

NGU Rapport 2009.012

Kartlegging og identifisering av aktive  
forurensningskilder til Nedre del av Nidelva løp  
og Nyhavna i Trondheim



Rapport nr.: 2009.012		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Kartlegging og identifisering av forurensningskilder i Nidelva nedre løp og i Nyhavna i Trondheim			
Forfatter: Bechmann, P., Berg, M.B., Braaten, H.F., Dahl, A., Denanger, T., Hagenlund, P., Hetlevik, Y., Hoston, A., Høydal, L.M.B. Haakseth, A.B., Milli, G., Opland, K.A.J., Simensen, J.T., Sveinhaus, K. og Svendsen, T.		Oppdragsgiver: Trondheim kommune, Trondheim havn og Fylkesmannen i Sør-Trøndelag	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Trondheim	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 100	Pris: kr 600
Feltarbeid utført: Høsten 2008		Rapportdato: 10. februar 2009	Prosjektnr.: 296000
		Ansvarlig	<i>Roy Tore Ørnesen</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I faget KJ3071 Anvendt geokjemi, ble det i 2008 gjennomført en kartlegging av innholdet av miljøgifter (arsen, metaller, PAH, og PCB) i:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 159 prøver av sandfangsmasser langs Nidelvas nedre løp og rundt Nyhavna bassenget</li> <li>• 14 jordprøver fra Ladedalen og Nyhavna</li> <li>• 255 målinger av metallinnhold i maling fra husfasader og andre potensielle kilder</li> </ul> <p>Størstedelen av det kartlagte området inneholder lave konsentrasjoner av de analyserte miljøgifter i sandfangsmasser og løsmasseprøver.</p> <p>Det er påvist flere aktive forurensningskilder i Nyhavna området (kvikksølv, kadmium, bly sink, tinn, polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Disse kildene er knyttet til virksomheten ved Veolia miljø og renspyling av småbåter på kaikanten i Nyhavna. Tiltak for å redusere/fjerne kildene bør gjennomføres. Det bør etableres et overvåkingssystem ved regelmessig prøvetaking av sandfangskummene i området for å følge utviklingen.</p> <p>Det er påvist høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser i noen av kummene på PIR 2. Kilden til de påviste høye konsentrasjoner av PAH-forbindelsene i sandfangskummene er petroleumsprodukter. Det er mistanke om at kummene brukes som "avfallsbeholdere" for oljer.</p> <p>Malingen på husfasaden ved E.C. Dahls bryggeri er blyholdig. Ved fremtidig oppussing/rehabilitering, må det gjøres tiltak for å hindre spredning av bly til havnebassenget</p> <p>Det ble påvist forhøyet innhold av PAH i de dypere deler av fyllmassene i Ladebakkens gamle løp.</p> <p>Det bør bli en forbedring i rutine med tømning av sandfangskummene på havna. Kummene bør tømmes oftere for å hindre akkumulering av miljøgifter. I tillegg bør det kanskje tas stikkprøver av sandfangsmassene før kummene tømmes for å vite mer sikkert hvordan massene skal disponeres.</p>			
Emneord: Forurensningskilder	Spredning	Sandfangsmasser	
PAH	PCB	Metaller	
Arsen			



## **Innhold**

<b>FORORD</b> .....	<b>7</b>
<b>ANBEFALINGER</b> .....	<b>7</b>
<b>INNLEDNING</b> .....	<b>8</b>
<b>MÅL</b> .....	<b>8</b>
<b>BESKRIVELSE AV DET UNDERSØKTE OMRÅDET</b> .....	<b>8</b>
<b>TIDLIGERE UNDERSØKELSER INNENFOR PROSJEKTOMRÅDET</b> .....	<b>12</b>
Undersøkelser av forurensede sedimenter i Trondheim havn - Pilotprosjektet.....	12
Geokjemisk kartlegging av grunnen i de eldste delene av Trondheim.....	12
Ladedalen deponi.....	13
Undersøkelser av sedimenter fra sandfangskummer.....	14
Nidelva .....	14
Bedrifter og virksomheter i Nyhavna.....	14
<b>OVERVANNSYSTEMET</b> .....	<b>15</b>
Bruk av sandfangskummer som ”miljøstasjoner” .....	15
<b>METODER</b> .....	<b>17</b>
Prøver av sandfangsmasser .....	19
Løsmasseprøver innsamlet med boremaskin.....	19
Havnosedimenter .....	21
<b>Prøvepreparering</b> .....	<b>22</b>
<b>Kjemiske analyser</b> .....	<b>22</b>
Analyser av metaller.....	22
Analyser av PAH og PCB .....	22
Analysemetodenes deteksjonsgrenser .....	22
Røntgen fluoriscenc (XRF) .....	23
<b>Kvalitetssikring</b> .....	<b>23</b>
<b>Statistisk behandling av data</b> .....	<b>24</b>
<b>RESULTATER OG KOMMENTARER</b> .....	<b>25</b>

<b>Kvalitetssikring .....</b>	<b>25</b>
<b>Sandfangsmasser og husfasader .....</b>	<b>27</b>
ARSEN.....	33
BLY (Pb).....	34
KADMIUM (Cd).....	36
KOBBER (Cu) .....	37
KROM (Cr) .....	38
KVIKKSØLV (Hg).....	39
NIKKEL (Ni) .....	40
SINK (Zn) .....	41
TINN (Sn) .....	42
POLYKLORERTE BIFENYLER (PCB).....	43
POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH).....	44
<b>Havnesedimenter.....</b>	<b>53</b>
<b>Løsmasseprøver (Skolvboring) .....</b>	<b>55</b>
<b>DISKUSJON.....</b>	<b>61</b>
<b>Aktive forurensningskilder .....</b>	<b>61</b>
<b>OPPSUMMERING OG KONKLUSJON .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERANSER.....</b>	<b>66</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>68</b>
<b>FORKORTELSER.....</b>	<b>99</b>

## **Forord**

Denne rapporten er et resultatet av kurset KJ3071 Anvendt geokjemi som ble undervist av professor II Rolf Tore Ottesen på NTNU Institutt for kjemi, høsten 2008. Kurset er et problembasert læringskurs. Årets problemstilling var knyttet til kartlegging og identifisering av aktive forurensningskilder som kan drenere til nedre del av Nidelva løp og til Nyhavna.

Femten studenter tok kurset. De ble delt inn i 5 grupper som fikk samme oppgave, men med hovedansvar for ulike delområder. Hver gruppe leverte en skriftlig rapport som ble karaktersatt av en ekstern og intern sensor. Denne rapporten er en sammenstilling av de fem studentrapportene, og den offisielle rapporten fra prosjektet som er overlevert til oppdragsgiverne Trondheim kommune og Fylkesmann i Sør-Trøndelag. Forfatterne er satt i alfabetisk rekkefølge. Alle studentene bidro meget aktivt og engasjert i sine respektive grupper.

## **Anbefalinger**

De viktigste aktive forurensningskildene i det kartlagte området som det bør treffes tiltak mot for å få redusert spredning av miljøgifter er:

- Veolia miljø på Kullkrankaia (metaller og organiske miljøgifter)
- Puss av småbåter på Kullkrankaia ved Dora I (metaller og organiske miljøgifter)
- Direkte dumping av olje i sandfangskummer (PAH-forbidelser)

En potensiell fremtidig kilde til blyforurensning er husfasadene til EC Dahl bryggeri.

Innholdet av miljøgifter i sandfangsmassene varierer geografisk. Ved disponering av massene bør det tas hensyn til forurensningsgrad. Kummene på kullkrankaien er mest forurenset.<sup>3</sup>

## **Innledning**

Trondheim havn er en stor transporthavn hvor det er påvist sterkt forurensede bunnsedimenter (PAH, TBT, PCB og tungmetaller) i store deler av det aktive havneområdet (Ottesen og medarbeidere, 2000). Havnen har komplekse forurensningsproblemstillinger med en kombinasjon av oppvirvling av forurensede sedimenter pga skipstrafikk, diffuse punktutslipp fra land og fra tidligere og dels pågående industrivirksomhet. Trondheim havn er blant 11 havner som i 1999 fikk varsel om pålegg fra Statens forurensingstilsyn (SFT) om tiltak mot forurensning. Det ble i 2002 utført en tiltaksanalyse av områdene i havnebassenget, og det har blitt igangsatt flere mudrings- og rensingsprosjekter som resultat av dette (Trondheim havn, 2007 [online]).

Trondheim havn er et av de prioriterte områdene i regjeringens handlingsplan for opprydding i forurenset sjøbunn. SFT har i 2008 tildelt Trondheim kommune midler til å utarbeide en tiltaksplan for opprydding i en stor, aktiv kilde for tilførsel av tungmetaller til havneområdet (Killingdal gruvers oppredningsanlegg), og for å gjennomføre en supplerende undersøkelse av sjøbunnen. På dette grunnlaget skal det lages en konkret, lokalt forankret gjennomføringsplan for å stanse aktive forurensningskilder og for å rydde opp i sjøbunnen.

Studenter fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) fikk som prosjektoppgave i faget KJ30711 "Anvendt geokjemi" å kartlegge aktive mulige kilder til miljøgifter som kan spres fra land til havnesedimentene i nedre del av Nidelva og i Nyhavna. Oppdragsgivere for oppgaven var Trondheim kommune (Miljøenheten, Stabsenhet for byutvikling, Trondheim bydrift og Trondheim havn) og Fylkesmannen i Sør-Trøndelag.

Oppdragsgiverne bevilget kr 60 000 for analyse av organiske miljøgifter PAH og PCB. I tillegg ble kommunens boremaskin stilt til disposisjon for å ta prøver av løsmasseprøver med skovlbor. NGUs bidrag var bestemmelse av 32 grunnstoffer i prøvene og veiledning av studentene.

## **Mål**

Målet for prosjektet er å kartlegge og identifisere aktive forurensningskilder langs Nidelvas nedre del og i Nyhavna området.

## **Beskrivelse av det undersøkte området**

Det undersøkte området (Figur 1) består hovedsakelig av utfylte masser (masser fra mudring i havna, anleggsmasser, BA-avfall og gassverksmasser. Svartlamoen og Ladedalen har naturlige masser og fyllmasser.



Ladedalen er en gammel ravinedal utformet av Ladebekken. Øvre deler av ravinedalen ble i perioden 1940-1970 brukt som avfalldeponi og gjenfylt (Ladefyllinga). Bekkens nedre løp er oppfylt med masser av antatt forskjellig opphav (rene masser og antatt forurensede masser bl.a. gassverksavfall). Bekken renner nå i en kulvert som ble ferdigstilt i 1961 (Trondheim kommune, 1961). Denne kulverten fungerer nå også som avløpsledning og leder kloakken fra hele Moholtområdet (50 000 PE) til Ladehameren renseanlegg. Sigevann fra Ladefyllinga renner inn i kulverten. Sedimentene i Nidelva har sine naturlige kilder nedstrøm Selbusjøen. Trondheim havn tilføres 20 000 m<sup>3</sup> masser fra Nidelva hvert år. Sedimentene i Nyhavnabassenget stammer hovedsakelig fra Nidelva, men mindre deler har sitt opphav fra Ladebekken. Et stort ras som gikk i 1944 tok med seg tyske lagre og verksteder, og dykkere har observert både våpen, ammunisjon og annet skrot på sjøbunnen.



**Figur 1** Område som er undersøkt med hensyn på aktive forurensningskilder. Nesten hele arealet er dekket av tette flater (asfalt og bygninger)

Omtrent 90 % av arealet er dekket av tette flater (asfalt og bygninger). Det er ca 100 bygninger av ulike typer (industri, lager, verksted, kontor) innenfor det undersøkte området. Byggematerialene er betong, tegl, tre, stålplater og plast. De fleste bygg har malte ytre fasader.

Forvitring av malte husfasader kan være viktige aktive forurensningskilder (Figur 2a). Fjerning av bunnstoff fra småbåter foregår i området (Figur 2b). Aktiviteter knyttet til sandblåsing og maling av større skip foregår ved Trondheim verft. Norsk. (Figur 2c). Mottak og håndtering av avfall er andre potensielle forurensningskilder i området (Figur 2d).



**Figur 2 Mulige aktive forurensningskilder a: forvitring av husfasader, b: fjerning av bunnstoff på småbåter, c: sandblåsing av metall og d: håndtering av avfall.**

Ladedalen og Svartlamoen har i lang tid vært preget av industrivirksomhet. Trondheim kommune har registrert mange eiendommer med mistanke om forurenset grunn. Trondheim gassverk var i drift på Jarlheimsletta frem til 1957. Fabrikken produserte gass fra kull og biprodukter av dette var blant annet koks og tjære. Forurenset vann fra virksomheten ble sendt rett ut i Ladebekken, og videre ut i Nyhavnabassenget. Det tjæreforurensete området ble innkapslet i 1989.

Siden 1950-årene vært galvanoteknisk virksomhet på området. Nå er denne virksomheten flyttet Heimdal. Glassmestervirksomhet har pågått i Jarleveien 8a over lang tid, inkludert tidsperioden da det ble benyttet PCB-holdig lim i isolerglassvinduer. Henrik Jordan trankokeri og såpefabrikk hadde sin virksomhet i Ladedalen.

På sydsiden av Stiklestadveien ligger E.C. Dahls bryggeri. Det har vært bryggeri på tomten siden 1917. Det mekaniske verkstedet Langland og Schei har eksistert siden 1904, uvisst hvor lenge det har vært drevet på nåværende tomt.

Strandveien Auto ble etablert på Lademoen i 1960. Omkring 2003 flyttet de til en ny tomt et annet sted i byen og lokalene brukes i dag av Svartlamoen som et byøkologisk forsøksområde som ble opprettet i 2001 (Svartlamoen 2008). Strandveien Autos gamle utstillingslokaler brukes i dag til barnehage og kultursenter. Strandveien auto lå tidligere innenfor denne rapportens område. Bak Langland & Schei ligger bilverkstedet Eksos Norge.

Inne i Nyhavna ligger Dora-anleggene, det vil si U-båtanleggene som tyskerne bygde under 2. Verdenskrig. Dora 1 ble bygd i 1941-1943 og brukes i dag som lager av Norges Statsarkiv. Byggingen av Dora 2 startet i 1942. Da krigen endte i 1945 var bygningen litt mer enn halvferdig og arbeidet ble aldri fullført. I dag brukes Dora 2 til skipsreparasjonsvirksomhet.

På Kullkranpiren holder Veolia miljø til og mottar metallavfall. I dag må alt av metallavfall levers med deklarasjonsskjema for å få oversikt over miljøgifter i produktene. (Samtaler med Veolia Miljø, 2008). Noen av lagerplassene for avfall har ikke fast dekke. Jorden her virker synlig forurenset. Områder med fast dekke spyles regelmessig. Det finnes ingen drenering for spylevannet som dermed renner rett i sjøen (Trygve Jensen, daglig leder, Veolia Miljø, 2008 [pers. med.]) Høvik & Øien holder til på Ytterst på Kullkranpiren. Diverse avfall forekommer langs kaikanten.

Trondheim verft driver med skipsreparasjoner og blant annet sandblåsing og sprøytemaling i DORA II mellom Kullkranpiren og Transittkaia. Norsk stål har et stort lagerareal på Transittkaia for ulike stålprodukter som sannsynligvis også sandblåses. Ytterst på Transittkaia er det en opplagsplass for småbåter.

I slamdeponiet ytterst på Pir II er forurenset slam fra havnebassenget stabilisert med industriavfall, filteraske og tradisjonell sement. Den dobbelte nytten av å stabilisere deponiet vil være bedre vannkvalitet og mindre forurensete sedimenter med ble vurdert opp mot estimerte kostnader og inntektsmuligheter (Brånås, M., 2003).

Bolig- og forretningskompleksene på Nedre Elvehavn har vært under bygging fra midten av 1990-tallet og fram til i dag. Diverse forurensninger som må ha ligget igjen etter skipsverftsvirksomheten. Det skal være gjort omfattende opprydningsarbeider i tomtegrunnen byggearbeidet ble satt i gang for alvor (Laugesen, J., 2003, Ottesen, R. T., 2009a).

## **Tidligere undersøkelser innenfor prosjektområdet**

### **Undersøkelser av forurensede sedimenter i Trondheim havn - Pilotprosjektet**

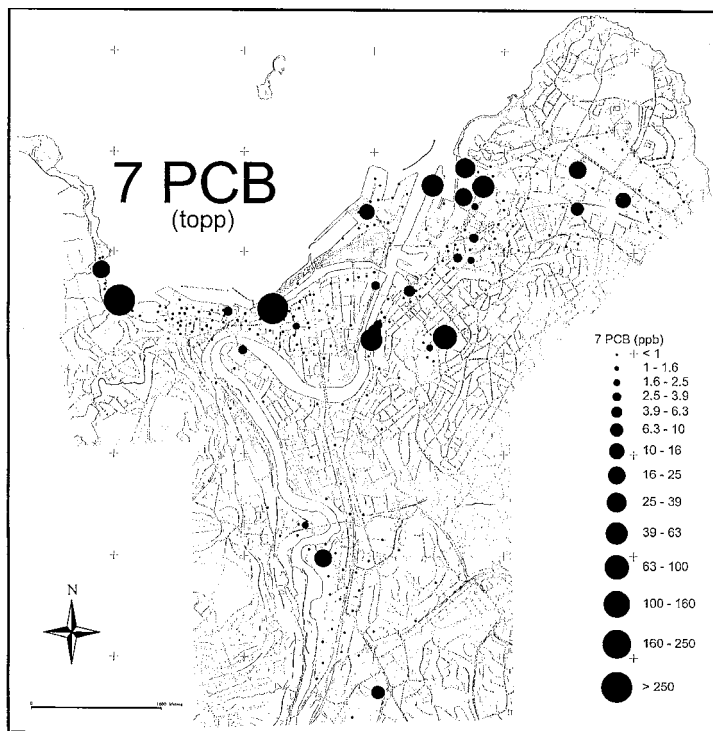
En systematisk geokjemisk kartlegging av havnesedimentene ble utført av GeoCore (2000) og NGU i 1999 (Ottesen og medarbeidere, 2000). Det er i tillegg tatt spredte sedimentprøver i perioden 1987-1999 av NIVA, Oceanor og GeoCore. Tidligere utførte analyser av innhold av miljøgifter i sedimenter fra Trondheim havn og omgivelser i Trondheimsfjorden viser at sedimentene i gjennomsnitt er markert forurenset (tilstandsklasse III i henhold til SFTs klassifisering, Molvær, 1997a). De mest forurensede områdene strekker seg fra Fagervika og Ilsvika i vest langs land via Nyhavna bort til Korsvika. Den høyeste konsentrasjonen av organiske miljøgifter finner en i Nyhavna og Fagervika –Ilsvika. Her finner en PAH og PCB i tilstandsklasse IV og V (sterkt og meget sterkt forurenset). Som i de fleste havner er TBT registrert i tilstandsklasse V i svært mange av sedimentprøvene. Dette gjelder spesielt sedimentprøver som er tatt langs kaier i Trondheim havn. (Laugesen og medarbeidere, 2003). Sedimentene i Nyhavna er stedvis forurenset med tungmetaller med store variasjoner i konsentrasjoner (hovedsakelig tilstandsklasse I-III). Nyhavna er derimot sterkt forurenset med PAH (klasse IV) og meget sterkt forurenset med TBT (klasse V). PCB forurensningen i de øvre sjiktene ligger i klasse II-III, men det er påvist klasse IV i dypere lag ved utløpet av Nidelva og klasse V i Nyhavna. Lokaliteten har fått innført kostholdsråd på grunn av høye konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende stoff (PCB) i fiskelever fra Korsvika.

Kildene til forurensning av TBT, PAH og PCB i Nyhavnabassenget, mot Ladehammerkaia antas å være knyttet til skipsvirksomhet, skipstrafikk, verksteder og industri. (Laugesen og medarbeidere, 2003).

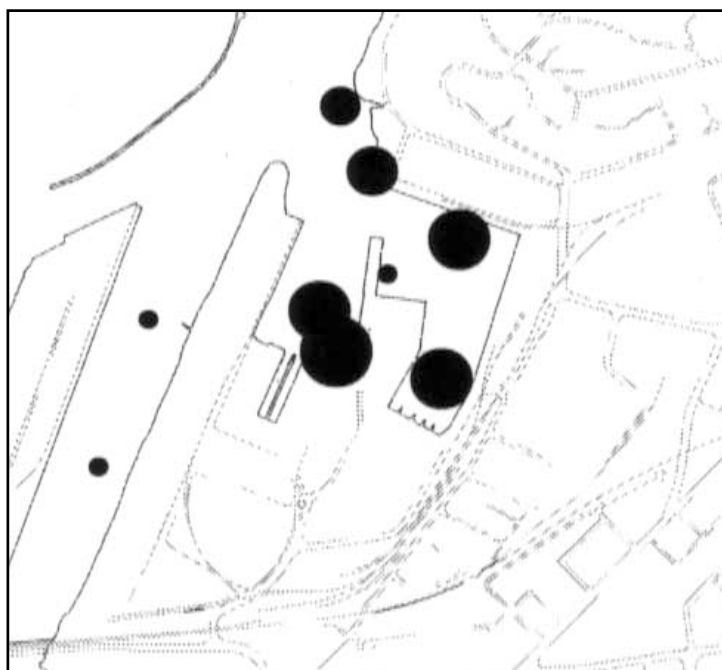
### **Geokjemisk kartlegging av grunnen i de eldste delene av Trondheim**

NGU og ScandiaConsult AS har utført geokjemisk kartlegging av grunnen i de eldste bydelene i Trondheim inkludert havneområdet.

Blandprøver av jord (0-100 cm) er forurenset med PCB (Figur 3) og PAH i Nyhavna-området (Ottesen og medarbeidere, 2000). På sørsiden av Dora I har Rambøll utført en NGU og ScandiaConsult AS miljøteknisk grunnundersøkelse. Grunnen her er forurenset med PAH-forbidelser, bly og cyanid (Gilde, 2005). Prøver av de øverste 2 cm av marine sedimenter i Nyhavna og fluviale sedimenter fra Nidelva, påviste PCB-forurensning i Nyhavna, mens Nidelva var en (Figur 4).



Figur 3 Geografisk fordeling av PCB i 260 prøver av jord (0-100 cm)



Figur 4 Geografisk fordeling av PCB i sedimenter fra Nidelvas nedre løp og i Nyhavna.

### Ladedalen deponi

I 2005 ble det gjort en miljøteknisk grunnundersøkelse av Ladedalen deponi. Fra denne undersøkelsen ble det konkludert med at det blant annet lekker kadmium, sink og tinn fra

deponiet. Avrenningen av sigevann kan videre spre seg til havna og forurensede sedimentene der. (Halkjelsvik og medarbeidere, 2005)

### **Undersøkelser av sedimenter fra sandfangskummer**

I 2005 ble spredningen av miljøgifter fra diffuse landbaserte forureningskilder til Trondheim havn kartlagt. Dette ble basert på innsamling av sedimenter fra sandfangskummer nær havneområdet. Til sammen ble det samlet inn 71 prøver fra 53 ulike sandfangskummer lokaliteter i området fra Nyhavna til Ilsvika. Innholdet av arsen, bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, sink, tinn, organisk karbon (TOC), polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT). (Ottesen m.fl., 2006).

Det ble påvist aktive kilder til kadmium, kobber, kvikksølv, sink bly, TBT, PCB og PAH. De områdene som utpekte seg som spesielt forurenede var arealene rundt Nyhavna, Ila-området og enkelte deler langs kanalen. For flere av lokalitetene var det rive- og byggevirksomhet som pekte seg ut som mulig forureningskilde. Det ble anbefalt å sette mer fokus på å forebygge forurensning rundt sanering, oppussing og byggevirksomhet, samt oppfølgende undersøkelser for å identifisere kilder og kvantifisere mengde miljøgifter som spres. (Bjervamoen og medarbeidere, 2006).

I 2007 ble det tatt prøver av sandfangsmasser i Nyhavna og på to byggeplasser (Ladedalen og St. Olavs Hospital). Det ble funnet flere potensielle aktive kilder. I 2005 ble det ved Nyhavna funnet for høye verdier av kobber, kvikksølv, TBT, PCB og PAH (Bjervamoen og medarbeidere, 2006). I 2007 ble det i kummene ved Veolia miljø funnet høye konsentrasjoner av bly, kadmium, kobber, kvikksølv, sink, TBT, PCB og PAH. I kummene ved Norsk Stål var det høye konsentrasjoner av kobber, sink, TBT, PCB og PAH. Det ble på bakgrunn av resultatene anbefalt opprydding og fjerning av forurenede masser på land for å unngå spredning til havnebassenget.

### **Nidelva**

Trondheim havn tilføres 20 000 m<sup>3</sup> masser fra Nidelva hvert år. Frem til 1975 ble mesteparten av Trondheims spesialavfall, inkludert slam som inneholdt tungmetaller tømt via Nidelva og Trondhjemsfjorden (Langedal, M., Ottesen, R.T., 2001). Undersøkelser gjort på flomsedimenter og sandbanker i Nidelva i 2007 konkluderer med at løsmassene fra Nidelva er rene, og at disse dermed ikke kan være en aktiv kilde til forurensning i havnebassenget (Egede-Nissen og medarbeidere, 2008).

### **Bedrifter og virksomheter i Nyhavna**

Trondheim Havn gjennomførte i mars 2008 en interessekartlegging av næringsvirksomheter i Nyhavna. Det ble der kartlagt hvilke bedrifter og virksomheter som holder til i Nyhavna. Det

var da 1800 personer fordelt på 150 forskjellige virksomheter. De mest dominerende virksomhetene finnes innenfor bygg- og anleggsindustri samt mekanisk- og maritim industri. En oversikt er gitt i vedlegg 1.

## Overvannsystemet

Et omfattende kommunalt overvannsystem (Figur 5) er etablert i tillegg til private anlegg inne på de enkelte bedrifters områder. Trondheim havn har et eget overvannssystem. Trondheim bydrift tømmer sandfangskummer på det kommunale og private overvannsnettet, mens Trondheim havn har ansvar for tømming av sine sandfangskummer.

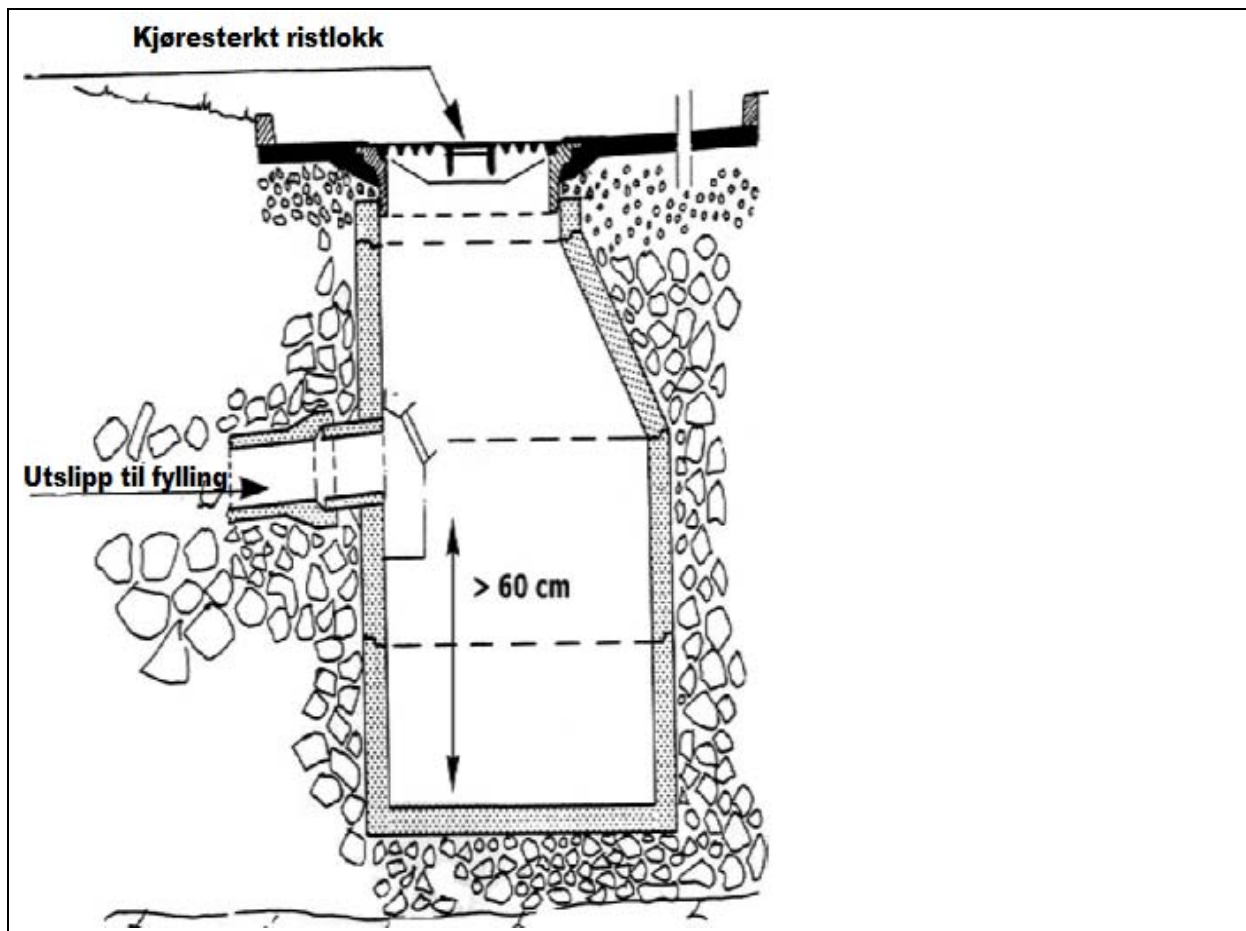


Figur 5 Ledningskart for det kommunale avløps- og overvannssystemet.

### Bruk av sandfangskummer som ”miljøstasjoner”

I havneområder og i bymiljø er store areal dekket av tette flater (bygninger, veier, parkeringsplasser, kaiområder) og overflateavrenningen er stor (Jartun, 2008). Sandfangskummer er utformet for å samle opp vann og sedimenter som transporteres i gateplan (Figur 6). Sedimentene samles i bunnen av kummen, mens vannet og en del av sedimentene renner ut via overløp. Sandfangskummer er meget godt egnet som ”miljøstasjoner” som kan brukes til å identifisere aktive forurensningskilder av to grunner.

Dreneringsområdet for en enkelt kum er ikke stort (500-600 m<sup>2</sup> innenfor en radius på 50-80 m), Ved å lete oppstrøms en kum kan mulige kilder identifiseres (Jartun og medarbeidere, 2008). I tillegg tømmes kummene jevnlig, ca en gang i året, og forurensninger funnet i kummene vil derfor komme fra aktive kilder (Johnsen, 2008).



**Figur 6** Skjematisk figur av en sandfangskum, der man ser forholdet mellom risten, røret og bunnen. (Jartun og medarbeidere, 2008).

Avløpssystemet i Trondheim kan deles i et kommunalt avløpsnett og et privat nett. Det private nettet er enda lengre enn det kommunale nettet, som er ca. 1100 km langt. (Trondheim kommune, 2007). Det kommunale avløpsnettet i Trondheim består av et fellessystem og et separatsystem som samler opp og fører spillvann og overvannet bort fra eiendommer. Spillvann er det vannet som man bruker i hjemmet som blir skyldt ned i vasken eller toalettet. Vannet som kommer fra hustakene, i form av nedbør, eller fra gata generelt, kalles overvann. Overvannet og spillvannet blir samlet i felles rør der det er fellessystemet. Separatsystemet, som kom på 1960-tallet, deler overvannet og spillvannet i hver sine rør. Spillvannet går til rensanlegget, mens overvannet blir transportert til nærmeste havn, bekk eller elv. I perioder med store nedbørsmengder blir det for store mengder vann i fellessystemet til at alt vannet kan fraktes til rensanlegget og overskuddsvannet skyldes da direkte ut i nærmeste resient (havn, bekk eller elv). De hurtigrennende vannmassene har gode muligheter for å frakte med



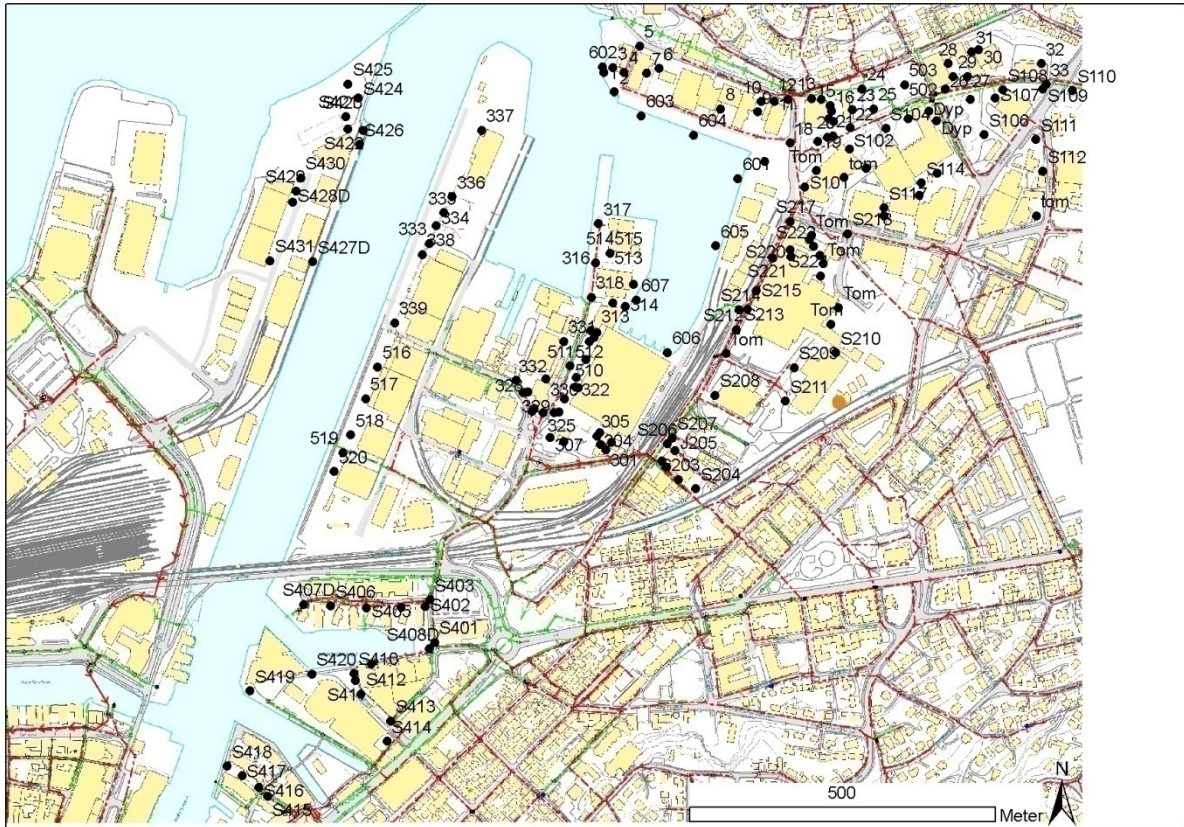
seg forurensede partikler i suspensjon og bidrar på den måten til spredning av miljøgifter. I det undersøkte område, er det fellessystem. I perioder med mye nedbør, er det ikke kapasitet i rørsystem å transportere alt vannet. I slike situasjoner går en del av vannet i overløp til havnebassenget (Figur 7).



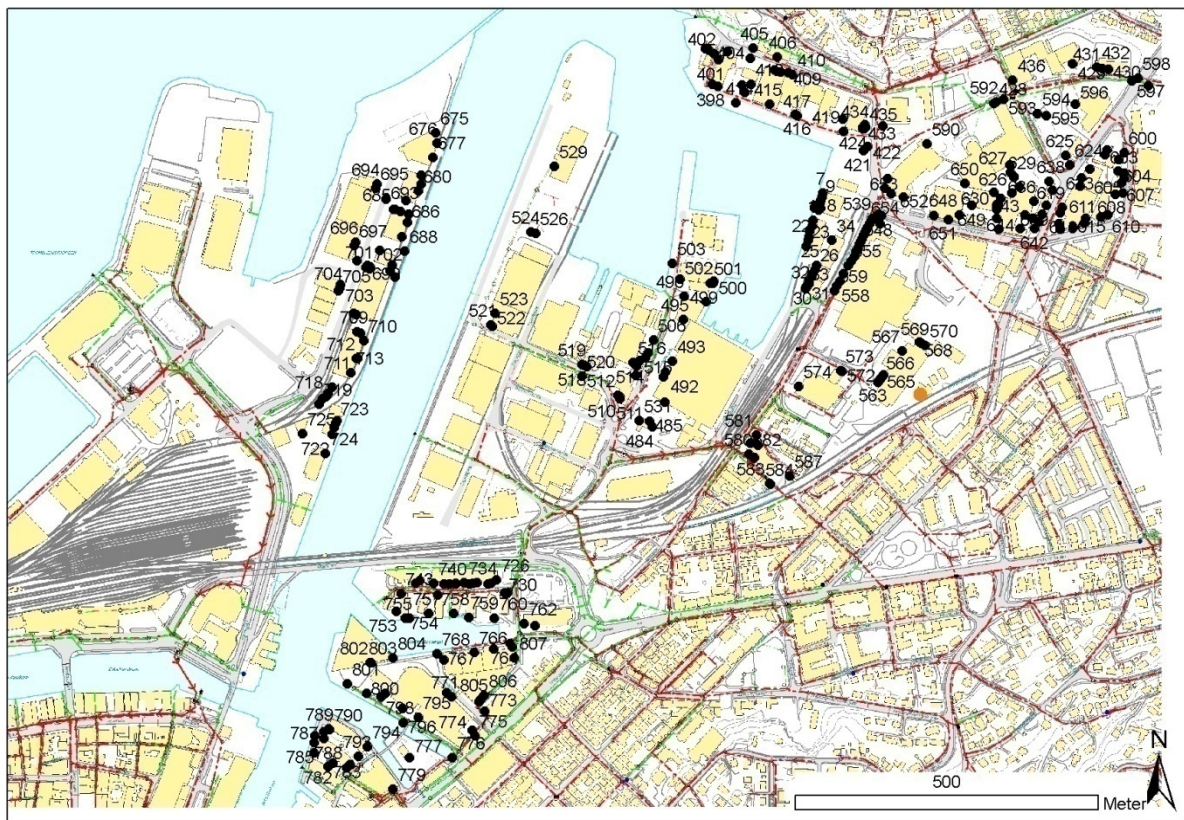
**Figur 7** Overløp gjennom Ladebekken . Det partikkelrike vannet ledes her inn i Nyhavnabassenget.

## **Metoder**

For å løse oppgaven, ble det valgt å ta prøver av sedimenter i sandfangskummer for å påvise eventuelle aktive forurensningskilder. Havnesedimenter langs kaikantene i Nyhavna ble brukt for å se om sandfangsmasser ble spylt ut i havnebassenget. Løsmasser fra større prøvdyp (0-3 meters dyp) ble tatt med boremaskin med skovlbor. Husfasader ble undersøkt ved bruk av et bærbart røntgenfluoriscens apparat (XRF). Prøvepunktene for sandfangsmasser, havnesedimenter og løsmasseprøver er vist i figur 8. Prøvepunktene for XRF-bestemmelser er dokumentert i figur 9.



Figur 8: Prøvepunkt kart for sandfangsmasser, havnesedimenter og løsmasseprøver.



Figur 9: Prøvepunkter kart for XRF-målinger i husfasader.

### Prøver av sandfangsmasser

Det ble valgt ut sandfangskummer med små nedbørsfelt, for lettere å kunne spore tilbake til kildene for sedimentene i kummen. Disse sedimentene består av mineralpartikler (leire, silt og sand) og diverse antropogene partikler (malingsflak, plastbiter, papir, sigarettstumper). De fleste kummer inneholder spor av olje. Noen kummer inneholder kloakk.

For å ta ut prøver av sandfangskummene ble de åpnet, og prøvene ble tatt med en aluminiumsbeholder festet til en lang stang. Beholderen ble skylt med vann fra kummen før prøven ble tatt ut for å unngå kontaminering fra forrige kum. Det ble tatt ut to prøver i hver kum, en til analyse av metaller og en til analyse for organiske miljøgifter. Figur 10 viser innhenting av sandfangsmasser. Det ble totalt samlet inn 159 prøver av sandfangsmasser fra 133 sandfangskummer. Fra 26 kummer ble det tatt duplikatprøver som et ledd i kvalitetssikringsarbeidet i prosjektet.



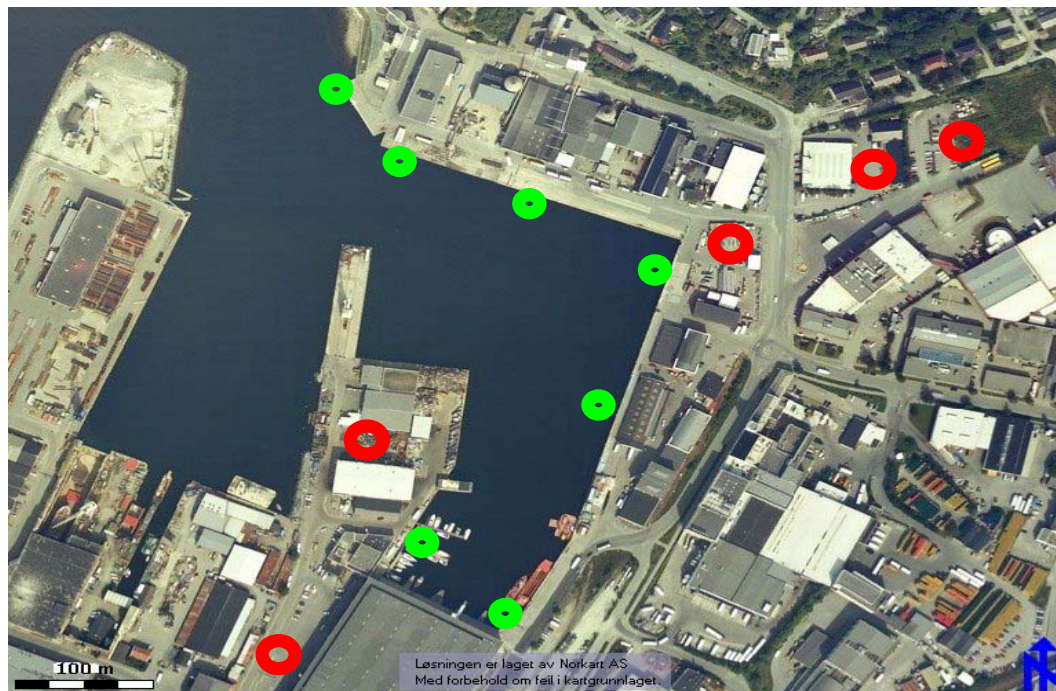
**Figur 10** Innsamling av sedimentprøve fra sandfangskum. Prøven er full av malingsflak fra den nærmeste husfasaden.

### Løsmasseprøver innsamlet med boremaskin

På fem utvalgte lokaliteter ble det tatt ut prøver fra 14 prøver med sovlborv forurensningsnivåer ved ulike dybder (Røde sirkler i Figur 11). Boreprøvene ble tatt med kommunens boremaskin utstyrt med skovlbor (Figur 12). Det ble tatt ut blandprøver fra 0-1 m, 1-2 m og 2-3 m under overflaten. På det første prøvepunktet (501) bestod massene av pukk. Det var ikke mulig å ta prøve for intervallet 0-1 m her. Boreprøvene er merket 502-515. Utfyllende informasjon om boreprøvene er gitt i tabell 1.

**Tabell 1 Beskrivelsene av massene observert ved boring av fem lokaliteter i området Ladedalen – Nyhavna (Figur 11).**

Lokalitet/Gnr/Bnr	Prøvenummer Prøvedyp	Massetype	Kommentar
414/366	501/ 0-1m	Pukk	Ingen prøve
414/366	502/ 1-2 m	Fyllmasser	Fra 1,2 til 2,4 meter består fyllmassene av gassverksavfall
414/366	503/ 2-3 m	Fyllmasser	
414/358	504/ 0-1 m	Naturlig fyllmasser	Pukk og grus
414/358	505/ 1-2 m	Naturlig fyllmasser	Sand og grus
414/358	506/ 2-3 m	Naturlig fyllmasser	Sand og grus
439/7-4	507/ 0-1 m	Naturlig fyllmasser	
439/7-4	508/ 1-2 m	Naturlige og antropogene fyllmasser	Murstein, grus og stein
439/7-4	509/ 2-3 m	Naturlige og antropogene fyllmasser	Murstein, grus og stein
439/181	510/ 0-1 m	Leire	Naturlige masser
439/181	511/ 1-2 m	Leire	Naturlige masser
439/181	512/ 2-3 m	Leire	Naturlige masser
439/39	513/ 0-1 m	Antropogene masser og sand	Oljeholdige masser øverst
439/39	514/ 1-2 m	Sand	Naturlige meget permeable masser
439/39	515/ 2-3 m	Sand	Naturlige meget permeable masser



**Figur 11 Prøvetakingslokaliteter for boring (røde sirkler) og havnesedimenter (grønne sirkler).**



**Figur 12: Boring og opptak av løsmasseprøver med skovlbor.**

### Havnesedimenter

For å kontrollere og kartlegge omfanget av transporten av forurensninger til havnesedimentene, ble det tatt prøver av 7 sedimenter utvalgte steder langs kaikantene i Nyhavna (figurene 11 og 13). Dette ble gjort med Niemistö prøvetaker som ble senket på bunnen. Fra sedimentene ble det tatt ut i kjerne på 2-3 cm. Noen få ganger ble det tatt ut en litt lengre kjerne. Den ble da delt i to deler merket T (for topp) og B (for bunn). Havnesedimentprøvene er merket 601-607.



**Figur 13 Prøvetaking av havnesedimenter fra kaikanten.**

## Prøvepreparering

Prøvene for analyse av metaller ble prepart ved NGUs laboratorium i Trondheim. De ble først tørket ved 30 °C i 3-4 uker, og deretter siktet gjennom nylonsikt med maskeåpning 2 mm. Grovfraksjonen ble kastet og finmaterialet ble analysert for innholdet arsen og metaller. Prøvene for bestemmelse av organiske miljøgifter (PCB og PAH) ble ikke preparert før de ble sendt til ALcontrol Laboratories i Lindköping i Sverige for bestemmelse av PAH og PCB.

## Kjemiske analyser

### Analyser av metaller

Metaller ble bestemt i 179 prøver ved NGUs laboratorium. 1,000 g tørr, finkornet prøve ble tilsatt salpetersyre (7 M, 20 mL) og plassert i autoklaven i 30 minutter ved 120 °C i samsvar med Norsk Standard – NS 4770. Løsningen ble analysert med en Perkin Elmer Optima 4300 Dual View ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) for metallene bortsett fra kvikksølv og tinn. Kvikksølv ble bestemt ved AAS, med instrumentet CETAC M-6000A Hg Analyzer (Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry, CVAAS). Tinn ble analysert ved AAS med instrumentet Perkin Elmer SIMAA 6000. (NGU Laboratorie, 2008)

### Analyser av PAH og PCB

Organiske miljøgifter ble analysert ved ALcontrol Laboratories i Lindköping. Innveining ble foretatt av vått materiale og organisk materiale ble ekstrahert med heksan. Prøvene ble analysert for PAH ved bruk av GC-MS (Gas Chromatography - Mass Spectrometry). Prøvene ble analysert for PCB ved bruk av GC-ECD (Gas Chromatography - Electron Capture Detector). (ALcontrol, 2008). Innholdet av 16-PAH-forbindelser ble bestemt i 74 prøver, mens 7-PCB-forbindelser ble bestemt i 81 prøver.

### Analysemetodenes deteksjonsgrenser

De ulike metodene for analyse av metallene og PAH og PCB har ulike deteksjonsgrenser og usikkerhet i målingene. Dette er systematisert i tabell 2.

**Tabell 2:** Oversikt over analytt, metode, deteksjonsgrenser og usikkerhet i målingene. (NGU laboratorie, 2008, ALcontrol, 2008)

Analytt	Metode	Deteksjonsgrense (mg/kg)	Usikkerhet
Arsen (As)	ICP-AES	2,00	± 20 % rel
Bly (Pb)		1,00	± 10 % rel
Kadmium (Cd)		0,10	± 10 % rel
Kobber (Cu)		0,50	± 10 % rel.
Krom (Cr)		0,20	± 10 % rel

Nikkel (Ni)		1,00	± 10 % rel
Sink (Zn)		1,00	± 15 % rel
Tinn (Sn)	AAS	3,00	± 15 % rel
Kvikksølv (Hg)	AAS – Hg kalddampeteknikk	0,01	± 15 % rel.
Polyaromatiske hydrokarboner (PAH), ALcontrol	GC-MS	0,01	± 25 % rel.
Polyklorerte bifenylar (PCB), ALcontrol	GC-ECD	0,001	± 25 % rel.

### Røntgen fluoriscens (XRF)

Det ble benyttet et håndholdt røntgen fluorescens instrument (XRF) for å bestemme konsentrasjonen av ulike grunnstoffer i maling og fugemasser på bygg i nærheten av sandfangskummer som det ble tatt prøver fra. Det ble utført 255 målinger på hovedsakelig husfasader.



**Figur 14** Måling av grunnstoffinnhold med et håndholdt XRF-instrument.

### **Kvalitetssikring**

For kvalitetssikring ble det i 26 kummer tatt ut duplikatprøver. Likhetene eller forskjellene mellom resultatene på de to parallellene vil si noe om hvor reproducerbare resultatene for innholdet i sandfangsmassene er. En naturlig årsak til variasjon er inhomogent materiale i sandfangskummene. I tillegg kommer påvirkninger som skyldes, innveining og oppslutning i laboratoriet og apparatnøyaktighet ved bestemmelse av konsentrasjoner.

## Statistisk behandling av data

Excel ble benyttet til å bestemme median, middel, minimum og maksimum i datasettene. Excel ble også benyttet til å beregne feilprosent ut fra absolutt usikkerhet. Ved statistisk behandling av data ble verdier under deteksjonsgrensen satt til halve verdien av deteksjonsgrensen.

Tilstandsklassene for marine sedimenter (Tabell 3 og 4) er benyttet ved produksjon av geokjemiske kart. Symbolstørrelsen øker med økende tilstandsklasse.(SFT, 2008).

**Tabell 3:** Klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i sedimenter. (SFT, 2008)

	<b>I Bakgrunn</b>	<b>II God</b>	<b>III Moderat</b>	<b>IV Dårlig</b>	<b>V Svært dårlig</b>
<b>Metaller</b>					
Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
Bly (mg Pb/kg)	<30	30 - 83	83 - 100	100 - 720	>720
Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 – 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
Kobber (mg Cu/kg)	<35	35 - 51	51 - 55	55 - 220	>220
Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000
Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.15	0,15 – 0,63	0,63 – 0,86	0,86 - 1,6	>1,6
Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30 - 46	46 - 120	120 - 840	>840
Sink (mg Zn/kg)	<150	150 - 360	360 - 590	590 - 4500	>4500
<b>PAH</b>					
Naftalen (µg/kg)	<2	2- 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
Acenaftalen (µg/kg)	<1,6	1,6 - 33	33 - 85	85 - 850	>850
Acenaften (µg/kg)	<4,8	4,8 - 160	160 - 360	360 - 3600	>3600
Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 260	260 - 510	510 - 5100	>5100
Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	>2300
Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2 - 31	31 - 100	100 - 1000	>1000
Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	>2600
Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	>5600
Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6 - 60	60 - 90	90 - 900	>900
Chrysen (µg/kg)	<4,4	4,4 - 280	280 - 280	280 - 560	>560
Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	>4900
Benzo[k]fluoranten (µg/kg)	<210	210 - 480	480 - 4800	>4800	
Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	>4200
Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	>700
Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	>12000
Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
PAH16 (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000
<b>Andre organiske miljøgifter</b>					
PCB7 (µg/kg)	<5	5 - 17	17 - 190	190 - 1900	>1900



**Tabell 4: Miljøeffekt for ulike tilstandsklasser. (SFT, 2008)**

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksisk effekt ved korttids-eksponering	Omfattende akuttoksiske effekter

Tinn er ikke klassifisert i tilstandsklasser. For inndeling i intervaller ble det laget kumulativfrekvens graf i Excel. Det laveste intervallet ble valgt så det inneholdt ca 30 % av de laveste verdiene. Videre ble klassene for femdelte logaritmisk skala benyttet (Bølviken, 1973). For inndeling i intervaller for å lage kart over XRF resultatene ble det laget kumulativ frekvensgrafer som for tinn og benyttet samme intervallinndelingsmetode. Antall klasser varierte veldig fra grunnstoff til grunnstoff på grunn av variasjon i spredningen på målingene. For XRF-målingene ble kun målingene med usikkerhet mindre enn 30 % benyttet.

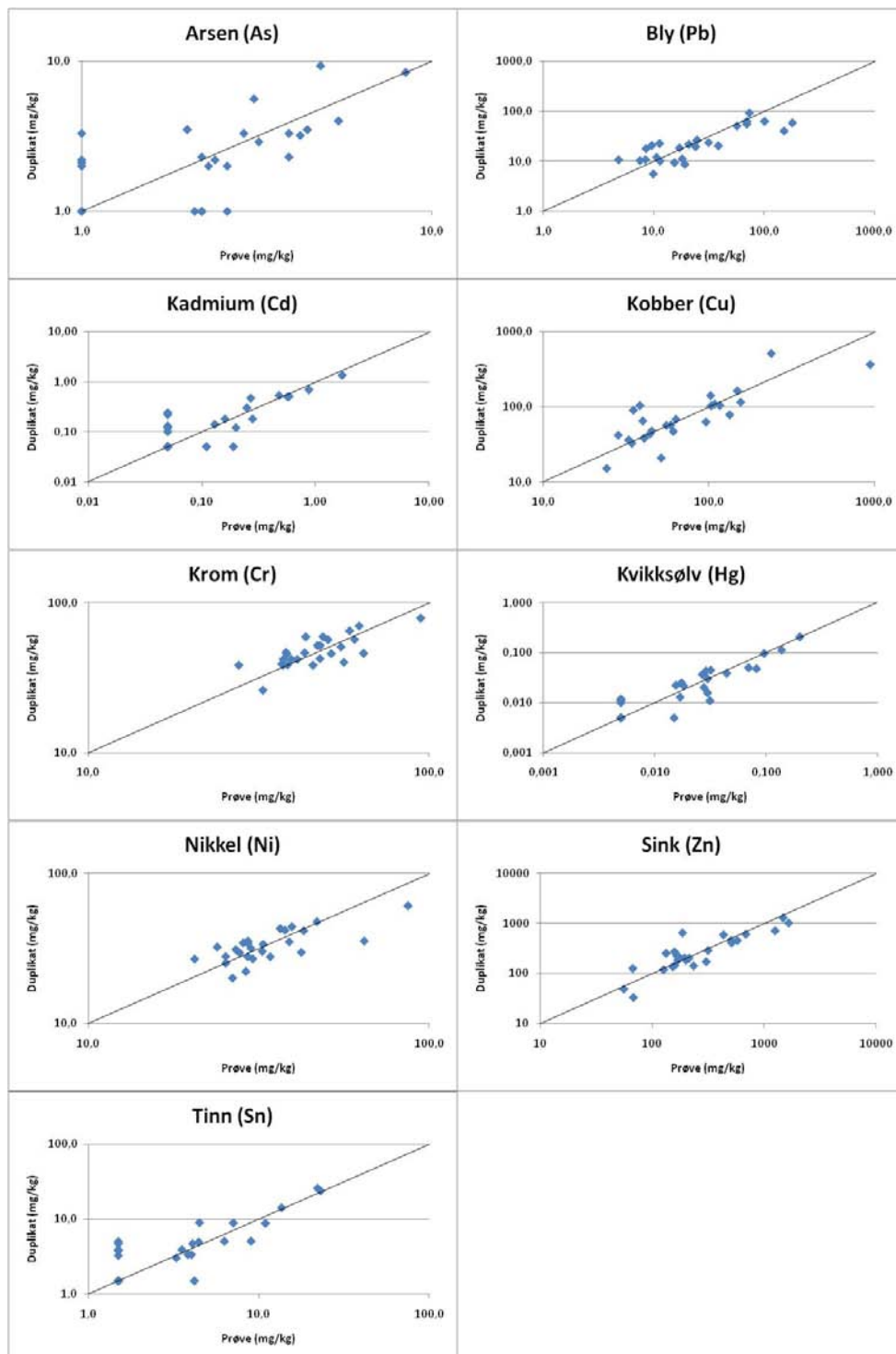
GIS-programmet ArcGIS ble benyttet til å plassere prøvepunktene på kart og til å lage alle de geokjemiske kartene.

## Resultater og kommentarer

Fullstendige tabeller med resultater for sandfangsprøver, borekjerner og havnesedimenter er gitt i vedleggene 1-6. Median-, middel-, minimum- og maksimumsverdier for de ulike stoffene i sandfangsprøver, borekjerner og havnesedimentene er gitt i tabellene 5, 6, 7 og 8. Geokjemiske kart for arsen, metaller, PAH-forbindelser og PCB<sub>7</sub> er gitt i figurene 17-00.

## Kvalitetssikring

Grafer for korrelasjon mellom konsentrasjonen av metaller i originalprøve og duplikatprøve er gitt i figur 15. Reproduserbarheten er dårligst for arsen, men alle stoffene har akseptel kvalitet. Ingen duplikatprøver ble analysert for organiske miljøgifter.



Figur 15: Resultater for duplikatprøvene.

## **Sandfangsmasser og husfasader**

Resultatene for kjemisk analyse av sandfangsmassene, husfasader og havnesedimenter er dokumentert i tabellene 5-8 og figurene 19-53.

### Sandfangsmasser

For arsen er det ingen målinger i området med konsentrasjoner over tilstandsklasse I (Figur 19).

For bly ligger 10% av prøvene i tilstandsklasse 4. De fleste høye blyverdiene er konsentrert i området rundt Veolia miljø og Båtsalg AS (Figur 21). Forhøyede blykonsentrasjoner er også påvist i kummer inne på området til EC Dahls bryggeri. Innholdet av bly er lavt i kummene langs Nidelva nedre løp og på Solsiden. De fleste prøvene har et blyinnhold tilhørende tilstandsklasse 1 og 2. Konsentrasjonene av bly er sammenliknbare med verdiene som ble målt i 2007 (Egeded-Nissen, 2008).

Kadmium (Figur 24) har de høyeste verdiene plassert i kummer rundt Veolia miljø. Den ene verdien i klasse IV er i dette området (punkt 315). Kadmiumverdiene målt i dette området er sammenliknbare med verdiene fra 2007, bortsett fra verdien i punkt 315 som da ikke ble målt. For resten av det kartlagte arealet er kadmiumverdiene lave (tilstandsklasse 1-2).

For kobber (Figur 26) er det generelt høye verdier i hele området. Medianen er i tilstandsklasse IV noe som tyder på at det er mange og spredte kilder til kobber i hele det undersøkte området. Også i 2007 var det høye verdier for kobber i området ved Nyhavna, alle målinger var i klasse IV og V. Kobberkilden er sannsynligvis naturlige mineralpartikler.

Det er ingen målinger av krom (Figur 28) med konsentrasjoner over tilstandsklasse II og medianen er i klasse I. Verdiene er sammenliknbare med verdiene fra 2007.

De aller fleste verdiene for kvikksølv (Figur 30) er lave og tilhører klasse I og II, medianen er i klasse II. Fire kummer ved Veolia miljø skiller seg ut med verdier i klasse IV og V. I 2007 ble det ikke funnet noen verdier i området høyere enn klasse II.

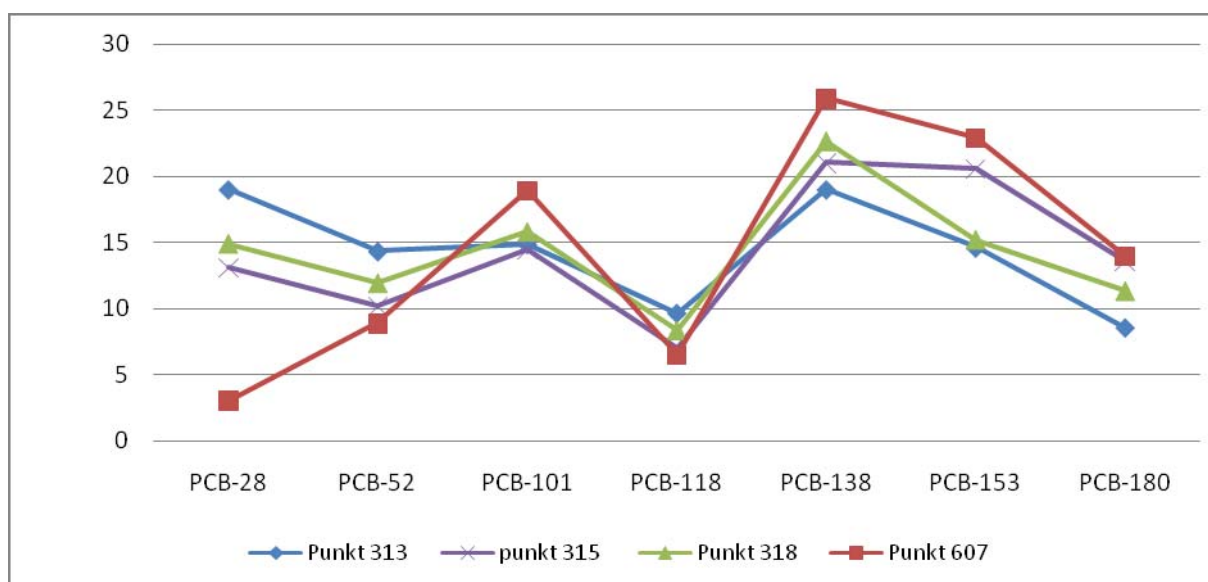
Nikkel (Figur 31) har mange verdier i klasse I og II, men også klasse III og IV er godt representert. De høyeste konsentrasjonene av nikkel ble påvist i kummer inne på området til EC Dahls bryggeri.

Det er god spredning på verdiene for sink (Figur 33). Medianen er i tilstandsklasse II, mens maksimumverdien er i klasse IV.

For tinn (Figur 35) er det ikke definert tilstandsklasser. Høye verdier er spredt over store deler av området, og noen av de høyeste er i området rundt Veolia miljø. Verdiene er sammenliknbare med verdiene som ble målt i 2007.

For bly, kobber, kvikksølv og sink ligger maksverdiene godt over grenseverdiene for hva som kan leveres på Tiller gamle grustak (Trondheim kommune).

Massene i de fleste kummene har PCB-konsentrasjon i klasse I og II, medianverdien er i klasse II (Figur 36). De høyeste verdiene er som for de fleste andre stoff lokalisert rundt Veolia miljø. Disse verdiene er i klasse IV. Verdier målt i jord inne på Veolias område i 2007 (4,05 mg/kg) viser betydelig høyere verdier enn de funnet i sandfang i år (0,442 mg/kg), men ellers er verdiene sammenliknbare. PCB-profilene fra kum 313, 315 og 318 tyder på at de tre kummene har samme kilder til PCB (Figur 16). Havnesedimentet (607) skiller seg mer fra de tre kummene, den største forskjellen er for PCB-28. Forskjellene kan skyldes at PCBen stammer fra en eller flere andre kilder i tillegg til de som påvirker kummene. Det kan også skyldes at nedbrytningstiden til de ulike PCBene er forskjellig i saltvann og ferskvann. (Jartun, 2008).

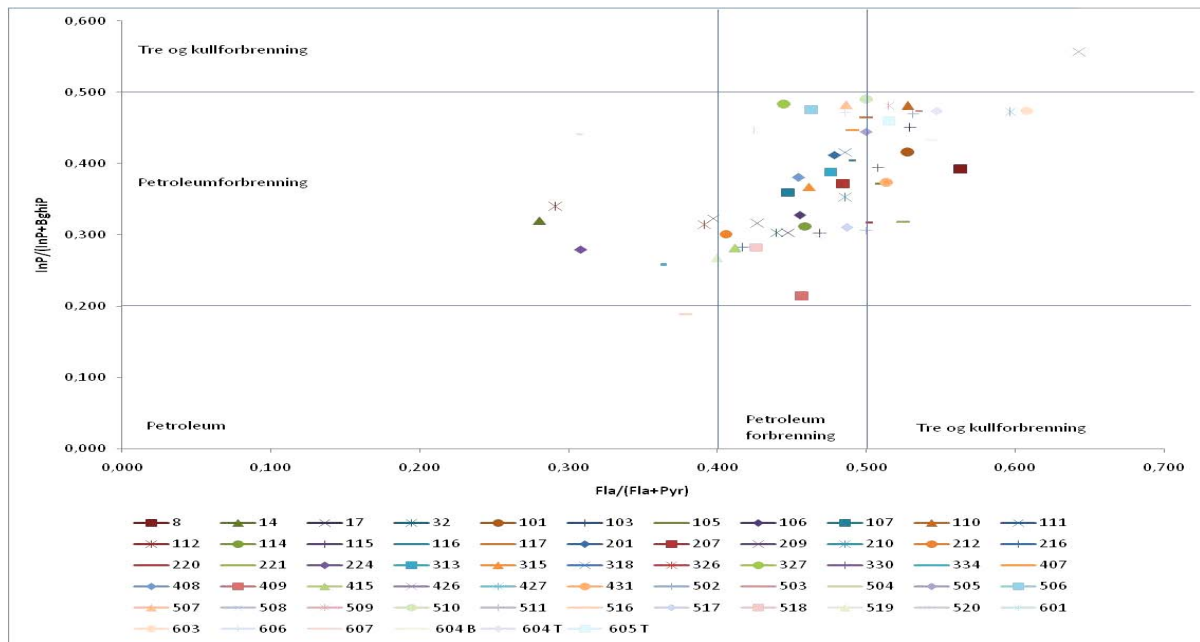


**Figur 16 PCB-profil for tre ulike sandfangskummer (313, 315 og 318) og havbunnsediment (607) i nærheten av de kummene.**

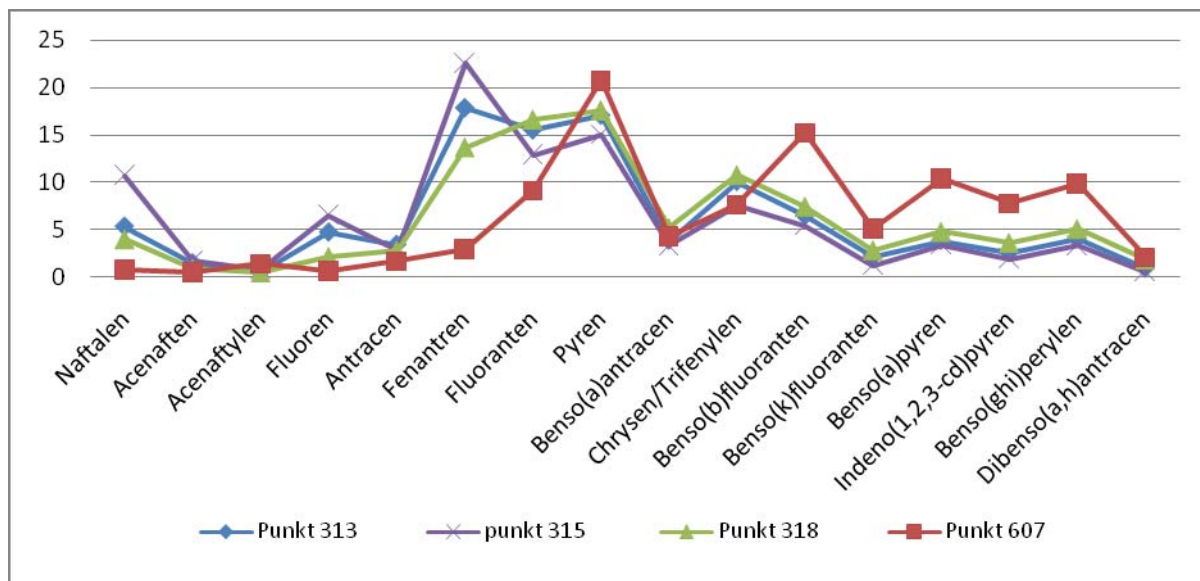
For PAH16 (Figur 37) er det mange lave verdier (Tabell 5 og 6). Medianen ligger i klasse II, men maksimumsverdien er i klasse V. De høyeste verdiene er funnet i området ved Ladedalen og på Pir II. I området rundt Veolia miljø er det konsentrasjoner i klasse IV. Resultatene er sammenliknbare med tilsvarende område fra 2007. Ratioplottene indikerer sterkt petroleumforbrenning som kilde for PAH-forbindelsene.

PAH-forbindelsene (Figurene 37-53) havner gjennomgående høyere tilstandsklasse enn metallene. For PAH-forbindelsene crysen, benzo(ghi)perylene og fenantren havner relativt mange prøver i tilstandsklasse 5.

PAH-profilene fra kum 313, 315 og 318 og havnesediment 607 (Figur 18) tyder på at disse kummene har samme kilde til PAH.



Figur 17 Ratioplott for punkt med konsentrasjoner over deteksjonsgrensen for involverte PAH-er.



Figur 18 PAH-profil for tre ulike sandfangskummer (313, 315 og 318) og havbunnsediment (607) i nærheten av de kummene.

**Tabell 5 Median, middel, minimum og maksimum for innholdet av arsen, metaller, PAH og PCB i prøver av sandfangsmasser**

	Median	Middel	Minimum	Maksimum	Antall
<b>Metaller</b>					
Arsen (mg As/kg)	2,6	3,0	1	19,2	159
Bly (mg Pb/kg)	23,5	46,4	4,8	572	159
Kadmium (mg Cd/kg)	0,16	0,53	0,05	21,2	159
Kobber (mg Cu/kg)	69,4	135,8	11,7	1790	159
Krom (mg Cr/kg)	45,6	51,4	22,6	172	159
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,03	0,22	0,01	23,3	159
Nikkel (mg Ni/kg)	32,4	37,4	15,3	154	159
Sink (mg Zn/kg)	271	404	33,2	2070	159
Tinn (mg Sn/kg)	4,3	7,8	1,5	83,3	159
<b>PAH</b>					
Naftalen (mg/kg)	0,05	1,48	0,02	69	52
Acenaftylen (mg/kg)	0,015	0,15	0,02	4,40	52
Acenaften (mg/kg)	0,015	0,10	0,02	3,0	52
Fluoren (mg/kg)	0,05	0,63	0,02	22,0	52
Fenantren (mg/kg)	0,27	2,22	0,02	49,0	52
Antracen (mg/kg)	0,04	0,14	0,02	1,90	52
Fluoranthen (mg/kg)	0,34	2,16	0,03	72,0	52
Pyren (mg/kg)	0,39	1,63	0,02	40,0	52
Benzo[a]antracen (mg/kg)	0,09	0,27	0,02	4,7	52
Chrysen (mg/kg)	0,25	0,71	0,02	13,0	52
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	0,15	0,38	0,02	5,5	52
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	0,05	0,13	0,02	2,0	52
Benzo(a)pyren (mg/kg)	0,09	0,20	0,02	1,3	52
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	0,08	0,14	0,02	0,83	52
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	0,15	0,23	0,02	0,84	52
Benzo[ghi]perylen (mg/kg)	0,03	0,04	0,02	0,21	52
Sum karsinogene PAH	0,80	2,05	0,18	28,0	52
PAH16 (mg/kg)	1,00	8,81	1	170	52
<b>Andre organiske miljøgifter</b>					
PCB7 (mg/kg)	0,1	0,04	0,01	0,44	58

**Tabell 6: Sandfangsmasser: Prosentvis fordeling i de fem tilstandsklassene. Den klassen med flest prøver er markert med rødt.**

	Prosentandel prøver i hver tilstandsklasse				
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
<b>Metaller</b>					
Arsen (mg As/kg)	100	0	0	0	0
Bly (mg Pb/kg)	63	24	5	8	0
Kadmium (mg Cd/kg)	64	33	2,5	0,5	0
Kobber (mg Cu/kg)	12	16	5	55	12
Krom (mg Cr/kg)	90	10	0	0	0
Kvikksølv (mg Hg/kg)	91	6	1	1	1
Nikkel (mg Ni/kg)	41	43	13	2	0
Sink (mg Zn/kg)	15	50	15	20	0
Tinn (mg Sn/kg)	Ingen tilstandsklasser				
<b>PAH</b>					
Naftalen (mg/kg)	11	27	56	4	2
Acenaftylen (mg/kg)	14	53	12	19	2
Acenaften (mg/kg)	14	56	26	4	0
Fluoren (mg/kg)	13	65	7	13	2
Fenantren (mg/kg)	4	63	15	7	11
Antracen (mg/kg)	14	23	32	27	4
Fluoranthen (mg/kg)	0	15	71	8	6
Pyren (mg/kg)	2	29	61	2	6
Benzo[a]antracen (mg/kg)	11	17	18	50	4
Chrysen (mg/kg)	6	48		18	28
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	10	62	11	15	2
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	85	11	4	0	0
Benzo(a)pyren (mg/kg)	10	75	13	2	0
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	15	11	10	60	4
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	45	55	0	0	0
Benzo[ghi]perylen (mg/kg)	8			67	25
PAH16 (mg/kg)	0	60	15	19	6
<b>Andre organiske miljøgifter</b>					
PCB7 (mg/kg)	68		26	6	0

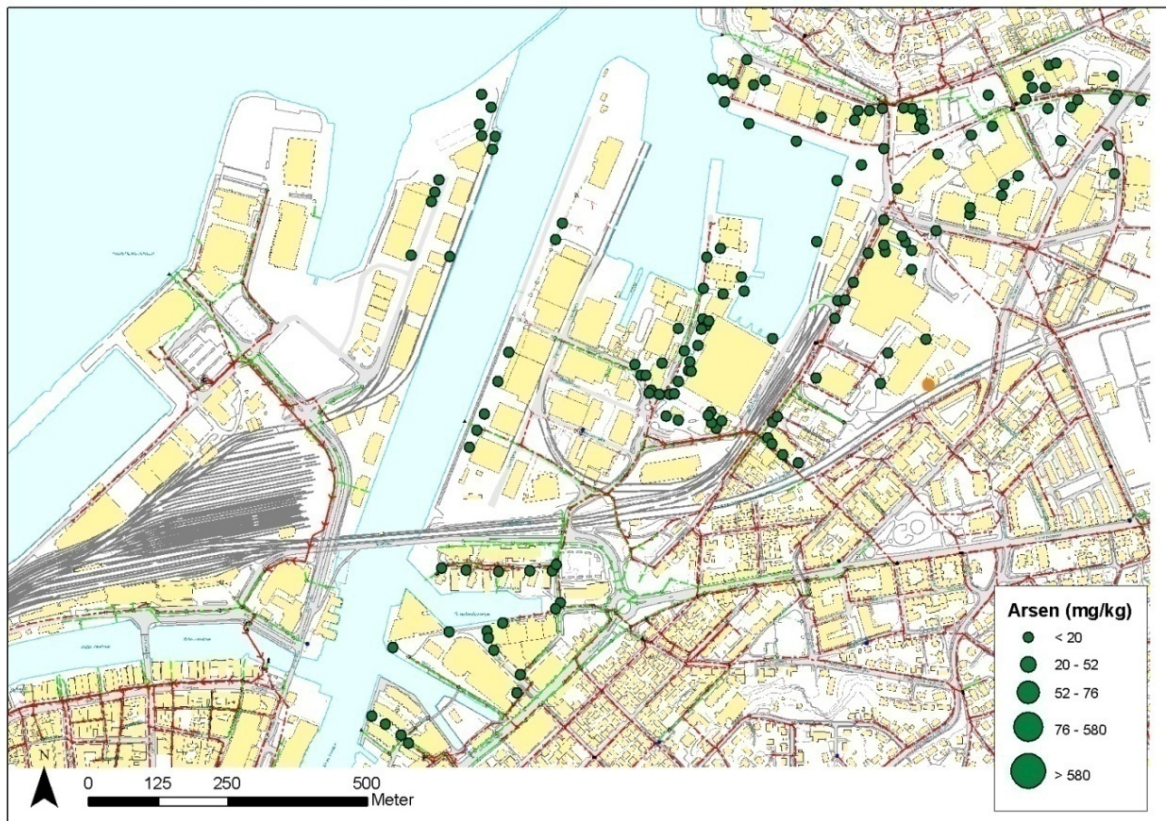
Resultatene fra XRF-målingene er dokumentert i tabell 7. Målepunktene er vist i figur 6. Det er kun målinger med usikkerhet mindre enn 30 % som er benyttet. Sink er det vanligste tungmetall i malingen i de undersøkte husfasader etterfulgt av krom og bly. Arsen påvises bare i 6 av 255 målinger og kadmium i 8 av 255 målinger. Medianverdiene for alle målte grunnstoffer er høye.

**Tabell 7: Resultater fra målinger av husfasader/produkter med bærbar XRF for utvalgte grunnstoffer. Målinger med usikkerhet på mindre enn 30 % er akseptert som pålitelige.**

Stoff	Median (mg/kg)	Middel (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maksimum (mg/kg)	Antall pålitelige målinger	Antall målinger
Arsen	3800	6300	970	13640	6	255
Bly	1435	7550	72	115100	85	255
Kadmium	270	266	130	456	8	255
Kobber	1800	89600	161	958200	32	255
Krom	1435	6900	84	57300	107	255
Nikkel	790	748	321	1160	10	255
Sink	11100	135000	73	978090	205	255
Tinn	325	609	158	5055	21	255
Antimon	680	2305	200	15180	25	255
Klor	46100	155100	8239	695450	58	255

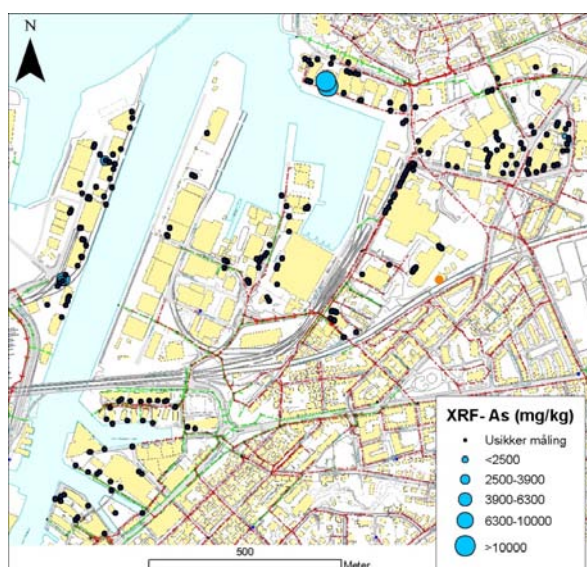


## ARSEN



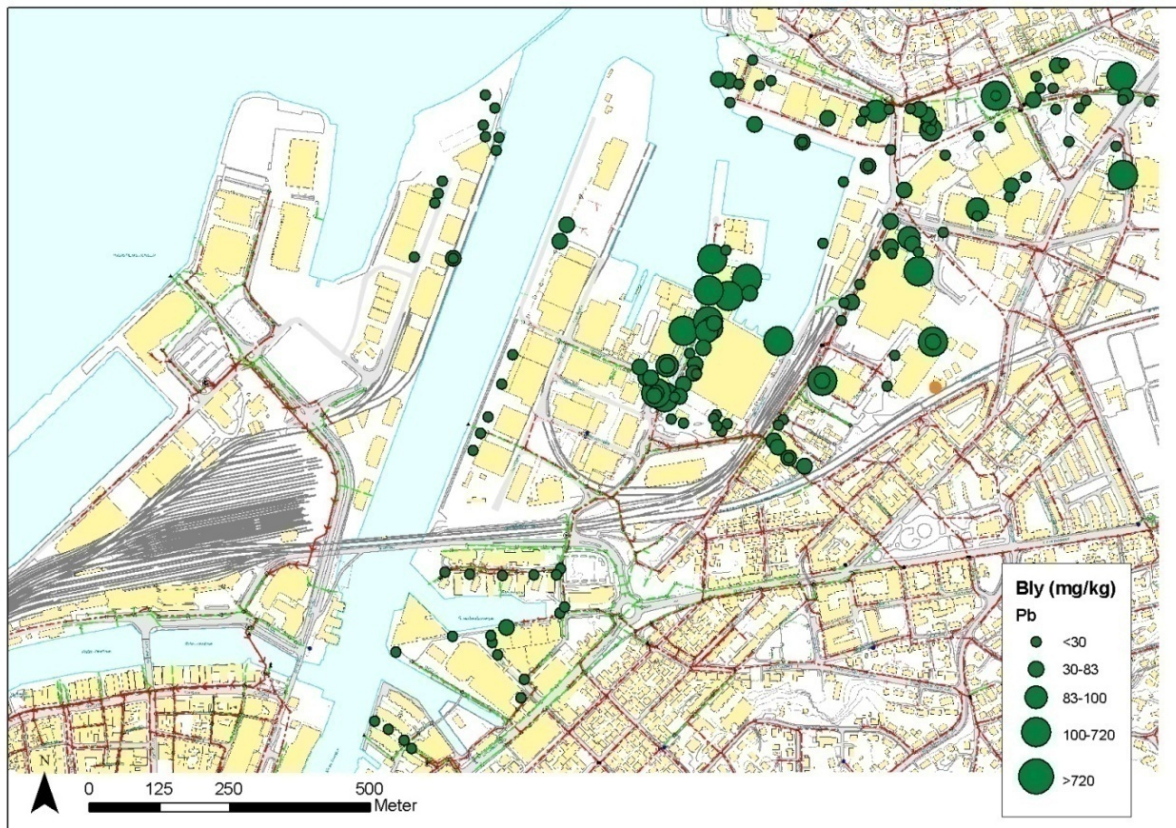
Figur 19: Konsentrasjonen av arsen (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for arsen i marine sedimenter.

Alle sandfangsprøvene havner i tilstandsklasse 1 (Tabell 5 og 6). Høyeste målte konsentrasjon for arsen er 19,2 mg/kg. I havnesedimentene er arsenkonsentrasjonen enda lavere (Tabell 7). Det ble påvist arsen i to målinger i husfasader på Ladehammerkaaien (Figur 20). Det er ikke påvist noe markert arsenkilde i det undersøkte området.

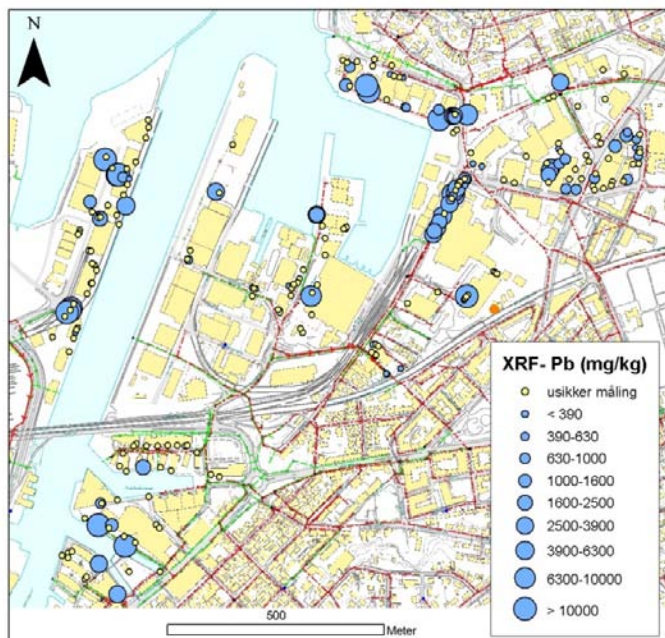


Figur 20 Konsentrasjon av arsen målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF

## BLY (Pb)



Figur 21: Konsentrasjonen av bly (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.



Figur 22: Konsentrasjon av bly målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF

Blyinnholdet i sandfangsmassene faller innenfor tilstandsklasse 1 - 4. Ingen prøver faller i klasse 5 (Tabell 5).

Området ved Dora I og Veolia miljø peker seg med forhøyede blykonsentrasjoner i sandfangsmassene (Figur 21). Ingen av husfasadene i dette området inneholder bly (Figur 19). En annen aktiv blykilde er renspyling av småbåter.

Inne på området til E.C. Dahls bryggeri er det påvist noen kummer med forhøyet innhold av bly. Den gråhvite malingen som dekker de ytre husfasadene inneholder til dels betydelig mengder bly (Figur 22 og tabell 9). Den nåværende spredning er ikke omfattende, men ved fremtidig rehabilitering av fasadene må det gjøres tiltak for å hindre spredning av bly.

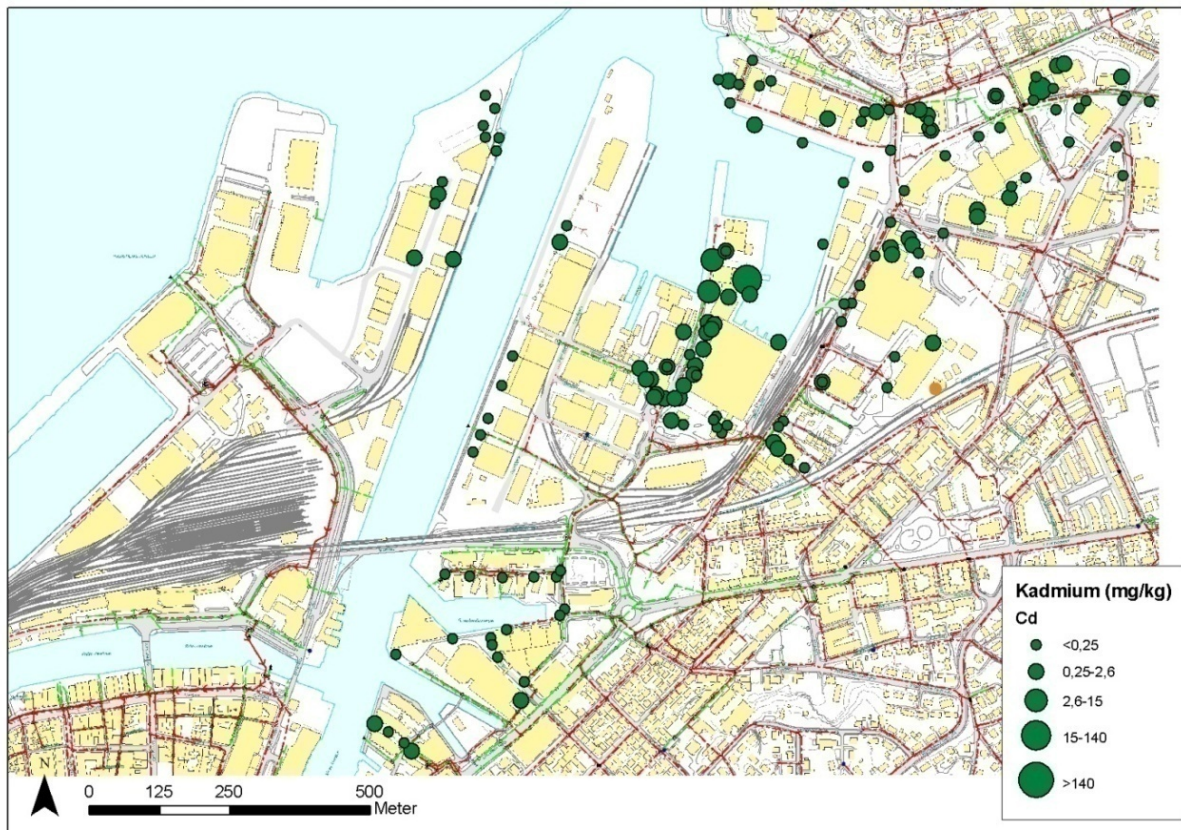
**Tabell 9 Blyinnhold i maling fra fasaden ved E.C. Dahls bryggeri**

Stoff	Median	Middel	Min	Maks	Antall prøver
Bly mg/kg	2477	2776	311	15020	19



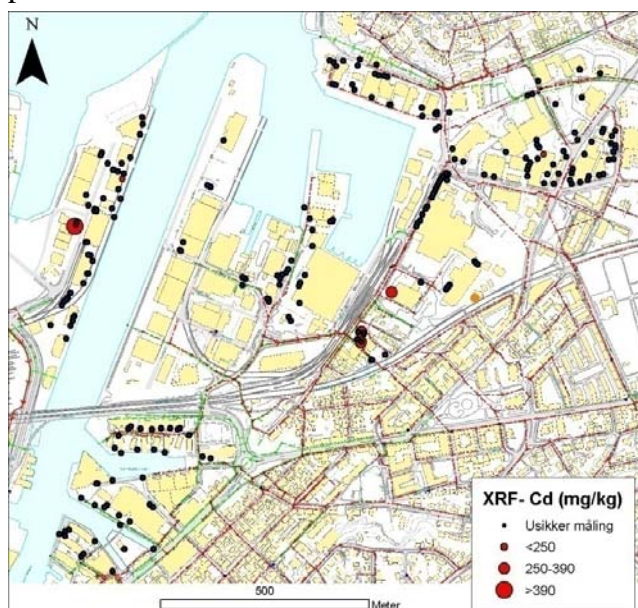
**Figur 23 Den ytre fasaden til E.C. Dahls bryggeri.**

## KADMIUM (Cd)



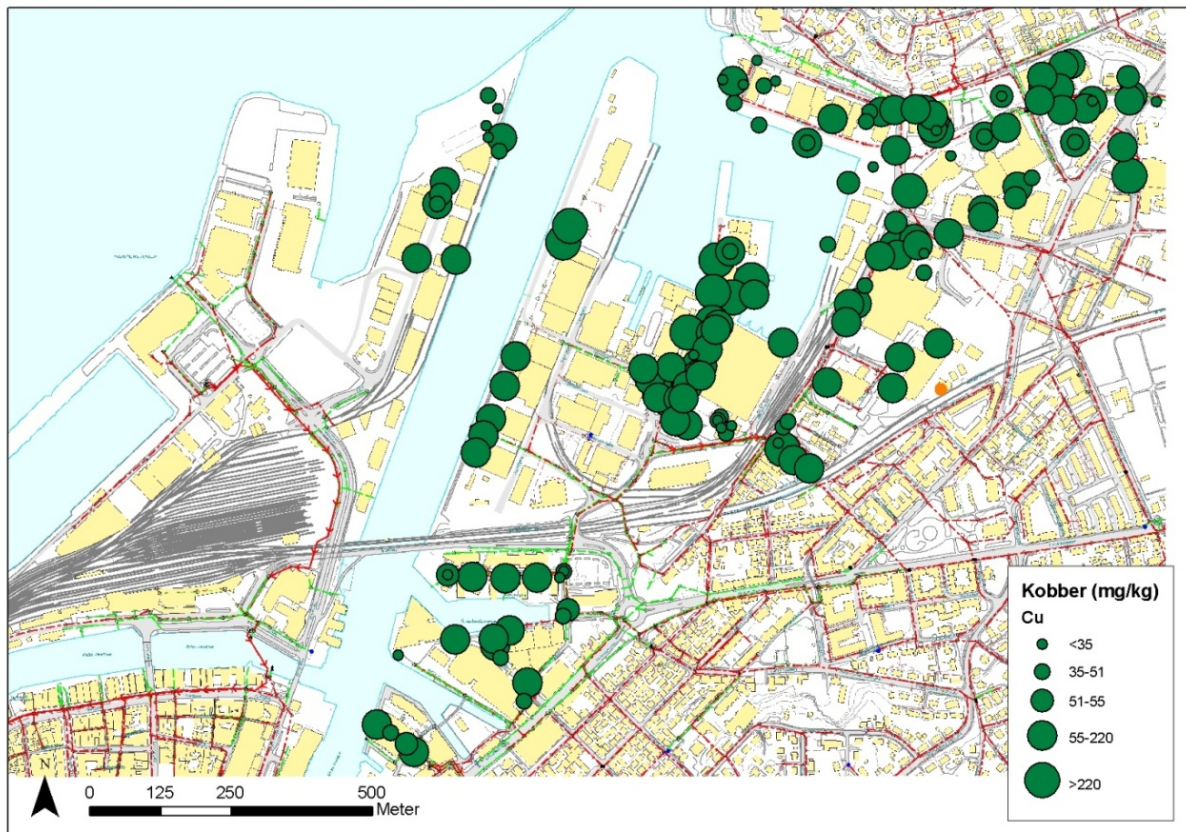
Figur 24 Konsentrasjonen av kadmium (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.

De høyeste kadmiumverdiene er påvist i kummer ved Veolia miljø. Den ene verdien i klasse IV er i dette området (punkt 315). Kadmiumverdiene målt i dette området er sammenliknbare med verdiene fra 2007, bortsett fra verdien i punkt 315 som da ikke ble målt. Det er ikke påvist kadmium i husfasader i området.



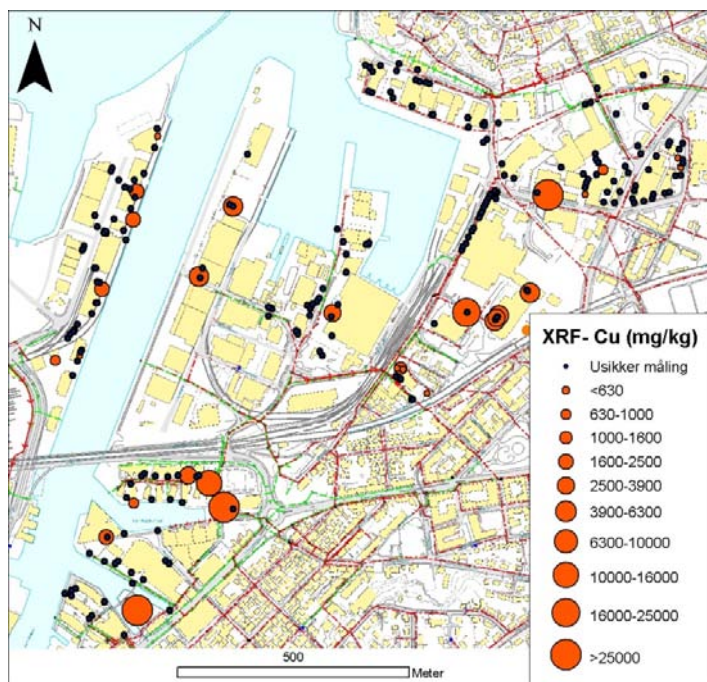
Figur 25 Konsentrasjon av kadmium målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF

## KOBBER (Cu)



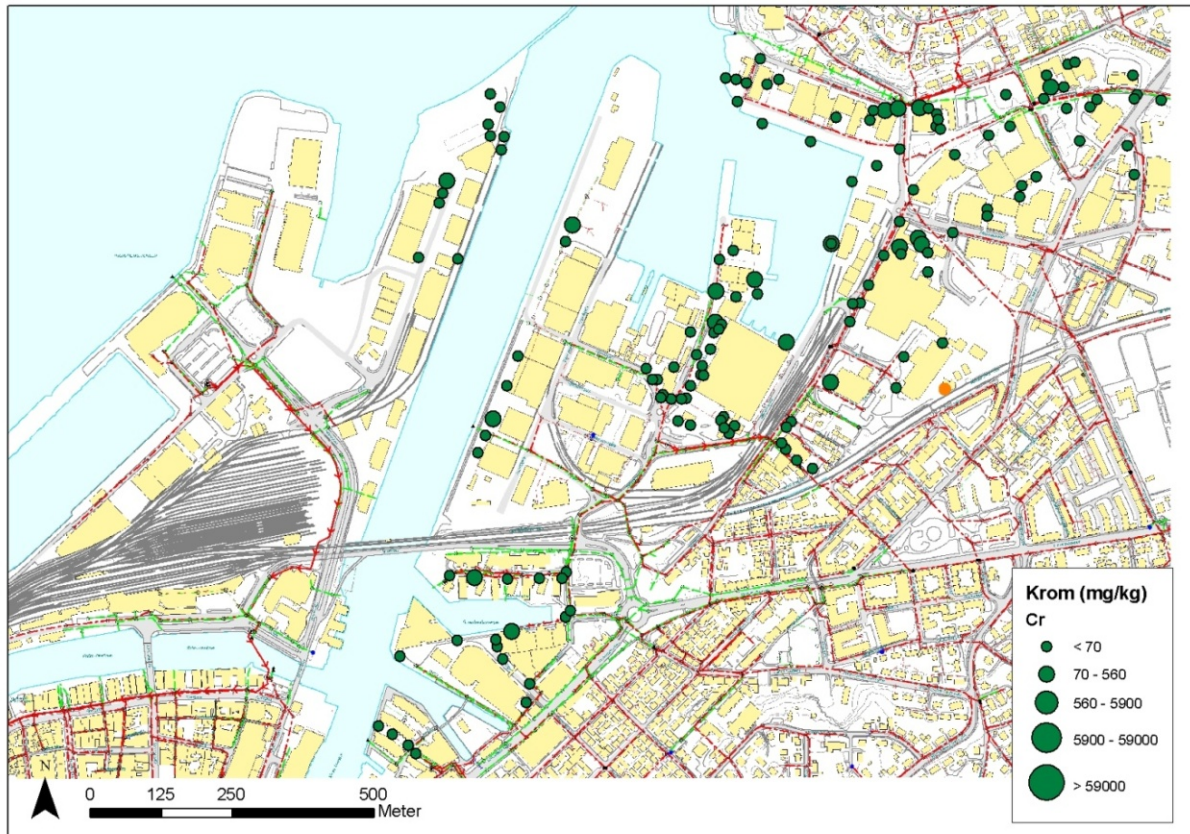
Figur 26: Konsentrasjonen av kobber (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.

67 % av sandfangsprøvene har et kobberinnhold tilsvarende klasse 4 og 5. De er ingen områder som skiller seg ut. Innholdet av kobber, Hovedkilden er sannsynligvis naturlige partikler (jord og støv). Jord i Trondheim har et høyt naturlig innhold av kobber (Ottesen og medarbeider 1995, Ottesen og medarbeidere 2000).



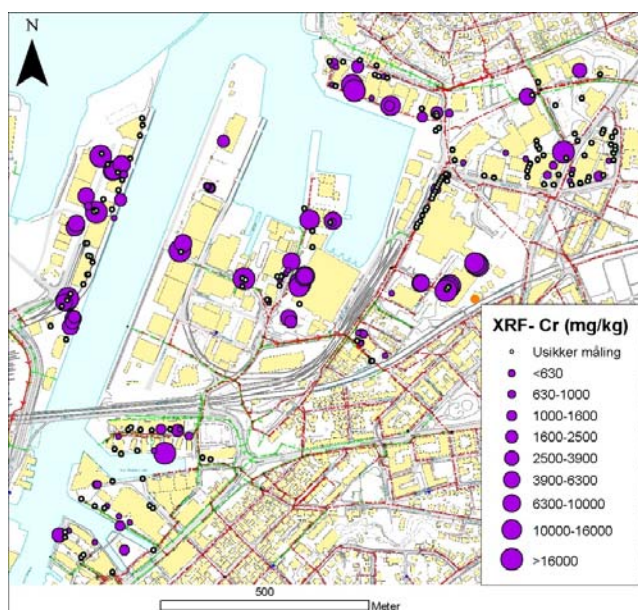
Figur 27 Konsentrasjon av kobber målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF

## KROM (Cr)



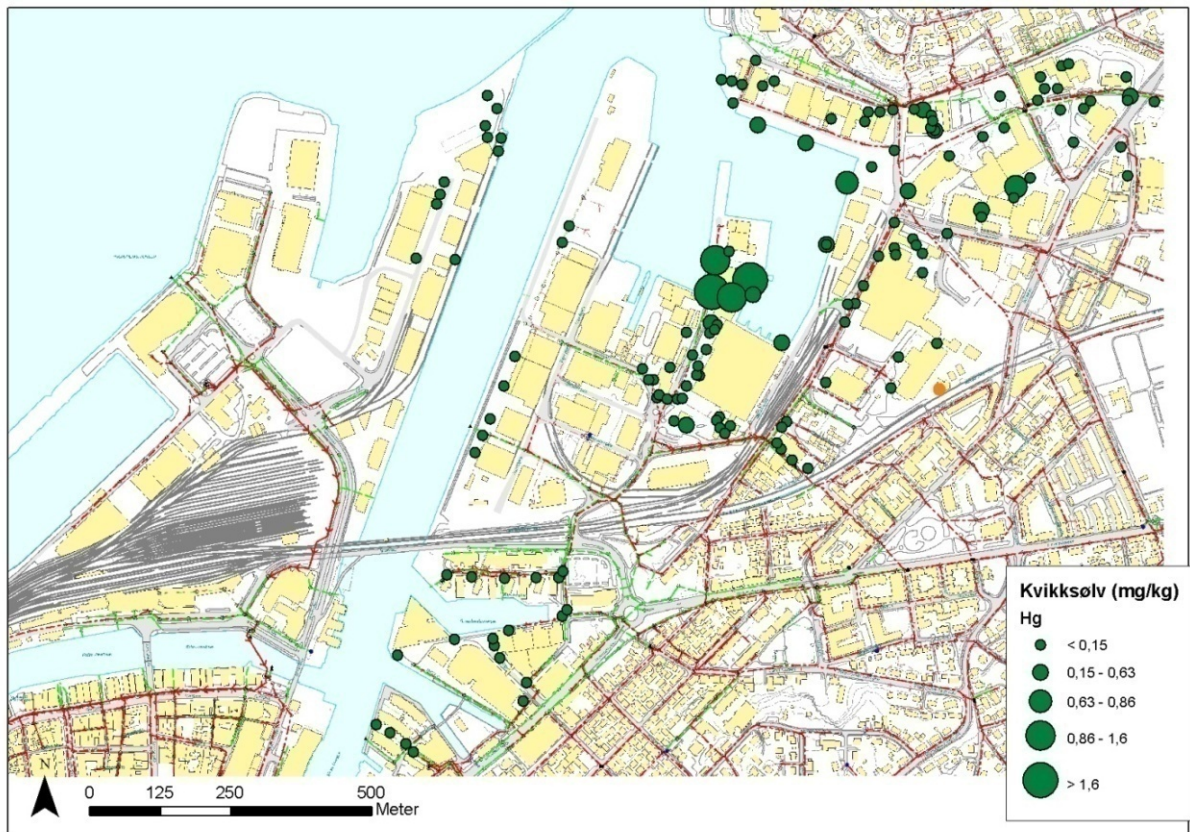
Figur 28: Konsentrasjonen av krom (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.

Krominnholdet i sandfangsmassene ligger på det nivå som er vanlig i jord fra Trondheim. Hovedkilden for krom er sannsynligvis naturlig. Ett vist antropogent bidrag fra malte fasader er sannsynlig (Figur 29).



Figur 29 Konsentrasjon av krom målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF

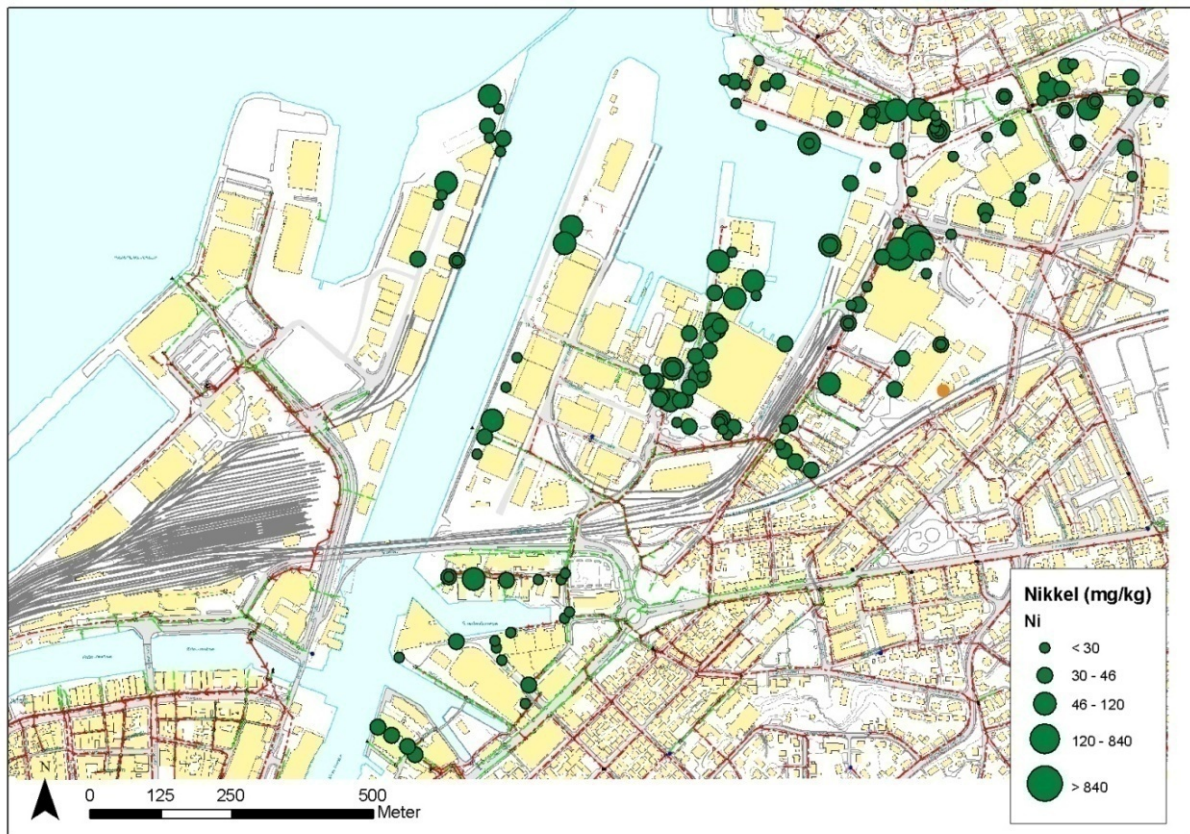
## KVIKKSØLV (Hg)



**Figur 30** Konsentrasjonen av kvikksølv (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.

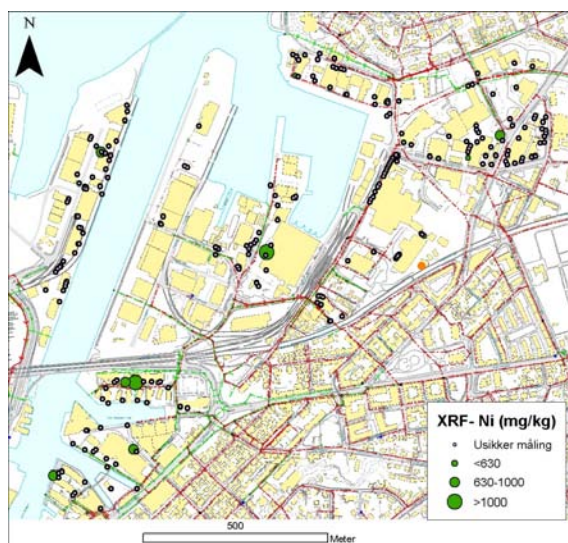
Alle sandfangskummene inne på, og rundt Veolia miljø sitt anlegg, har et høyt innhold av kvikksølv i sandfangsmassene (Figur 29). Høyeste målte konsentrasjon for kvikksølv (23,3 mg/kg) ligger inne på Veolia miljø sitt område.

## NIKKEL (Ni)



**Figur 31:** Konsentrasjonen av nikkel (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.

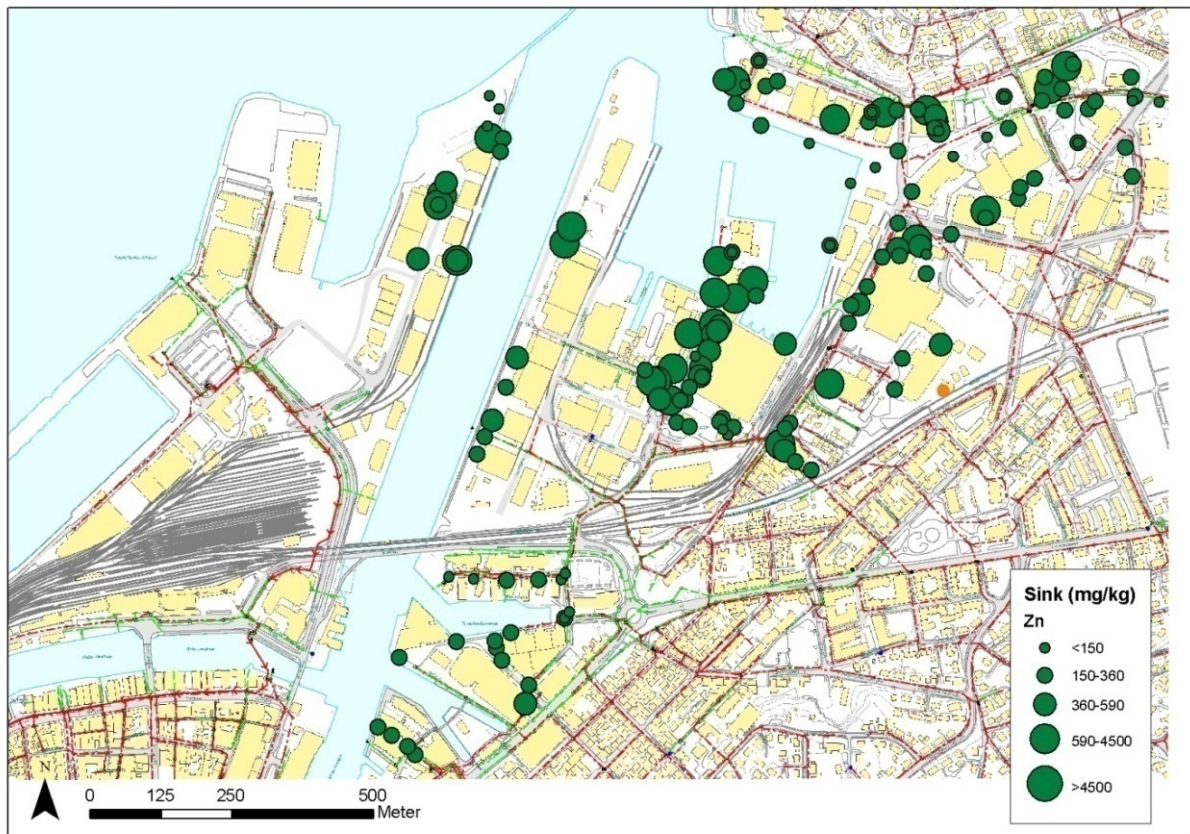
Nikkelinnholdet forekommer oftest i konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklassene 1-3. Inne på området til E.C. Dahls bryggeri påvises forhøyede konsentrasjoner av nikkel, krom, sink og PCB i sedimentene i tre kummer. Nikkel i husfasader er ikke en potensiell kilde.



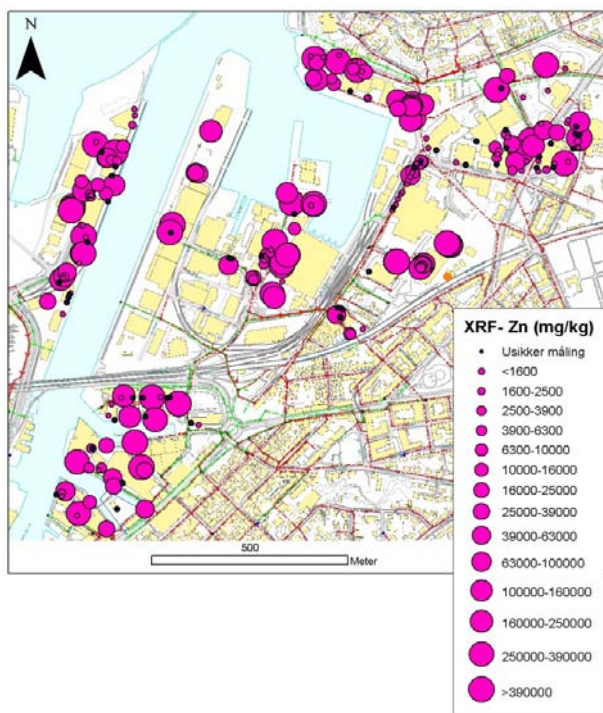
**Figur 32** Konsentrasjon av nikkel målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF



## SINK (Zn)



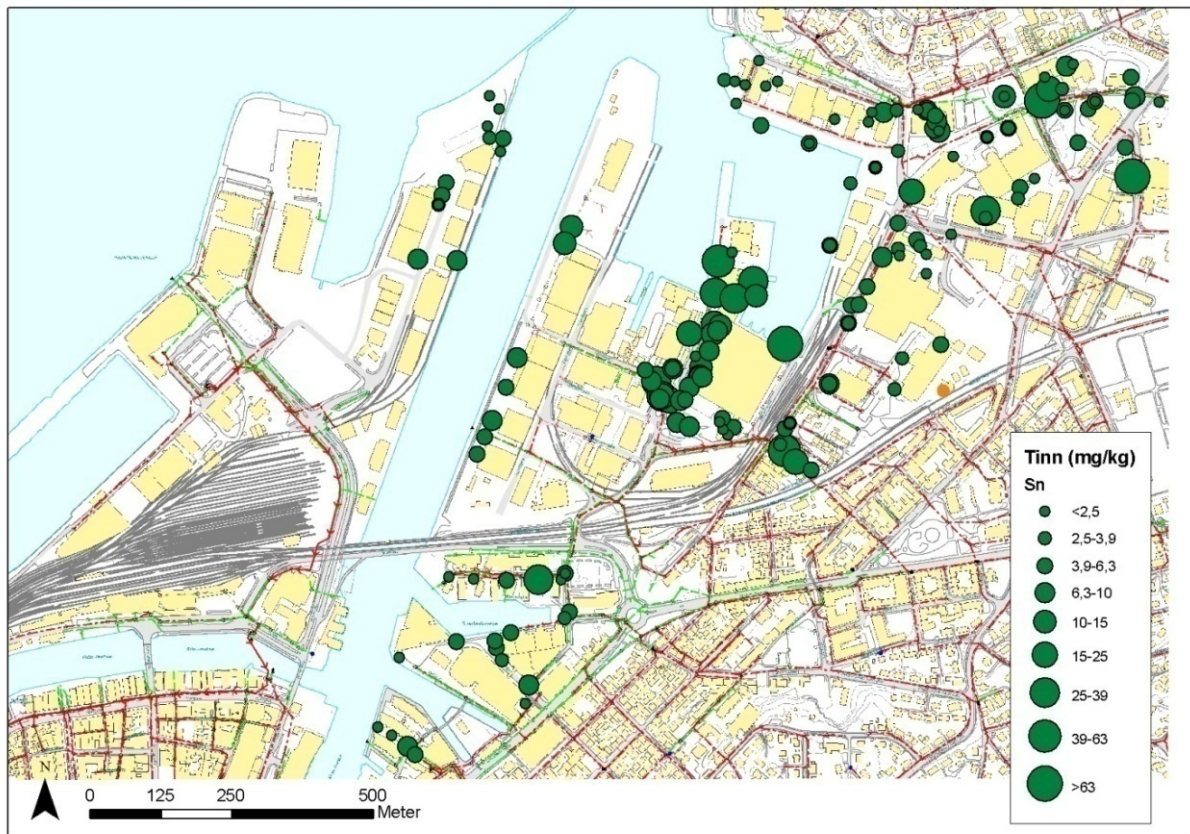
Figur 33: Konsentrasjonen av sink (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.



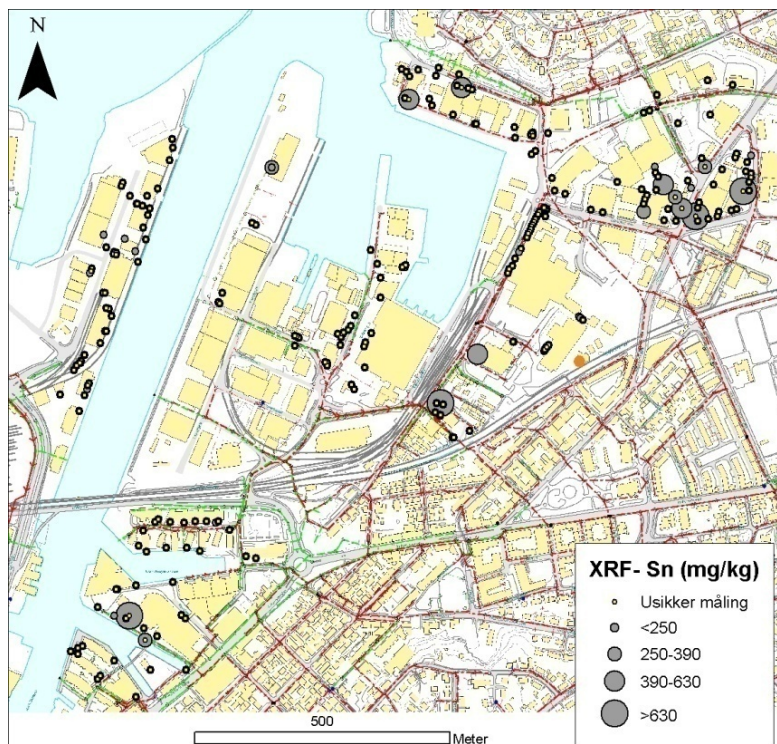
Fordelingen av sink i sandfangsmassene samvarierer i en viss grad med sinkinnholdet i hufasadene.

Figur 34 Konsentrasjon av sink målt hovedsakelig på hufasader med bærbar XRF

## TINN (Sn)

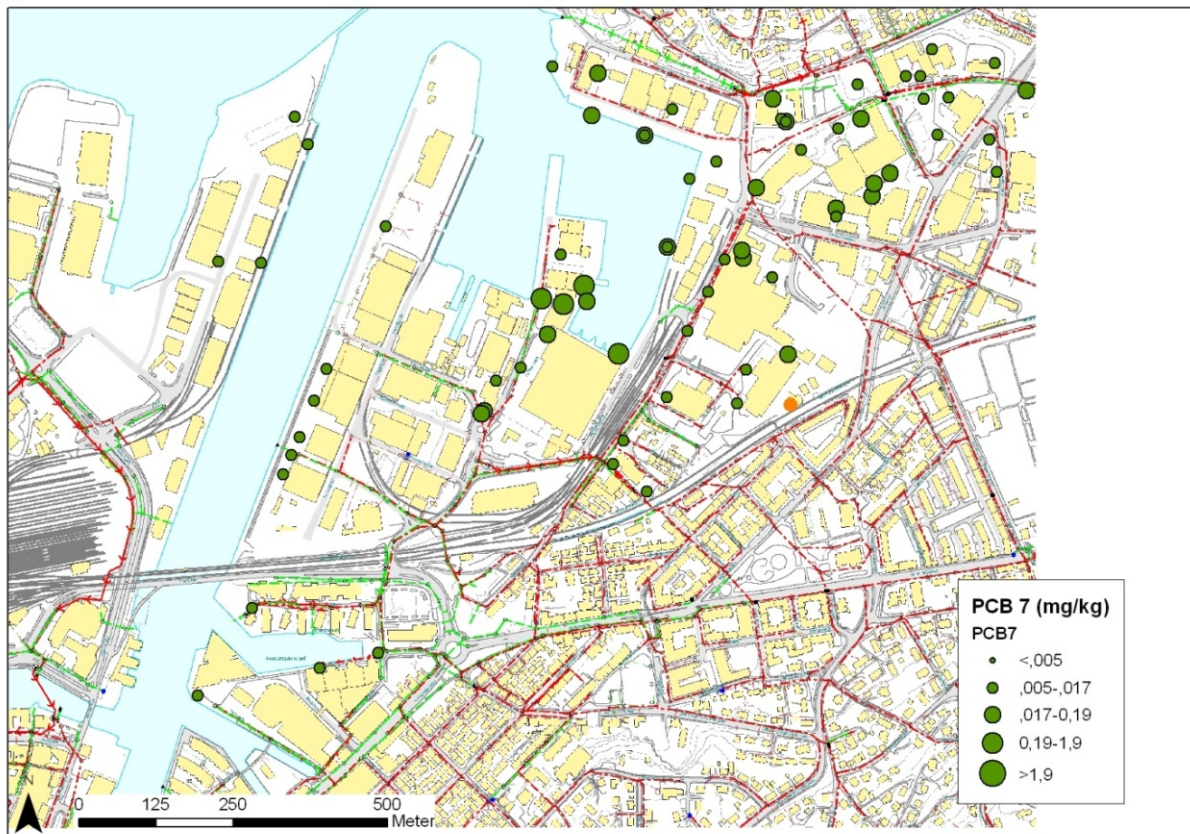


Figur 35: Konsentrasjonen av tinn (mg/kg) i sandfangsmasser. Inndelingen av kartsymbolene er satt lik tilstandsklasser for metallet i marine sedimenter.



Figur 35 Konsentrasjon av tinn målt hovedsakelig på husfasader med bærbar XRF

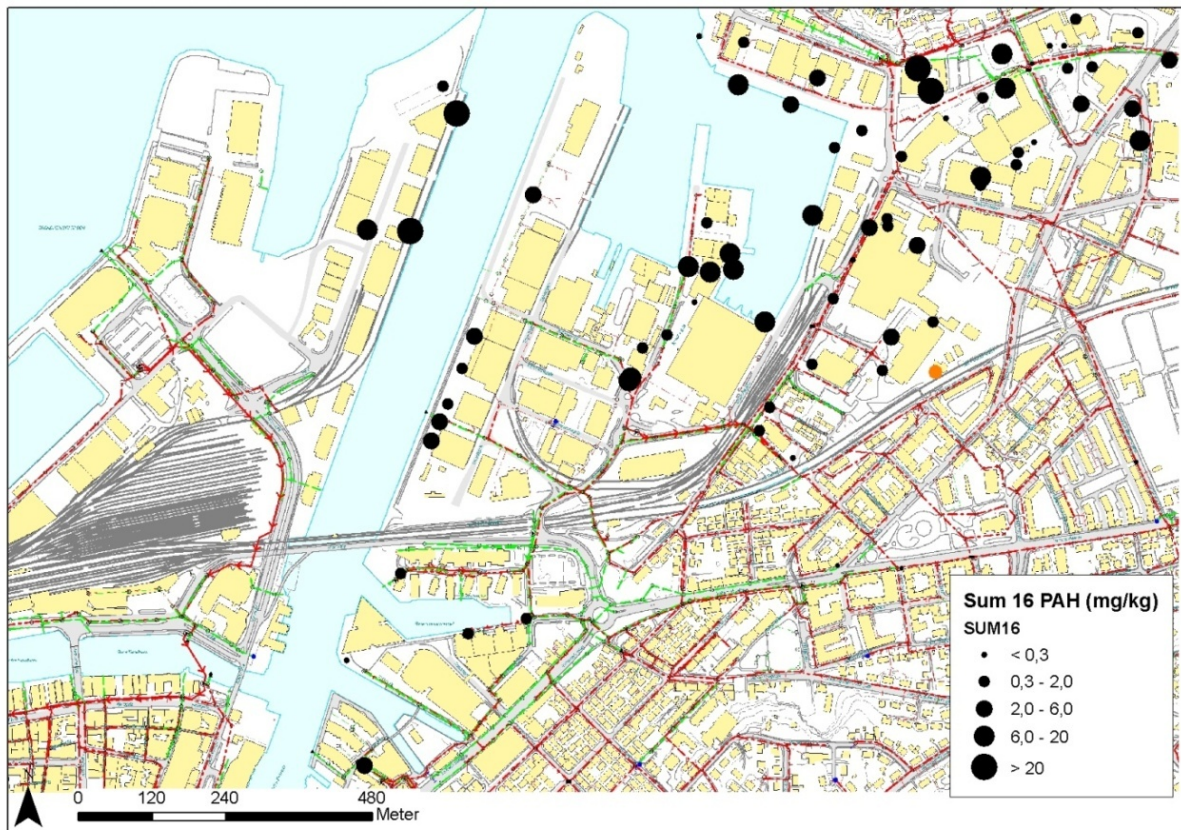
## POLYKLORETE BIFENYLER (PCB)



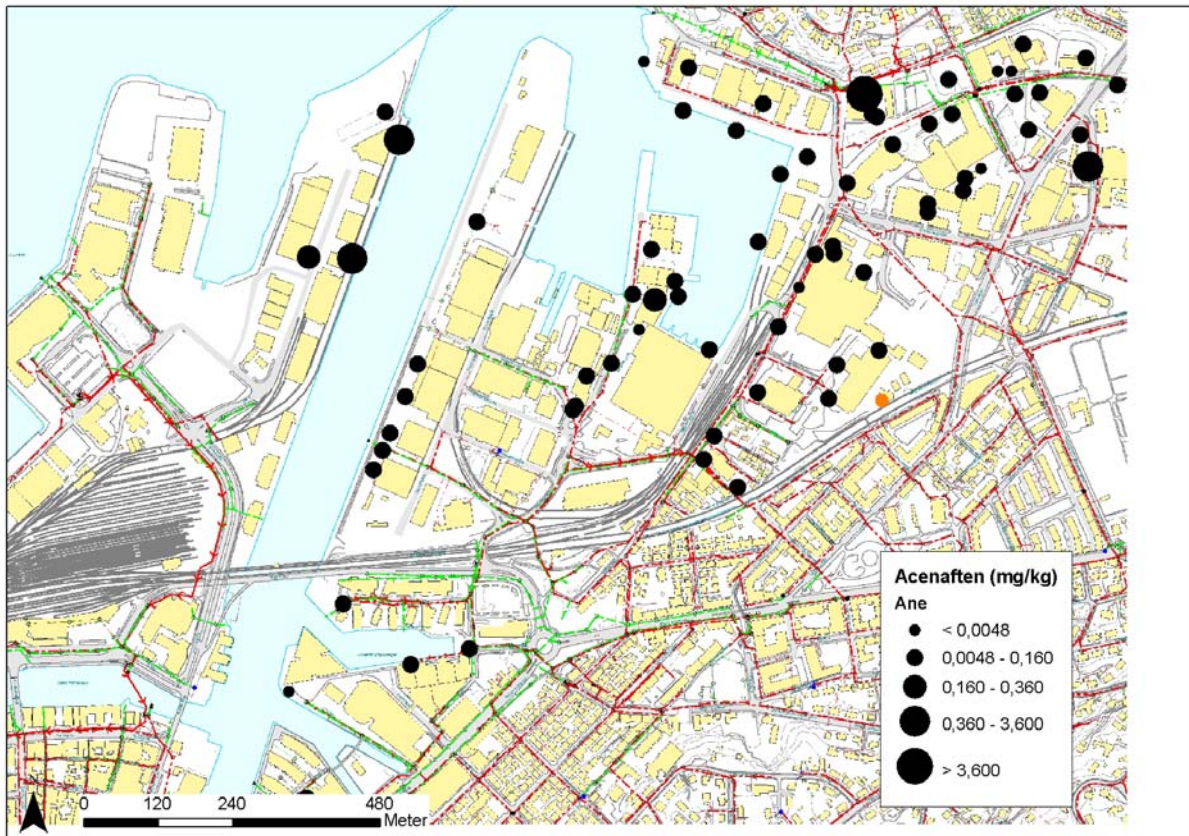
**Figur 36** Konsentrasjonen av PCB (mg/kg) i sandfangsmasser. Klassene tilsvarer tilstandsklassene for PCB.

De høyeste konsentrasjonene (tilstandsklasse klasse 4) er påvist i kummer ved Veolia miljø. Flere steder i Ladedalen og ved E.C. Dahls bryggeri er det påvist konsentrasjoner i tilstandsklasse 3 og 4.

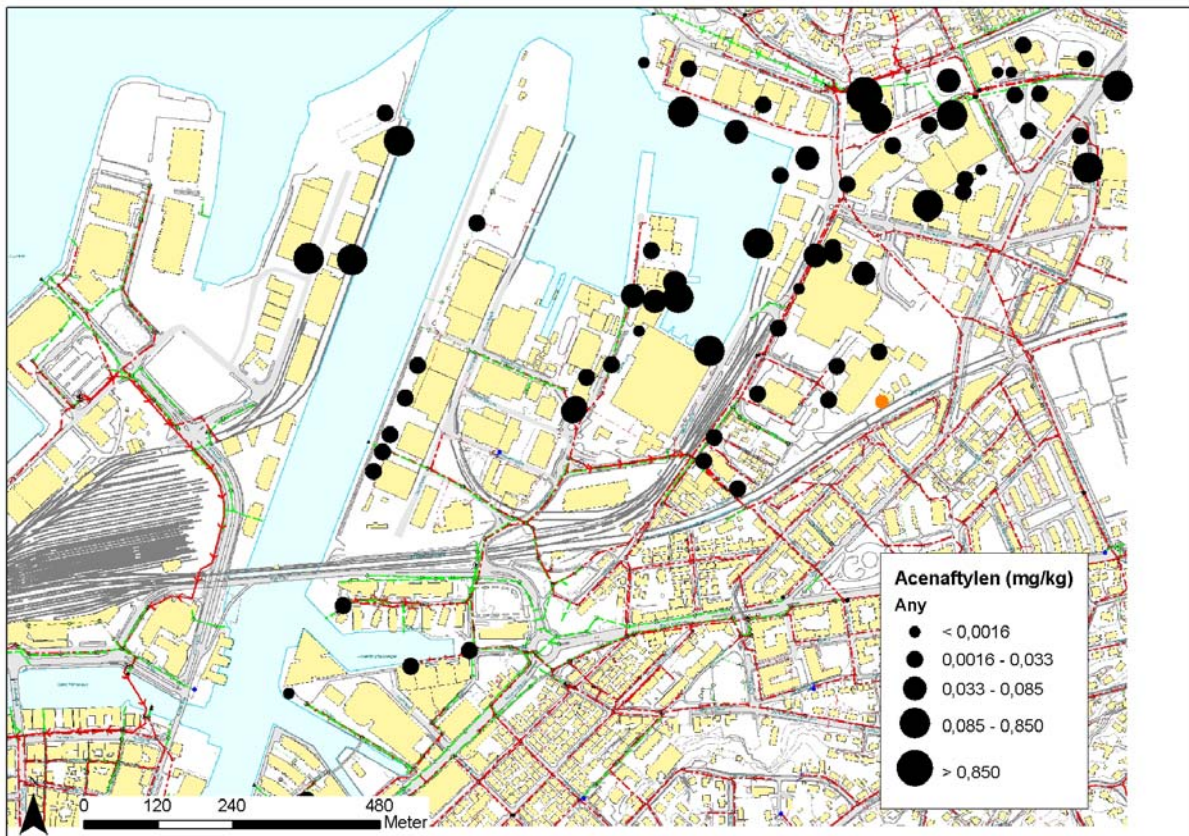
## POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH)



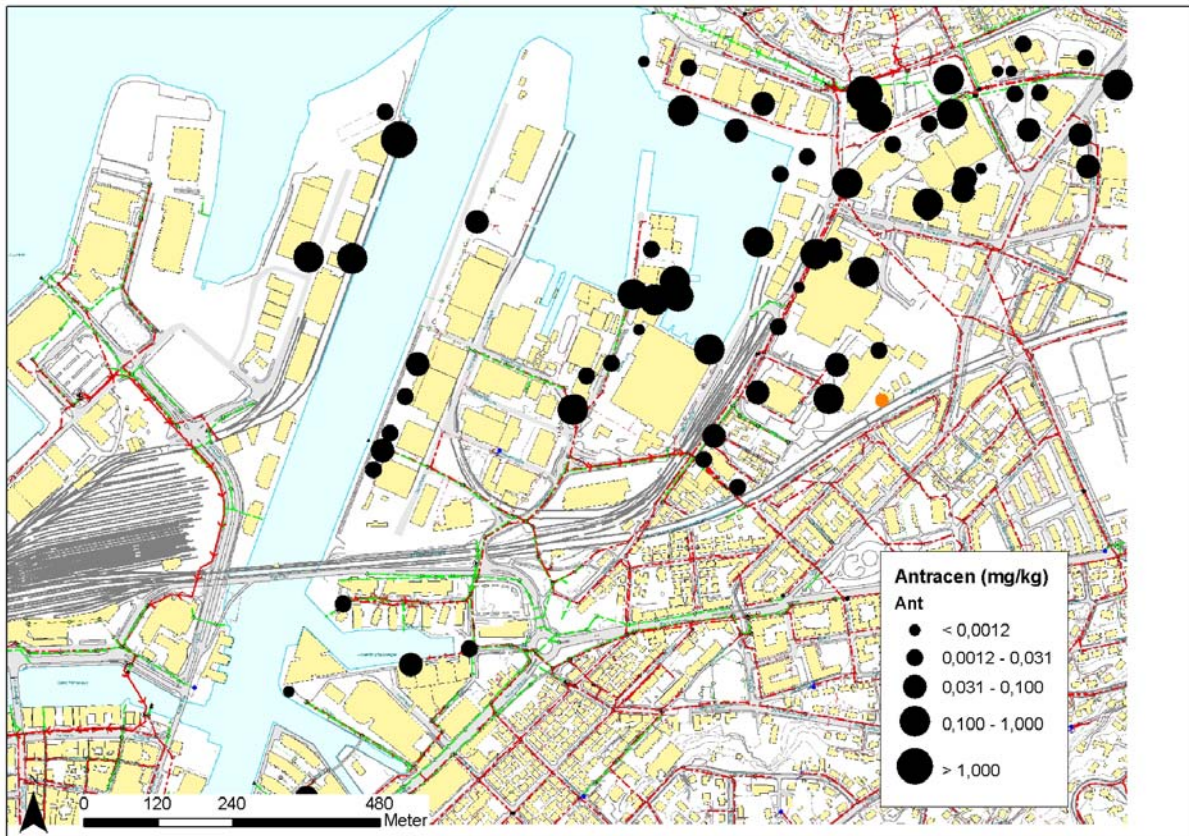
Figur 37: Konsentrasjonen av PAH sum16 (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for PAH i marine sedimenter.



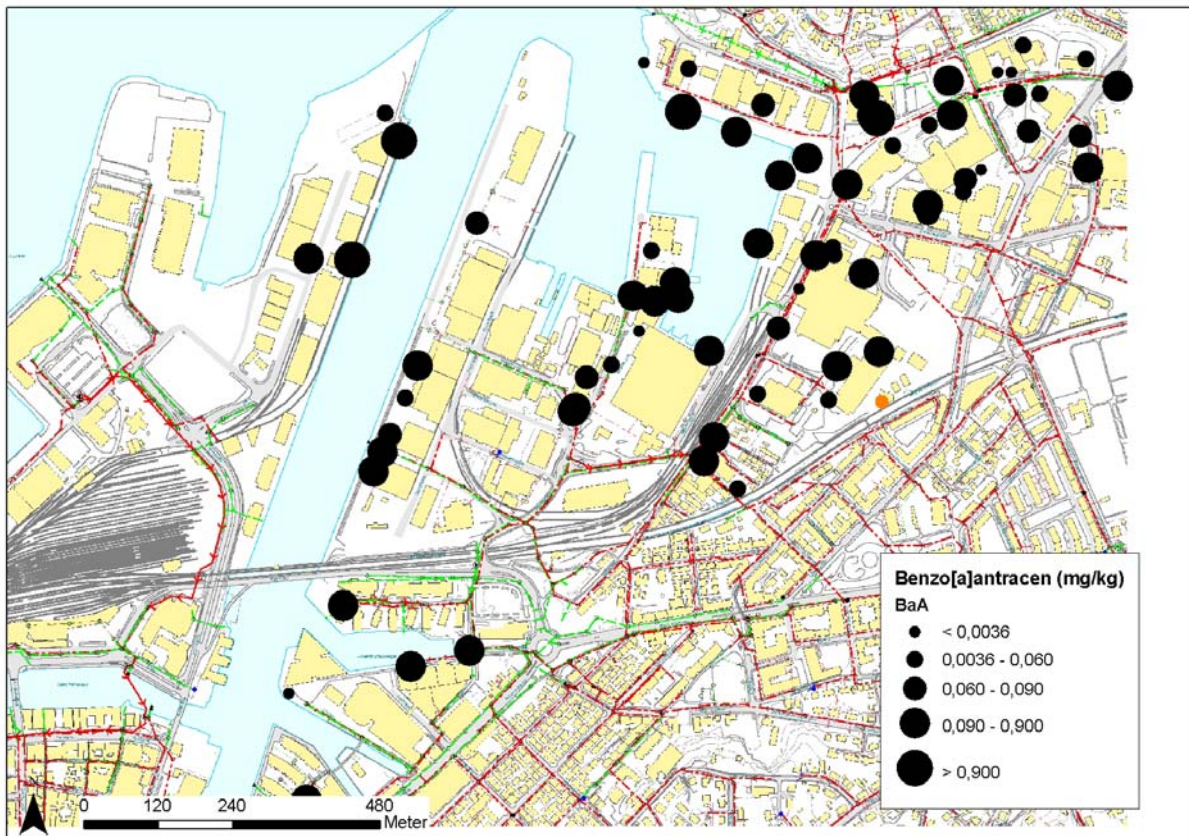
Figur 38: Konsentrasjonen av Acenafthen (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for acenafthen i marine sedimenter.



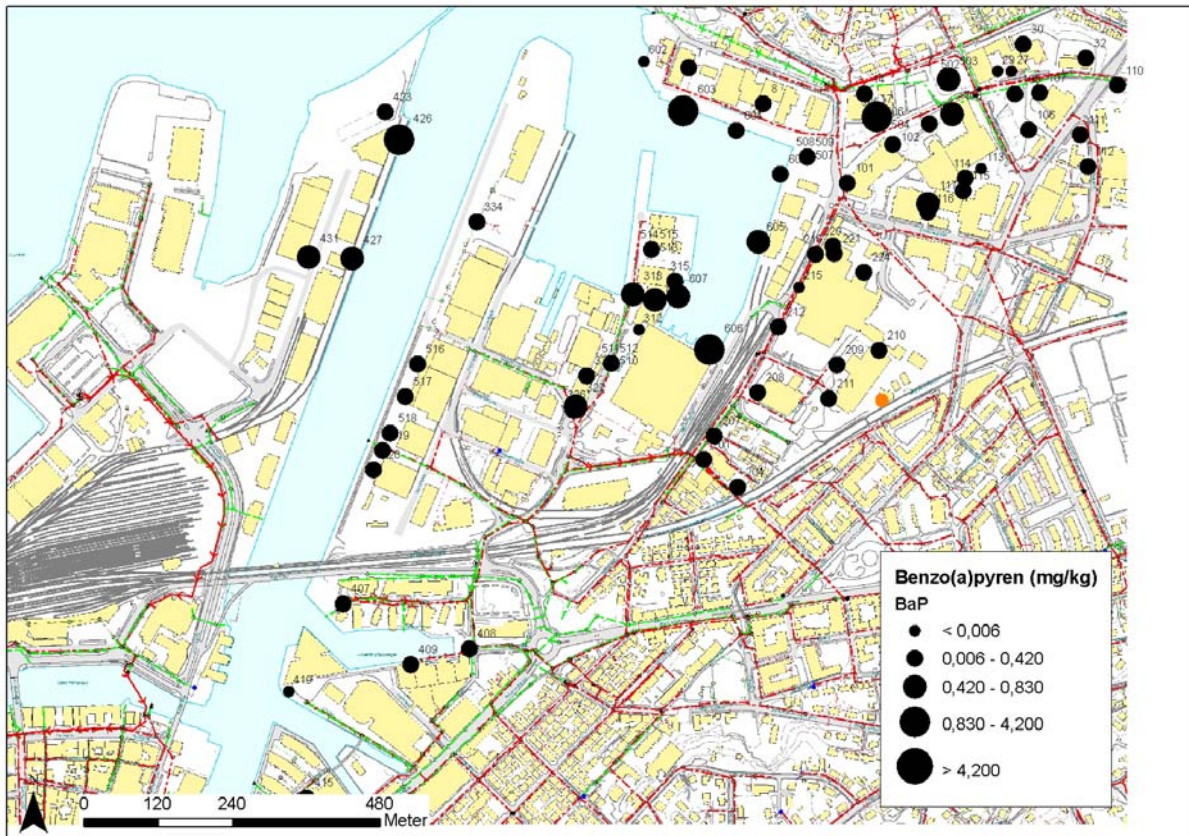
Figur 39: Konsentrasjonen av Acenaftylen (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for acenaftylen i marine sedimenter.



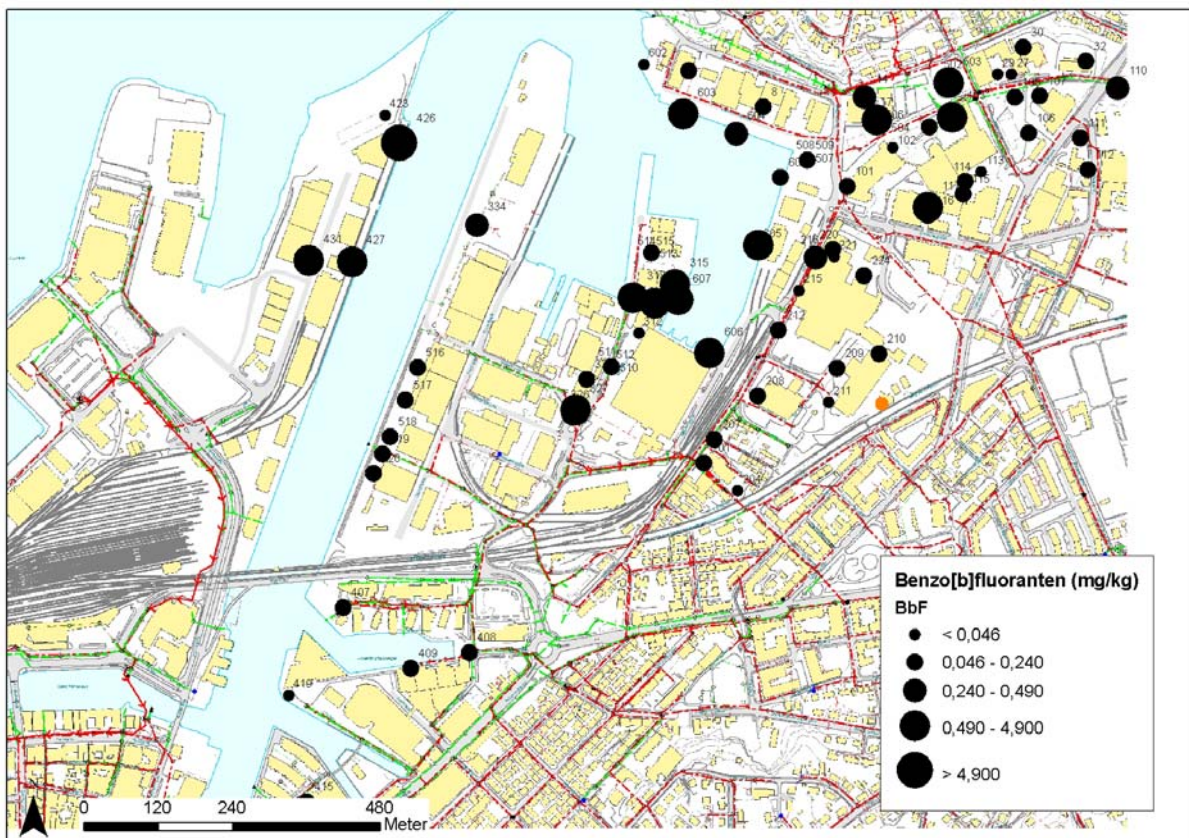
Figur 40: Konsentrasjonen av Antracene (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for antracene i marine sedimenter.



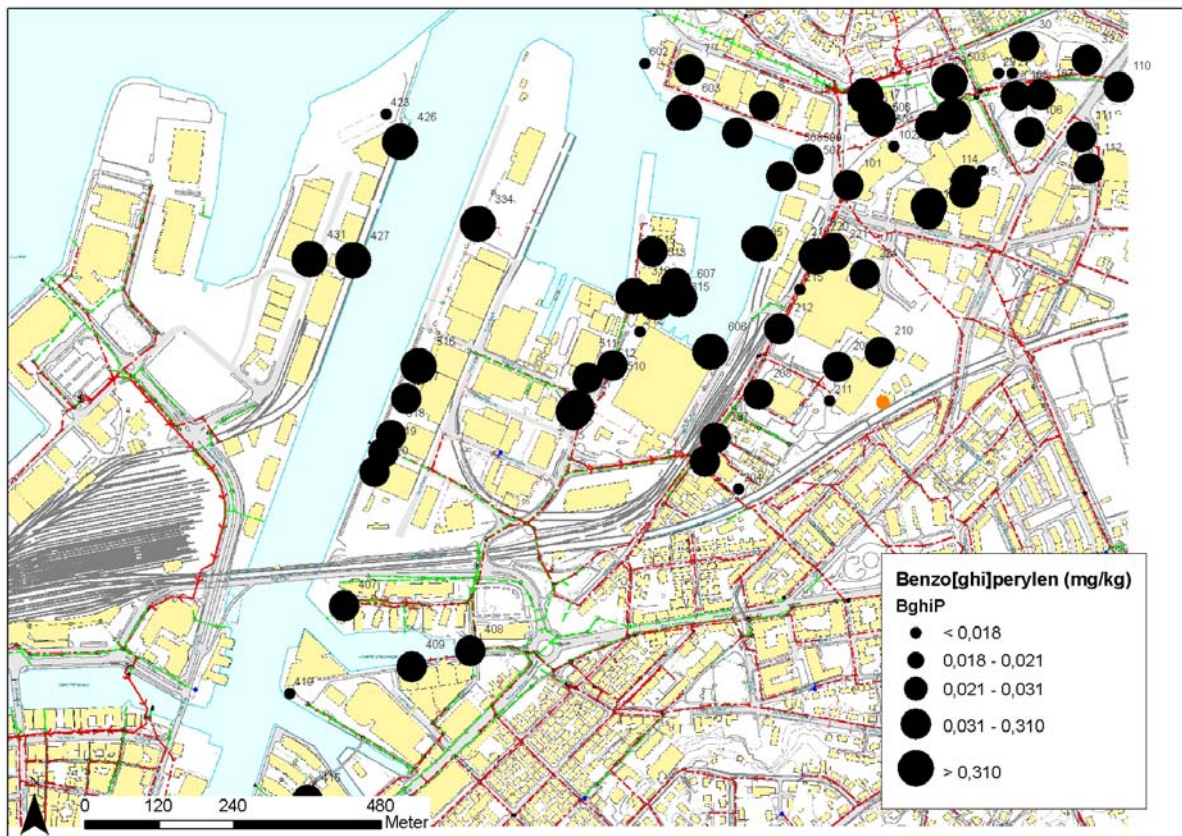
Figur 41: Konsentrasjonen av benzo(a)antracene (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for benzo(a)antracene i marine sedimenter.



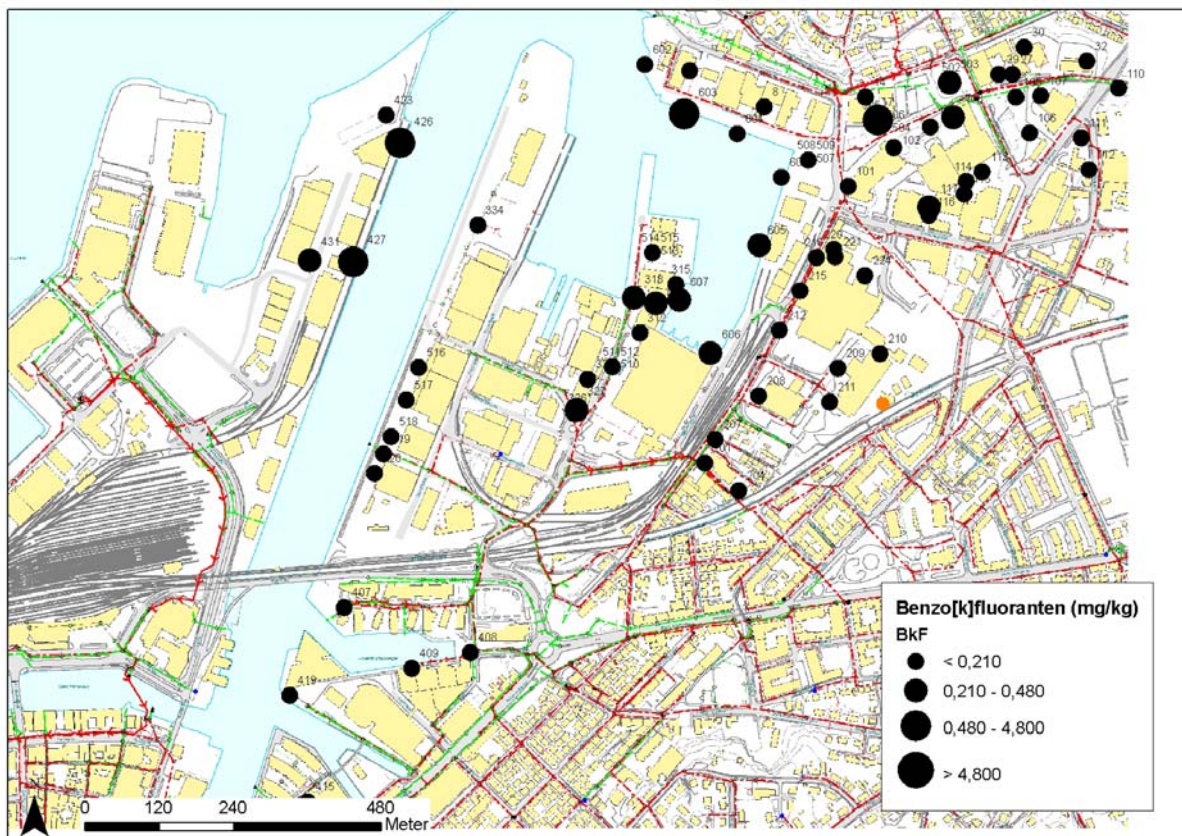
Figur 42: Konsentrasjonen av benzo(a)pyren (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for benzo(a)pyren i marine sedimenter.



Figur 43: Konsentrasjonen av benzo(b)fluoranten (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for benzo(b)fluoranten i marine sedimenter.

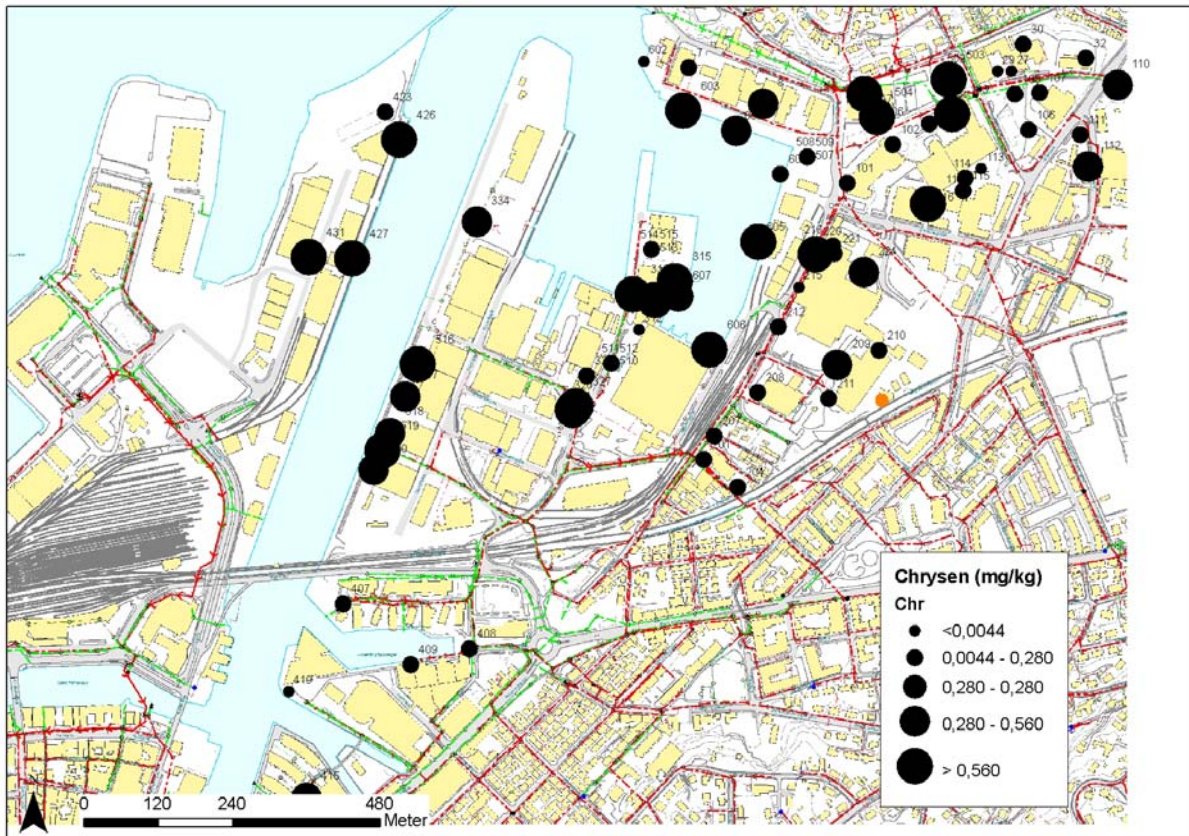


Figur 44: Konsentrasjonen av benzo(ghi)perylen (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for benzo(ghi)perylen i marine sedimenter.

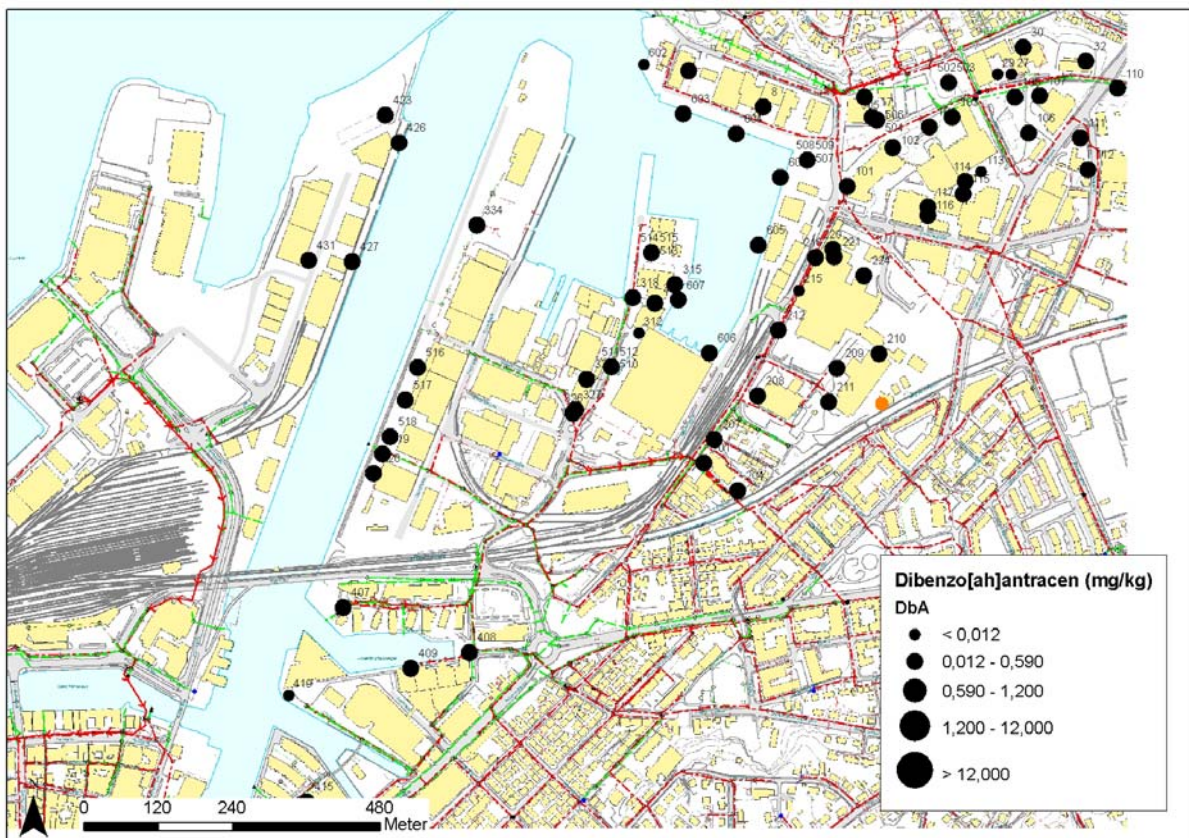


Figur 45: Konsentrasjonen av benzo(k)fluoranten (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for benzo(k)fluoranten i marine sedimenter.

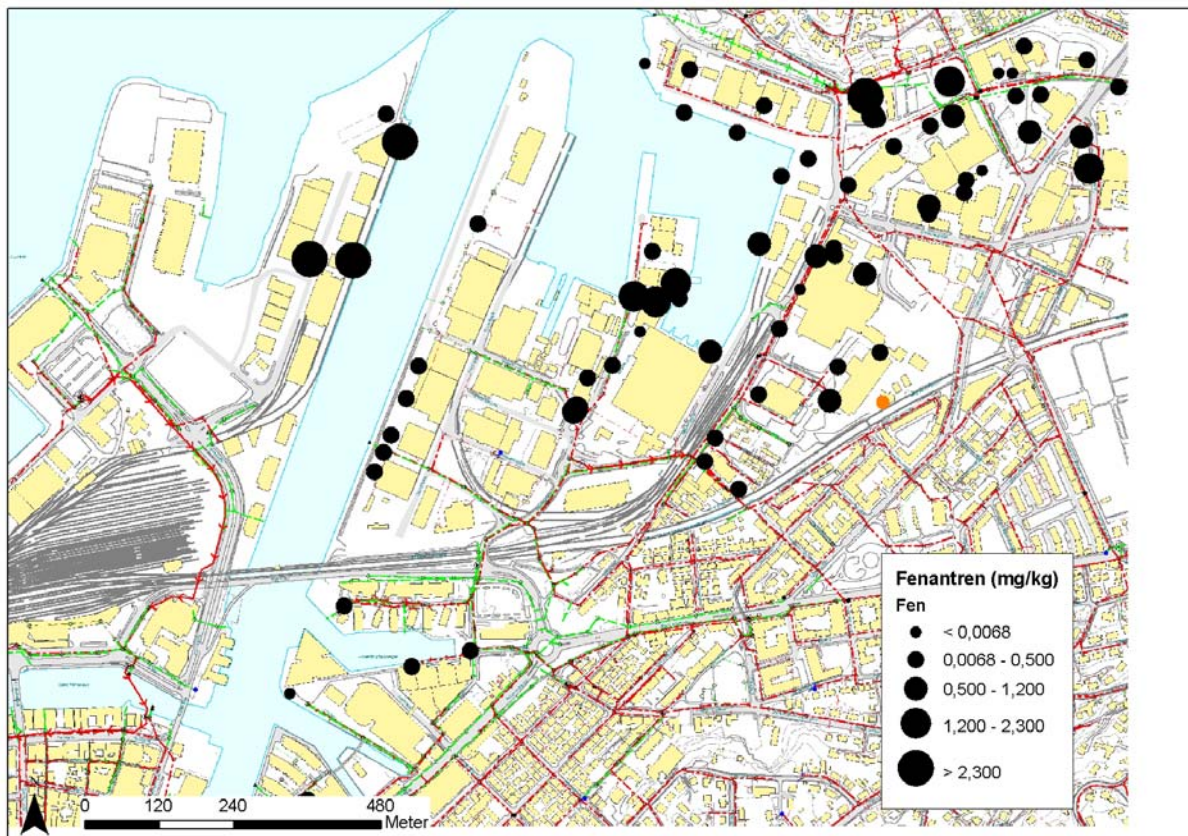




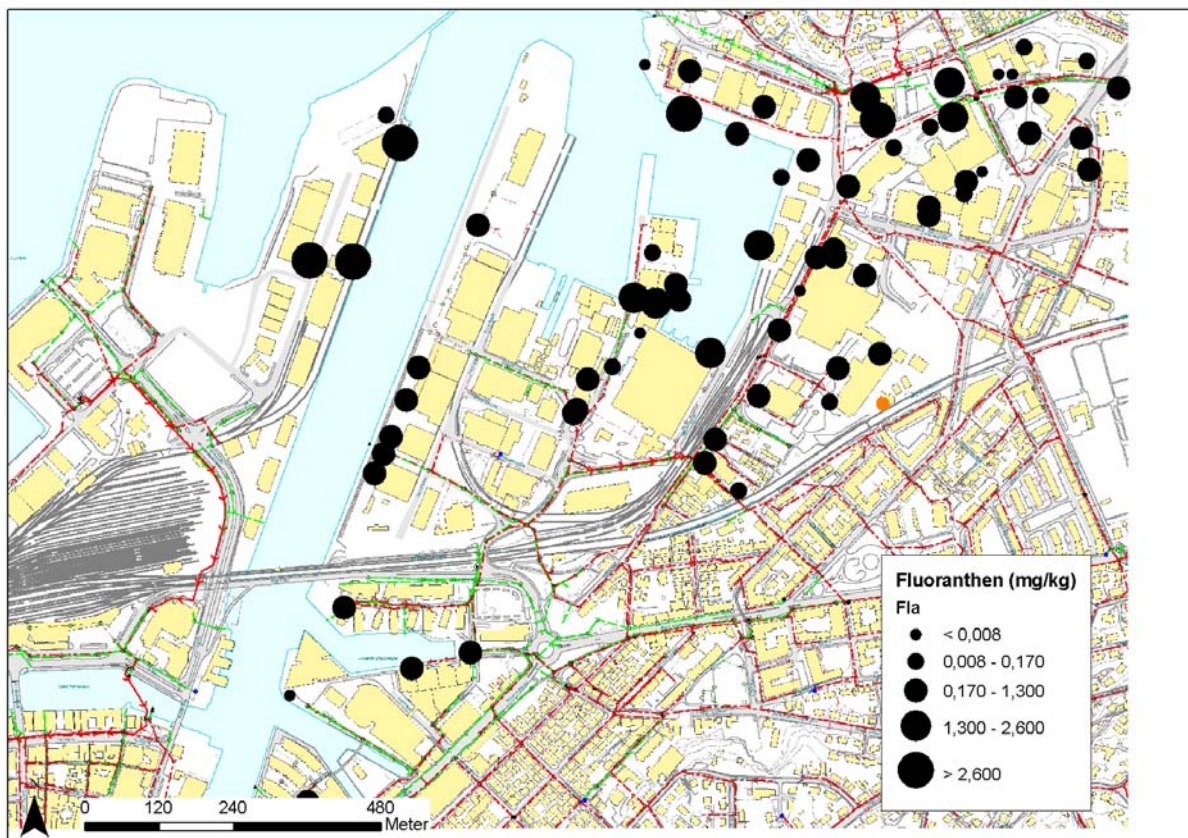
Figur 46: Konsentrasjonen av krysen (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for krysen i marine sedimenter.



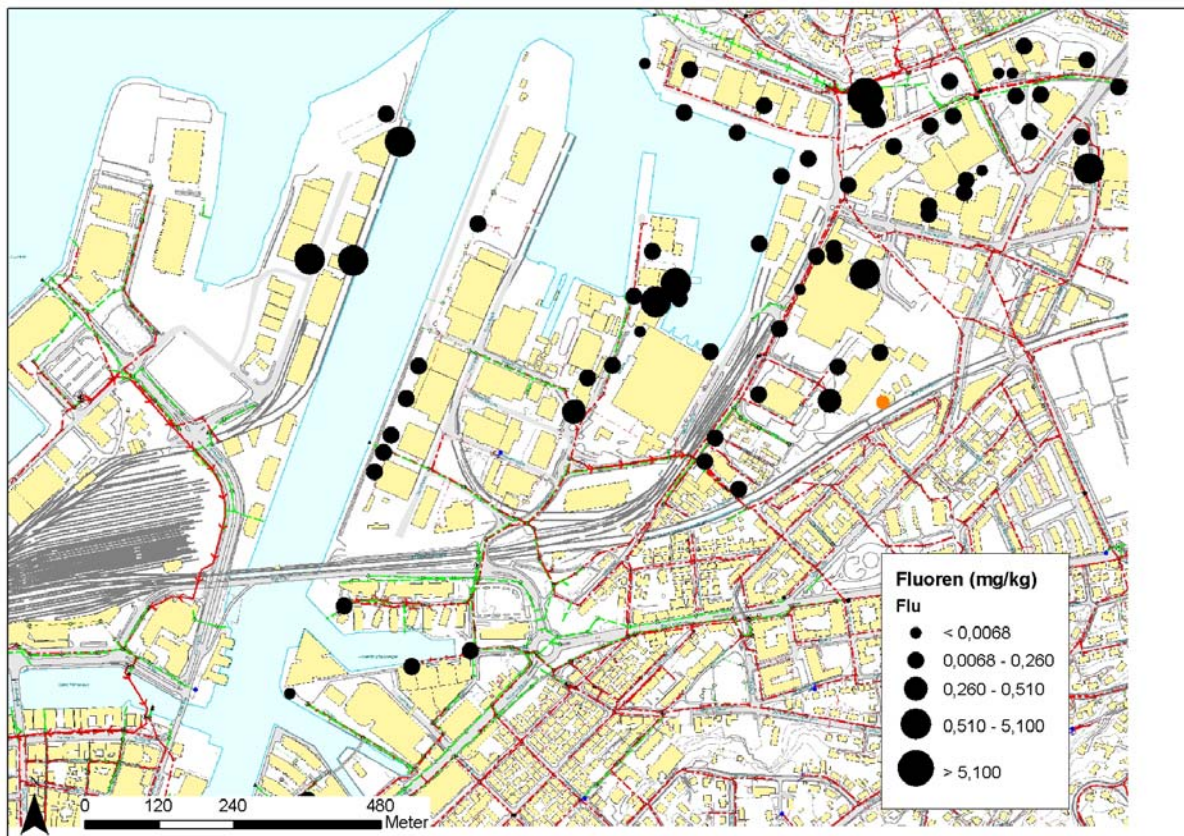
Figur 47: Konsentrasjonen av dibenzo(ah)antracen (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for dibenzo(ah)antracen i marine sedimenter.



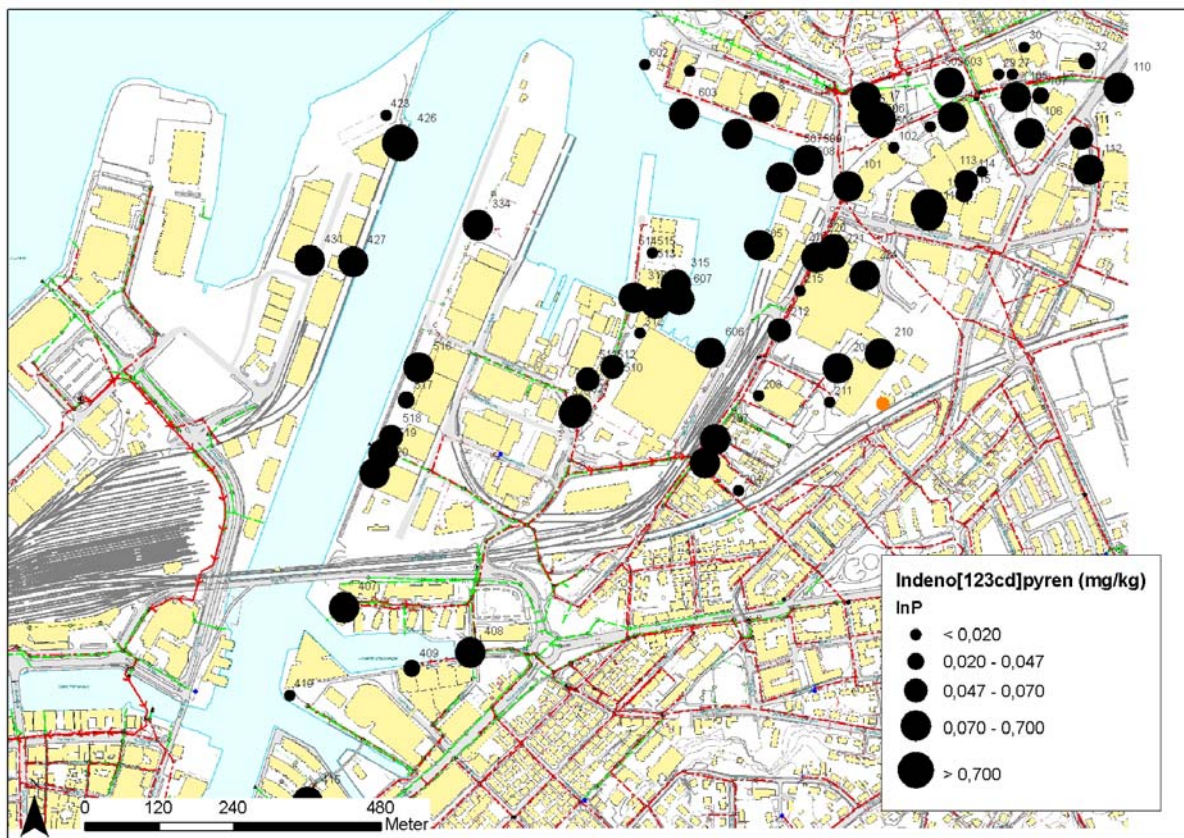
Figur 48: Konsentrasjonen av fenantren (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for fenantren i marine sedimenter.



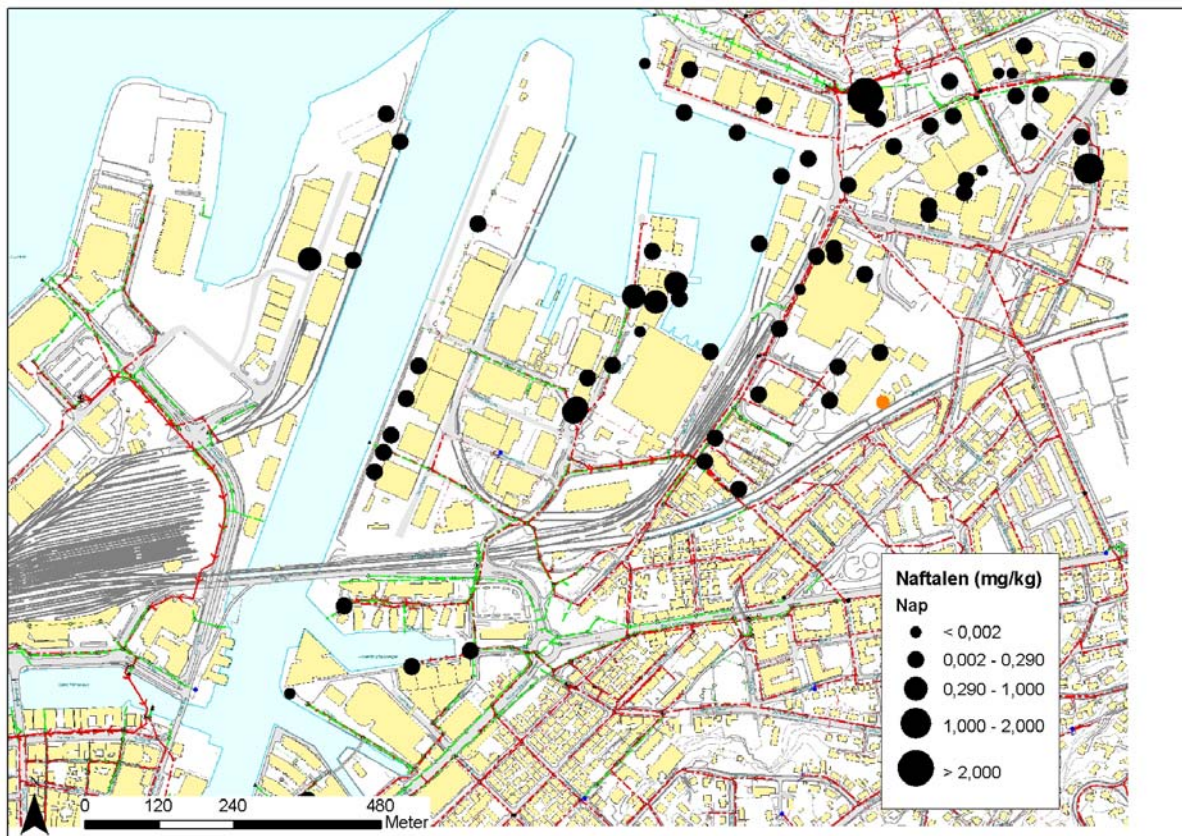
Figur 49: Konsentrasjonen av fluoranten (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for fluoranten i marine sedimenter.



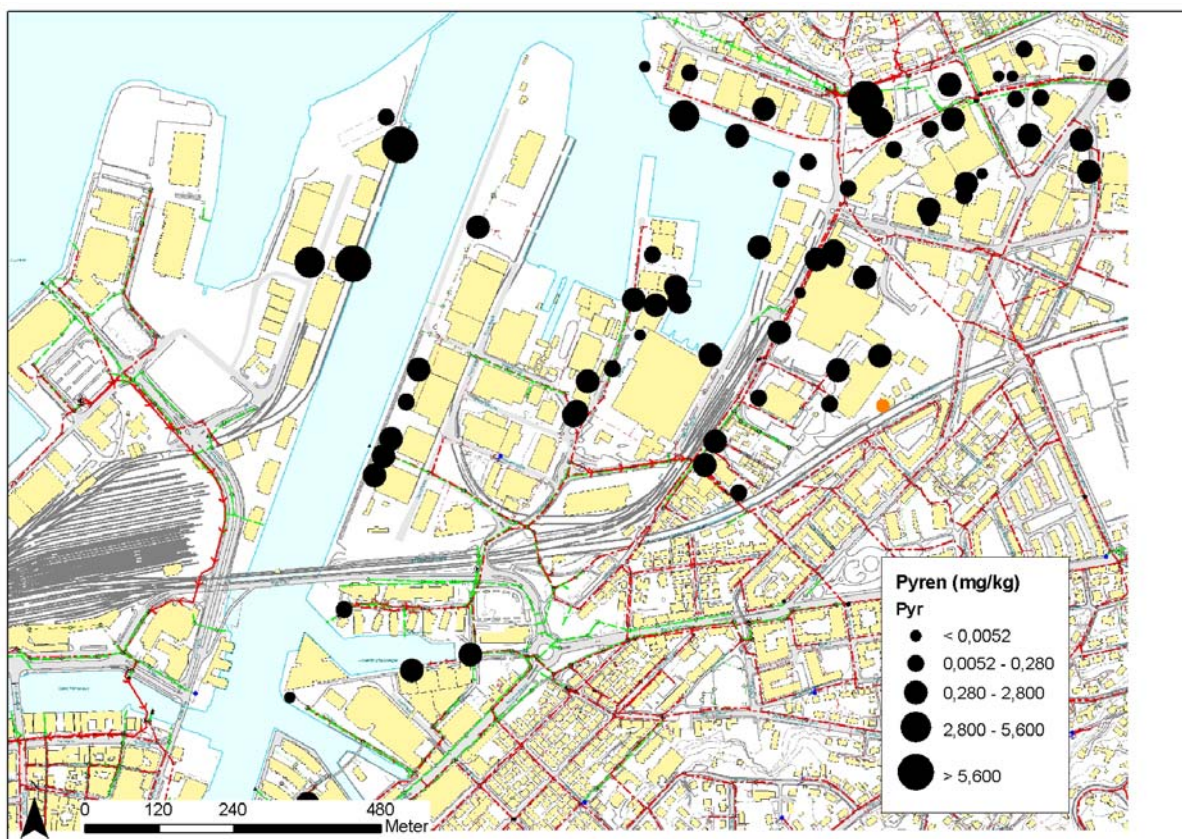
Figur 50: Konsentrasjonen av fluoren (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for fluoren i marine sedimenter.



Figur 51: Konsentrasjonen av indeno(123cd)perylene (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for indeno(123cd)perylene i marine sedimenter.



Figur 52: Konsentrasjonen av naftalen (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for naftalen i marine sedimenter.

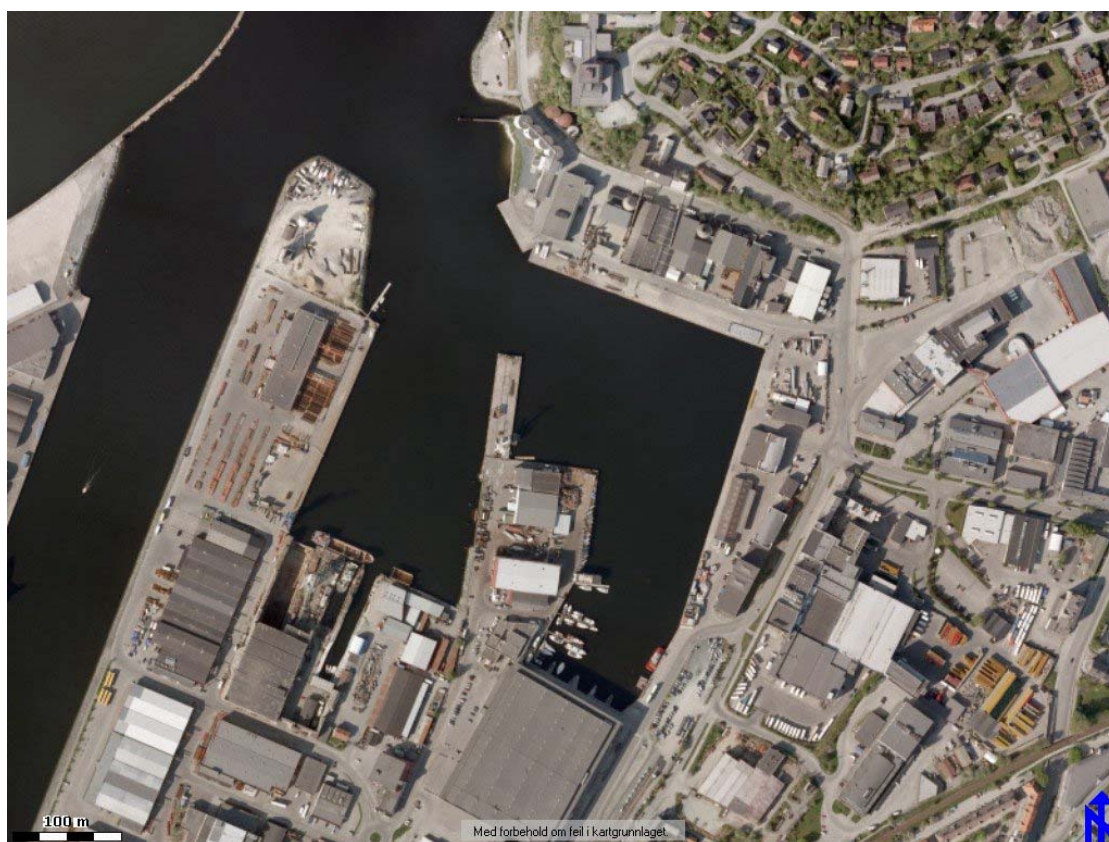


Figur 53: Konsentrasjonen av pyren (mg/kg) i sandfangsmasser. Klasseinndelingen i kartet tilsvarer tilstandsklassene for pyren i marine sedimenter.

## Havneselementer

Alle prøvene har et lavt innhold av arsen, Metallinnholdet i prøvene ligger i tilstandsklasse 1 og 2. Metallene kobber og kvikksølv skiller seg ut med at de fleste prøvene havner i tilstandsklasse 2. PAH-forbindelsene havner gjennomgående høyere tilstandsklasse enn metallene. For PAH-forbindelsene crysen, benzo[b]fluoranten, indeno[123cd]pyren og benzo(ghi)perylene havner relativt mange prøver i tilstandsklasse 4 og 5. Den indre del av Nyhavnabassenget er forurenset hovedsakelig av PCB, PAH-forbindelser og metaller. Det er klare likhetstrekk mellom innholdet av miljøgifter i sandfangsmasser og i havnesedimenter.

Innholdet av arsen og metaller er vanligvis lik eller lavere enn i sandfangsmassene. Konsentrasjonen av 5 og 6 ringers PAH-forbindelser er høyere i havnesedimentene enn i sandfangsmassen. Dette indikerer unge aktive kilder for PAH i sandfangsmassene, mens havnesedimentene har akkumulert PAH-forbindelser over relativt lang tid.



Figur 54 Nyhavnabassenget i Trondheim

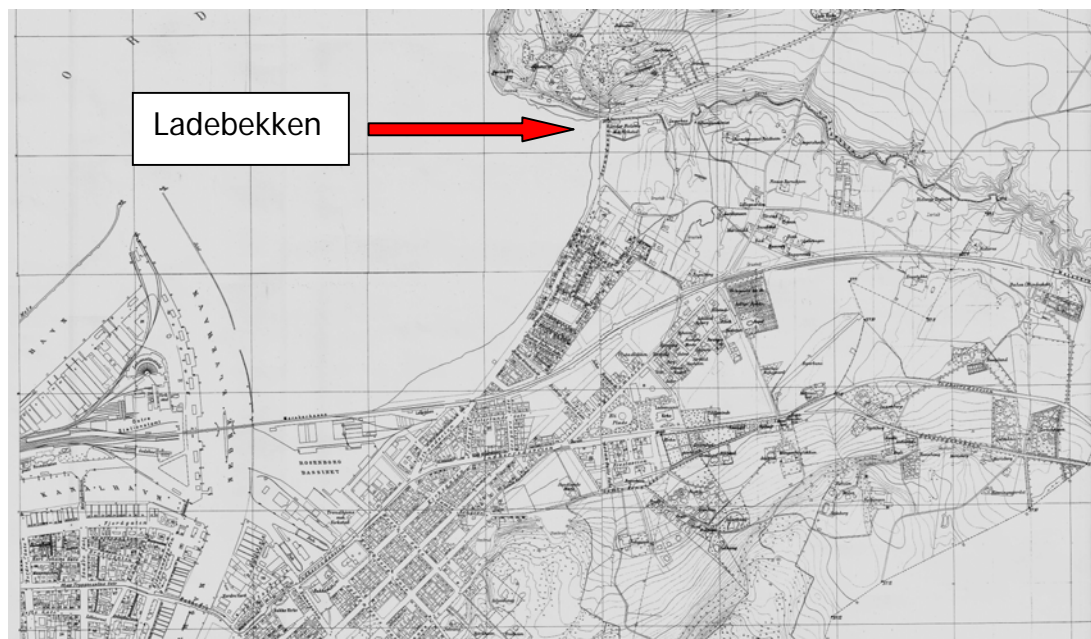
**Tabell 10 Median, middel, minimum og maksimum for innholdet av arsen, metaller, PAH og PCB i prøver av havnesedimenter**

	Median	Middel	Minimum	Maksimum	Antall
<b>Metaller</b>					
Arsen (mg As/kg)	<2	2,1	<2	6,0	9
Bly (mg Pb/kg)	31,2	50,3	14,3	218	9
Kadmium (mg Cd/kg)	0,12	0,18	<0,1	0,48	9
Kobber (mg Cu/kg)	46,7	56,8	34,9	114	9
Krom (mg Cr/kg)	56,9	57,9	36,9	88,5	9
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,22	0,29	0,08	0,80	9
Nikkel (mg Ni/kg)	32,4	35,8	24,3	56,3	9
Sink (mg Zn/kg)	183	233	132	435	9
Tinn (mg Sn/kg)	4,0	12,5	<3	78,0	9
<b>PAH</b>					
Naftalen (mg/kg)	0,052	0,052	<0,03	0,091	8
Acenaftalen (mg/kg)	0,074	0,074	<0,03	0,200	8
Acenaften (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03	0,120	8
Fluoren (mg/kg)	0,030	0,030	<0,03	0,150	8
Fenantren (mg/kg)	0,153	0,153	<0,03	0,770	8
Antracen (mg/kg)	0,091	0,091	<0,03	0,410	8
Fluoranten (mg/kg)	0,705	0,705	<0,03	6,200	8
Pyren (mg/kg)	1,060	1,060	<0,03	4,000	8
Benzo[a]antracen (mg/kg)	0,290	0,290	<0,03	1,800	8
Chrysen (mg/kg)	0,440	0,440	<0,03	1,600	8
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	0,740	0,740	<0,03	1,600	8
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	0,270	0,270	<0,03	0,650	8
Benzo(a)pyren (mg/kg)	0,560	0,560	<0,03	1,200	8
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	0,415	0,415	<0,03	0,670	8
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	0,088	0,088	<0,03	0,160	8
Benzo[ghi]perylene (mg/kg)	0,485	0,485	<0,03	0,750	8
PAH16 (mg/kg)	5,543	5,543	0,272	19,732	8
<b>Andre organiske miljøgifter</b>					
PCB7 (mg/kg)	<0,02	0,4140	0,02	0,0716	9

Alle de prøvene har et lavt innhold av arsen, Metallinnholdet i prøvene har større variasjon. Størst variasjon har kvikksølv. Metallet kobber skiller seg ut med at de fleste prøvene havner i tilstandsklasse 4.

### Løsmasseprøver (Skolvboring)

Ladebekken er lagt i kulvert og bekkens opprinnelig løp er gjenfylt med en blanding av avfall og rene masser. Kartet i figur 54 viser landskapet ved Nyhavna da Ladebekken hadde et åpent elveløp. Bildet under kartet viser situasjonen i 1953. Da er Ladebekken lagt i kulvert, og elveløpet gjenfylt.

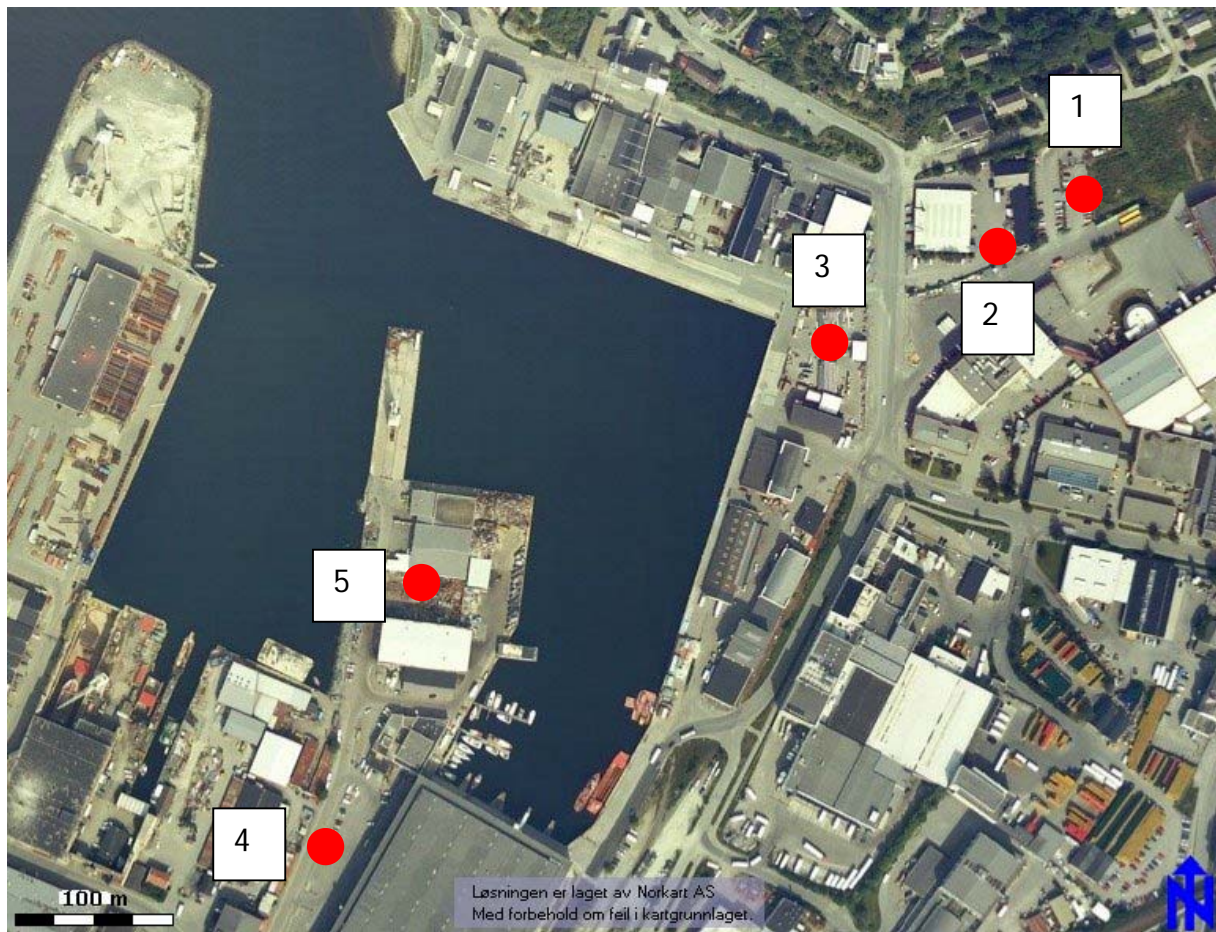


Figur 55. Den gjenfylte ravinedalen langs Ladebekken.

**Tabell 11 Median, middel, minimum og maksimum innhold av arsen, metaller, PAH og PCB i løsmasseprøver fra Ladebakkens gjenfylte elveløp, Dora I og Veolia miljø.**

	Median	Middel	Minimum	Maksimum	Antall
<b>Metaller</b>					
Arsen (mg As/kg)	1,0	2,5	1,0	14,9	14
Bly (mg Pb/kg)	12,3	40,5	2,5	320	14
Kadmium (mg Cd/kg)	0,1	0,2	0,1	1,0	14
Kobber (mg Cu/kg)	23,4	55,4	9,0	236	14
Krom (mg Cr/kg)	41,5	41,0	22,0	52,9	14
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,04	0,09	0,02	0,54	14
Nikkel (mg Ni/kg)	27,3	28,4	12,4	46,6	14
Sink (mg Zn/kg)	71,4	113	40,9	393	14
Tinn (mg Sn/kg)	1,5	3,4	1,5	14,4	14
<b>PAH</b>					
Naftalen (mg/kg)	0,01	0,02	0,01	0,08	14
Acenaftylene (mg/kg)	0,1	0,02	0,01	0,11	14
Acenaften (mg/kg)	0,01	0,05	0,01	0,52	14
Fluoren (mg/kg)	0,01	0,02	0,01	0,07	14
Fenantren (mg/kg)	0,04	0,18	0,01	1,3	14
Antracen (mg/kg)	0,01	0,05	0,01	0,25	14
Fluoranthren (mg/kg)	0,11	0,61	0,01	4,3	14
Pyren (mg/kg)	0,11	0,58	0,01	4,3	14
Benzo[a]antracen (mg/kg)	0,05	0,30	0,01	2,7	14
Chrysen (mg/kg)	0,07	0,33	0,01	2,8	14
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	0,08	0,45	0,01	4,1	14
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	0,02	0,16	0,01	1,5	14
Benzo(a)pyren (mg/kg)	0,06	0,36	0,01	3,3	14
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	0,04	0,25	0,01	2,3	14
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	0,05	0,27	0,01	2,4	14
Benzo[ghi]perylene (mg/kg)	0,01	0,05	0,01	0,43	14
Sum karsinogene PAH	0,53	2,4	0,17	17,0	14
PAH16 (mg/kg)	1,0	2,30	<1,0	12,0	14
<b>Andre organiske miljøgifter</b>					
PCB7 (mg/kg)	0,01	0,01	0,01	0,16	14





**Figur 56** Borpunkter i Ladebakkens gjenfylte løp, på parkeringsplassen ved Dora I og hos Veolia miljø.

Prøvene tatt fra lokalitetene 1 (Prøvene 502 og 503), 2 (Prøvene 504, 505, 506) og 3 (Prøvene 507, 508 og 509) er består av fyllmasser i den gjenfylte Ladebekken. Beskrivelse av massene er gitt i tabell 1.

Prøvene fra borpunktene 1 og 2 har noe forhøyet innhold av bly, kobber, sink, tinn og PAH-forbindelser. Borhull 3 har et lavt innhold av de analyserte metaller og organiske miljøgifter. Borhull 4 består av 3 meter med leire. Leira har et meget lavt innhold av miljøgifter. Det siste borhullet (5) ble satt ved Veolia miljø. Overflatejorden her er markert forurenset med metaller, PAH og PCB (Egede-Nissen og medarbeidere, 2008). Under 25 cm med forurenset jord forekommer mer enn 3 meter med grovkornet permeabel sand. Denne sanden har et meget lavt innhold av arsen, metaller, PAH og PCB.

**Tabell 12 Innhold av arsen, metaller, PAH og PCB i løsmasseprøver fra Ladebakkens gjenfylte elveløp, Dora I og Veolia miljø.**

	Borhull 1 Ladebekken		Borhull 2 Ladebekken		
	502	503	504	505	506
Arsen (mg As/kg)	<20	< 20	14,9	3,5	< 2
Bly (mg Pb/kg)	23,6	<b>320</b>	98	20,4	8,7
Kadmium (mg Cd/kg)	0,05	0,58	0,56	0,05	0,05
Kobber (mg Cu/kg)	19,7	53,0	236	30,9	15,9
Krom (mg Cr/kg)	37,9	50,7	44,7	39,3	50,8
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,057	0,097	0,535	0,110	0,037
Nikkel (mg Ni/kg)	25,8	33,4	46,6	27,5	31,9
Sink (mg Zn/kg)	68	196	393	93	54
Tinn (mg Sn/kg)	< 3	12,1	14,7	< 3	< 3
<b>PAH</b>					
Naftalen (mg/kg)	<0,03	0,035	0,089	<0,03	<0,03
Acenaftalen (mg/kg)	0,046	0,11	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaften (mg/kg)	<0,03	0,06	0,52	<0,03	<0,03
Fluoren (mg/kg)	0,031	0,072	0,04	<0,03	<0,03
Fenantren (mg/kg)	0,11	0,25	0,23	<0,03	<0,03
Antracen (mg/kg)	0,54	1,3	0,32	0,046	<0,03
Fluoranthren (mg/kg)	0,84	2,4	4,3	0,22	0,082
Pyren (mg/kg)	0,74	2,1	4,3	0,22	0,095
Benzo[a]antracen (mg/kg)	0,28	0,71	2,7	0,12	0,041
Chrysen (mg/kg)	0,36	0,86	2,8	0,14	0,053
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	0,37	0,97	4,1	0,19	0,074
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	0,15	0,38	1,5	0,078	<0,03
Benzo(a)pyren (mg/kg)	0,31	<b>0,78</b>	<b>3,3</b>	0,15	0,057
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	0,23	0,54	2,3	0,096	0,03
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	0,26	0,6	2,4	0,12	0,043
Benzo[ghi]perylene (mg/kg)	0,044	0,11	0,43	<0,03	<0,03
Sum karsinogene PAH					
PAH16 (mg/kg)	4,341	<b>11,277</b>	<b>29,344</b>	1,47	0,604
<b>Andre organiske miljøgifter</b>					
PCB7 (mg/kg)	<0,02	<0,02	0,0296	<0,02	<0,02

**Tabell 13 Innhold av arsen, metaller, PAH og PCB i løsmasseprøver fra Ladebakkens gjenfylte elveløp, Dora I og Veolia miljø.**

	Borhull 3 Ladebekken			Borhull 4 Dora I		
	507	508	509	510	511	512
<b>Metaller</b>						
Arsen (mg As/kg)	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Bly (mg Pb/kg)	30,6	15,7	7,2	9,2	6,6	6,6
Kadmium (mg Cd/kg)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Kobber (mg Cu/kg)	25,1	15,7	9,0	18,7	21,6	20,4
Krom (mg Cr/kg)	40,8	42,1	37,7	43,8	50,2	52,9
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,110	0,044	0,035	0,037	0,030	0,030
Nikkel (mg Ni/kg)	25,0	27,1	23,5	30,9	37,3	37,5
Sink (mg Zn/kg)	91,0	67,0	41,0	47,0	60,0	53,0
Tinn (mg Sn/kg)	3,3	3,0	< 3	< 3	< 3	< 3
<b>PAH</b>						
Naftalen (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaftylen (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acenaften (mg/kg)	0,034	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoren (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fenantren (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Antracen (mg/kg)	0,038	<0,03	0,047	0,05	0,032	<0,03
Fluoranthen (mg/kg)	0,18	0,07	0,17	0,12	0,062	<0,03
Pyren (mg/kg)	0,19	0,066	0,16	0,12	0,062	<0,03
Benzo[a]antracen (mg/kg)	0,11	0,042	0,079	0,056	0,032	<0,03
Chrysen (mg/kg)	0,13	0,05	0,095	0,081	0,047	<0,03
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	0,19	0,068	0,13	0,096	0,051	<0,03
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	0,074	<0,03	0,051	0,037	<0,03	<0,03
Benzo(a)pyren (mg/kg)	0,15	0,053	0,1	0,07	0,037	<0,03
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	0,14	0,043	0,076	0,052	<0,03	<0,03
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	0,15	0,051	0,082	0,054	0,034	<0,03
Benzo[ghi]perylen (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Sum karsinogene PAH						
PAH16 (mg/kg)	1,461	0,563	1,08	0,826	0,477	0,24
<b>Andre organiske miljøgifter</b>						
PCB7 (mg/kg)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

**Tabell 14 Median, middel, minimum og maksimum innhold av arsen, metaller, PAH og PCB i løsmasseprøver fra Ladebakkens gjebfylte elveløp, Dora I og Veolia miljø.**

	Borhull 5 Veolia miljø						
	513	514	554				
<b>Metaller</b>							
Arsen (mg As/kg)	5,6	< 2	< 2				
Bly (mg Pb/kg)	15,4	3,0	2,5				
Kadmium (mg Cd/kg)	0,38	0,15	1,02				
Kobber (mg Cu/kg)	186	77,9	46,7				
Krom (mg Cr/kg)	22,0	32,6	28,9				
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,053	0,024	0,025				
Nikkel (mg Ni/kg)	12,4	16,7	21,8				
Sink (mg Zn/kg)	153	75,0	201				
Tinn (mg Sn/kg)	< 3	< 3	< 3				
<b>PAH</b>							
Naftalen (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Acenaftalen (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Acenaften (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Fluoren (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Fenantren (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Antracen (mg/kg)	0,089	<0,03	<0,03				
Fluoranthren (mg/kg)	0,11	<0,03	<0,03				
Pyren (mg/kg)	0,1	<0,03	<0,03				
Benzo[a]antracen (mg/kg)	0,052	<0,03	<0,03				
Chrysen (mg/kg)	0,064	<0,03	<0,03				
Benzo[b]fluoranten (mg/kg)	0,061	<0,03	<0,03				
Benzo[k]fluoranten (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Benzo(a)pyren (mg/kg)	0,047	<0,03	<0,03				
Indeno[123cd]pyren (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Dibenzo[ah]antracen (mg/kg)	0,033	<0,03	<0,03				
Benzo[ghi]perylene (mg/kg)	<0,03	<0,03	<0,03				
Sum karsinogene PAH							
PAH16 (mg/kg)	0,676	0,24	0,24				
<b>Andre organiske miljøgifter</b>							
PCB7 (mg/kg)	<0,02	<0,02	<0,02				

## DISKUSJON

### Aktive forurensningskilder

Resultatene viser at sandfangsmassene i størstedelen av det kartlagte området har et lavt innhold av arsen, metaller, PAH-forbindelser og PCB. Det er få aktive forurensningskilder som det anbefales å gjøre tiltak for å stoppe videre spredning av miljøgifter fra land til havnebassenget.

De viktigste aktive forurensningskildene i det kartlagte området som det bør treffes tiltak mot for å få redusert spredning av miljøgifter er:

- Veolia miljø på Kullkrankaia (metaller og organiske miljøgifter)
- Puss av småbåter på Kullkrankaia ved Dora I (metaller og organiske miljøgifter)
- Direkte dumping av olje i sandfangskummer (PAH-forbindelser)

En potensiell fremtidig kilde til blyforurensning er husfasadene til EC Dahl bryggeri.

### Veolia miljø

Forhøyede konsentrasjoner av bly (Figur 21), kadmium (Figur 24), kvikksølv (Figur 30), tinn (Figur 35), PCB (Figur 36) og noen PAH-forbindelser: Acenaftalen (Figur 38), antracen (Figur 40), benzo(k)fluoranten (Figur 45), fenantren (Figur 48), fluoren (Figur 50) og naftalen (Figur 52) forekommer i sedimentene fra sandfangskummene rundt Veolia miljø. De viktigste spredningsmekanismene er:

- Avfall faller ut av containere
- Spredning av jord/støv partikler med vind og vann
- Spredning av partikler ved avbrenning av ulike produkter (kraftig gul/brun røyk som indikerer klor/brom i røykgassen)
- Renspyling av de asfalterte flatene mellom byggene og kaikanten.



Figur 57 Veolia miljø sitt avfallsmottaksanlegg på Kullkranpiren med plassering av kummene som ble prøvetatt både i 2007 og 2008.



Figur 58 Avfallslager hos Veolia miljø. Lagerplassen har ikke fast dekke. Oljesøl og avfallsfragmenter er lett synlig. Det øverste jordlaget er markert forurenset med metaller, PAH og PCB.

Innholdet av miljøgifter i sandfangskummer på kullkranpiren ble også undersøkt i 2007 (Egede-Nissen og medarbeidere 2008). Det ble påvist høyt innhold av bly, kadmium, kobber, molybden sink, tinn, PAH-forbindelser og PCB. Nivåene av Cd, Hg, Cu og Sn har økt, mens innholdet av PCB har gått ned. I kum 2 har innholdet av alle stoffer økt fra 2007 til 2008 (Tabell 15).

Tabell 15 Innhold av miljøgifter i to sandfangskummer i prøvetatt i 2007 og 2008.

Sandfangskummer prøvetatt i 2007 og 2008								
		Pb	Cd	Hg	Sn	Cu	PAH	PCB
2007	Kum 1	170	1,8	3,6	19	403	13	0,94
2008	Kum1	158	<b>4,5</b>	<b>23,3</b>	<b>34,2</b>	<b>1710</b>	6,5	0,033
		Pb	Cd	Hg	Sn	Cu	PAH	PCB
2007	Kum 2	18,1	0,24	0,02	<3	429	2,8	0,023
2008	Kum2	<b>181</b>	<b>2,4</b>	<b>1,2</b>	<b>29,2</b>	<b>610</b>	<b>6,5</b>	<b>0,36</b>

Det bør gjennomføres tiltak som hindrer ytterligere spredning av miljøgifter fra bedriften. En kostnadseffektiv måte å kontrollere at tiltakene virker, er å etablere et overvåkingsopplegg med prøvetaking og kjemisk analyse av sandfangsmasser fra 4 kummer i området rundt bedriften hvert kvartal inntil forholdene er utbedret. Overvåkingen må gjennomføres av en uavhengig instans.

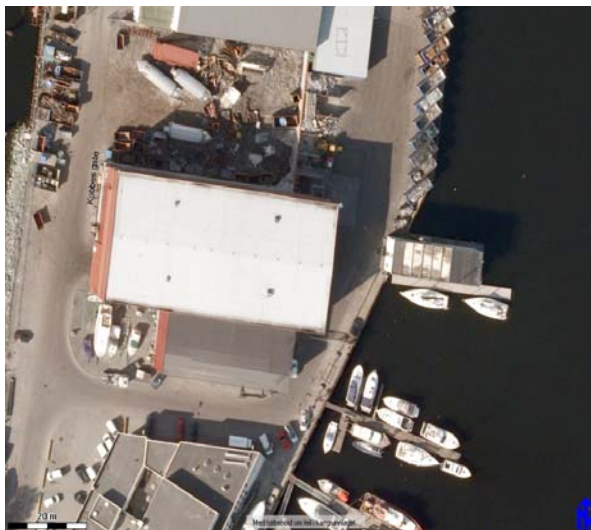
### Puss av småbåter på Kullkrankaia ved Dora I

Det foregår puss/stell av småbåter på kaien ved småbåthavna på Kullkranpiren. En sandfangskum ligger like ved det stedet der båtene spyles ren. Kummen ble tømt dagen før prøvetaking. Innholdet i kummen ved kartleggingen i 2007, dokumenterte svært høyt innhold av miljøgifter (Tabell 18, hentet fra Egede-Nissen og medarbeidere 2008)

**Tabell 16 Innhold av miljøgifter i kum like ved båtskyllingsplass.**

Stoff	Pb	Cd	Hg	Sn	TBT	Cu	PAH	PCB
Enhet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Verdi	4700	1,7	0,19	131	16000	1500	4,2	0,006

Konsentrasjonene av bly og tributytinn (TBT) er langt over grensen for farlig avfall. Den nåværende praksis med båtpuss på kaikanten bør stoppes umiddelbart.



**Figur 59 Småbåthavn ved Dora I. Vårpussen foregår på kaikanten, med avrenning direkte I havnebassenget.**

### Direkte dumping av olje i sandfangskummer (PAH-forbudelser)

Det er en oljefilm i alle sandfangskummene. For å identifisere kilder til PAH kan forhold mellom ulike PAH-forbindelser brukes for å indikere opphavet til de påviste PAH-konsentrasjoner (Frøland 2008). Diagrammer med slike verdier er gitt i figur 17 for alle prøver med de aktuelle PAH verdiene over deteksjonsgrense. Diagrammer peker mot petroleumprodukter som kilde. Noen kummer brukes helt åpenbart som avfallssluk for oljer. Dette var tydeligst langs Nidelvas nedre løp, særlig i sandfangskummene langs PIR 2. Kummer på baksiden av Strandveien 75 inneholder også mye olje.



**Figur 60** Oljesøl i ferd med å renne ned i en sandfangskum

## **Oppsummering og konklusjon**

I faget KJ3071 Anvendt geokjemi, ble det i 2008 gjennomført en kartlegging av innholdet av miljøgifter (metaller, PAH, og PCB) i:

- 159 prøver av sandfangsmasser langs Nidelvas nedre løp og rundt Nyhavna bassenget
- 14 jordprøver fra Ladedalen og Nyhavna
- 255 målinger av metallinnhold i maling fra husfasader og andre potensielle kilder

Størstedelen av det kartlagte området inneholder lave konsentrasjoner av de analyserte miljøgifter i sandfangsmasser og løsmasseprøver.

Det er påvist flere aktive forurensingskilder i Nyhavna området (kvikksølv, kadmium, bly sink, tinn, polyklorete bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Disse kildene er knyttet til virksomheten ved Veolia miljø og rensing av småbåter på kaikanten i Nyhavna. Tiltak for å redusere/fjerne kildene bør gjennomføres. Det bør etableres et overvåkingssystem ved regelmessig prøvetaking av sandfangskummene i området for å følge utviklingen.

Det foregår puss/stell av småbåter på kaien ved småbåthavna på Kullkranpiren. Spylevannet og partikler renner rett ut i havebassenget. Massene i en sandfangskum som ligger like ved det stedet der båtene spyles ren, er forurenset til over nivå for farlig avfall.

Det er påvist høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser i noen av kummene på PIR 2. Kilden til de påviste høye konsentrasjoner av PAH-forbindelsene i sandfangskummene er



petroleumsprodukter. Det er mistanke om at kummene brukes som "avfallsbeholdere" for oljer.

Basert på klassifikaşjonssystemet for tilstandsklasser for marine sedimenter, så havner er sandfangsmassene i tilstandsklasse 4.

Malingen på husfasaden ved E.C. Dahls bryggeri er blyholdig. Ved fremtidig oppussing/rehabilitering, må det gjøres tiltak for å hindre spredning av bly til havnebassenget

Det ble påvist forhøyet innhold av PAH i de dypere deler av fyllmassene i Ladebakkens gamle løp.

Det bør bli en forbedring i rutinene med tømning av sandfangskummene på havna. Kummene bør tømmes oftere for å hindre akkumulering av miljøgifter. I tillegg bør det kanskje tas stikkprøver av sandfangsmassene før kummene tømmes for å vite mer sikkert hvordan massene skal disponeres.

## Referanser

ALcontrol (2008). Analysebevis

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., Ottesen R.T. (2006). *Spredning av miljøgifter fra tettflater i Trondheim*. NGU-rapport 2006.024.

Caplex – tungmetall. Lastet ned 25. Oktober 2008 fra  
<http://www.caplex.no/Web/ArticleView.aspx?id=9338608>

Egede-Nissen, C., Einarsdottir, D.M., C., Haug, S., Hovde, G., Nauste, K.B. og Skårn, J.S. (2008). *Kartlegging og identifisering av aktive forurensningskilder til havnebassenget i Trondheim*. NGU-rapport 2008.009.

Frøland, F.L. (2009). *Barns kjemiske lekemiljø, nivå og kilder til PAH i barnehagejord*. Institutt for kjemi, Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Universitet, Trondheim.

Halkjelsvik, A.G., Økland, I., Holsen, A.M.H., Ottemo, V., Støver, L. (2005). *Miljøtekniske grunnundersøkelser av Ladedalen deponi, Trondheim*. NGU-rapport 2005.036

Jartun, M. (2008). *Active sources and dispersion mechanisms of pollutants, especially polycglorinated biphenyls (PCBs), in the urban environment*. Institutt for kjemi, Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Universitet og Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim.

Jartun, M., Ottesen, R.T., Steinnes, E. og Volden, T. (2008). Runoff of particle bound pollutants from urban impervious surfaces studied by analysis of sediments from stormwater traps. *Science of the total environment*, 396, 147-163

Johnsen K.G. Trondheim kommune. Personlig meddelelse 19. September 2008

Langedal, M. og Ottesen, R.T. (2001). *Plan for forurenset grunn og sedimenter: Status- og erfaringsrapport*. Trondheim: Trondheim kommune, miljøavdelingen.

Manahan, S.E. (2005). *Environmental Chemistry* (Eight edition). Florida: CRC Press.  
Miljøstatus i Norge. Lastet ned 25. Oktober 2008 fra  
<http://miljostatus.no/no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/>

NGU Laboratorier (2008). Analysebevis

NGU. (2005). NGU-lab XRF analyser. Lastet ned 25. Oktober 2008 fra  
[http://www.ngu.no/lito/analyse\\_info\\_files%5CNGU\\_LAB\\_XRF\\_anal.pdf](http://www.ngu.no/lito/analyse_info_files%5CNGU_LAB_XRF_anal.pdf)

Ottesen, R.T. Personlig meddelelse 16. Januar 2009

SFT. (2007). *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter*. TA-2229/2007.

Sund, A.B., Aarland, R. (2008). *Interessekartlegging av næringsvirksomheter på Nyhavna*. Notat.

Trondheim kommune. (2007). *Avløpsystem; Om miljøriktig oppsamling, transport og behandling av avløpsvann i Trondheim*. Lastet ned 28. Oktober 2008 fra <http://www.trondheim.kommune.no/>

Trondheim kommune. *Deklarasjonsskjema: Dokumentasjon for levering av masser på Tiller gamle grustak*. Lastet ned 19. Januar 2009 fra <http://www.ceroi.net/kommuner/trondheim/>  
Universitetet i Oslo. Lastet ned 25. Oktober 2008 fra [www.kjemi.uio.no/periodesystemet](http://www.kjemi.uio.no/periodesystemet)

## **Vedlegg**

Vedlegg 1: Oversikt over bedrifter i Nyhavna (Sund og Aarland, 2008)

Vedlegg 2: Resultater metaller i sandfang, borekjerner og havnesedimenter. Alle verdier er gitt i mg/kg.

Vedlegg 3: Resultater PCB i sandfang, borekjerner og havnesedimenter. Alle verdier er gitt i mg/kg.

Vedlegg 4: Resultater PAH i sandfang, borekjerner og havnesedimenter. Alle verdier er gitt i mg/kg.

Vedlegg 5: Resultater XRF etter fjerning av usikre målinger. Alle verdier er gitt i mg/kg.

Vedlegg 6: Kumulative frekvensfordelinger

## **Vedlegg 1: Oversikt over bedrifter i Nyhavna (Sund og Aarland 2008)**

Det var 39 bedrifter som ønsket å være anonym i undersøkelsen utført av Trondheim Havn, disse fremkommer ikke av oversikten.

Aka Trading as  
Anleggspartner1  
Arcelor Mittal  
Argon Elektro AS  
Arma Agora As  
Asfalt og annleggservice as  
Atelier Dora  
Bama-Gruppen AS  
Beyond the Bean Norge  
Blaa Energi as  
Chiron as  
Cirka Teater As  
Delfin  
Dora AS)  
DSV Road AS  
Ecotherm Brannsikring as /  
GR Coating  
Effecto Rådgivere AS  
Eksos Norge as  
Elnan As  
Emgs ASA  
Fiskarlaget midtnorge  
GeoProbing Technology AS  
GOBAD AS  
Haironville Norge AS  
Heidi Bue  
Huurre Norway AS  
Industri & båtutstyr A/S  
Ing. Per Søvik AS  
Ingeniørfirma Paul Jørgensen as  
Inter-Tre AS  
ISS Facility Services AS  
Johan Vinje Eiendom AS / Johan Vinje  
Stål AS  
J Dahle Metallstøperi  
Jomar Utnes as  
Kaffe Compagniet as / Custor / Custor  
AS / Custor AB  
Kjeldsberg Kaffebrenneri  
Koster gruppen  
Krangnes Motor  
Midt-Norsk Fôr BA  
N. A. EIE AS  
Noca AS  
NORBIT

Norcem AS  
Normet  
Norrein A/S - Egon A/S  
Norsk Folkehjelp Sanitet Trondheim  
Norsk Stål AS  
Nyhavna Mekaniske AS  
Olsen Batterier AS  
PER T. LYKKE A.S.  
Pluss Stål as  
Ringnes E.C. Dahls Bryggeri  
Ruukki  
Saltimport AS / Høvik & Øien  
SeaBed Geophysical AS  
Setragroup  
Setsaas  
StillCom as  
Sunt Miljø AS  
Taubåtkompaniet  
Titek AS  
TK Service Trondheim as  
Tollpost Globe  
Tommen Gram Holding as  
Tongir  
Trondheim Verft  
Trondheim Mørtelverk AS  
Trønderstål AS  
Unicon AS  
Verkstedservice Trondheim as  
Yara Industrial AS

**Vedlegg 2: Resultater metaller i sandfang, borekjerner og havnesedimenter. Alle verdier er gitt i mg/kg.**

ID	ID	X	Y	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cr	As	Hg	Sn
2	2	570895	7035844	40,6	314	11,4	29,4	0,05	37,2	4,4	0,005	1,5
2D		570895	7035844	38,9	290	10,1	27,7	0,05	38,2	3,5	0,005	1,5
3	3	570893	7035883	120,0	632	38,7	33,5	0,41	49,5	2,3	0,145	1,5
4	4	570911	7035876	14,0	115	9,8	15,3	0,05	22,6	1,0	0,005	1,5
5	5	570936	7035919	34,2	152	7,5	25,3	0,05	36,9	1,0	0,005	1,5
5D		570936	7035919	32,9	138	10,3	27,8	0,05	39,0	2,2	0,005	1,5
6	6	570968	7035882	32,5	162	23,5	32,0	0,14	43,7	2,4	0,005	1,5
7	7	570948	7035874	38,1	277	15,9	21,6	0,16	30,2	1,0	0,014	1,5
8	8	571069	7035816	61,6	1660	46,6	35,9	0,85	50,5	3,6	0,005	1,5
9	9	571129	7035811	36,4	273	13,7	31,2	0,21	52,4	12,5	0,005	1,5
10	10	571135	7035828	40,6	133	8,4	23,9	0,05	43,4	4,8	0,005	1,5
10D		571135	7035828	38,7	255	10,8	32,2	0,13	58,9	9,3	0,005	1,5
11	11	571156	7035828	169,0	1540	85,6	64,8	0,96	74,6	5,1	0,059	7,6
12	12	571179	7035832	75,2	206	18,0	58,9	0,12	73,5	6,1	0,035	3,8
13	13	571217	7035833	61,6	172	14,1	47,7	0,10	72,5	1,0	0,023	1,5
14	14	571233	7035832	116,0	683	69,8	32,4	0,57	55,1	3,2	0,202	6,3
14D		571233	7035832	105,0	614	54,4	30,1	0,50	50,6	2,9	0,207	5,1
15	15	571248	7035822	96,7	417	57,9	20,5	0,65	34,7	2,8	0,026	4,1
16	16	571250	7035812	127,0	424	79,8	22,6	0,12	32,4	2,4	0,019	6,7
17	17	571246	7035800	108,0	354	26,2	27,0	0,22	40,6	2,9	0,023	7,5
18	18	571182	7035760	69,6	302	18,1	44,5	0,21	60,6	4,9	0,023	3,1
26	26	571436	7035848	59,2	151	76,4	26,0	0,19	36,3	1,0	0,005	<b>83,3</b>
28D	28	571441	7035890	59,7	221	28,4	26,9	0,16	37,1	2,6	0,005	1,5
27	27	571472	7035869	72,1	196	13,8	34,3	0,21	41,1	4,2	0,005	3,5
29	29	571449	7035869	1090,0	685	29,3	52,7	11,40	74,1	1,0	0,005	23,8
30	30	571491	7035913	181,0	355	19,4	28,4	0,30	43,7	5,9	0,005	1,5
31	31	571479	7035909	174,0	613	47,6	38,9	1,29	63,0	6,9	0,010	9,0
32	32	571593	7035890	54,1	236	462,0	32,4	0,43	52,3	3,4	0,005	4,3
33	33	571601	7035856	116,0	209	34,3	42,5	0,18	53,7	3,8	0,253	7,2
101	101	571206	7035688	386,0	318	41,1	25,4	0,12	34,3	2,5	0,286	<b>15,8</b>
102	102	571279	7035750	24,1	68	9,9	26,5	0,05	32,5	2,4	0,005	1,5
102D		571279	7035750	15,3	33	5,6	20,0	0,05	26,1	2,2	0,005	1,5
103	103	571376	7035800	95,7	200	23,9	36,6	0,05	50,5	2,2	0,082	4,0
103D		571376	7035800	63,5	187	19,4	42,8	0,12	56,4	2,3	0,048	3,4
104	104	571339	7035784	38,2	126	10,6	25,3	0,05	38,4	2,0	0,016	1,5
104D		571339	7035784	105,0	119	12,0	25,1	0,12	38,4	3,5	0,022	3,3
105	105	571477	7035832	63,0	158	9,6	29,4	0,05	47,0	3,1	0,005	1,5
105D		571477	7035832	68,6	273	20,6	35,3	0,22	51,6	5,6	0,005	4,7
106	106	571500	7035774	60,8	234	15,4	42,2	0,11	64,2	4,2	0,005	4,5
106D		571500	7035774	47,4	143	9,4	29,7	0,05	45,8	3,2	0,011	5,0
107	107	571518	7035834	77,4	239	16,7	50,2	0,23	65,4	3,1	0,005	4,8
108	108	571530	7035847	34,9	171	17,1	28,5	0,20	38,2	2,1	0,005	4,2
108D		571530	7035847	90,9	221	18,4	34,3	0,12	45,4	1,0	0,010	1,5
109	109	571596	7035849	61,4	119	27,9	27,7	0,11	38,5	1,0	0,064	5,9
110	110	571644	7035846	32,2	63	12,0	27,7	0,05	43,4	1,0	0,113	1,5
111	111	571584	7035766	74,3	157	11,7	33,8	0,05	40,1	3,3	0,018	6,3
112	112	571596	7035714	246,0	211	129,0	28,8	0,05	48,7	1,0	0,026	<b>69,6</b>

ID	ID	X	Y	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cr	As	Hg	Sn
113	113	571423	7035711	36,4	194	27,1	27,4	0,05	39,0	1,0	0,024	1,5
114	114	571397	7035695	126,0	248	38,3	27,5	0,22	38,4	3,8	0,829	5,3
115	115	571394	7035675	53,1	326	27,7	35,3	0,38	46,0	2,1	0,079	3,6
116	116	571336	7035641	95,8	303	24,6	25,9	0,35	33,3	2,7	0,024	3,1
117	117	571336	7035654	135,0	739	91,3	36,0	0,49	44,8	2,7	0,187	31,2
201	201	570973	7035240	33,7	892	75,7	28,4	0,88	41,8	1,0	0,014	3,2
202	202	570981	7035230	493,0	367	50,9	37,4	0,44	67,2	1,0	0,024	<b>48,0</b>
203	203	571000	7035210	148,0	303	38,5	39,6	0,19	47,9	1,0	0,005	<b>23,2</b>
203D		571000	7035210	164,0	173	20,3	44,0	0,05	51,6	2,0	0,012	<b>23,9</b>
204	204	571028	7035195	128,0	200	35,3	38,9	0,19	64,6	3,2	0,005	4,5
206	206	570982	7035268	50,8	182	16,3	27,4	0,10	46,4	1,0	0,017	4,2
207	207	570990	7035278	45,0	194	24,7	37,8	0,16	58,4	2,2	0,032	1,5
207D		570990	7035278	48,1	206	26,3	41,7	0,18	64,6	1,0	0,045	3,8
208	208	571060	7035348	133,0	1250	152,0	86,9	0,28	94,5	2,6	0,018	9,1
208D		571060	7035348	78,9	720	39,7	60,7	0,18	78,4	1,0	0,022	5,1
209	209	571189	7035393	58,7	213	24,6	38,9	0,13	51,6	1,0	0,044	3,9
209D		571189	7035393	57,4	204	25,6	34,9	0,14	45,6	3,3	0,039	3,4
210	210	571257	7035417	103,0	575	181,0	30,4	1,73	45,6	2,6	0,030	4,1
210D		571257	7035417	104,0	458	57,7	26,9	1,34	38,2	2,0	0,016	4,7
211	211	571175	7035338	64,0	325	23,2	33,0	0,11	49,2	1,0	0,022	3,1
212	212	571094	7035455	55,2	169	20,8	27,1	0,05	38,0	2,2	0,018	3,6
212D		571094	7035455	56,8	186	21,7	31,0	0,05	46,6	1,0	0,025	3,9
213	213	571099	7035487	88,5	208	24,9	27,0	0,05	39,8	1,0	0,018	5,2
214	214	571112	7035488	113,0	372	45,3	37,2	0,20	59,4	1,0	0,064	5,1
215	215	571127	7035519	44,2	169	17,7	22,9	0,05	33,0	1,0	0,016	4,1
216	216	571154	7035572	75,5	261	20,9	31,2	0,11	46,1	3,1	0,027	7,2
217	217	571182	7035632	52,6	174	71,9	20,8	0,05	28,3	1,0	0,005	4,7
218	218	571276	7035612	66,6	309	20,6	27,0	0,12	35,7	3,0	0,025	< 3
219	219	571231	7035577	11,7	67	4,9	18,9	0,05	27,3	1,0	0,005	1,5
220	220	571182	7035586	354,0	561	43,5	88,3	0,52	97,4	1,0	0,071	3,3
221	221	571184	7035574	93,2	331	8,1	154,0	0,28	45,6	2,7	0,028	1,5
222	222	571221	7035591	82,4	426	47,0	124,0	0,39	156,0	1,0	0,021	3,1
223	223	571214	7035602	172,0	965	92,0	136,0	1,48	172,0	1,0	0,031	4,1
224	224	571232	7035543	43,7	198	381,0	29,3	0,05	39,0	2,1	0,019	1,5
301	301	570881	7035258	37,0	103	7,6	29,0	0,05	39,5	3,0	0,016	1,5
302	302	570872	7035267	21,0	66	5,8	28,0	0,05	37,2	1,0	0,020	1,5
303	303	570890	7035271	31,7	205	10,7	36,2	0,05	41,2	1,0	0,021	4,1
304	304	570871	7035287	49,7	331	19,0	32,5	0,14	40,6	2,7	0,023	4,0
305	305	570866	7035281	32,7	166	18,1	30,0	0,05	37,3	1,0	0,028	1,5
305D		570866	7035281	36,4	226	11,2	31,6	0,10	41,8	1,0	0,020	1,5
306	306	570812	7035272	105,0	177	21,1	40,3	0,14	39,0	11,2	0,270	7,3
307	307	570790	7035279	93,9	294	21,1	26,7	0,27	37,2	4,6	0,021	7,6
308	308	570805	7035320	83,6	333	33,7	43,9	0,34	61,9	3,6	0,057	6,2
309	309	570836	7035360	89,5	253	28,8	28,6	0,20	37,6	2,5	0,122	7,2
310	310	570831	7035361	155,0	511	56,9	46,9	0,48	62,3	5,4	0,139	<b>11,0</b>
310D		570831	7035361	116,0	411	50,2	47,5	0,53	69,6	4,0	0,114	8,8
311	311	570862	7035442	155,0	431	84,5	41,9	0,46	43,3	4,2	0,063	8,4
312	312	570867	7035450	219,0	474	52,4	35,5	0,56	45,6	2,6	0,095	<b>12,6</b>
313	313	570893	7035499	1710,0	1380	181,0	50,6	2,40	64,1	5,0	1,220	<b>29,2</b>



ID	ID	X	Y	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cr	As	Hg	Sn
315	315	570926	7035529	1790,0	2070	572,0	112,0	21,20	159,0	5,1	2,080	33,8
316	316	570864	7035564	610,0	1380	275,0	48,5	3,57	63,8	8,7	1,200	40,9
318	318	570857	7035508	498,0	983	158,0	40,9	4,55	70,7	4,0	23,290	34,2
319	319	570856	7035454	354,0	1030	151,0	82,5	1,59	101,0	4,4	0,290	23,1
320	320	570854	7035435	213,0	511	84,1	40,8	0,53	62,5	3,5	0,110	10,9
321	321	570848	7035406	182,0	499	73,1	32,6	0,49	43,7	4,6	0,090	8,6
322	322	570833	7035377	237,0	505	69,9	32,6	0,59	47,8	3,9	0,097	13,7
322D		570833	7035377	513,0	463	61,8	33,6	0,51	42,3	2,3	0,097	14,2
323	323	570813	7035342	97,3	289	33,8	35,6	0,27	58,3	2,7	0,071	8,3
324	324	570796	7035319	104,0	328	25,3	32,4	0,31	43,8	4,6	0,062	7,2
325	325	570778	7035319	264,0	903	120,0	48,0	0,92	62,7	1,0	0,040	23,7
326	326	570760	7035321	121,0	465	50,8	37,5	0,41	53,4	3,1	0,070	7,0
327	327	570764	7035326	937,0	1650	101,0	42,9	0,88	60,4	3,9	0,070	22,3
327D		570764	7035326	367,0	1030	62,0	41,3	0,69	56,6	3,3	0,050	25,9
328	328	570754	7035353	251,0	813	44,1	43,6	0,54	63,7	3,1	0,060	29,4
329	329	570746	7035352	167,0	695	62,2	43,0	0,32	53,3	9,9	0,050	9,1
330	330	570783	7035375	108,0	1470	73,6	64,6	0,25	41,0	8,4	0,030	4,5
330D		570783	7035375	110,0	1310	90,7	35,3	0,30	41,8	8,4	0,030	9,0
331	331	570812	7035436	324,0	1470	313,0	32,6	0,60	42,5	19,2	0,020	20,2
332	332	570735	7035372	84,1	328	33,8	29,2	0,33	38,4	5,6	0,020	4,9
333	333	570592	7035596	300,0	1080	34,9	49,7	0,27	61,2	4,5	0,030	10,7
334	334	570604	7035625	248,0	917	43,8	81,6	0,14	113,0	1,0	0,010	12,6
401	401	570601	7034944	54,6	119	7,7	26,1	0,05	38,3	2,6	0,010	4,2
402	402	570586	7035002	26,7	71	6,1	23,7	0,05	34,4	1,0	0,010	1,5
403	403	570593	7035013	28,3	67	8,5	29,0	0,05	39,4	2,2	0,015	1,5
403D		570593	7035013	42,2	127	17,8	22,1	0,05	41,8	1,0	0,005	5,0
404	404	570546	7035001	63,7	225	8,7	28,0	0,05	51,6	1,0	0,011	29,2
405	405	570490	7035000	69,8	255	15,2	31,5	0,05	64,6	1,0	0,034	5,1
406	406	570431	7035003	60,2	125	9,8	47,0	0,05	76,3	4,5	0,049	1,5
407	407	570387	7035006	51,4	56	4,8	34,2	0,05	56,2	1,0	0,029	1,5
407D		570387	7035006	21,0	49	10,7	27,7	0,05	39,9	2,1	0,043	1,5
408	408	570592	7034933	44,0	159	19,1	27,8	0,05	43,1	1,0	0,017	3,3
408D		570592	7034933	43,8	146	8,7	29,5	0,05	46,2	1,0	0,013	3,0
409	409	570497	7034908	62,7	195	30,5	25,6	0,05	70,1	1,0	0,011	5,3
410	410	570469	7034893	59,5	269	7,6	24,0	0,05	35,5	3,4	0,028	4,4
411	411	570471	7034881	68,2	270	11,6	28,0	0,05	43,7	2,1	0,040	5,3
412	412	570481	7034859	44,5	185	7,6	21,1	0,05	29,9	3,4	0,030	3,5
413	413	570529	7034815	82,7	344	13,5	30,4	0,10	46,3	1,0	0,051	6,9
414	414	570523	7034782	42,8	361	27,9	24,2	2,02	31,5	1,0	0,032	1,5
415	415	570328	7034692	66,6	271	23,1	43,2	0,28	66,3	1,0	0,092	5,8
416	416	570314	7034707	51,1	207	13,5	30,5	0,05	41,7	1,0	0,034	6,4
417	417	570286	7034726	47,9	217	15,9	38,9	0,05	52,1	3,4	0,042	1,5
418	418	570262	7034741	55,3	169	21,1	37,1	0,26	50,1	4,9	0,041	1,5
419	419	570299	7034864	29,2	160	6,6	27,6	0,05	41,4	1,0	0,027	1,5
420	420	570400	7034892	69,4	284	15,3	37,3	0,13	54,8	1,0	0,034	5,1
421	421	570484	7035781	81,3	282	26,4	33,6	0,19	48,6	6,2	0,064	4,1
422	422	570459	7035783	30,8	1040	17,5	24,1	0,05	34,5	3,2	0,025	3,1
423	423	570456	7035803	30,9	80	15,8	31,8	0,05	43,3	7,6	0,038	1,5
424	424	570476	7035834	24,4	61	11,1	23,2	0,05	33,4	4,9	0,030	1,5

ID	ID	X	Y	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Cr	As	Hg	Sn
425	425	570459	7035857	46,7	111	19,9	49,1	0,11	69,7	11,0	0,056	1,5
426	426	570478	7035758	47,4	172	16,3	28,9	0,05	37,6	1,0	0,039	1,5
427	427	570402	7035566	102,0	432	31,4	29,4	0,27	48,8	2,9	0,032	7,1
427D		570402	7035566	142,0	598	23,5	34,2	0,47	59,0	3,3	0,011	8,9
428	428	570369	7035664	39,8	186	11,3	20,5	0,05	27,6	2,3	0,027	1,5
428D		570369	7035664	65,5	654	22,6	26,8	0,24	38,2	2,0	0,037	3,9
429	429	570375	7035682	53,2	1020	13,7	28,8	0,30	46,9	1,0	0,040	4,4
430	430	570382	7035703	99,8	406	23,6	50,0	0,18	84,5	1,0	0,041	6,0
431	431	570332	7035568	126,0	495	28,3	40,2	0,26	60,8	4,2	0,040	7,2
502	502	571370	7035856	19,7	68	23,6	25,8	0,05	37,9	1,0	0,057	1,5
503	503	571370	7035856	53,0	196	320,0	33,4	0,58	50,7	1,0	0,097	12,1
504	504	571254	7035795	236,0	393	98,0	46,6	0,56	44,7	14,9	0,535	14,7
505	505	571254	7035795	30,9	93	20,4	27,5	0,05	39,3	3,5	0,110	1,5
506	506	571254	7035795	15,1	54	8,7	31,9	0,05	50,8	1,0	0,037	1,5
507	507	571141	7035730	25,1	91	30,6	25,0	0,05	40,8	1,0	0,110	3,3
508	508	571141	7035730	15,7	67	15,7	27,1	0,05	42,1	1,0	0,044	3,0
509	509	571141	7035730	9,0	41	7,2	23,5	0,05	37,7	1,0	0,035	1,5
510	510	570823	7035396	18,7	47	9,2	30,9	0,05	43,8	1,0	0,037	1,5
511	511	570823	7035396	21,6	60	6,6	37,3	0,05	50,2	1,0	0,030	1,5
512	512	570823	7035396	20,4	53	6,6	37,5	0,05	52,9	1,0	0,030	1,5
513	513	570888	7035580	186,0	153	15,4	12,4	0,38	22,0	5,6	0,053	1,5
514	514	570888	7035580	77,9	75	3,0	16,7	0,15	32,6	1,0	0,024	1,5
515	515	570888	7035580	46,7	201	2,5	21,8	1,02	28,9	1,0	0,025	1,5
516	516	570508	7035394	92,9	476	18,8	30,0	0,16	38,2	4,7	0,040	6,3
517	517	570488	7035342	58,8	177	14,5	27,2	0,05	34,2	3,6	0,028	4,4
518	518	570464	7035283	119,0	370	27,3	71,1	0,05	106,0	1,0	0,028	9,6
519	519	570451	7035254	60,6	247	18,9	33,7	0,10	40,2	3,1	0,031	4,3
520	520	570437	7035223	57,4	283	22,0	24,6	0,11	37,8	1,0	0,049	4,1
601	601	571097	7035702	54,4	135	25,6	41,5	0,05	60,3	1,0	0,796	3,1
602	602	570875	7035885	34,9	435	33,1	27,1	0,05	52,6	1,0	0,141	3,3
603	603	570939	7035805	46,7	232	36,6	24,3	0,31	42,8	3,4	0,221	4,2
604T	604	571025	7035773	58,8	136	31,2	24,3	0,16	36,9	1,0	0,329	4,3
604B		571025	7035773	40,5	136	20,1	48,4	0,05	62,3	1,0	0,163	1,5
605T	605	571061	7035592	42,1	132	26,1	42,5	0,12	59,5	1,0	0,165	4,0
605B		571061	7035592	44,4	183	14,3	56,3	0,05	71,7	1,0	0,076	3,5
606	606	570982	7035418	114,0	390	218,0	32,4	0,48	88,5	6,0	0,372	78,0
607	607	570931	7035504	75,0	323	48,0	25,5	0,35	46,2	3,8	0,328	10,7

**Vedlegg 3: Resultater PCB i sandfang, borekjerner og havnesedimenter. Alle verdier er gitt i mg/kg.**

ID	PCB7	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180
7	0,0777	0,017	0,009	0,0084	0,0053	0,015	0,015	0,0086
8	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
14	0,0563	0,03	0,0033	0,004	<0,003	0,011	0,0046	<0,003
17	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
27	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
29	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
30	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
32	<0,02	<0,003	<0,003	0,0035	<0,003	0,0053	0,0044	<0,003
101	0,0354	<0,003	<0,003	0,0053	<0,003	0,011	0,0092	0,0053
102	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
103	0,0295	<0,003	0,0035	0,0057	<0,003	0,0082	0,006	0,0032
104	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
105	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
106	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
107	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
110	0,0315	<0,003	<0,003	0,007	<0,003	0,0094	0,0067	0,0039
111	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
112	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
113	0,0542	<0,003	<0,003	0,0054	<0,003	0,011	0,014	0,019
114	0,0629	<0,003	0,0047	0,0079	0,0047	0,013	0,013	0,018
115	0,0661	<0,003	<0,003	0,0085	0,0048	0,014	0,017	0,018
116	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
117	0,0313	0,0088	0,007	0,0063	<0,003	0,0047	<0,003	<0,003
201	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
204	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
207	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
208	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
209	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
210	0,0373	<0,003	<0,003	0,0049	<0,003	0,01	0,0091	0,0089
211	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
212	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
215	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
216	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
220	0,0233	0,003	0,0032	0,0058	<0,003	0,0044	0,004	<0,003
221	0,13	<0,003	0,012	0,034	0,017	0,034	0,024	0,0074
224	<0,02	0,0075	0,0043	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
312	0,0271	0,0041	0,003	<0,003	<0,003	0,0059	0,0064	0,0046
313	0,363	0,069	0,052	0,054	0,035	0,069	0,053	0,031
315	0,442	0,058	0,045	0,064	0,031	0,093	0,091	0,06
318	0,337	0,05	0,04	0,053	0,028	0,076	0,051	0,038
326	0,0241	0,0062	0,0044	0,0035	<0,003	0,0038	0,0033	<0,003
327	0,0288	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,013	0,0082	<0,003
330	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
334	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0035	0,0035	<0,003
407	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
408	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
409	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
415	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003

ID	PCB7	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180
419	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
423	<0,02	<0,003	<0,003	0,0036	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
426	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
427	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
31	<0,02	<0,003	<0,003	0,0032	<0,003	0,0043	<0,003	<0,003
502	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
503	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
504	0,0296	<0,003	<0,003	0,0062	<0,003	0,0079	0,0074	0,0035
505	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
506	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
507	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
508	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
509	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
510	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
511	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
512	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
513	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
514	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
515	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
516	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
517	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
518	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
519	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
520	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
601	<0,02	<0,003	<0,003	0,0036	<0,003	0,0046	0,0043	<0,003
602	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
603	0,0462	<0,003	0,0032	0,0082	0,0032	0,015	0,0071	0,0078
606	0,414	<0,003	0,016	0,046	0,082	0,077	0,089	0,1
607	0,0994	<0,003	0,0089	0,019	0,0065	0,026	0,023	0,014
604 B	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
604 T	0,02	<0,003	<0,003	0,0059	<0,003	<0,003	0,0042	0,0039
605 B	<0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
605 T	0,0251	<0,003	<0,003	0,0062	<0,003	0,003	0,0099	<0,003

**Vedlegg 4: Resultater PAH i sandfang, borekjerner og havnesedimenter. Alle verdier er gitt i mg/kg.**

ID	Naftalen	Acenaften	Acenaftylen	Fluoren	Antracen	Fenantren	Fluoranten	Pyren
7	0,015	0,015	0,015	0,047	0,015	0,23	0,19	0,15
8	0,015	0,015	0,015	0,068	0,056	0,47	0,49	0,38
14	69	4,4	3	22	1,9	34	2,3	5,9
17	0,16	0,075	0,049	0,39	0,22	1	0,47	0,58
30	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,075	0,11	0,12
32	0,077	0,015	0,015	0,015	0,015	0,086	0,11	0,14
101	0,015	0,015	0,015	0,015	0,15	0,12	0,19	0,17
102	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,036	0,033
103	0,15	0,086	0,14	0,18	0,21	1,2	1,8	1,6
104	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,053	0,09	0,088
105	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,15	0,24	0,23
106	0,015	0,036	0,015	0,24	0,069	0,69	0,36	0,43
107	0,11	0,015	0,015	0,041	0,015	0,13	0,17	0,21
110	0,04	0,015	0,092	0,056	0,13	0,46	0,85	0,76
111	0,054	0,035	0,015	0,22	0,069	0,56	0,31	0,47
112	1,6	0,63	0,24	1,3	0,087	2,3	0,39	0,95
114	0,058	0,015	0,015	0,043	0,041	0,27	0,28	0,33
115	0,015	0,015	0,015	0,015	0,033	0,1	0,15	0,17
116	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,17	0,22	0,23
117	0,21	0,046	0,14	0,15	0,16	0,61	1,2	1,2
201	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,14	0,34	0,37
204	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,032	0,015
207	0,069	0,015	0,015	0,061	0,046	0,19	0,31	0,33
208	0,2	0,015	0,015	0,059	0,044	0,24	0,22	0,28
209	0,035	0,015	0,015	0,067	0,033	0,27	0,38	0,51
210	0,034	0,015	0,015	0,042	0,031	0,24	0,34	0,36
211	0,18	0,065	0,015	0,48	0,13	0,76	0,094	0,088
212	0,015	0,015	0,015	0,032	0,015	0,17	0,28	0,41
216	0,097	0,045	0,046	0,17	0,11	0,78	1	1,4
<b>220</b>	<b>0,081</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,031</b>	<b>0,015</b>	<b>0,27</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
<b>221</b>	<b>0,031</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,19</b>	<b>0,21</b>	<b>0,19</b>
224	0,16	0,12	0,065	0,54	0,12	1,1	0,41	0,92
313	0,69	0,19	0,075	0,61	0,44	2,3	2	2,2
315	1	0,16	0,071	0,61	0,26	2,1	1,2	1,4
318	0,41	0,092	0,051	0,22	0,29	1,4	1,7	1,8
326	0,75	0,1	0,038	0,41	0,14	1,2	0,9	1,4
327	0,34	0,078	0,059	0,15	0,09	0,7	0,96	1,2
330	0,073	0,015	0,015	0,015	0,015	0,22	0,31	0,3
334	0,066	0,015	0,015	0,065	0,051	0,43	0,55	0,97
407	0,015	0,015	0,015	0,015	0,031	0,16	0,27	0,28

<b>ID</b>	<b>Naftalen</b>	<b>Acenaften</b>	<b>Acenaftylen</b>	<b>Fluoren</b>	<b>Antracene</b>	<b>Fenantrene</b>	<b>Fluorante</b>	<b>Pyrene</b>
407	0,015	0,015	0,015	0,015	0,031	0,16	0,27	0,28
408	0,073	0,015	0,015	0,015	0,015	0,15	0,3	0,36
409	0,015	0,015	0,015	0,03	0,066	0,24	0,37	0,44
415	0,046	0,015	0,015	0,062	0,041	0,35	0,56	0,8
423	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,036	0,084	0,082
426	0,015	0,75	0,38	2,2	1,3	49	72	40
427	0,16	0,52	0,11	0,9	0,74	5,9	12	8,1
431	0,81	0,31	0,11	1,1	0,23	3,1	3,8	3,6
516	0,047	0,015	0,015	0,063	0,037	0,45	0,67	1,1
517	0,015	0,015	0,015	0,031	0,015	0,15	0,19	0,2
518	0,015	0,015	0,015	0,03	0,015	0,17	0,26	0,35
519	0,064	0,015	0,015	0,087	0,032	0,44	0,46	0,69
520	0,015	0,015	0,015	0,037	0,015	0,23	0,36	0,41

<i>ID</i>	Benso(a)antracen	Chrysen/Trifenylen	Benso(b)fluoranten	Benso(k)fluoranten	Benso(a)pyren	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Benso(ghi)perylen
7	0,035	0,11	0,055	0,015	0,043	0,015	0,041
8	0,085	0,4	0,21	0,05	0,11	0,097	0,15
14	0,36	1,3	0,39	0,13	0,3	0,16	0,34
17	0,1	0,28	0,15	0,052	0,089	0,074	0,17
30	0,015	0,18	0,076	0,015	0,015	0,015	0,062
32	0,036	0,17	0,072	0,015	0,035	0,03	0,069
101	0,094	0,19	0,18	0,052	0,11	0,1	0,14
102	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
103	0,63	0,97	0,87	0,31	0,63	0,46	0,56
104	0,031	0,056	0,052	0,015	0,036	0,015	0,032
105	0,081	0,2	0,14	0,043	0,076	0,071	0,12
106	0,09	0,25	0,15	0,043	0,08	0,078	0,16
107	0,046	0,14	0,086	0,015	0,052	0,046	0,082
110	0,37	0,44	0,45	0,17	0,34	0,26	0,28
111	0,089	0,22	0,11	0,037	0,079	0,062	0,13
112	0,097	0,35	0,14	0,076	0,1	0,098	0,19
114	0,076	0,26	0,13	0,055	0,07	0,059	0,13
115	0,033	0,2	0,084	0,031	0,036	0,036	0,083
116	0,081	0,22	0,17	0,054	0,095	0,095	0,14
117	0,51	0,82	1,1	0,41	0,81	0,73	0,84
201	0,13	0,25	0,17	0,055	0,11	0,084	0,12
204	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
207	0,094	0,21	0,15	0,043	0,083	0,071	0,12
208	0,056	0,17	0,1	0,1	0,073	0,015	0,083
209	0,096	0,29	0,16	0,037	0,1	0,088	0,19
210	0,097	0,25	0,14	0,041	0,083	0,071	0,13
211	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
212	0,072	0,22	0,11	0,031	0,07	0,056	0,13
216	0,33	0,66	0,39	0,12	0,26	0,15	0,38
<b>220</b>	<b>0,055</b>	<b>0,19</b>	<b>0,13</b>	<b>0,05</b>	<b>0,075</b>	<b>0,079</b>	<b>0,17</b>
<b>221</b>	<b>0,042</b>	<b>0,13</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,06</b>	<b>0,056</b>	<b>0,12</b>
224	0,12	0,4	0,22	0,066	0,14	0,093	0,24
313	0,5	1,3	0,84	0,28	0,5	0,33	0,52
315	0,31	0,71	0,51	0,12	0,32	0,18	0,31
318	0,53	1,1	0,76	0,29	0,49	0,37	0,52
326	0,21	0,75	0,37	0,14	0,22	0,17	0,37
327	0,46	0,98	1,2	0,47	0,65	0,59	0,63
330	0,086	0,23	0,15	0,056	0,1	0,065	0,1
334	0,089	0,55	0,25	0,16	0,17	0,15	0,43
407	0,12	0,14	0,14	0,05	0,095	0,076	0,094

<i>ID</i>	<b>Benso(a)antracen</b>	<b>Chrysen/Trifenylen</b>	<b>Benso(b)fluoranten</b>	<b>Benso(k)fluoranten</b>	<b>Benso(a)pyren</b>	<b>Indeno(1,2,3-cd)pyren</b>	<b>Benso(ghi)perylen</b>
408	0,14	0,23	0,17	0,057	0,12	0,086	0,14
409	0,096	0,17	0,098	0,015	0,058	0,041	0,15
415	0,13	0,55	0,22	0,059	0,13	0,11	0,28
423	0,015	0,037	0,032	0,015	0,015	0,015	0,015
426	4,7	13	5,5	2	1,3	0,83	0,66
427	2,1	3,5	1,9	0,72	0,74	0,52	0,58
431	0,46	1,5	0,82	0,29	0,63	0,43	0,72
516	0,11	0,66	0,24	0,064	0,16	0,14	0,6
517	0,035	0,29	0,1	0,015	0,052	0,045	0,1
518	0,067	0,43	0,14	0,032	0,074	0,063	0,16
519	0,12	0,74	0,21	0,073	0,35	0,088	0,24
520	0,099	0,5	0,19	0,061	0,11	0,085	0,2



Dibenso(a,h)antracen	PAH,summa cancerogena	PAH,summa övriga	TS (PAH)
0,015	0,24	1	68,4
0,041	0,99	1	50,4
0,09	2,7	140	38,2
0,03	0,78	3,1	48,1
0,015	0,26	1	60,4
0,015	0,34	1	76,7
0,032	0,76	1	70,2
0,015	0,08	1	85,3
0,096	4	5,9	71
0,015	0,18	1	74
0,015	0,61	1	76,6
0,015	0,69	1	61,7
0,015	0,37	1	75,5
0,071	2,1	2,7	52,3
0,015	0,6	1	85,1
0,073	0,93	7,7	72,9
0,015	0,65	1	71,2
0,015	0,42	1	84,9
0,032	0,75	1	69,5
0,12	4,5	4,6	57,5
0,031	0,83	1	56,2
0,015	0,08	1	46,9
0,015	0,65	1	68,7
0,015	0,5	1	74
0,033	0,8	1	58,5
0,015	0,68	1	61,5
0,015	0,08	1	42,6
0,015	0,56	1	75,1
0,061	2	4	67,4
<b>0,054</b>	<b>0,63</b>	<b>1</b>	<b>58,5</b>
<b>0,015</b>	<b>0,29</b>	<b>1</b>	<b>47,8</b>
0,044	1,1	3,7	68,3
0,12	3,9	9	68,8
0,052	2,2	7,1	78,2
0,19	3,7	6,5	62,1
0,053	1,9	5,3	74,4
0,14	4,5	4,2	73,7
0,015	0,69	1	84,8
0,057	1,4	2,6	68,1
0,015	0,62	1	85,7

Dibenso(a,h)antracen	PAH,summa cancerogena	PAH,summa övriga	TS (PAH)
0,032	0,84	1	88,5
0,015	0,46	1	83,5
0,04	1,2	2,1	63
0,015	0,08	1	68,9
0,21	28	170	74,4
0,11	9,6	29	64,9
0,13	4,3	14	45,6
0,031	1,4	3	71,8
0,015	0,52	1	76,8
0,015	0,81	1	75,2
0,033	1,6	2	68,5
0,034	1,1	1	75,5

**Vedlegg 5: Resultater XRF etter fjerning av usikre målinger. Alle verdier er gitt i mg/kg.**

ID_XRF	Sb	Sn	Cd	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Cl
397					1023,54	33566,93		321,69	423,13	
398		393,94				223772,44				610160,31
400						440,52				9573,58
401					662,04	22175,63			588,89	
402						378343,97			1185,20	
403						1134,69				59233,89
404						740942,00			2025,45	
405						577,87				18709,62
406						559,62				
407					383,37	6844,11				
408		473,38				374638,09				
409						531,69			252,40	
410					220,59	16180,61				
411				12333,42	107650,04	5262,77			43674,05	55237,05
413				13637,48	115099,20	15289,49			42817,94	48191,47
415									491,72	
416					610,17	541,10			1407,54	26884,45
417					574,05	1855,92			10847,33	13152,66
418					870,96	118995,47				
419					11581,58	35079,78			1435,53	
420						637464,94			2475,30	
421						198615,19				177293,09
422						269188,78				297559,31
423					1909,93	108141,66				
424					1565,17	92887,14				
427					8810,59	135523,38			655,57	
429						618701,38			3067,65	
431						763,15				
433					2687,07	87628,68				
434					2271,14	102216,87				
435					1190,06	75101,24				
436					3033,72	18118,62				
484						238477,55			2476,29	
485						333650,59			5348,27	
487						575,23				
489					9113,45	596699,25			11346,50	
490					9588,40	574300,94			10799,27	
491					8953,66	617132,44			11192,51	
492						503909,19	3024,75	1161,69	41013,54	
493						613684,88			5610,37	
494						256732,98			10496,47	
495						7076,38				
496										31655,13
499	3672,76					157214,75			952,16	586309,75
500						445715,19			7406,57	
501						1120,17				
502						531189,25			10060,32	
503					2662,17	116069,55				
504					2176,06	114158,02				
506						549074,94			8606,55	

507						976,98			262,39	
508						3052,34			288,01	
509						3348,76				
510						23474,54			198,76	
511						3931,88			226,40	
512						8809,28				
513						3043,45			240,69	
514					98,76	132,33				
515						6711,83			283,56	
516					224,16					
517										36308,11
518									54180,96	15427,19
519					280,81	1029,83				
520		158,02				81782,31				
521						437773,78	4885,79		57278,59	
522					391,08					
523						520322,59			8882,40	
524					3484,27	38699,82			500,87	
525					2772,99	71267,55			644,97	
526						46168,02			958,09	37090,99
528						46399,65	6166,23		1225,15	36502,32
529	2817,98	325,51				206249,33			2062,63	654521,13
530	2582,53	210,72				206510,30			2013,97	648148,56
535					311,43	73,91				
536					395,19	7703,39				
537		205,57			1151,57	6403,21				
538										18642,99
539						1263,82				
540					501,07	2293,86				9246,11
541	240,96	204,17								
542					3291,08	663,95				18700,50
543						11576,82				
544					3331,99	610,12				
545					15020,20	83132,39			1295,85	
546					524,40	183,47	161,59			
547						938,24				
548					573,71	190,12	183,02			
549					3129,96	577,10				
554						475,25				45336,56
555	295,07				5247,19	1118,45				
556					2477,91	477,52				
557					2648,97	597,84				
558					1704,33					10455,44
559					3011,21	770,33				9722,55
560						190904,28	4958,91		19817,04	
561						197187,48	2819,52		19991,09	
562						204804,83	4319,66		20511,34	
563						3184,17				
564	200,12		130,28			3982,58				
565	2615,04				90417,67	33577,04				
566						3989,74				
568	564,58					492764,41			15680,75	
569	714,48					552434,56			16545,39	

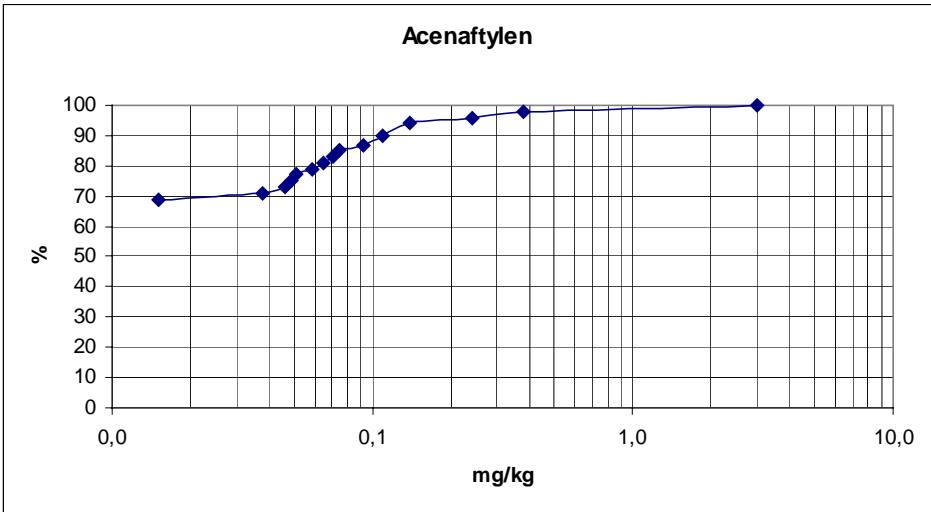
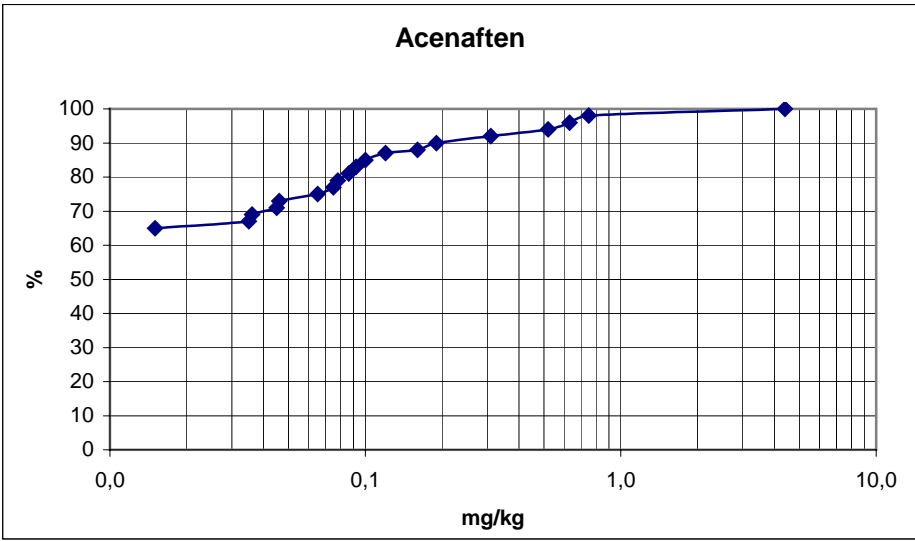
570						589621,44	5734,54	623,60	19182,34	
572						595696,00			5537,00	
573						623447,25	20210,85		7078,98	
574	681,61	443,80	286,23						168,58	
575	733,63		375,52						281,12	
576	386,93		255,87						243,45	
577									409,97	
578					231,62		621,82		599,88	
579	1839,06	651,96	358,29			326,43	1486,91		668,97	
580							628,59		630,17	
582						51039,31				
583					72,57	7244,44				
584					136,87	4233,57				
587					383,28	577,09	307,65		116,81	
592						556590,81			5809,92	
593										116722,87
594						468,39				
596						553,20				
600	4223,98					158328,00				615935,88
601					458,34					
602					469,22	307,06				
603					1435,34	884,44				
604				970,56	265,07		372,17			
605										
606						563351,13				
607					568,19	2034,77	314,47			
608						551,62				33211,52
609		957,03							111,81	13286,42
610					757,08	785,81				
611						525078,88			1030,80	
612						1379,20				
614										
615						1757,72				
616		773,20							147,03	
617						209,39				
618					664,40	699,98				48849,05
619									145,10	
622										40413,64
623					1023,44	34014,61				
624		302,55				83337,12				593665,88
625						1307,59				
626	225,03	195,74								112636,70
627					75,96	2532,33				
628						390,16				
629						1009,89				
630						9237,28			132,10	
631					2936,21	1767,34				
632					2842,82	896,50				
633					2083,34	2579,91				
634					927,26					
635	406,79	511,89	139,03		887,04	28749,95	945,57			
636		324,92				423819,03			671,69	541123,88
637	3239,89					202204,33				606616,38

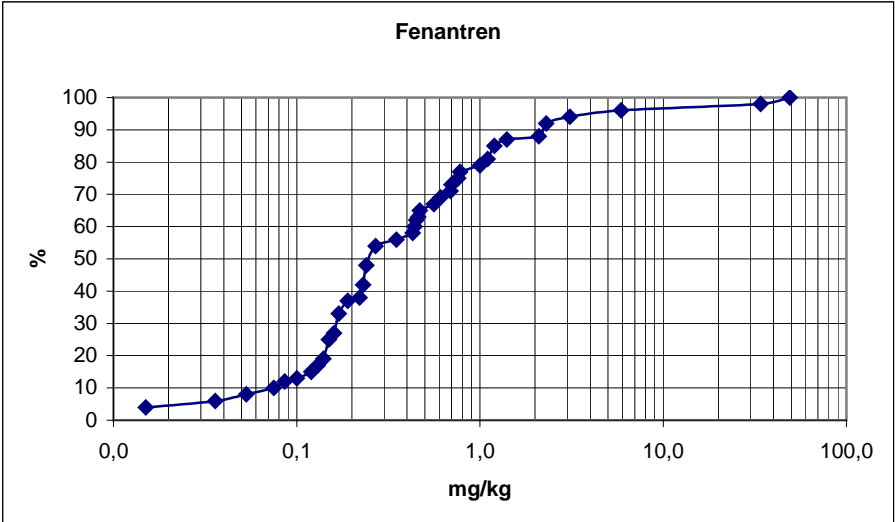
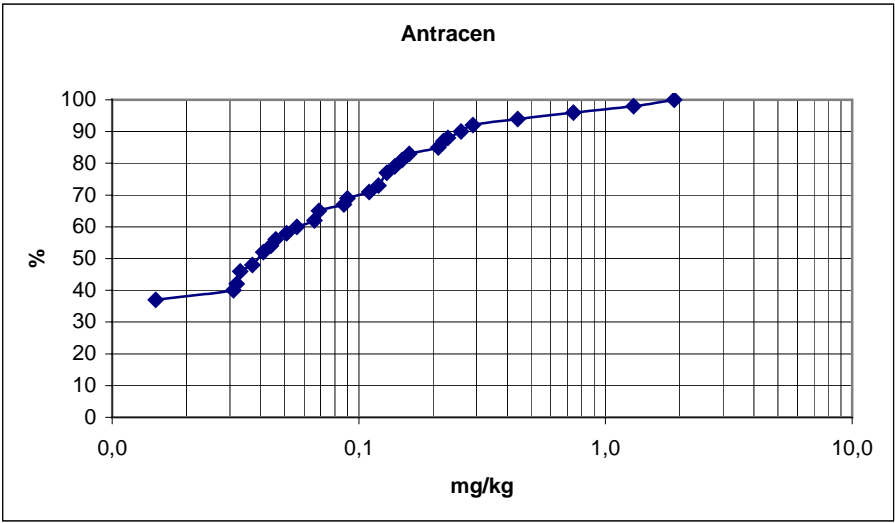
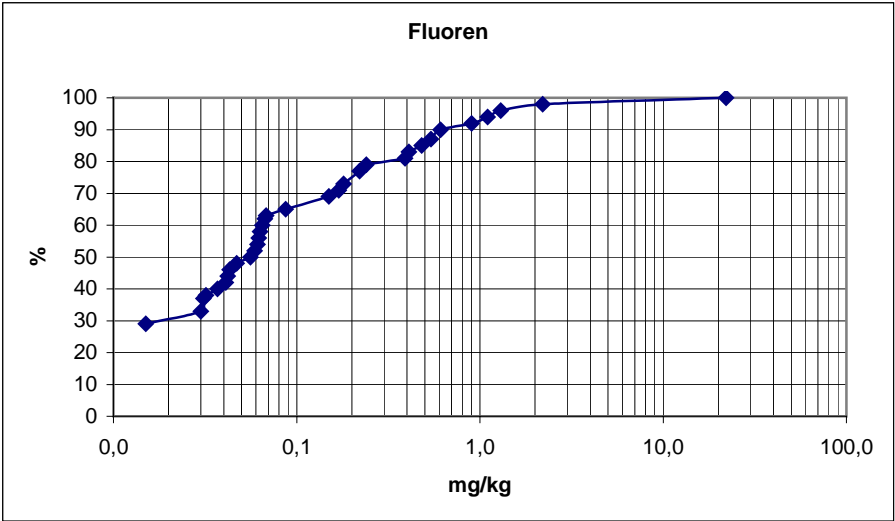
638						465973,75		785,63	27842,65	
640		592,67				199,86				
642					989,26	1469,92				
643		237,25				95398,00			635,08	27067,41
644					638,01	3405,90				
647	257,25	276,43					230,73	340,56		
650									194,15	
651							958195,63			38781,30
652						905,34				
653					262,02				166,79	
654					120,68	239,14				
655						655,51				
675						542,14				41152,66
676						582,83	248,10			8239,13
677						1728,05				11193,62
680						13813,67				
681					283,31	3318,49	1853,11		808,52	
682					774,93	5389,26				
683						419863,59			7203,53	
684				3241,85	22683,81	73907,23		794,68	10356,94	152037,17
685					15553,76	71713,94			9061,78	141430,69
686			129,93							
687										
688					5829,65	121224,99	1965,56		2224,32	84634,53
689	15182,78					11063,03				351515,69
691									84,07	
692	14484,89					10324,89				327490,38
693										
694						1190,99				22916,01
695					34924,54	446107,41			18373,51	28141,82
697	233,86	238,61			1007,20	11100,34			4409,58	
698						237790,41			806,72	
699						2702,32			367,79	
700						1459,02				
701						878,53				
702					1800,77	3507,42	614,00		16440,06	
703						637219,13			6089,27	
704						512394,72			9223,55	
705	501,44		456,85			465461,38			7573,56	
706						275,31				
707						256,77				
708						605,03				
709						492067,53				
710							1750,46			
711						315957,19				
712						313323,06				
713						1109,18				
714						49115,98				46914,84
715				4038,38	32623,95	152829,86			17800,52	59548,53
716					11607,43	242368,14			4155,31	388479,19
717						3382,43				
718				3554,39	31166,31	1301,05			23263,49	16712,48
719										54276,25

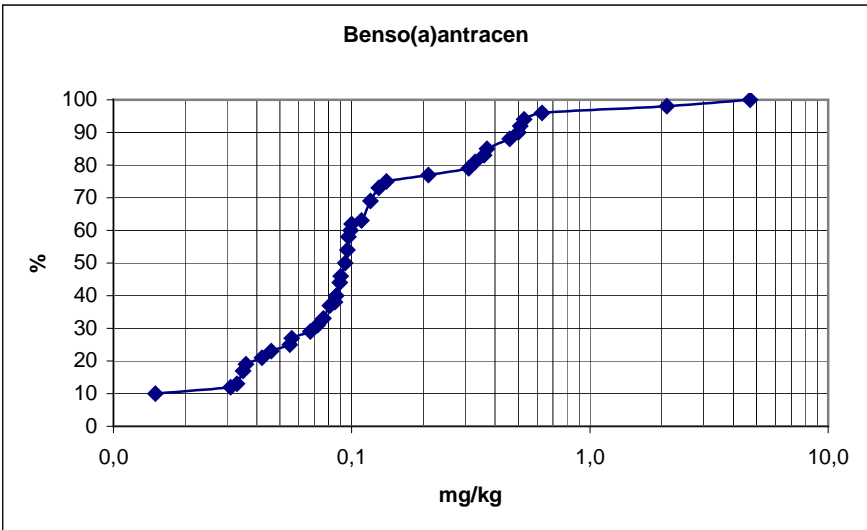
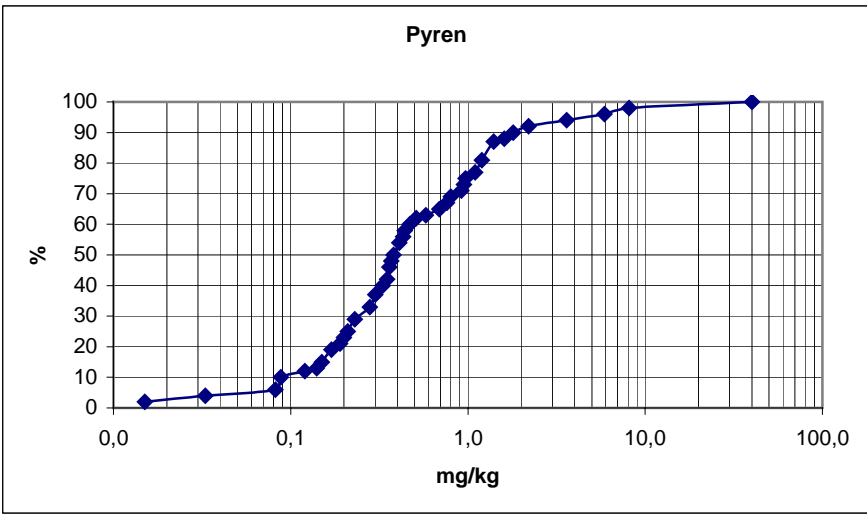
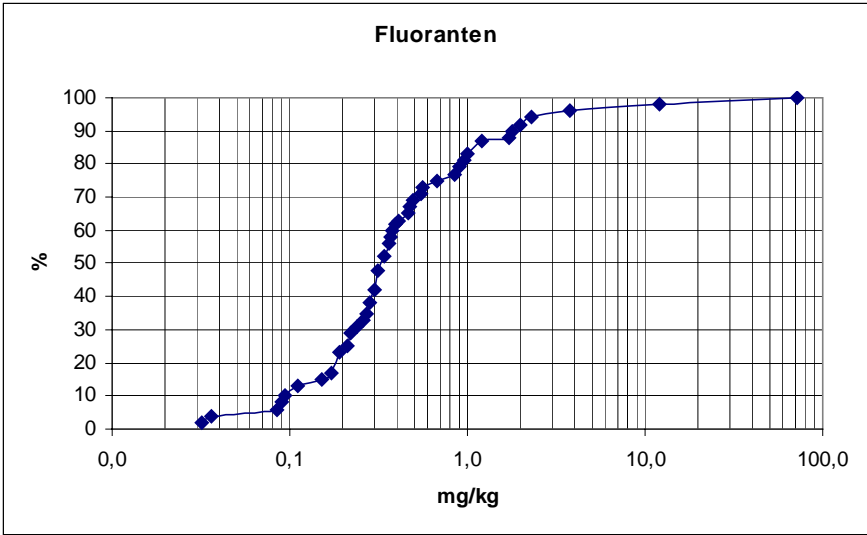
720						406,28			2074,83	
721	226,57				214,56		315,53		2862,28	
722									3984,27	
723									4355,18	
724						874,27				
725						28024,94	692,92			
727	530,46								1816,76	
728									214,14	
730						955126,88	15027,01		674,70	
731						163,26	2993,76			
734						436120,53			1331,33	
737								1091,15		
740								834,05		
742						197228,63				
743						832,16				
744						1348,17			321,32	16147,62
753						78,55				
754							819,54			
757					1854,04	170510,25				32440,30
758									198,92	
759						308681,53			44081,10	
761						590,31				
762							935057,06			62218,08
768						410931,09				
770						978090,19		880,62		
771						28787,96				87863,02
776						50904,77				
777							889660,81		1201,43	
779					3692,31	33330,19				
780						727,83				
781						364206,38				26200,90
786								654,35	2857,18	
787						2145,84				
788						582,30				
790						88392,26			453,72	695450,19
794					2552,09	11418,27			264,26	
795									576,46	
796		271,99			10963,55	29584,22			1587,35	
797						45393,82			350,54	
798						1016,76				
799		5055,44			1053,12	5299,68			396,28	
800	775,04				11029,69	6297,81				
801						341101,22				
802									682,94	
803					637,50	3258,77	1976,76		852,69	
804						18182,56				82362,58

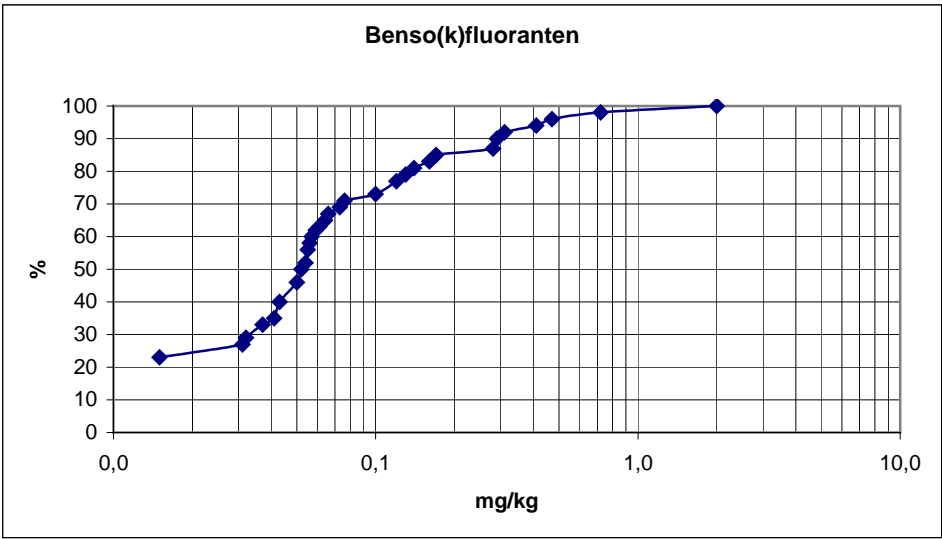
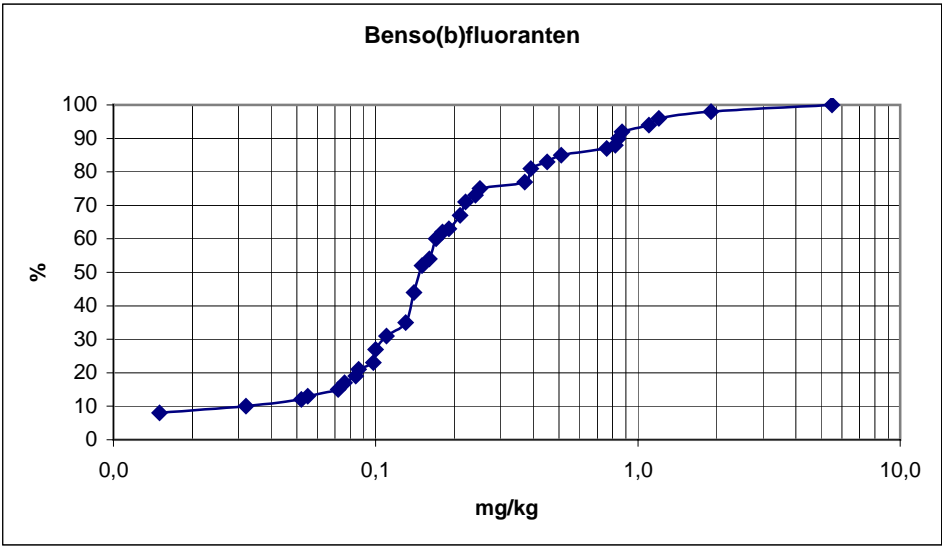
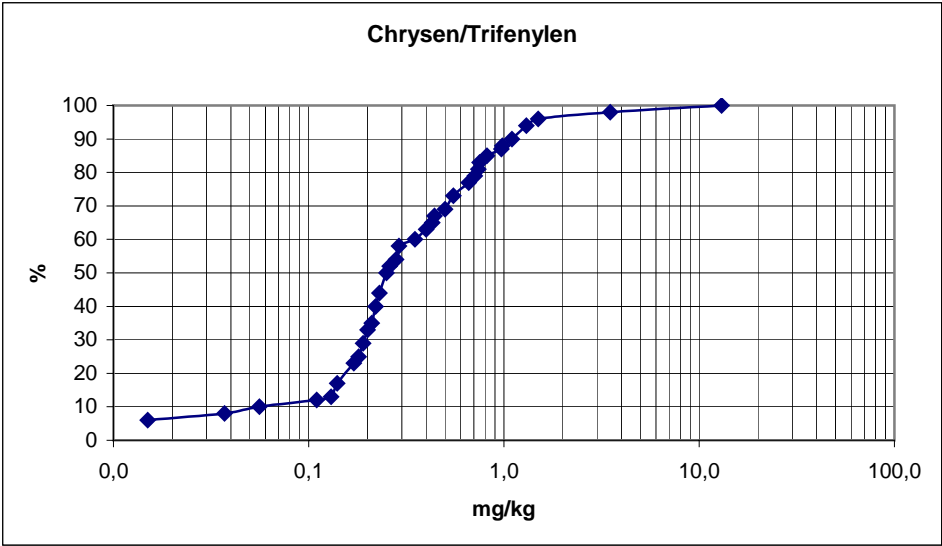
## **Vedlegg 6: Kumulative frekvensfordelinger**

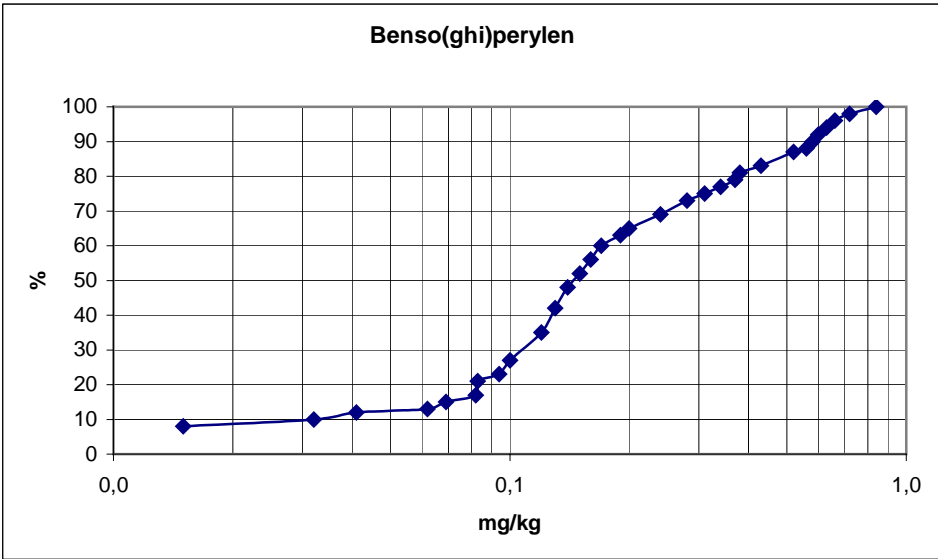
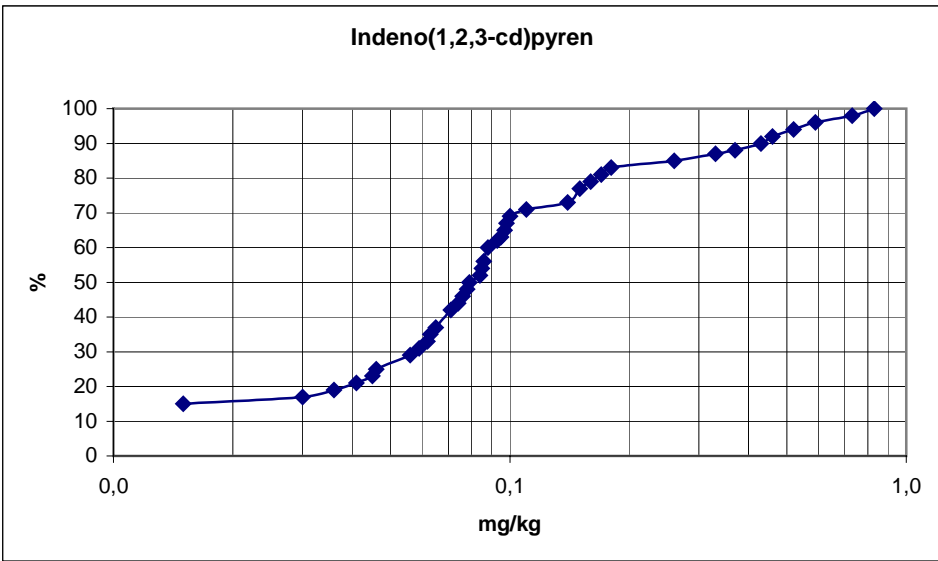
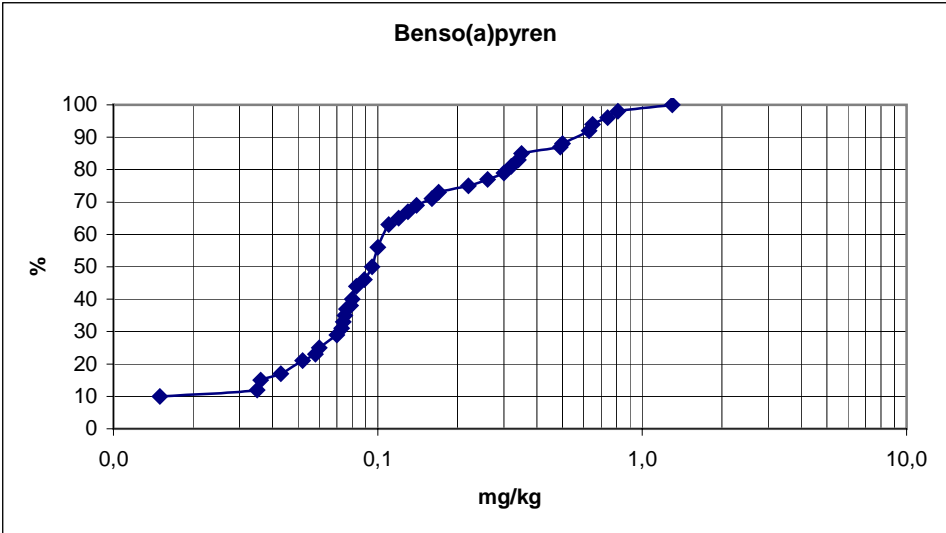


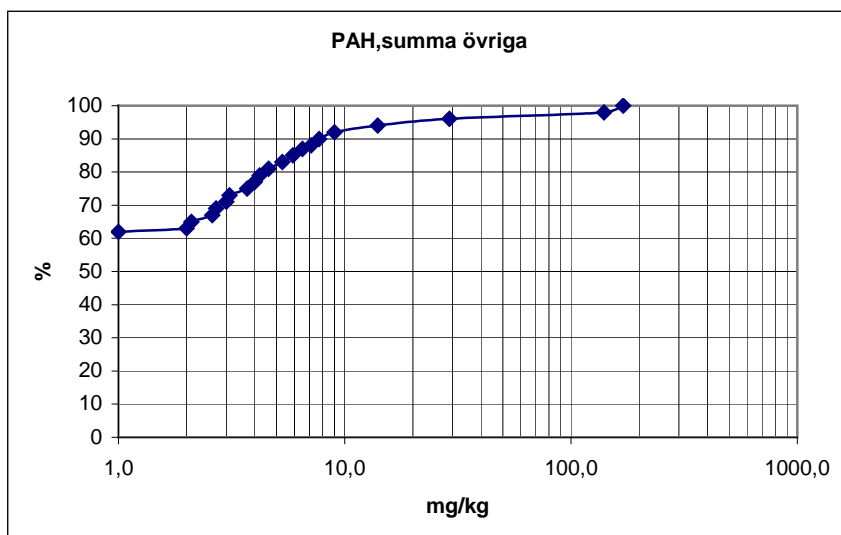
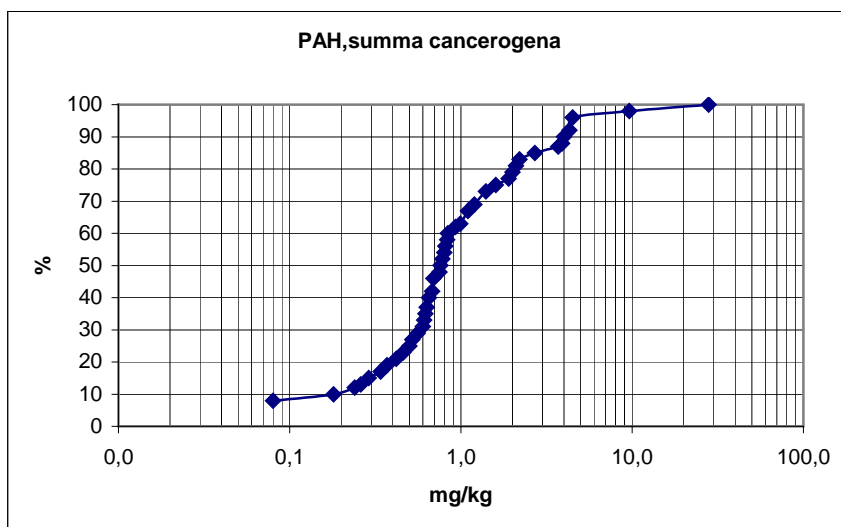
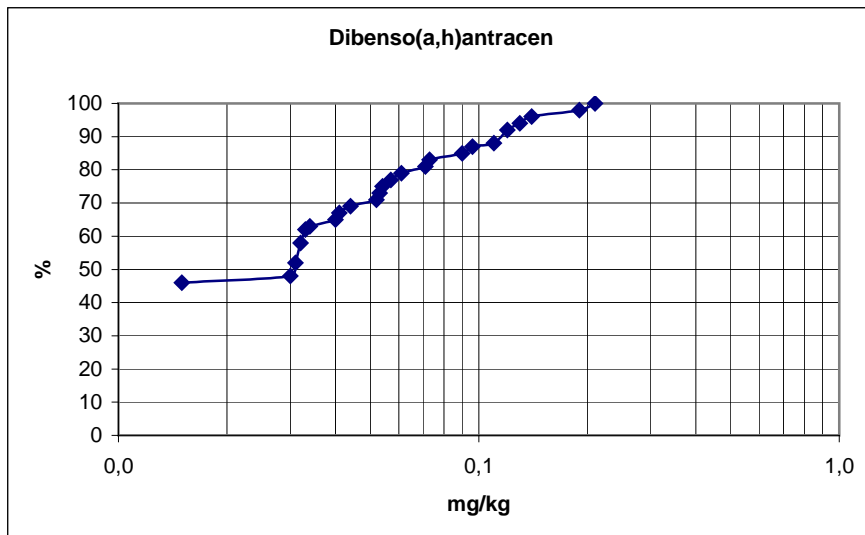


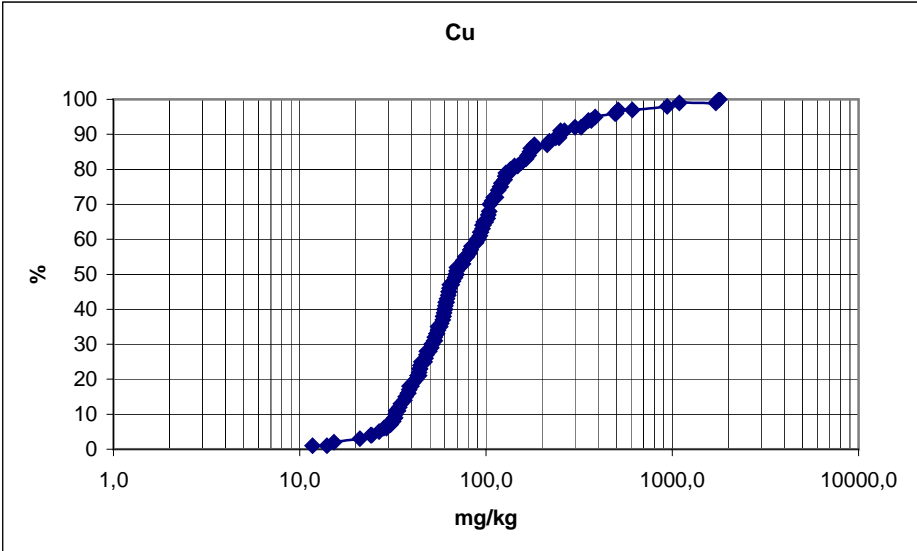
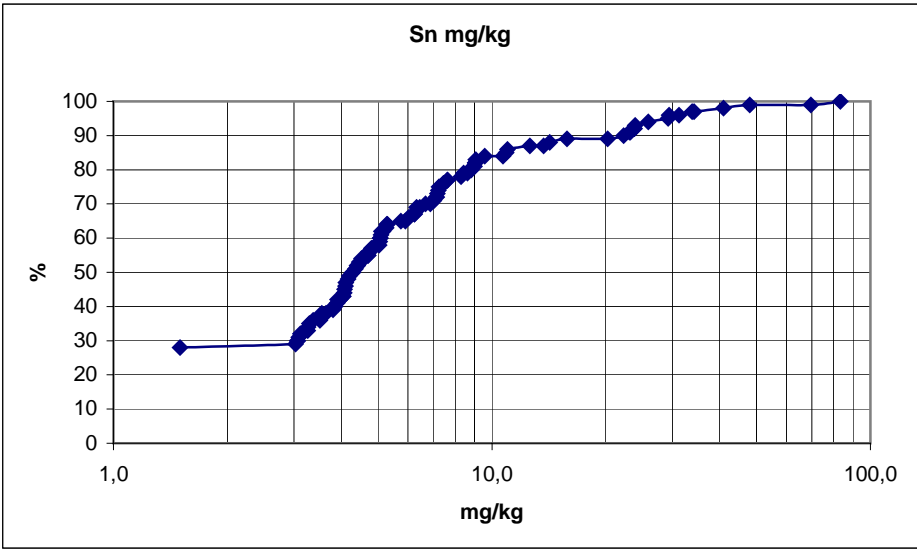
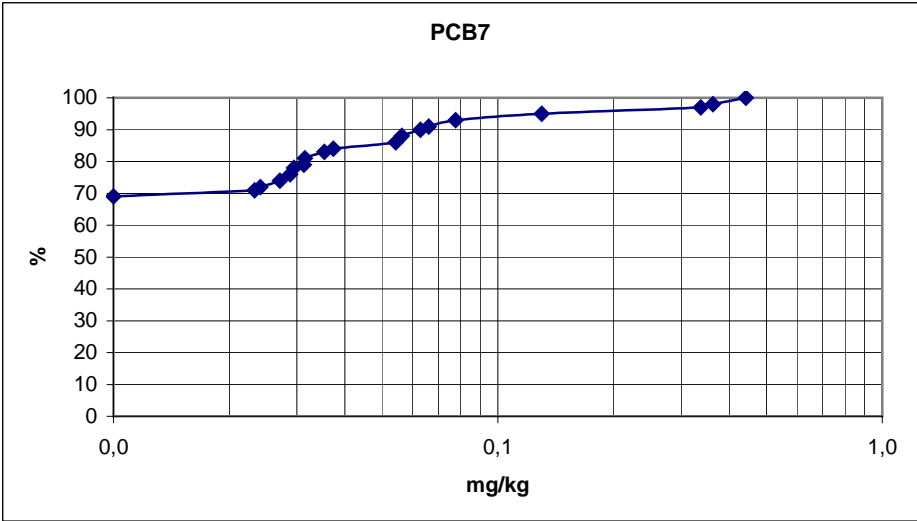


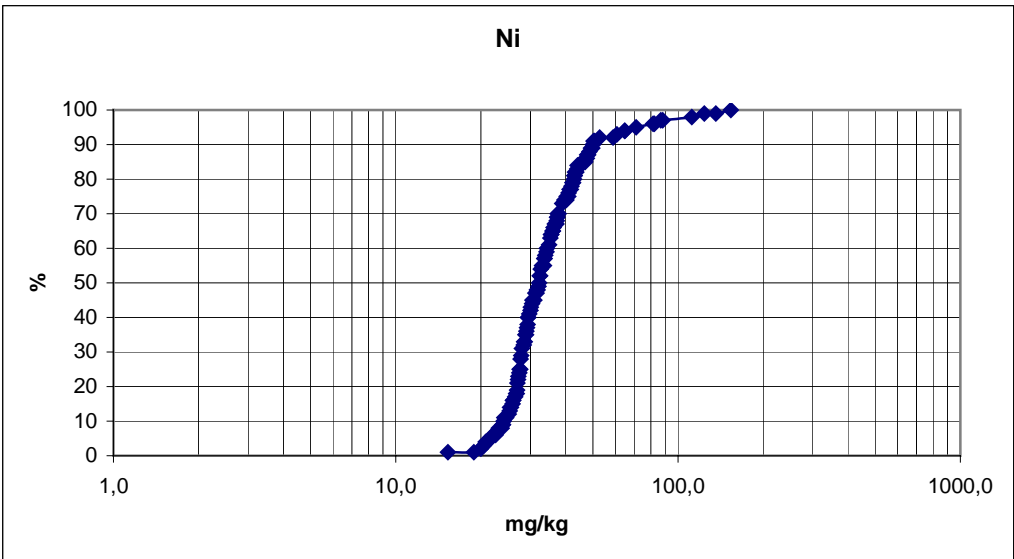
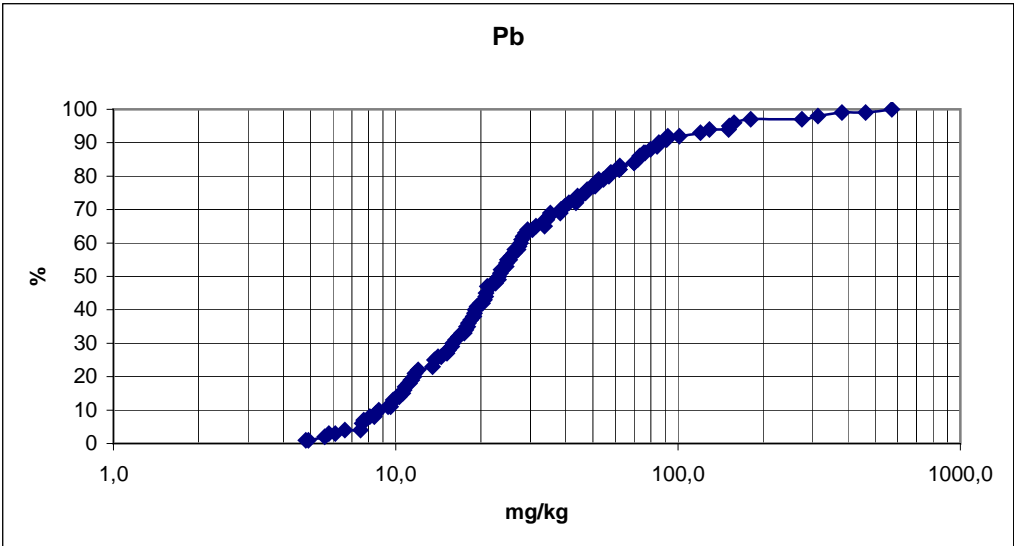
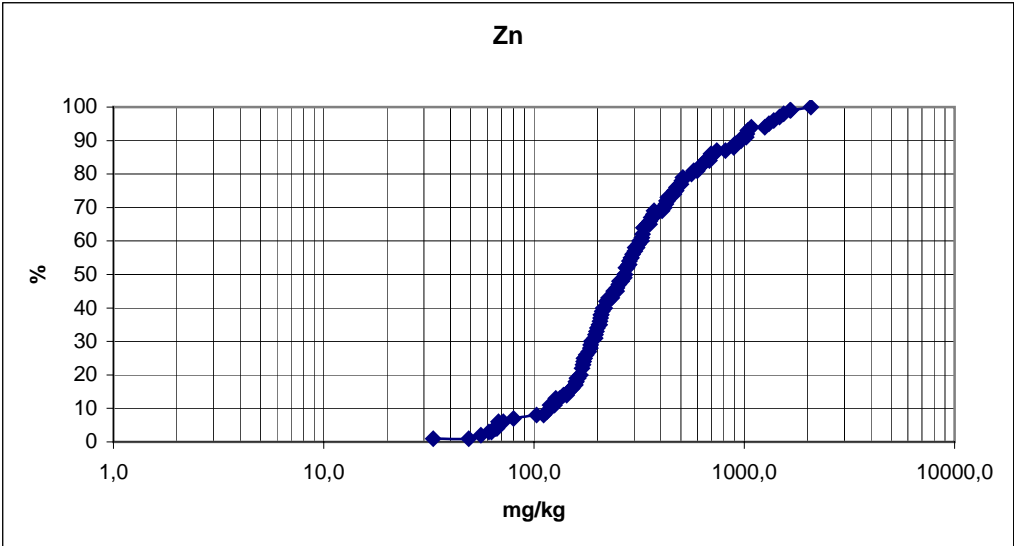




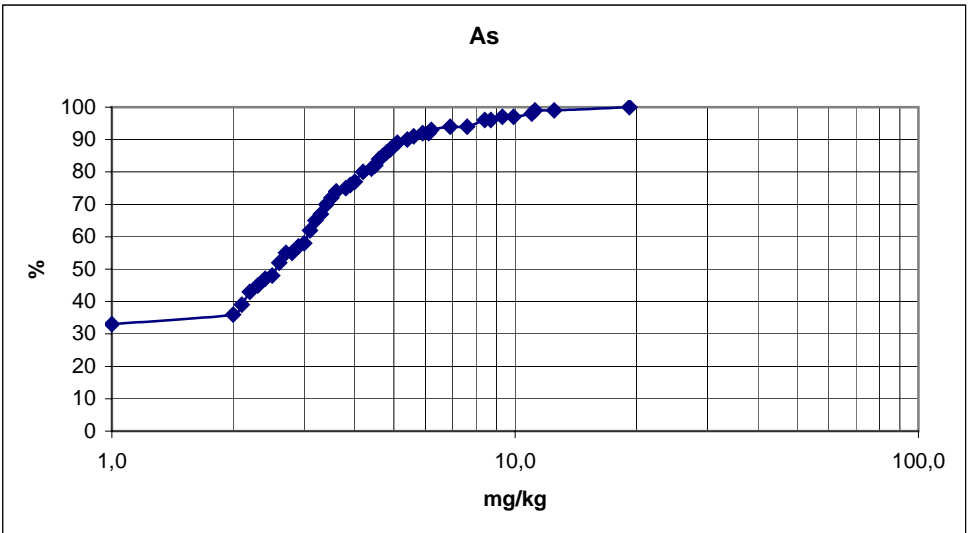
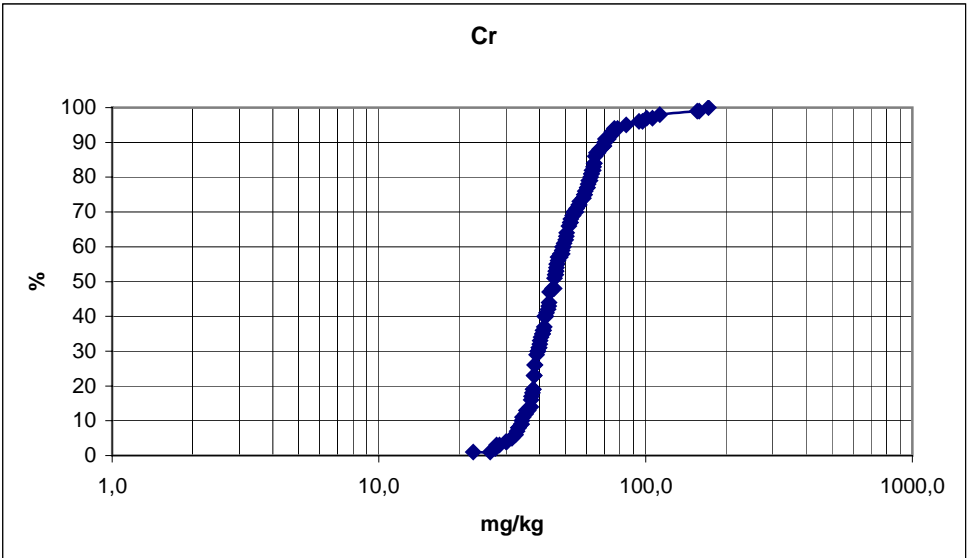
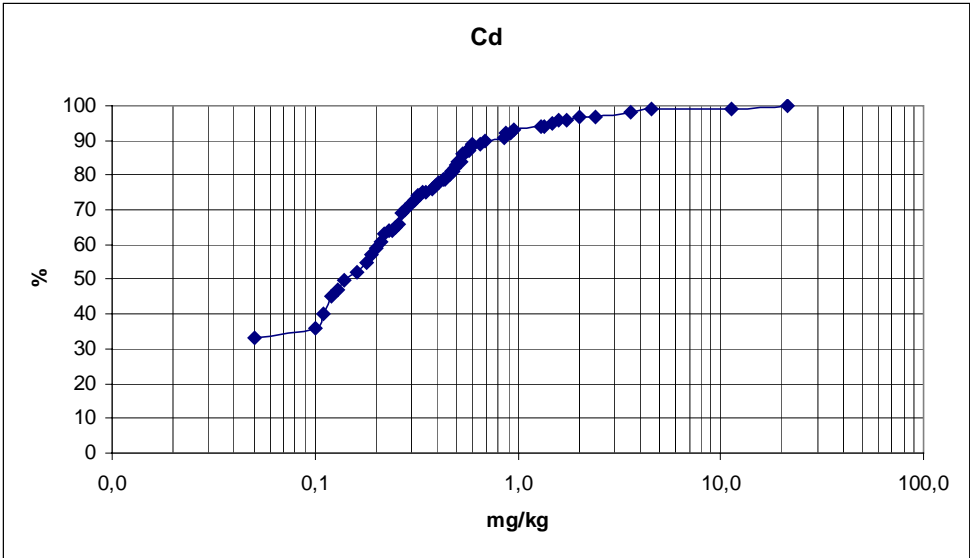


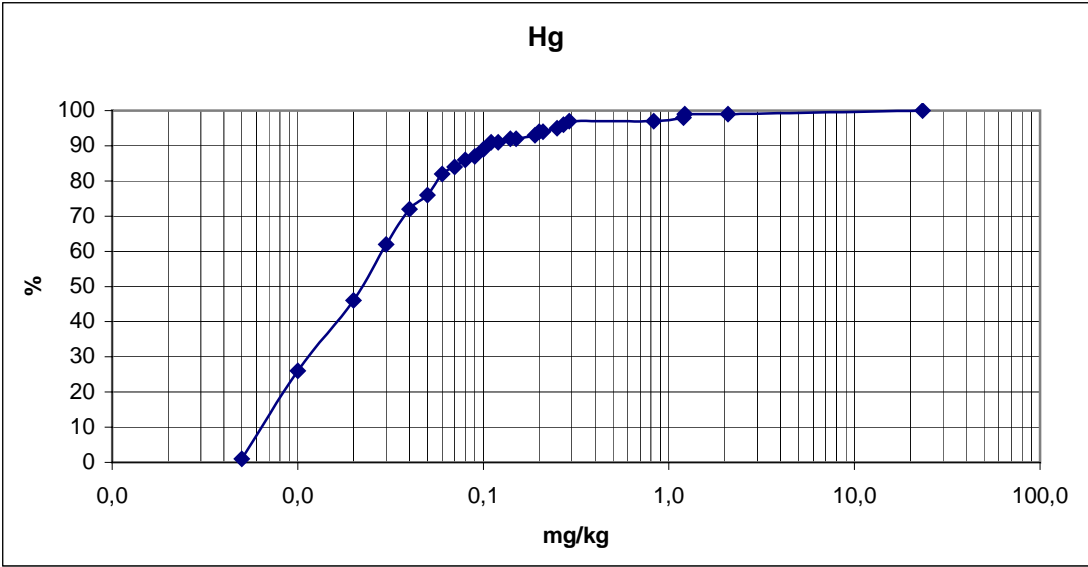












## Forkortelser

AAS	Atom Absorpsjon Spektroskopi
AES	Advanced Encryption Standard
CCA	kobber- krom- arsen
GC-ECD	Gas Chromatography – Electron Capture Detector
GC-MS	Gas Chromatography – Mass Spectroscopy
GIS	Geografisk Informasjonssystem
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer
NGU	Norges Geologiske Undersøkelse
NTNU	Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet
PAH	Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner
PCB	Polyklorete Bifenylar
TBT	Tributyltinn
XRF	X-Ray Fluorescence