonsdiagram for krom og total organisk karbon (TOC)

VEDLEGG 3

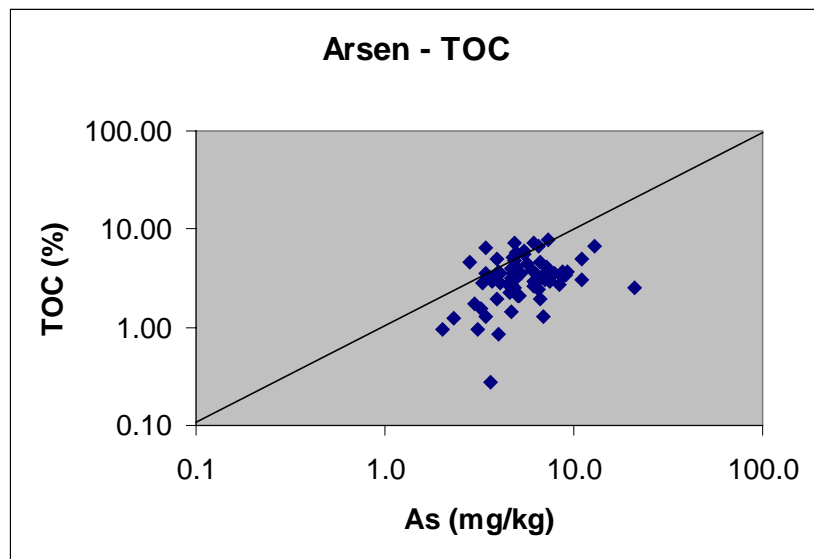
KORRELASJONSDIAGRAM – TOC OG DE ULIKE TUNGMETALLENE



Figur 1 Korrelasjon mellom TOC og tungmetallene kvikksølv, kobber, krom og kadmium.



Figur 2 Korrelasjonsdiagram for totalorganisk karbon (TOC) og tungmetallene sink, tinn, bly og nikkel



Figur 3 Korrelasjonsdiagram for total organisk karbon (TOC) og arsen