


NGU Rapport 99.022

Jordforurensning i Bergen

Rapport nr.: 99.022		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Jordforurensning i Bergen			
Forfatter: Ottesen, Rolf Tore og Volden, Tore		Oppdragsgiver: Bergen kommune	
Fylke: Hordaland		Kommune: Bergen	
Kartblad (M=1:250.000) Bergen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1115 1 Bergen	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 27	Pris: Kr. 238,-
Feltarbeid utført: Oktober - november 1998		Rapportdato: 28.02.99	Prosjektnr.: 280800
		Ansvarlig:  Jan Cramer	
<p>Sammendrag: De ytre bydelene er "rene", bortsett fra lokal punktforurensning. Området innenfor en sirkel med radius 3 km fra forbrenningsanlegget i Rådalen har i dag et lavt innhold av alle de undersøkte grunnstoffer og kjemiske forbindelser. Indre byområde og særligysentrum er forurenset med bly, kadmium, kvikksølv, arsen, PAH og til dels PCB.</p> <p>Det indikeres at de viktigste kildene for forurensningen av overflatejorden i Bergens indre byområde er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forbrenning av kull i Bergens gassverk og boligoppvarming (arsen, kadmium, bly, sink, PAH) • Biltrafikk (bly, sink og muligens PAH og PCB) • Industriutslipp (bly, sink, kadmium og kvikksølv) • Krematorier (kvikksølv) <p>Kildene til det høye innhold av grunnstoffer i enkelte prøvepunkter er ikke klarlagt.</p> <p>Barnehagejorden inneholder tre ganger mer arsen enn overflatejorden ellers i kommunen. Arsenkildene i barnehagejorden er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trykkimpregnert trevirke • Tilkjørt sand <p>Det anbefales at jordundersøkelsen i Bergen fører til følgende tiltak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data fra undersøkelsen legges til grunn for enhelsrisikovurdering. Risikovurderingen bør rettes mot barn og deres mulighet for eksponering av bly og arsen fra forurenset jord på lekeplasser og i boligområder i indre byområde. • Det gjennomføres en tilsvarende risikovurdering i forhold til arsenkonsentrasjonene i barnehagene. I denne risikoanalyse må de to arsenkildene vurderes separat (trykkimpregnert trevirke og den tilkjørte sand). • Når resultatene av disse to risikovurderingene foreligger, kan eventuelle tiltak settes i verk, dvs som fjerning av forurenset jord og lignende, og om arseninnholdet i jorden skal kontrolleres i alle barnehager. • I nærområdet til Bergens gassverk (Dokken, Møhlenpris, Sydnes, Nøstet og Nordnes) bør det tas flere jordprøver for å klarlagt omfanget av PAH forurensningen i dette området. Prøvetakingen må konsentreres i til barnehager og lekeplasser og danne grunnlaget for en risikovurdering knyttet på PAH forbindelsene i dette området. • Det bør tas flere prøver for bestemmelse av PCB i området hvor den høyeste PCB-konsentrasjon ble målt, for å få bekreftet eller avkreftet denne målingen. • Bergen kommune bør utrede om det er behov for egne rutiner ved graving og fjerning av masser i Bergen sentrum. Tema som bør belyses er : Skal tungmetallinnholdet i massene kontrolleres? Skal slike masser kunne disponeres fritt? Bør det etableres et deponi for svakt til middels forurensete masser i Bergensområdet? <p>Bergen kommune bør utrede betydningen jordforurensningen har for fremtidig byutvikling. Aktuelle problemstillinger er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bør rene områder søkes å beholdes rene? • Hvor streng skal Bergen kommune være når det gjelder opprydding av forurenset grunn? 			
Emneord: Jordforurensning	Grunnstoffer	PAH	
PCB	Dioksin	Barnehager	
Tiltaksvurderinger	Forurensningskilder	Bergen kommune	

INNHold

1.	INNLEDNING	4
2.	METODER OG GJENNOMFØRING.....	4
2.1	Prøvetaking, prøvepreparering og kjemisk analyse.....	4
2.2	Statistisk behandling av data og omtale av begrepet normverdier.....	6
2.3	Kvalitetssikring.....	7
2.4	Karttegning.....	7
3.	RESULTATER.....	7
3.1	Berggrunnen.....	7
3.2	Overflatejord fra Bergen kommune.....	9
3.2.1	Indre byområde(Sentrum, Løvsakken, Landås, Sandviken).....	10
3.2.2	Ytre bydeler (Eidsvåg/Salhus, Åsane, Arna, Fana, Ytrebygda, Fyllingen, Loddefjord)	12
3.2.3	Rådalen og nærliggende områder.....	13
4.	MULIGE FORURENSNINGSKILDER.....	15
4.1	Bergens gassverk og boligoppvarming.....	15
4.2	Biltrafikk.....	15
4.3	Industriutslipp.....	16
4.4	Krematorier.....	17
4.5	Deponiet i Rådalen.....	17
5.	BARNEHAGEJORD.....	18
6.	KONKLUSJONER OG ANBEFALTE TILTAK.....	19
7.	BAKGRUNNSLITTERATUR.....	21
8.	VEDLEGG: HVA ER MILJØGIFTER?.....	24
9.	KARTBILAG	
	• Prøvepunkt kart overflatejord	
	• Prøvepunkt kart organisk analyse	
	• Prøvepunkt kart barnehager	
	• Arsen As (fargekart og symbolkart)	
	• Kadmium Cd (fargekart og symbolkart)	
	• Krom Cr (fargekart og symbolkart)	
	• Kobber Cu (fargekart og symbolkart)	
	• Kvikksølv Hg (fargekart og symbolkart)	
	• Nikkel Ni (fargekart og symbolkart)	
	• Bly Pb (fargekart og symbolkart)	
	• Sink Zn (fargekart og symbolkart)	

1. INNLEDNING

Bergen bystyre har i B sak 250/97 «Luftforurensning i Bergen og vurdering av tiltak for vinteren 97/98» fattet følgende vedtak om tiltak:

Bystyret viser til miljøundersøkelser foretatt i Trondheim kommune. Det er her tatt jordsmonnprøver for å kartlegge graden av forurensning.

I tillegg til allerede kjente målinger, står Bergen kommune overfor utbygging av et forbrenningsanlegg for restavfall i BiR-området.

Bystyret ber om at det blir iverksatt tilsvarende undersøkelser som den i Trondheim også i Bergen kommune. For bedre faktakunnskap bør et slikt prosjekt inneholde både undersøkelser før og etter oppstart av forbrenningsanlegget i Rådalen.

Rådmannens miljøavdeling står som oppdragsgiver for utførelse av en slik undersøkelse, og bør knytte til seg ekspertise/samarbeid fra forsknings- og universitetsmiljø i Bergen. Kostnadsdeling i.f.n. undersøkelsen både før og etter bør diskuteres blant annet med BiR som en av mulige bidragsyttere.

Formannskapet i Bergen vedtok 13. mai 1998 å få gjennomført en kartlegging av kjemisk sammensetning av overflatejorden i hele kommunen. Overflatejord ble valgt som prøvetype fordi den reflekterer både jordens naturlige innhold av grunnstoffer, og samtidig viser bidrag fra menneskelig aktivitet (forurensning). Forurensningen er et resultat av akkumulert luftforurensning eller direkte søl på bakken ved industriell aktivitet eller bruk av forurensende bygningsmaterialer. Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på oppdrag fra Plan, økonomi- og miljø-avdelingen i Bergen kommune gjennomført denne kartleggingen.

Den foreliggende rapporten dokumenterer innholdet av arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink, dioksin, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) i overflatejord fra Bergen. I dette arbeidet er bl.a. lagt vekt på å dokumentere tilstanden i jorden i avfallsforbrenningsanleggets nedslagsfelt. Rapporten tar også for seg jordforurensningssituasjonen (overflatejord innenfor barnehagene og sand ved og under lekeapparater og i sandkasser) i 85 tilfeldig utvalgte offentlige og private barnehager. Det anbefales en rekke konkrete tiltak som oppfølging av jordundersøkelsen.

2. METODER OG GJENNOMFØRING

2.1 Prøvetaking, prøvepreparering og kjemisk analyse

Prøvetaking er gjennomført etter en metode som er foreslått som internasjonal standard for undersøkelse av byjord og forurenset industrigrunn (*ISO 10381 Guidance on the procedure for the sampling of urban and industrial sites with regard to soil contamination*).

Byjord består av lokal naturlig mineraljord, gravemasser, sprengstein, organisk jord (ofte tilkjørt), rivningsmasser (asfalt, teglstein, betong), industriavfall og kloakkslam.

Prøver av overflatejord fra 0-2 cm's dyp ble samlet inn fra 435 lokaliteter jevnt fordelt over de tett befolkede deler av Bergen kommune (Kartbilag 1) . Det meste av prøvematerialet er jord fra parker, plener, enger og hager (Bilde 1). Fra hver prøveplass ble det tatt en prøve på ca 1/2 kg mineraljord etter at gresslaget var skåret bort. Prøvene ble analysert på grunnstoffer ved NGUs laboratorium. Fra 20 av de 435 lokalitetene, ble det tatt en ekstra prøve av overflatejord som umiddelbart (og i nedkjølt tilstand) ble sendt til Nederland for bestemmelse av innholdet av organiske miljøgifter (Kartbilag 2). Kontaktutvalget som er etablert i forbindelse med byggingen av forbrenningsanlegget i Rådalen, plukket ut lokaliteter der de ønsket bestemmelse av organiske miljøgifter.



Bilde 1 Fra parker, plener, enger og hager er det samlet inn prøve av de øverste 2 cm av jorden fra 435 forskjellige steder i kommunen. I tillegg er det også prøvetatt jord og sand fra 85 barnehager.

I tillegg ble jord fra 85 tilfeldig utvalgte barnehager fra alle 12 bydeler prøvetatt (Kartbilag 3). Barnehagejord betyr i denne rapporten overflatejord innenfor barnehagetomtene, sand ved og under lekeapparater og sand fra sandkasser. Prøvene fra barnehagene er blandprøver der materiale fra 5 - 10 steder i hver barnehage er blandet sammen til en prøve for kjemisk analyse.

Prøver av berggrunnen under Bergen, ble stilt til disposisjon av Bergen Museum og NGU. I alt 45 bergartsprøver ble plukket ut og analysert ved NGU.

Jordprøvene ble tørket, og siktet gjennom nylonsikt med maskeåpning 2 mm. Bergartsprøvene ble knust og siktet gjennom nylonsikt med maskeåpning 2 mm. Finmaterialet av jord og bergartsprøvene ble sendt til kjemisk analyse (til sammen 616 prøver). Innholdet av dioksin, polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) ble bestemt ved Tauw Milieu Laboratory i Nederland.



Bilde 2 Jord- og bergartsprøvene ble oppløst i salpetersyre og innholdet av arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink ble bestemt ved hjelp av plasmasspektrometri og atom absorpsjonsjonsspektrometri.

2.2 Statistisk bearbeiding av data og omtale av begrepet normverdier

Det er neppe mulig å tolke tallmaterialer som består av et stort antall enkeltobservasjoner ved bare å lese gjennom en liste over måleresultatene. Det er derfor beregnet verdier for median-, minimum- og maksimumsverdier ulike utvalg av datasettet. Disse resultatene er sammenholdt med SFTs reviderte normverdier for mest følsom arealbruk jord (mest følsom arealbruk betyr f.eks lekeplasser og boligarealer).

Normverdiene angir konsentrasjoner som ikke skal kunne skade mennesker eller andre levende organismer uavhengig av arealbruk. De er ikke tiltaksgrenser, men ved overskridelse skal det utføres stedsspesifikke risikovurderinger, som tar hensyn til lokale miljømål, arealbruk og økosystemet.

Det første sett med normverdier ble utgitt av SFT i 1995 (Tabell 1). Høsten 1998 var et forslag til reviderte normverdier ute på høring. De reviderte normverdiene (muligens med mindre justeringer) vil bli gjort gjeldende i løpet av våren 1999. I denne rapporten blir resultatene fra Bergen kommune kommentert og vurdert i forhold til de reviderte normverdier.

2.3 Kvalitetssikring

For å kontrollere datasettets reproduserbarhet er det på 51 prøvelokaliteter tatt to prøver med 1 - 2 meters mellomrom. Disse 51 duplikatprøvene er behandlet på vanlig måte sammen med resten av prøvene. Avviket mellom verdiene i disse prøveparene uttrykker datamaterialets reproduserbarhet. Det aktuelle datasettet fra Bergen har god reproduserbarhet.

Tabell 1 SFTs normverdier for forurenset jord, mest følsom arealbruk. Verdier fastsatt i 1995 og forslag til reviderte verdier av 1998.

Parameter	Normverdi 1995 (mg/kg)	Normverdi 1998 (mg/kg)
Arsen (As)	20	2
Kadmium (Cd)	1	3
Krom (Cr)	100	25
Kobber (Cu)	100	100
Kvikksølv (Hg)	1	1
Nikkel (Ni)	30	50
Bly (Pb)	50	60
Sink (Zn)	150	100
Sum 16 PAH	5	2
Benzo(a)pyren ¹	0,1	0,1
Sum 7 PCB	0,02	0,01

¹Benzo(a)pyrene er en PAH-forbindelse

2.4 Kartfremstilling

Prøvelokalitetene er tegnet inn på økonomisk kart i målstokk 1:5000 og koordinatfestet (digitalisert) for kartfremstilling ved hjelp av datateknologi. Resultatene er fremstilt som symbolkart, der hvert symbol representerer en prøvelokalitet og symbolets størrelse er proporsjonal med konsentrasjonen av det aktuelle grunnstoffet iht tegnforklaringen. Det er også fremstilt kart i farger som viser "løpende" medianverdier, dvs hvordan datasettets medianverdi for prøver innen en sirkel med radius på 10 km varierer geografisk innenfor Bergen.

3. RESULTATER

3.1 Berggrunn

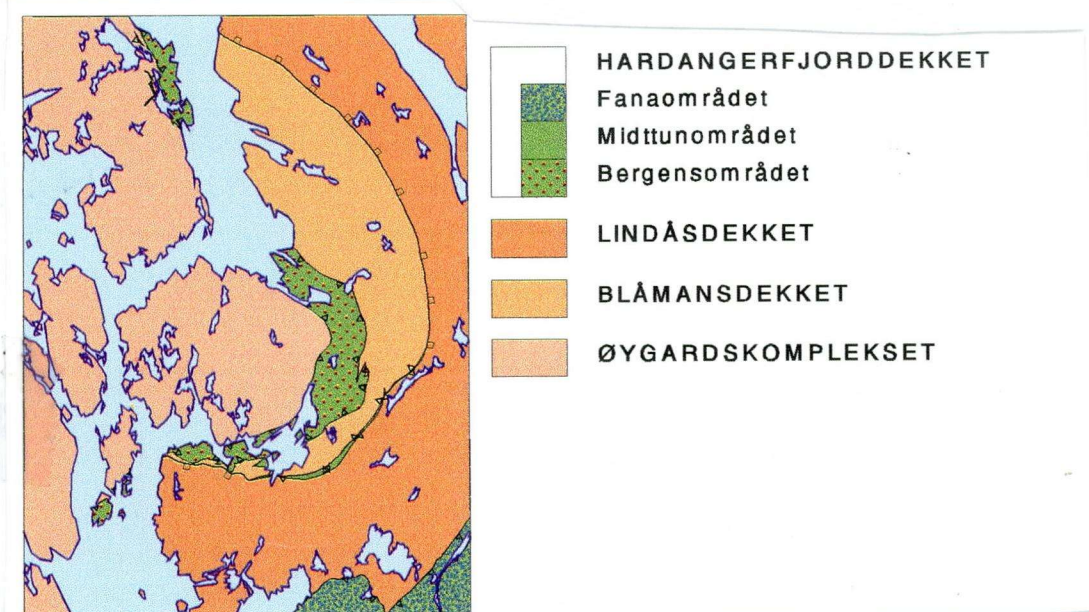
Berggrunnen under Bergen (Bilde 3 og tabell 2) har et lavt innhold av arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink

(Zn). Bergartene i Hardangerfjord- og Lindåsdekket har et noe høyere kobber-, krom- og nikkell- innhold enn de øvrige geologiske enheter. En enkeltprøve har et høyt (men naturlig) innhold av Cr og Ni. Bergartene i Øygardskomplekset har litt forhøyet sinkinnhold sammenliknet med de øvrige enheter).

Tabell 2 Syreløselig innhold (mg/kg) av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i berggrunnen under Bergen (antall prøver = 45).

Grunnstoff	Median mg/kg	Spredning mg/kg
Arsen (As)	<0,5	<0,5 – 46,7
Kadmium (Cd)	<0,01	<0,01 – 0,07
Krom (Cr)	2,5	<0,5 – 827
Kobber (Cu)	9,2	1,2 – 161
Kvikksølv (Hg)	<0,01	<0,01 – 0,11
Nikkel (Ni)	3,4	1 – 130
Bly (Pb)	<2,5	<2,5 – 10,3
Sink (Zn)	45,5	3,9 – 138

Den kjemiske sammensetningen av bergartsprøvene gir en indikasjon på hva som er uforurenset og naturlig innhold av grunnstoffer i jorden i Bergen, men overgangen fra berggrunn til jord er komplisert. Organisk materiale inneholder fra naturens siden mer arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkell, bly og sink enn rent mineralmateriale. Overflatejord er rik på organisk materiale og innholdet av de undersøkte grunnstoffer vil derfor naturlig være høyere i overflatejorden enn i berggrunnen.



Bilde 3 Forenklet geologisk kart over Bergensområdet. Hardangerfjorddekket består hovedsakelig av glimmerskifer, grønskifer og kvartsitt av ordovisisk alder. Lindåsdekket inneholder prekambriske gneisser, anortositter og amfibolitter. Blåmansdekket inneholder prekambrisk gneiss og migmatitt. Øygardskomplekset består av granittisk og granodiorittisk gneiss av prekambrisk alder.

3.2 OVERFLATEJORD FRA BERGEN KOMMUNE

Størstedelen av arealet i Bergen kommunen er uforurenset eller lite forurenset. I de ytre bydeler har de undersøkte grunnstoffer dominerende et naturlig geologisk opphav. Enkeltprøver kan ha et betydelig innhold av arsen, krom, kobber, nikkel, bly og sink. Dette skyldes sannsynligvis lokal punktforurensning.

De eldste bydelene er forurenset med arsen, kadmium, kobber, kvikksølv, bly og sink. Det gjennomsnittlige innholdet av grunnstoffer og organiske miljøgifter i overflatejord fra Bergen kommune er vist tabell 3. Arsen, sink, bly og krom konsentrasjonene i jordprøvene overskrider hyppig de reviderte normverdier for ren jord som Statens forurensningstilsyn (SFT) har utarbeidet (Tabell 1 og 3). Den geografiske fordelingen av de undersøkte grunnstoffer er vist i kartbilagene 4 – 11.

Det er betydelig færre kjemiske analyser av de organiske miljøgiftene. Dette gjør vurderingene noe mer usikre, men innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) i henholdsvis 25 og 35 prosent av prøvene overskrider normverdiene (Tabell 3). Resultatene fra dioksinbestemmelsene indikerer et lavt innhold av denne gruppens kjemiske forbindelser i Bergensjorden.

Tabell 3 Overflatejord fra Bergen kommune (hele datasettet), medianverdi og spredning for arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink (435 prøver), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) (20 prøver) samt dioksiner (6 prøver) og prosentvis overskridelse av SFTs reviderte normverdier for mest følsom arealbuk.

Grunnstoff eller kjemisk forbindelse	Median mg/kg	Spredning mg/kg	Revidert normverdi	Prosent prøver som overskrider normverdi
Arsen (As)	2,8	0,5 – 38	2	58
Kadmium (Cd)	0,2	0,01 – 1,5	3	0
Krom (Cr)	18	0,5 – 215	25	25
Kobber (Cu)	29	4 – 2850	100	6
Kvikksølv (Hg)	0,1	0,01 – 2,9	1	3
Nikkel (Ni)	13	1 – 310	50	1
Bly (Pb)	38	2,5 – 5780	60	36
Sink (Zn)	85	8 – 998	100	40
Sum 16 PAH	0,85	<0,02 – 29	2	25
Benzo(a)pyren	0,04	<0,015 – 2,9	0,1	25
Sum 7 PCB	0,007	<0,001 – 0,95	0,01	35
Dioksin ¹	2,7	0,43 – 11,6	Ingen	-

¹Dioksin er oppgitt i giftighetsekvivalenter ng/kg

3.2.1 Indre byområder (Sentrum, Løvestakken, Landås, Sanviken, og Laksevåg)

I det indre byområdet (Sentrum, Løvestakken, Landsås, Sandviken og Laksevåg bydeler) er innholdet av arsen, kadmium, kobber, kvikksølv, bly, sink PAH, PCB og dioksin oppkonsentrert i forhold til gjennomsnittet for hele kommunen (Tabell 4 og 5, bilde 4 og kartbilag 4 – 11).

Bergen sentrum er forurenset med bly, kvikksølv og kadmium og til dels sink, PAH og PCB. Innenfor Bergen sentrum har Nordnes de høyeste konsentrasjonene av arsen, kadmium, bly og sink. I Dokkenområdet er det målt en høy konsentrasjon av PAH og flere høye blykonsentrasjoner (Tabell 4). Aksen fra Laksevåg sentrum til Minde og Landås har et noe forhøyet innhold av bly, sink, kadmium og kvikksølv i overflatejorden (Tabell 5 og bilde 4). Jordprøvene fra Sandviken har et noe forhøyet innhold av bly, sink og kadmium.

Tabell 4 Overflatejord fra indre byområder, medianverdi og spredning for arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink (119 prøver) polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) (7 prøver) og dioksiner (2 prøver) og prosentvis overskridelse av SFTs reviderte normverdier for mest følsom arealbruk. Konsentrasjonsnivået er vurdert i forhold til mediankonsentrasjonen i hele datasettet etter følgende formel: $\text{Median}_{\text{delområde}}/\text{Median}_{\text{hele kommunen}}$

Grunnstoff eller kjemisk forbindelse	Median mg/kg	Spredning mg/kg	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet	Prosent prøver som overskrider normverdi
Arsen (As)	3,2	0,5 – 18	1,1	76
Kadmium (Cd)	0,3	0,04 – 1,5	1,5	0
Krom (Cr)	21	6 – 215	1,2	33
Kobber (Cu)	29	15 – 2850	1,3	11
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,02 – 1,9	2	7
Nikkel (Ni)	13	3 – 310	1	1
Bly (Pb)	81	3 – 886	2,1	64
Sink (Zn)	128	41 – 998	1,5	66
Sum 16 PAH	2,3	0,2 – 29	2,7	71
Benzo(a)pyren	0,06	0,03 – 2,9	1,5	57
Sum 7 PCB	0,014	0,002 – 0,029	2	57
Dioksin ¹	8,1	0,45 – 11,7	3	-

¹Dioksin er oppgitt i giftighets ekvivalenter ng/kg

Bilde 4 Indre byområde med forurensete områder avmerket. De sentrale bydeler er mest forurenset. Området innenfor den ytterste stiplede linjen er relativt lite forurenset. Bildet på side 11 er gjengitt med tillatelse fra Fjellanger Widerøe AS



Tabell 5 Medianverdier for innholdet av 8 grunnstoffer i overflatejord fra 5 områder i indre byområde. (N=antall prøver).

Grunnstoff mg/kg	Nordnes N=7	Sentrum N=10	Dokken- Møhlenpris N=7	Laksevåg- Minde- Landås N=47	Sandviken N=19
Arsen	7,7	4,1	4,3	2,5	3,7
Kadmium	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
Krom	27	22	27	18	12
Kobber	82	63	44	34	32
Kvikksølv	0,6	0,7	0,5	0,2	0,1
Nikkel	17	14,2	17	11	9
Bly	302	254	131	72	73
Zn	261	175	173	135	105

3.2.2 Ytre bydeler (Eidsvåg/Salhus, Åsane, Arna, Fana, Ytrebygda, Fyllingen og Loddefjord)

De ytre bydelene har generelt et lavt og hovedsakelig naturlig innhold av grunnstoffer, med unntak av noen enkeltpunkter med tildels betydelig forurensning (Tabell 6 og kartbilag 4 – 11). Området har overskridelser av de reviderte normverdier både for de analyserte grunnstoffer og for PAH og PCB.



Bilde 5 De ytre bydelene er lite forurenset.

Kommunens jordbruksareal som ligger her i de ytre bydeler og har dominerende et naturlig innhold av grunnstoffer, med unntak av noen enkeltpunkter som er forurenset med bly, sink, kvikksølv og arsen.

Tabell 6 *Overflatejord fra de ytre bydeler, medianverdi og spredning for arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink (326 prøver) polysyklisk aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) (13 prøver) og dioksiner (4 prøver) og prosentvis overskridelse av SFTs reviderte normverdier for mest følsom arealbruk.*

Grunnstoffer eller kjemisk forbindelse	Median mg/kg	Spredning mg/kg	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet	Prosent prøver som overskrider normverdi
Arsen (As)	2,4	0,5 – 38	0,9	60
Kadmium (Cd)	0,2	0,01 – 1,4	1	0
Krom (Cr)	17	0,5 – 215	0,9	27
Kobber (Cu)	26	4 – 537	0,9	4
Kvikksølv (Hg)	0,08	0,01 – 2,5	0,8	1
Nikkel (Ni)	14	1 – 275	1,1	1
Bly (Pb)	28	3 – 5780	0,7	25
Sink (Zn)	71	8 – 634	0,8	27
Sum 16 PAH	0,25	n.a. – 2,1	0,3	8
Benzo(a)pyren	0,02	<0,01 – 0,20	0,5	8
Sum 7 PCB mg	0,003	n.a. – 0,95	0,4	23
Dioksin ¹	2,7	0,43 – 11,6	1	-

¹Dioksin er oppgitt i giftighets ekvivalenter ng/kg

Tabell 7 *Medianverdier for innholdet av 8 grunnstoffer i overflatejord fra tre delområder i de ytre bydeler (N=antall prøver)*

Grunnstoff	Boligområder N=283	Landbruk N=88	Rådalen N=62
Arsen (As)	2,6	2,9	2,8
Kadmium (Cd)	0,2	0,2	0,2
Krom (Cr)	17	18	21
Kobber (Cu)	26	28	36
Kvikksølv (Hg)	0,1	0,1	0,1
Nikkel (Ni)	13	16	17
Bly (Pb)	30	33	37
Sink (Zn)	73	76	92

3.2.3 Rådalen og nærliggende områder

62 prøver er innsamlet innenfor en sirkel med radius 3,0 km fra forbrenningsanlegget i Rådalen. Disse prøvene har i dag stort sett et lavt innhold av de analyserte grunnstoffer og organiske miljøgifter (Tabell 8). Den geografiske fordelingen av grunnstoffer varierer innenfor området (Kartbilagene 4 – 11). Innholdet av PAH og dioksin er meget lavt. Fem

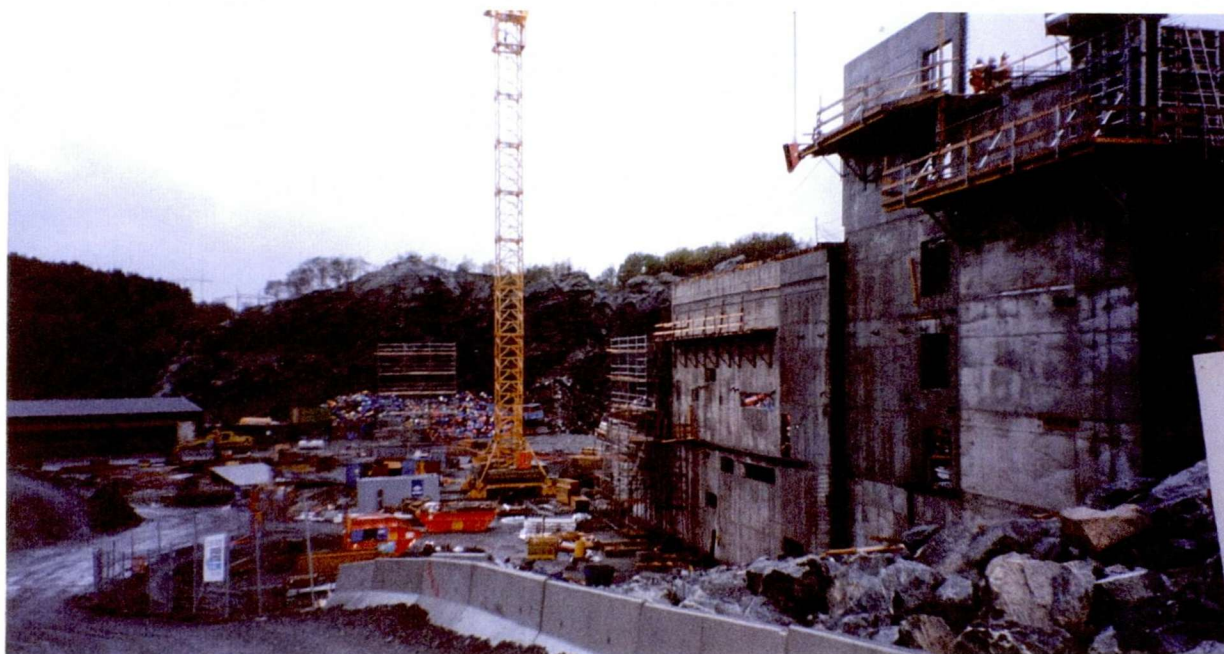
av sju prøver har PCB verdier under følsomhetsgrensen for metoden, altså svært lavt. Likevel ligger den prøven med det høyeste PCB innhold i hele datasettet i nærområdet til Rådalen.

Tabell 8 Overflatejord fra nærområdet til avfallsforbrenningsanlegget i Rådalen, medianverdi og spredning for arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink (62 prøver) polysyklisk aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) (7 prøver) og dioksiner (3 prøver) og prosentvis overskridelse av SFTs reviderte normverdier for mest følsom arealbruk.

Grunnstoffer eller kjemisk forbindelse	Median mg/kg	Spredning mg/kg	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet	Prosent prøver som overskrider normverdi
Arsen (As)	2,8	0,5 – 18	1	69
Kadmium (Cd)	0,2	0,03 – 0,6	1	0
Krom (Cr)	21	0,5 – 42	1,2	37
Kobber (Cu)	36	11 – 268	1,2	5
Kvikksølv (Hg)	0,1	0,02 – 2,5	1	2
Nikkel (Ni)	17	1 – 40	1,3	0
Bly (Pb)	37	3 – 251	1	34
Sink (Zn)	92	30 – 634	1,1	44
Sum 16 PAH	<0,25	n.a. – 0,5	0,3	0
Benzo(a)pyren	<0,02	<0,01 – 0,20	-	0
Sum 7 PCB mg	- ²	n.a. – 0,95	-	29
Dioksin ¹	2,5	0,4 – 2,9	-	-

¹Dioksin er oppgitt i giftighets ekvivalenter ng/kg

²fem av sju prøver har verdier under metodens følsomhetsgrense



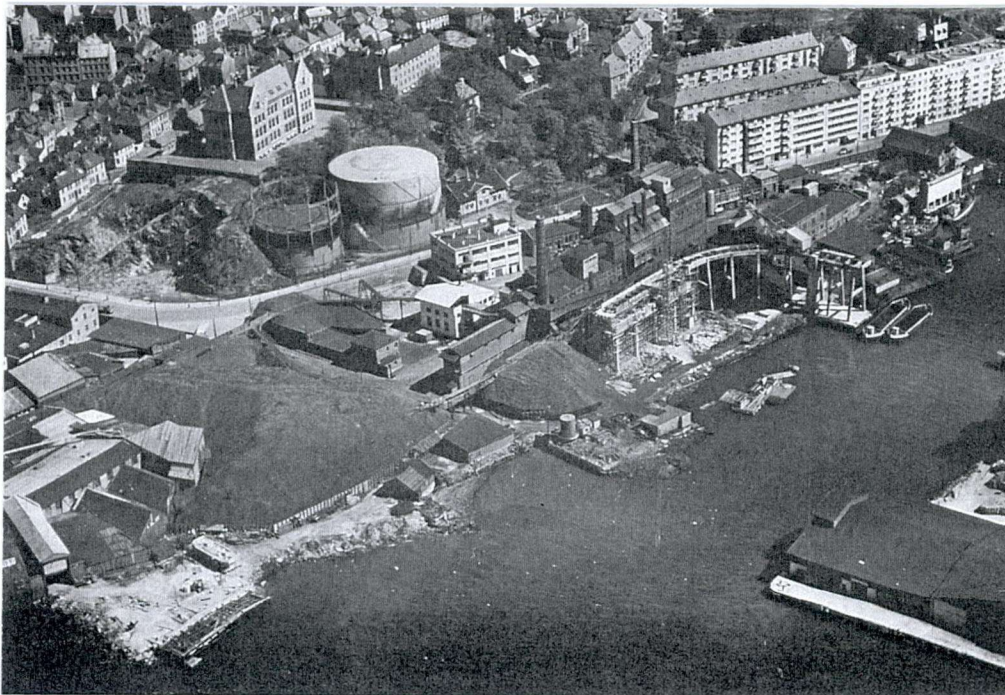
Bilde 6 Nærområdene til forbrenningsanlegget i Rådalen er i dag lite forurenset.

4. MULIGE FORURENSNINGSKILDER

4.1 Bergens gassverk og boligoppvarming

Bergens Gassverk ble nedlagt i 1985 etter 129 års drift. Det første gassverket stod ferdig i 1856 på vestsiden av Lille Lungegårdsvann. Det var i drift fra 1856 til 1907. Gassverket i Jekteviken ble satt i drift i 1908. Verket ble stengt i 1985. Verket brukte mellom 30 000 og 40 000 tonn kull per år for produksjon av bl.a. gass og koks. Sulfidmineraler som svovelkis, blyglans og sinkblende er vanlig forekommende i kull. Kull kan derfor inneholde betydelige mengder av arsen, kadmium, kvikksølv og bly.

Gjennom mange års produksjon har Bergens Gassverk sannsynligvis sluppet ut atskillige mengder disse grunnstoffene samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) som vi nå ser i overflatejorden i gassverkets nærområde, på Nordnes og i de sentrale delene av byen.



Bilde 7 Bergens gassverk i Jekteviken som var i drift fra 1908 – 1985.

4.2 Biltrafikk

For å vurdere effekten av biltrafikk som forurensningskilde for tungmetaller, ble det plukket ut 83 prøver som er innsamlet nær hovedveiene i kommunen. Medianverdien for disse prøvene er høyere for bly, sink og kvikksølv enn medianverdien for disse grunnstoffene i hele datasettet. Blyopphopingen i overflatejorden nær hovedveiene har sannsynligvis sitt opphav fra blyholdig bensin. Bildekk inneholder mellom 1,5 til 2,0 vektprosent sink. Dekkslitasje er en mulig forklaring på oppkonsentrering av sink i jorden nær hovedveiene. Årsaken til forhøyet innhold av kvikksølv langs hovedveiene er foreløpig ikke klarlagt.

Tabell 9 Syreløselig innhold (mg/kg) av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i overflatejord fra området ved **hovedveinettet** sammenliknet med verdiene for hele datasettet. (Antall prøver=83).

Grunnstoff	Overflatejord ved hovedveier N=83	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet
Arsen	2,9	1,0
Kadmium	0,2	1,0
Krom	20	1,1
Kobber	33	1,1
Kvikksølv	0,14	1,4
Nikkel	13	1,0
Bly	60	1,6
Sink	110	1,3

4.3 Industriutslipp

Det er plukket ut 52 prøver som er innsamlet i områder med industriell aktivitet. Prøvene fra disse områdene har et høyere innhold (medianverdi) av bly, kvikksølv, sink, og kadmium enn medianverdien i hele datasettet er anriket på bly, sink, kvikksølv og kadmium i forhold til hele datasettet.



Bilde 8 Industriområdene er noe forurenset med bly, sink, kvikksølv og kadmium.

Tabell 10 Syreløselig innhold (mg/kg) av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i overflatejord fra industriområder sammenliknet med verdiene for hele datasettet. (Antall prøver=52).

Grunnstoff	Overflatejord fra industriområder N=52	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet
Arsen	3	1,1
Kadmium	0,3	1,5
Krom	20	1,2
Kobber	35	1,2
Kvikksølv	0,2	2,0
Nikkel	12	0,9
Bly	77	2,0
Sink	144	1,7

4.4 Krematorier

I området ved Solheim og Møllendal krematorier er det noe forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv, bly og kadmium.

Tabell 11 Syreløselig innhold (mg/kg) av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i overflatejord ved krematoriene sammenliknet med verdiene for hele datasettet. (Antall prøver=33).

Grunnstoff	Overflatejord ved krematoriene N=33	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet
Arsen	2,6	0,9
Kadmium	0,3	1,5
Krom	19	1,1
Kobber	35	1,2
Kvikksølv	0,2	2,0
Nikkel	12	0,9
Bly	70	1,8
Sink	121	1,4

4.5 Deponiet i Rådalen

Tildekkingsmassene på materialet i avfallsfyllingen i Rådalen har et lavt innhold av de fleste av de undersøkte grunnstoffer, men massene har et noe forhøyet innhold av nikkel, krom og kobber.

Tabell 12 Syreløselig innhold (mg/kg) av As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn i overflatejord fra dekkmassene på **deponiet i Rådalen** sammenliknet med verdiene for hele datasettet (8).

Grunnstoff	Overflatejord ved deponiet i Rådalen N=8	Oppkonsentrering i forhold til hele datasettet
Arsen	1,8	0,6
Kadmium	0,1	0,5
Krom	31	1,7
Kobber	36	1,2
Kvikksølv	0,06	0,6
Nikkel	24	1,8
Bly	14	0,4
Sink	93	1,1

5. BARNEHAGEJORD

Barnehagene i Bergen har mye fast dekke (asfalt eller skifer) og lite naturlig jord innenfor sine uteareal. Sand finnes ved og under lekeapparater og i sandkasser. Det er to hovedleverandører av denne sanden til barnehagene i Bergen. Prøvene som er tatt i barnehagene er innsamlet fra 5 til 10 forskjellige steder innenfor tomten, både av naturlig jord og tilkjørt sand. Den tilkjørte sanden vil vanligvis bidra med mest materiale i hver enkelt jordprøve fra barnehagene.



Bilde 9 I 85 barnehager er jorden på tomten og sanden ved og under lekeapparater og i sandkasser prøvetatt og analysert på 8 grunnstoffer bl.a. arsen.

Arsen innholdet i barnehagejorden er tre ganger høyere enn i byjorden (Tabell 12). Barnehagejorden har ellers et lavt innhold av de undersøkte tungmetaller, med unntak av et uteareal som har et relativt høyt blyinnhold.

En tilsvarende undersøkelse i Trondheim, viste at trykkimpregnert trevirke bidro med tildels betydelig mengder arsen jorden. Tiltak for å fjerne forurenset jord ble iverksatt i 7 barnehager. Samtidig ble trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord fjernet.

I Bergen er der to mulige kilder for arseninnholdet i barnehagejorden: 1) trykkimpregnert trevirke og 2) tilkjørt sand. Det er analysert fire prøver av den sanden som leveres til barnehagene. Den ene sandleverandøren har et produkt som sannsynligvis inneholder ca 7 mg/kg arsen. Det er kun analysert en prøve fra denne leverandøren, og det knytter seg derfor betydelig usikkerhet til resultatets generelle holdbarhet for hele grustaket og dermed om grustaket er en viktig arsenkilde i barnehagejorden.

Tabell 13 Barnehagejord fra Bergen kommune (85 prøver), medianverdi og spredning for arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly og sink og prosentvis overskridelse av SFTs reviderte normverdier for mest følsom arealbruk.

Grunnstoff eller kjemisk forbindelse	Median mg/kg	Spredning mg/kg	Revidert normverdi	Prosent prøver som overskrider normverdi
Arsen (As)	7,7	1,1 – 22	2	94
Kadmium (Cd)	0,05	0,02 – 0,23	3	0
Krom (Cr)	11	6 – 24	25	0
Kobber (Cu)	26	12 – 62	100	0
Kvikksølv (Hg)	0,01	0,01 – 0,2	1	0
Nikkel (Ni)	9	5 – 9	50	0
Bly (Pb)	2,5	2,5 – 155	60	1
Sink (Zn)	51	29 – 271	100	8

6. KONKLUSJONER OG ANBEFALTE TILTAK

De ytre bydelene er ”rene”, bortsett fra lokal punktforurensning. Området innenfor en sirkel med radius 3 km fra forbrenningsanlegget i Rådalen har i dag et lavt innhold av alle de undersøkte grunnstoffer og kjemiske forbindelser. Indre byområde og særlig bysentrum er forurenset med bly, kadmium, kvikksølv, arsen, PAH og til dels PCB.

Det indikeres at de viktigste kildene for forurensningen av overflatejorden i Bergens indre byområde er:

- Forbrenning av kull i Bergens gassverk og boligoppvarming (arsen, kadmium, bly, sink, PAH)
- Biltrafikk (bly, sink og muligens PAH og PCB)
- Industriutslipp (bly, sink, kadmium og kvikksølv)
- Krematorier (kvikksølv)

Kildene til det høye innhold av grunnstoffer i enkelte prøvepunkter er ikke klarlagt.

Barnehagejorden inneholder tre ganger mer arsen enn overflatejorden ellers i kommunen. Arsenkildene i barnehagejorden er:

- Trykkimpregnert trevirke
- Tilkjørt sand

Det anbefales at jordundersøkelsen i Bergen fører til følgende tiltak:

- Data fra undersøkelsen legges til grunn for en helserisikovurdering. Risikovurderingen bør rettes mot barn og deres mulighet for eksponering av bly og arsen fra forurenset jord på lekeplasser og i boligområder i indre byområde.
- Det gjennomføres en tilsvarende risikovurdering i forhold til arsenkonsentrasjonene i barnehagene. I denne risikoanalyse må de to arsenkildene vurderes separat (trykkimpregnert trevirke og den tilkjørte sand).
- Når resultatene av disse to risikovurderingene foreligger, kan eventuelle tiltak settes i verk, dvs som fjerning av forurenset jord og lignende, og om arseninnholdet i jorden skal kontrolleres i alle barnehager.
- I nærområdet til Bergens gassverk (Dokken, Møhlenpris, Sydnes, Nøstet og Nordnes) bør det tas flere jordprøver for å klarlagt omfanget av PAH forurensningen i dette området. Prøvetakingen må konsentreres i til barnehager og lekeplasser og danne grunnlaget for en risikovurdering knyttet på PAH forbindelsene i dette området.
- Det bør tas flere prøver for bestemmelse av PCB i området hvor den høyeste PCB-konsentrasjon ble målt, for å få bekreftet eller avkreftet denne målingen.
- Bergen kommune bør utrede om det er behov for egne rutiner ved graving og fjerning av masser i Bergen sentrum. Tema som bør belyses er : Skal tungmetallinnholdet i massene kontrolleres? Skal slike masser kunne disponeres fritt? Bør det etableres et deponi for svakt til middels forurensete masser i Bergensområdet?

Bergen kommune bør utrede betydningen jordforurensningen har for fremtidig byutvikling. Aktuelle problemstillinger er:

- Bør rene områder søkes å beholdes rene?
- Hvor streng skal Bergen kommune være når det gjelder opprydding av forurenset grunn?

7. BAKGRUNNSLITTERATUR

Almklov, P.G., 1995: Innhold av organiske miljøgifter i overflatejord fra Trondheim. Prosjektoppgave, Institutt for geologi og bergteknikk, Norges tekniske høgskole, 80 sider.

Bergen Lysverker, 1986: Bergens gassverk 1856 – 1985. Kort skisse over gassverkets historie. Bergen Lysverker, Informasjonskontoret.

Bowen, H.J.M., 1966. Trace elements in biochemistry. Academic Press, 241 sider.

Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. Nordiske seminar og arbeidsrapporter, Nordisk råd, 1993:628.

Davidson, R.M. & Clarke, L.B. 1996: Trace elements in coal. Perspectives, January 1996.

Duun-Moen, K., 1996: Tungmetallinnhold i utvalgte avfallsfraksjoner. Hovedoppgave. Institutt for fysikalsk kjemi. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Fossen, H., 1988a: The Ulriken Gneiss Complex and the Rundemanen Formation: a basement-cover relationship in the Bergen Arcs, West Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 412, 67-86.

Fossen, H., 1988b: Metamorphic history in the Bergen Arcs, Norway, as determined from amphibole chemistry. Norsk Geologisk tidsskrift, Vol. 68, 223-239

Fossen, H., 1989: Geology of the Minor Bergen Arc, West Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 416, 47-62.

Hantho, G., 1996: Kjemisk karakterisering av veistøv fra trafikk i bymiljø. Hovedoppgave. Institutt for fysikalsk kjemi. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Heksestad, B., Hofshagen, N. Furnes, H. og Pedersen, R.B., 1994: The geochemical evolution of the Gulfjellet Ophiolite Complex, West Norwegian Caledonides. Norsk Geologisk Tidsskrift, Vol 74, 77-88.

Johnsen, E., 1995: Bergen byatlas 1995. Bergen kommune, Byutvikling, Boligavdelingen.

Langedal, M., 1997: Helserisikovurdering av metaller i jord i bysamfunn. Eksempel for nikkel og bly i utemiljøet i Trondheim. Trondheim kommune. Miljøavdelingens rapporter TM 97/04.

Langedal, M., & Hellesnes, I., 1997: Innhold av tungmetaller i overflatejord og bakterier i sandkasser i barnehager i Trondheim. Trondheim kommune, Miljøavdelingen, TM 97/03.

Ottesen, R.T., Almklov P.G. & Tijhuis, L., 1995: Innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter i overflatejord fra Trondheim. Trondheim kommune, Miljøavdelingens rapporter, TM 95/06

Skare, J.E., 1997: Miljøtekniske grunnundersøkelser ved Jekteviken og Grønneviksøren i forbindelse med nye pumpestasjoner og avløpsledninger. Asplan Viak Bergen. Prosjektnr. 25.6802, Hefte nr. 7507.

Solhaug, K.P., 1997: Søknad om tillatelse til graving og disponering av forurenset masse fra Lyder Sagensgate 15 og 17 og Daniel Hansensgate 5. Instanes A/S, prosjektnr. 3487 og 3369.

Solhaug, K.P., 1998: Miljøteknisk grunnundersøkelse, Haugeveien 40. Feltrapport med søknad om tillatelse til graving i forurenset grunn. Instanes A/S, prosjekt nr. 3701.

Solhaug, K.P., Paulsen, A. & Ness, M., 1998a: Miljøteknisk grunnundersøkelse på Tjørnen, Melkeplassen. Feltrapport med tiltaksvurdering. Instanes A/S, prosjekt nr. 3592.

Solhaug, K.P., Paulsen, A. & Ness, M., 1998b: Miljøteknisk undersøkelse på Hjortland, Åsane. Feltrapport med tiltaksvurdering.

Statens forurensningstilsyn, 1993: Miljøgifter i Norge. SFT-rapport 93:22, 114 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1993: Datarapport for miljøgifter i Norge. SFT-rapport 93:23, 313 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1994: Dioksiner. SFT-dokument 94:04, 74 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1995: Håndtering av grunnforurensningsaker. SFT-rapport 95:09, 54 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1996: PCB i Norge. Forekomst og forslag til tiltak. SFT-rapport 96:08.

Statens forurensningstilsyn, 1997: Forurenset grunn. Metoder for kjemisk analyse. SFT-rapport 97:34.

Statens forurensningstilsyn, 1997: Utskrift av deponidatabasen (registrerte lokaliteter i Bergen kommune).

Statens forurensningstilsyn, 1998: SFT-veiledning for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn. Utkast.

Tønnesen, D., 1998: Luftforurensning fra avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen. Norsk institutt for luftforskning. Referanse O-98048.

Weiss, L.E., 1977: Structural features of the Laksevåg Gneiss, Bergen, Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 334, 1-17.

Wennberg, O.P. & Milnes, G., 1994: Interpretation of kinematic indicators along the northeastern margin of the Bergen Arc System: a preliminary field study. Norsk Geologisk Tidsskrift, Vol. 74,166-1173.

Aanes, D., 1959: Om Bergens gassverk. Et forsøk på en belysning av aktuell gassverksproblemer. Norges Handels høyskole.

8. VEDLEGG: HVA ER MILJØGIFTER?

Med begrepet "miljøgift" mener Statens forurensningstilsyn (SFT): "stoffer som selv i små konsentrasjoner kan gi skader på naturmiljøet ved at de er giftige og kan oppkonsentreres til skadelige konsentrasjoner i næringskjeden og/eller har særlig lav nedbrytbarhet."

Med giftig menes både akutte- og kroniske giftvirkninger. Med akutte giftvirkninger menes hurtigvirkende og direkte giftvirkning. Med kroniske giftvirkninger menes at stoffet har egenskaper som over tid fremkaller bestandtruende sykdom eller nedsetter livsfunksjoner hos organismer. Blant kroniske virkninger regnes også at stoffet er kreftfremkallende, arvestoff-forandrende, reproduksjonsskadende eller kan skade fosteret.

At et stoff har tendens til oppkonsentrering (akkumulering) betyr at det tas opp og lagres i planter og dyr, og for enkelte stoffer at konsentrasjonen over tid vil øke for hvert ledd i næringskjeden.

Stoffer med lav nedbrytbarhet har lang levetid i naturen før de brytes ned til komponenter som vanligvis er mindre skadelige.

Miljøgiftene, som slippes ut i vann, luft eller jord, kjennetegnes ved at de kan utløse skadelig effekter, selv i lave konsentrasjoner eller mengder. Skadebildet kan være alvorlig med endringer av økosystemer eller skader på mennesker. Hos mennesker kan helseskader på grunn av miljøgifter oppstå ved inntak av forurenset drikkevann eller matvarer, ved innånding av forurenset luft eller gjennom direkte kontakt med stoffer og produkter. Siden mange av miljøgiftene oppkonsentreres i næringskjeden og har langsom nedbrytning, er det betydelig risiko for at omgivelsene kan forurennes opp til et nivå som gir skader som ikke eller sent lar seg reparere. I tillegg til en oppkonsentrering i næringskjeden ved spredning fra art til art, kan miljøgiftene spres fra generasjon til generasjon. Hos pattedyr skjer dette ved at miljøgiftene overføres til fosteret via morkaken eller til diende unger via morsmelken. Skader kan også overføres til senere generasjoner ved at arvematerialet i kjønncellene skades.

Arsen og arsenforbindelser

Arsen er et metallisk grunnstoff. Enkelte arsenforbindelser er giftige og kreftfremkallende. Arsen brukes bl.a. i treimpregneringsmidler. Det er stor variasjon i bioakkumulerbarhet mellom ulike arsenforbindelser i planter og dyr. Uorganiske arsenforbindelser (arsenat) er sterkt akutt giftige overfor de fleste organismer, mens organiske arsenforbindelser er langt mindre giftige. Arsenforbindelser har kroniske giftvirkninger overfor mange organismer i små konsentrasjoner, herunder fosterskadende

effekter, effekter på DNA-molekylet og de gir økt mulighet for kreft i samvirke med andre stoffer.

Bly og blyforbindelser

Bly er et metallisk grunnstoff med alvorlige giftvirkninger. Det kan være kreftfremkallende og opphopes i organismer. Spredning av bly i miljøet skyldes i dag først og fremst blytilsetning i bensin, bly i produkter og atmosfæriske avsetninger fra langtransport av forurensning. Bly akkumuleres i fisk og pattedyr, men bare i liten grad i fiskefilet. Bly er akutt giftig overfor vannlevende organismer og akutt giftig overfor pattedyr. Bly gir kroniske giftvirkninger overfor mange organismer, selv i små konsentrasjoner. Kronisk blyforgiftning kan ha nevrotoksiske, immunologiske og kreftfremkallende virkninger og gi skader på det bloddannende systemet hos varmblodige dyr.

Kadmium og kadmiumforbindelser

Kadmium er et giftig, metallisk grunnstoff som opptrer i mange kjemiske forbindelser. De fleste er kreftfremkallende. Kadmium opphopes sterkt i organismer. Det største bruksområdet er i nikkel-kadmium batterier. Atmosfæriske avsetninger fra langtransport er betydelig. Kadmium er sterkt bioakkumulerende i fisk og pattedyr og har lang biologisk halveringstid i pattedyr. Kadmiumforbindelser er sterkt akutt giftige overfor vannlevende organismer, særlig i ferskvann, og akutt giftige overfor pattedyr. Kadmiumforbindelser gir kroniske giftvirkninger overfor mange organismer, selv i meget små konsentrasjoner. Hos pattedyr får en opphoping i nyrene og kroniske nyreskader. Den biologiske halveringstiden for kadmium er lang. Kadmium er både et økotoksikologisk og et næringsmiddelhygienisk problem.

Kobber og kobberforbindelser

Kobber er et metallisk grunnstoff. Kobber er meget giftig for mange organismer, men samtidig er små mengder kobber nødvendige for de fleste organisme. Tungmetallet kobber har ikke tendens til å oppkonsentreres i næringskjeden, men det er sterkt akutt giftig overfor vannlevende organismer og akutt giftig overfor pattedyr. Kobber har kroniske giftvirkninger overfor mange vannlevende organismer selv i små konsentrasjoner.

Kvikksølv og kvikksølvforbindelser

Kvikksølv er et giftig, metallisk grunnstoff som kan danne meget giftige organiske forbindelser som f.eks. metylkvikksølv. Kvikksølv opphopes i organismer og oppkonsentreres i næringskjeden. Kvikksølv bioakkumuleres i fisk og pattedyr. Kvikksølv har evne til å oppkonsentreres i næringskjeden og har lang biologisk halveringstid. Kvikksølvforbindelser er sterkt akuttoksiske overfor mange vannlevende organismer og pattedyr. Kvikksølvforbindelser har kroniske giftvirkninger overfor mange

organismer, selv i meget små konsentrasjoner. Kvikksølv kan gi nyreskader og motoriske og mentale forstyrrelser som følge av skader på sentralnervesystemet.

Krom og kromforbindelser

Krom er et giftig, metallisk grunnstoff. Den seksverdige formen er kreftfremkallende ved innånding. Krom kan fremkalle allergi. Krom bioakkumuleres i vannplanter, virvelløse dyr og fisk. Det er imidlertid liten eller ingen risiko for oppkonsentrering langs næringskjeden i vannmiljø.

Nikkel og nikkelforbindelser

Nikkel er et giftig, metallisk grunnstoff som opphopes i organismer. Nikkelstøv er kreftfremkallende. Nikkel bioakkumuleres i organismer, men oppkonsentreres ikke eller bare ubetydelig grad i næringskjeder. Nikkel er akutt giftig overfor vannlevende organismer, planter og sopp. Nikkel løst i vann er moderat giftig, mens luftbåren nikkel som nikkelstøv eller nikkelkarbonyl er kreftfremkallende overfor pattedyr. Metallisk nikkel er allergifremkallende hos mennesker. For virvelløse dyr og fisk er nikkel kronisk giftig selv ved lave konsentrasjoner.

Sink og sinkforbindelser

Sink er et giftig, metallisk grunnstoff som opphopes i organismer. Sink er samtidig et nødvendig stoff for alt liv. Ved høye konsentrasjoner er sink akutt giftig overfor vannlevende organismer, enkelte planter og pattedyr. Sink kan gi kroniske giftvirkninger overfor vannlevende organismer, selv i små konsentrasjoner. Sink og kobber antas å ha additive miljøeffekter, mens sink til en viss grad beskytter mot kadmiums virkninger.

Dioksiner

Dioksiner er en betegnelse på en stoffgruppe som mer korrekt heter polyklorete-dibenzo-dioksiner. Det er dessuten vanlig å ta med de beslektede polyklorete-dibenzo-furanene når man snakker om dioksiner. Stoffgruppene er bygd opp av to benzenringer knyttet sammen med to oksygenatomer for dioksiner og ett for furaner. Det finnes 75 forskjellige dioksiner og 135 ulike furaner. Det eneste som skiller disse fra hverandre er antall kloratomer og deres posisjon. Dioksiner er akutt og kronisk giftige ved lave konsentrasjoner og er svært tungt nedbrytbare. De opphopes i organismer og oppkonsentreres i næringskjeden. Klorete dioksiner og dibenzofuraner dannes som et uønsket biprodukt ved forbrenningsprosesser, der klor er tilstede, og i visse industrielle prosesser.

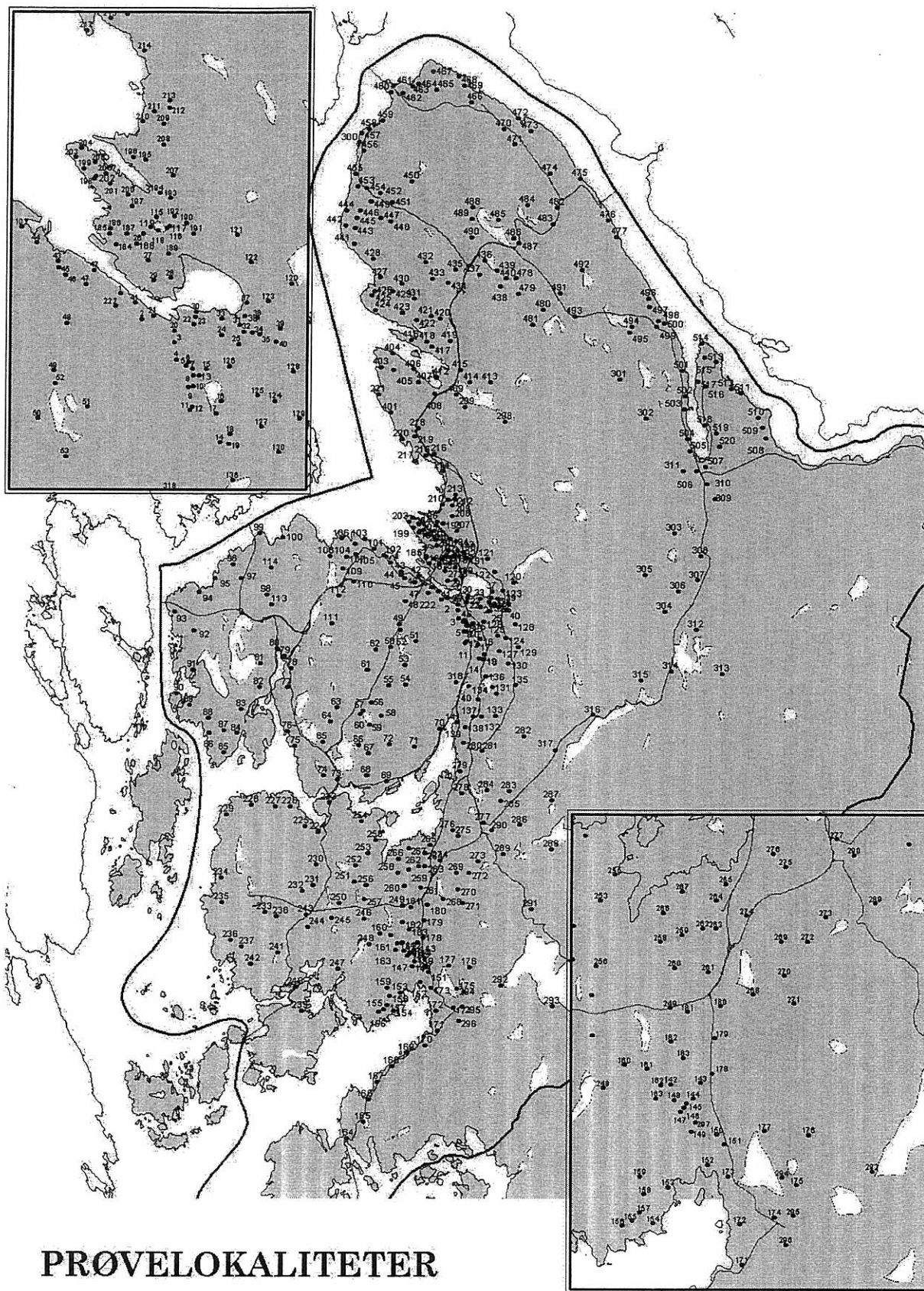
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Stoffgruppen PAH består av mange forskjellige forbindelser og noen av disse f.eks. benzo-a-pyren, er giftige, mutagene og kreftfremkallende. PAH dannes ved all ufullstendig forbrenning av organisk materiale, i fyringsanlegg, bileksos og også ved

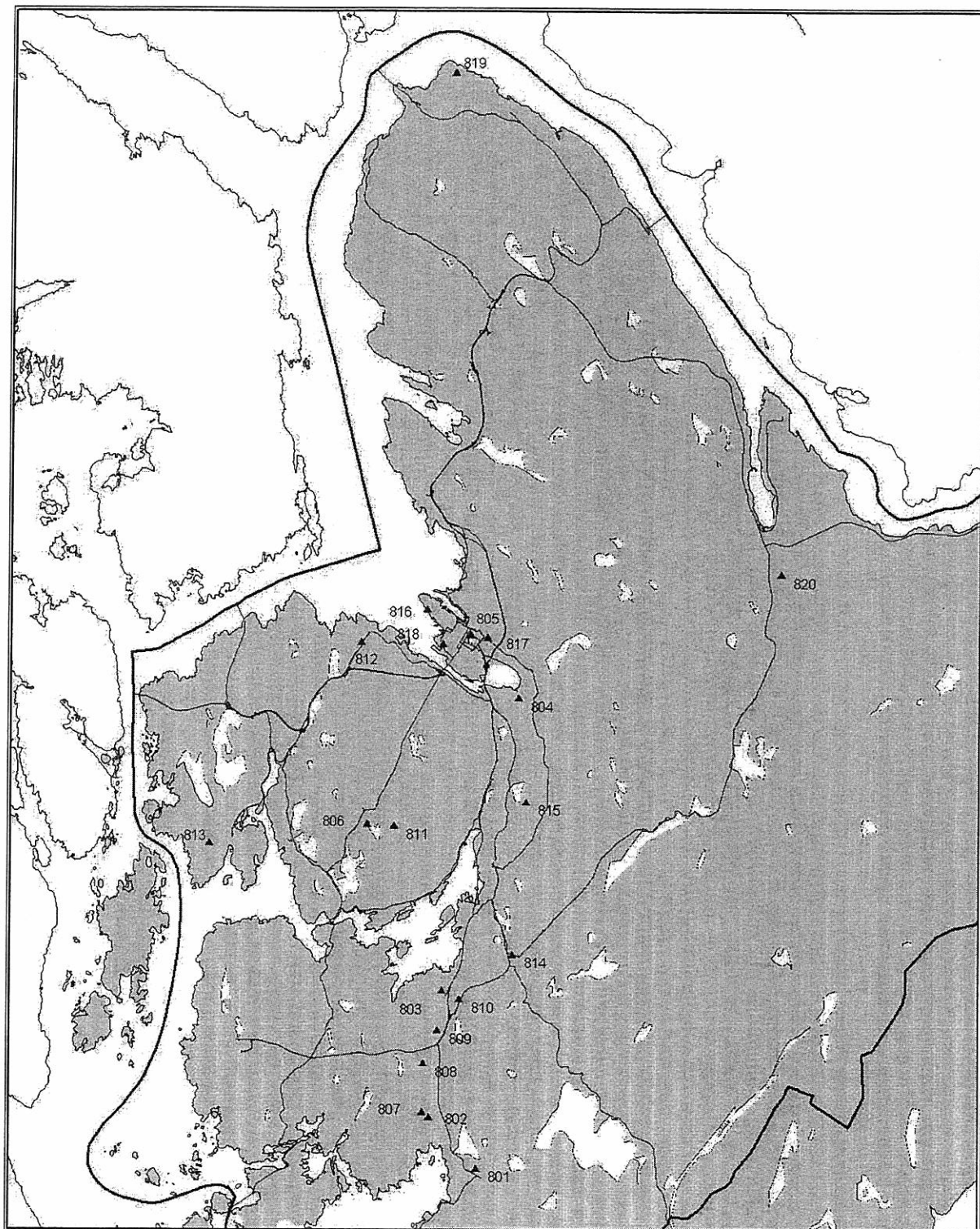
skogbranner. PAH er også et uønsket biprodukt fra visse typer industrielle prosesser og dannes dessuten ved veislitasje. PAH som stoffgruppe har en rekke skadelig egenskaper. Deres fettløselighet gjør at de vandrer gjennom beskyttende menbraner og kan skade flere deler av cellene. Blant de alvorligste effekter er genskader og reproduksjonssakder

Polyklorerte bifenyler (PCB)

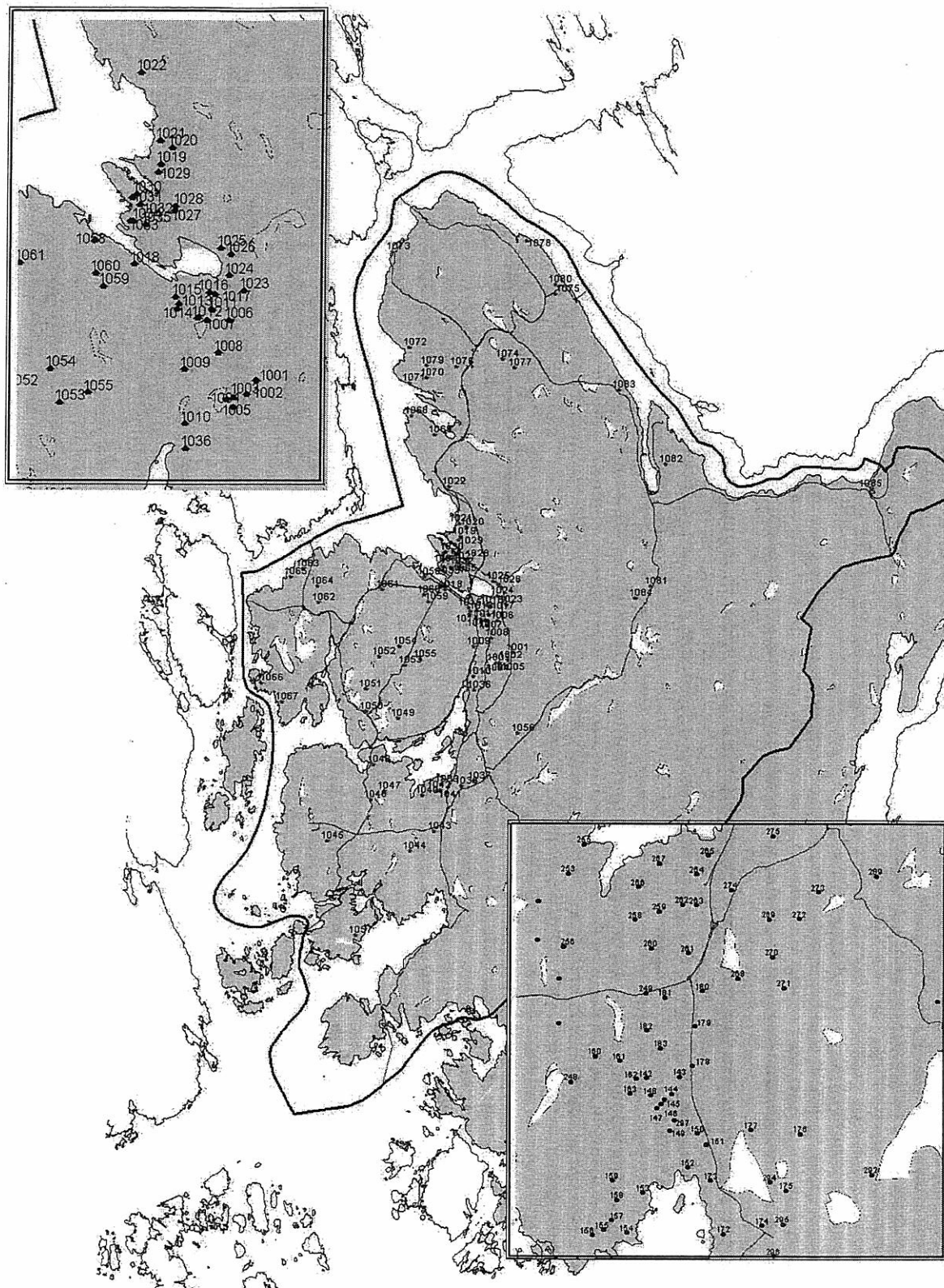
PCB er navnet på en stoffgruppe som er bygget opp av fenyl-ringer knyttet sammen av en enkeltbinding og et varierende antall kloratomer. Det finnes 209 PCB-forbindelser med forskjellige egenskaper. PCB er meget stabilt både kjemisk, biologisk og termisk. Disse egenskapene har vært stoffenes viktigste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



PRØVELOKALITETER



PRØVELOKALITETER ORGANISK ANALYSE



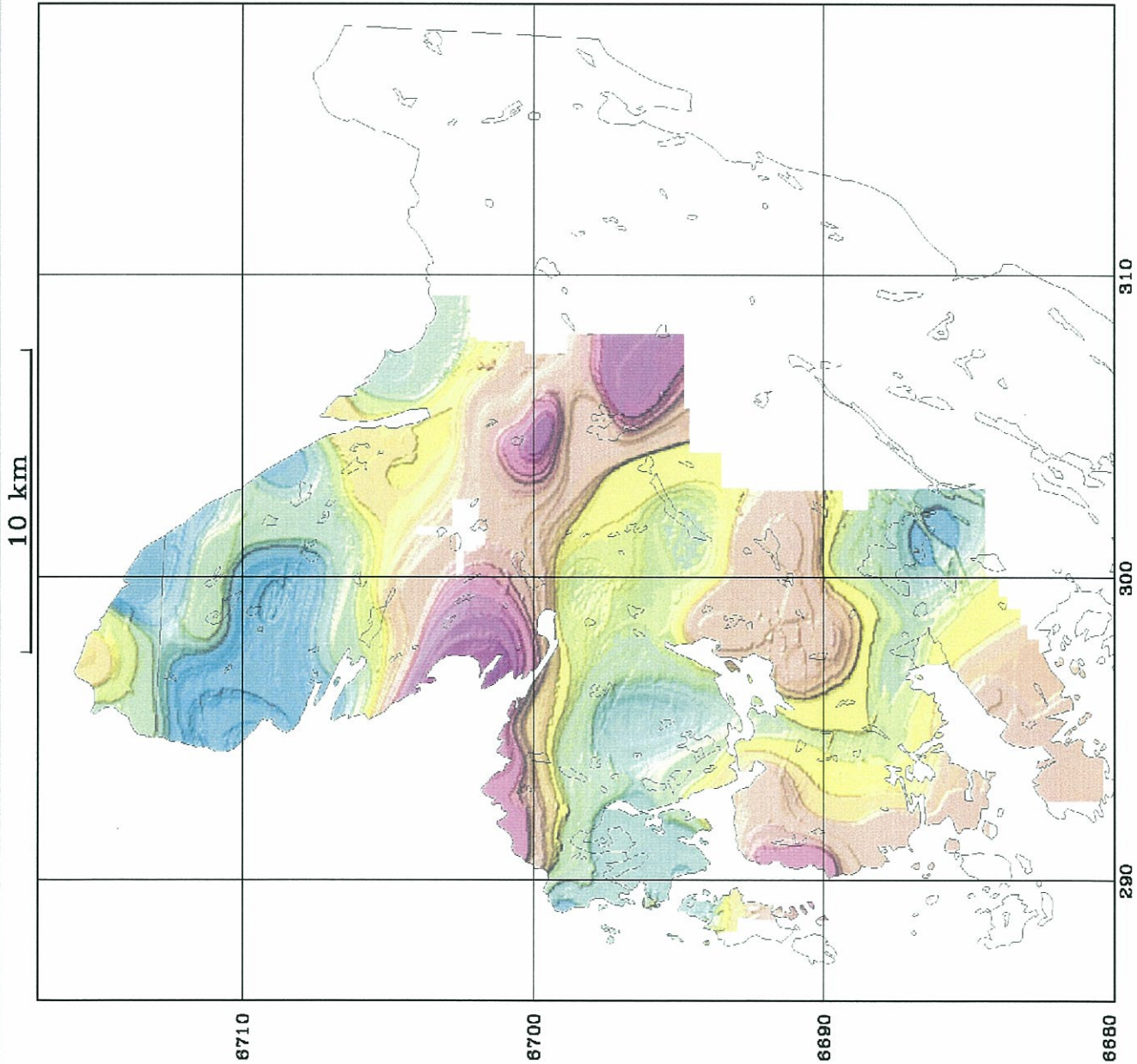
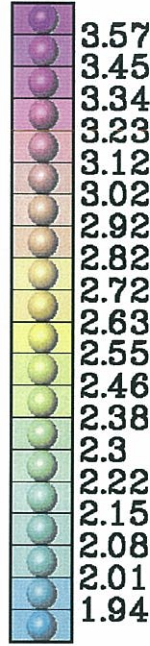
PRØVELOKALITETER BARNEHAGER

Jordforurensning Bergen

AS

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



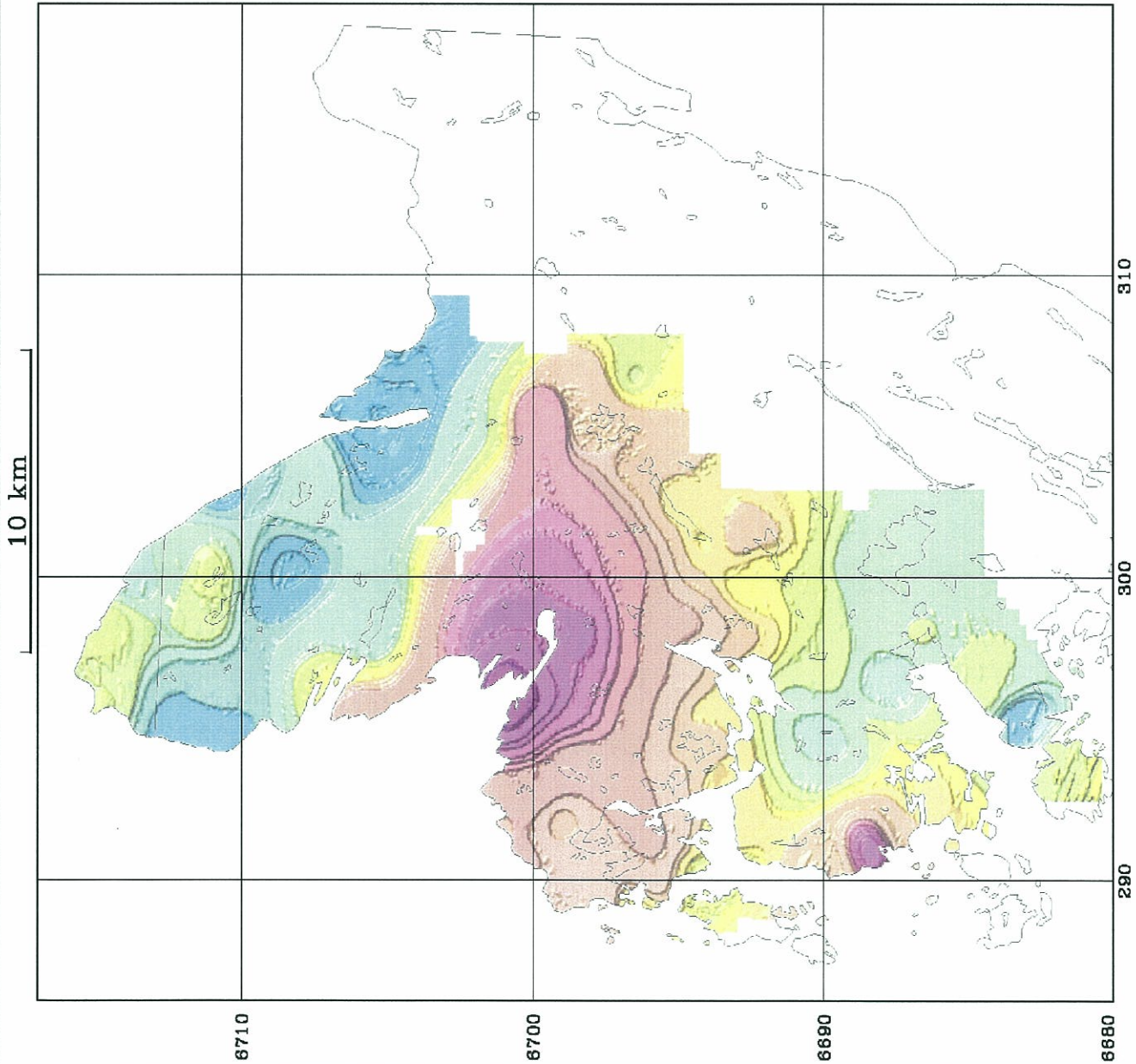
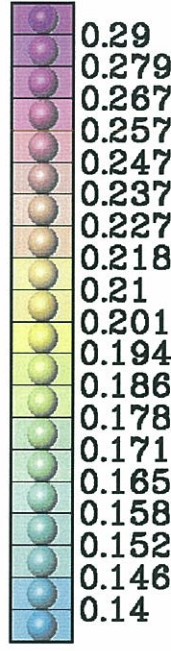
Dato for plotting av kartet: 23.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Cd

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



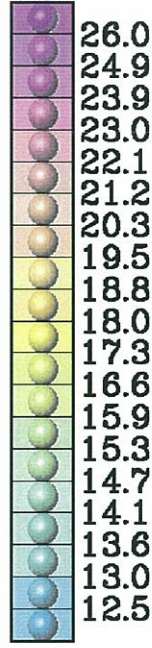
Dato for plotting av kartet: 23.02.1999 CFC

Jordforurensning Bergen

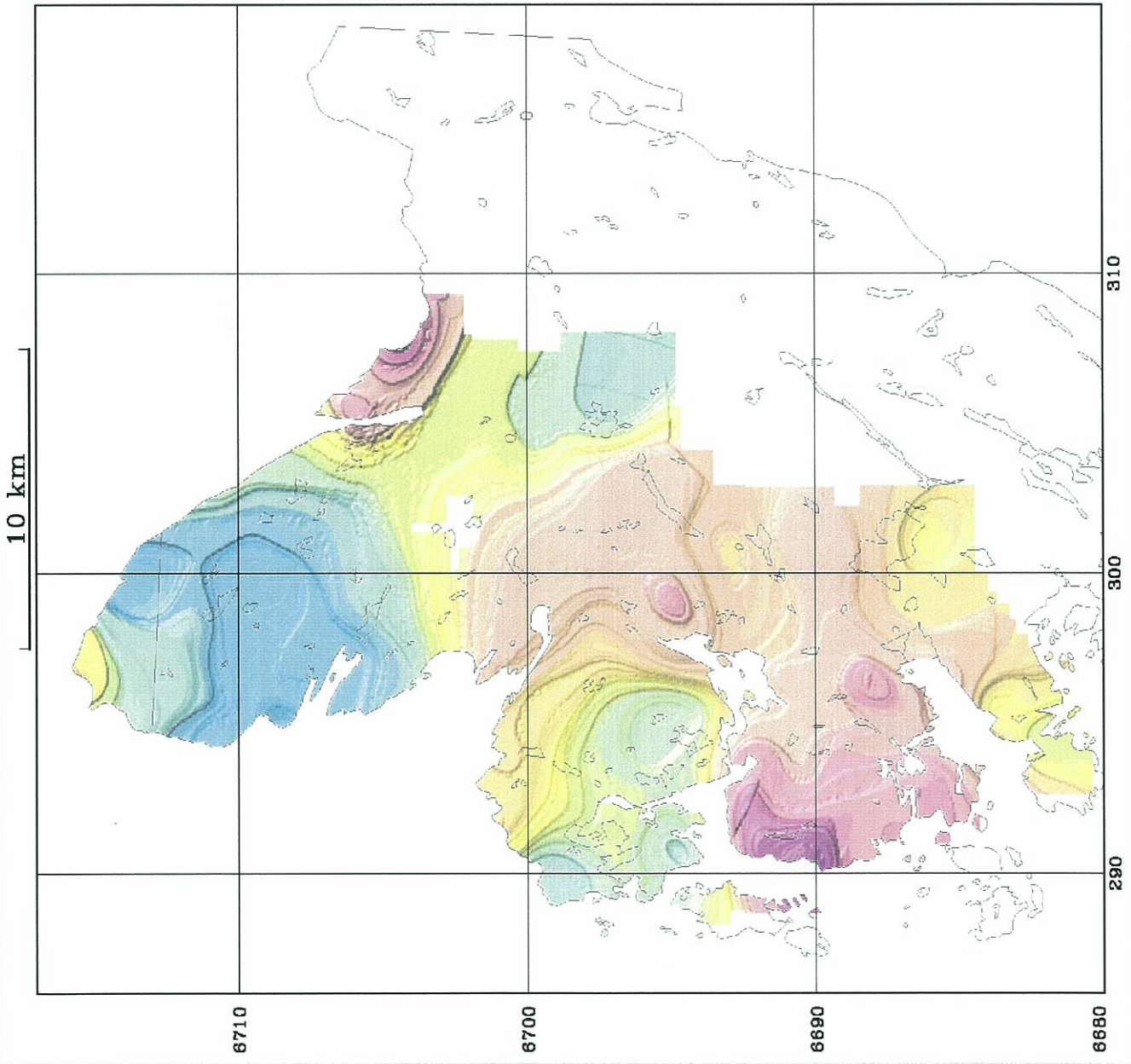
Cr

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningsmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plottning: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



Dato for plottning av kartet: 23.02.1999 GFC

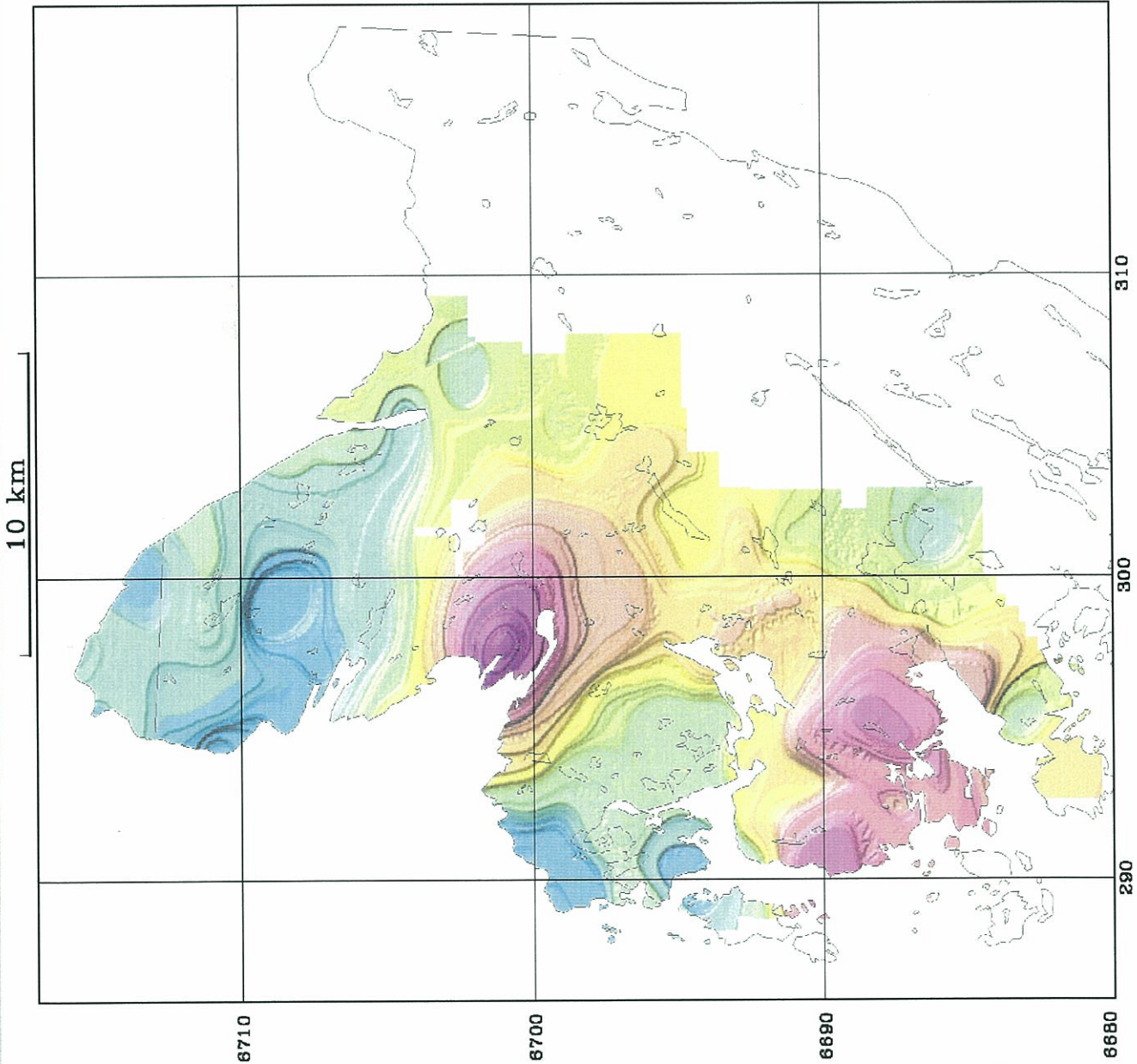
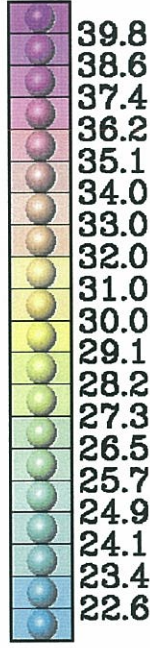


Jordforurensning Bergen

Cu

Prøvemateriale: overflatejord
Oppslutningmetode: Salpetersyre
Analyse: Norges geologiske undersøkelse
Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



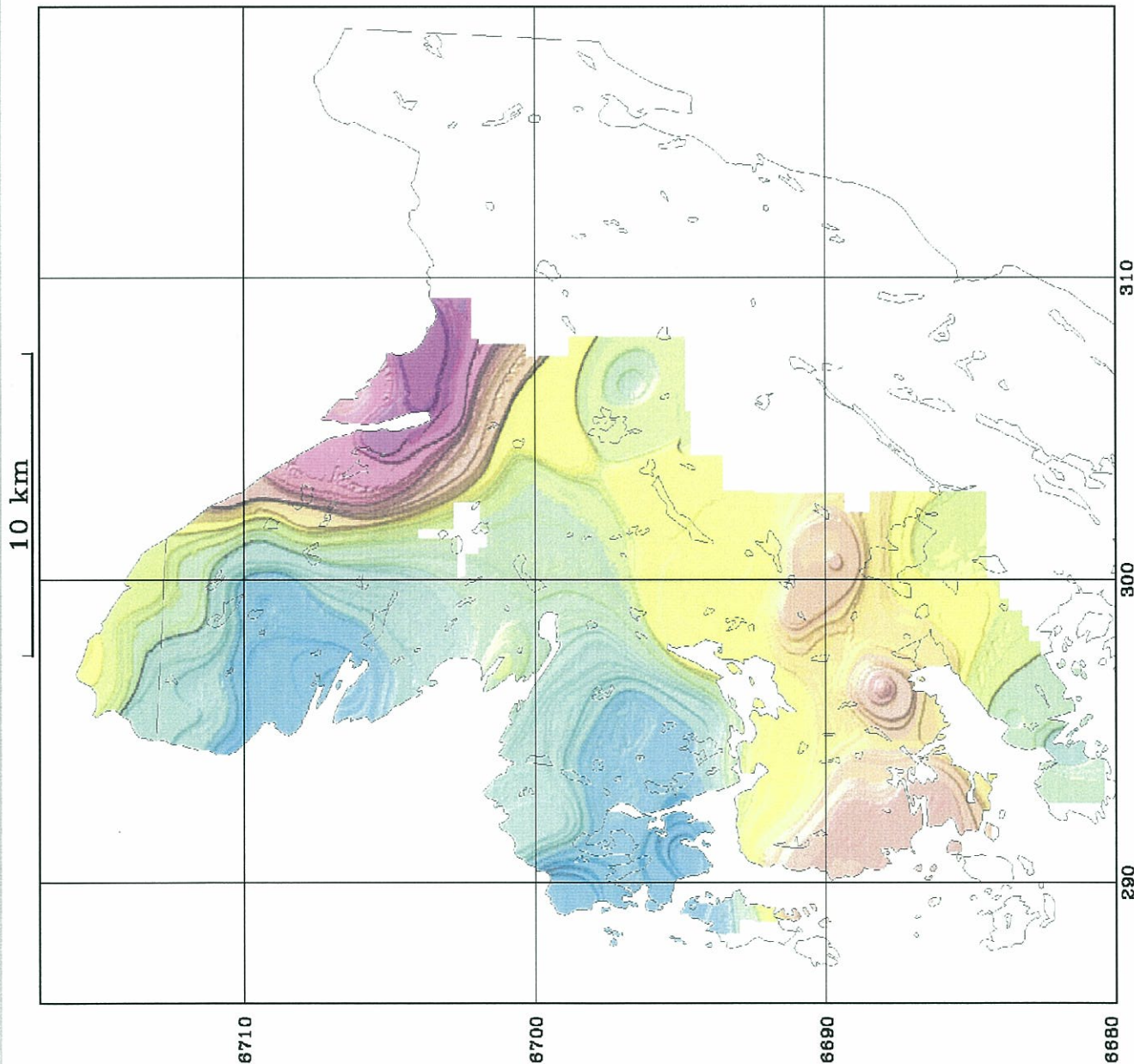
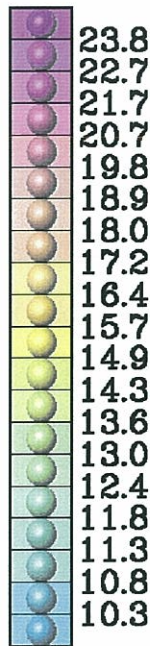
Dato for plotting av kartet: 22.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Ni

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



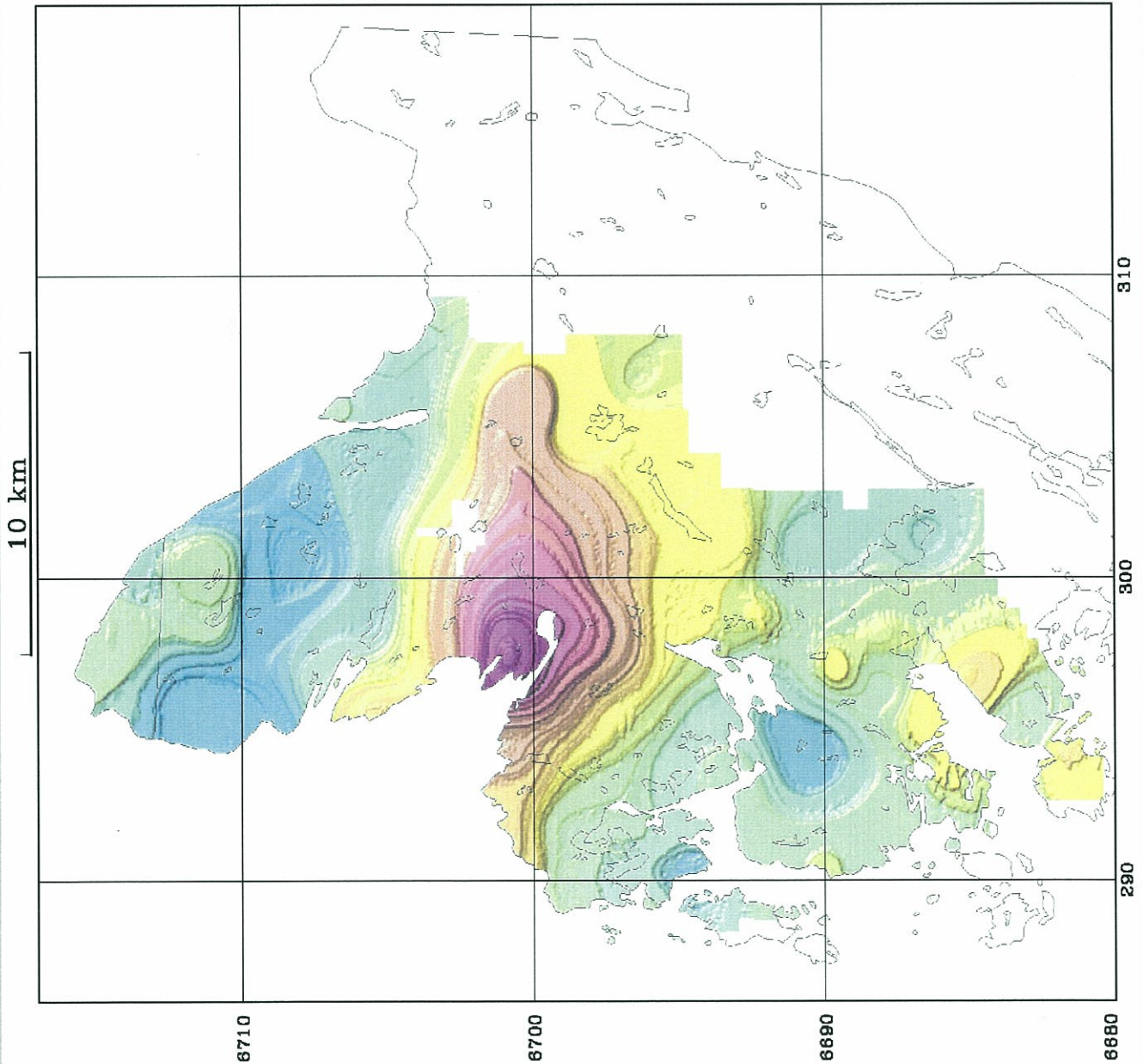
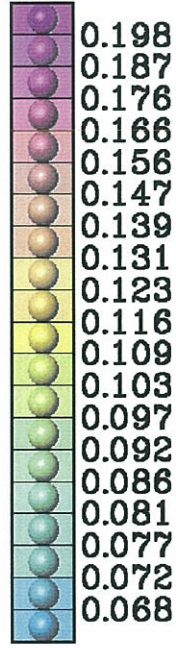
Date for plotting av kartet: 23.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Hg

Prøvemateriale: overflatejord
Oppslutningmetode: Salpetersyre
Analyse: Norges geologiske undersøkelse
Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



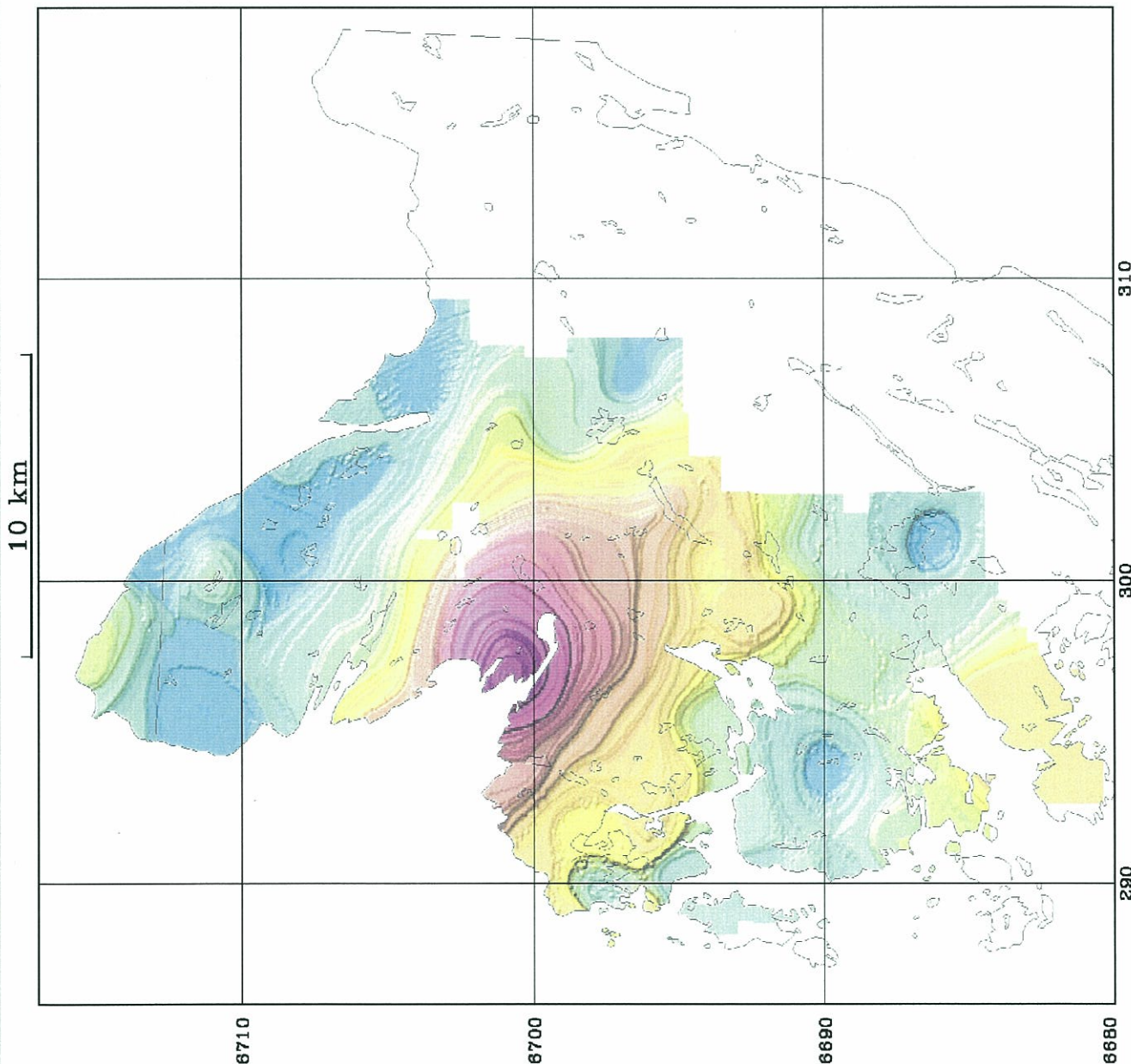
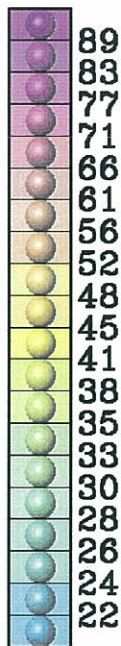
Dato for plotting av kartet: 22.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Pb

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningsmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



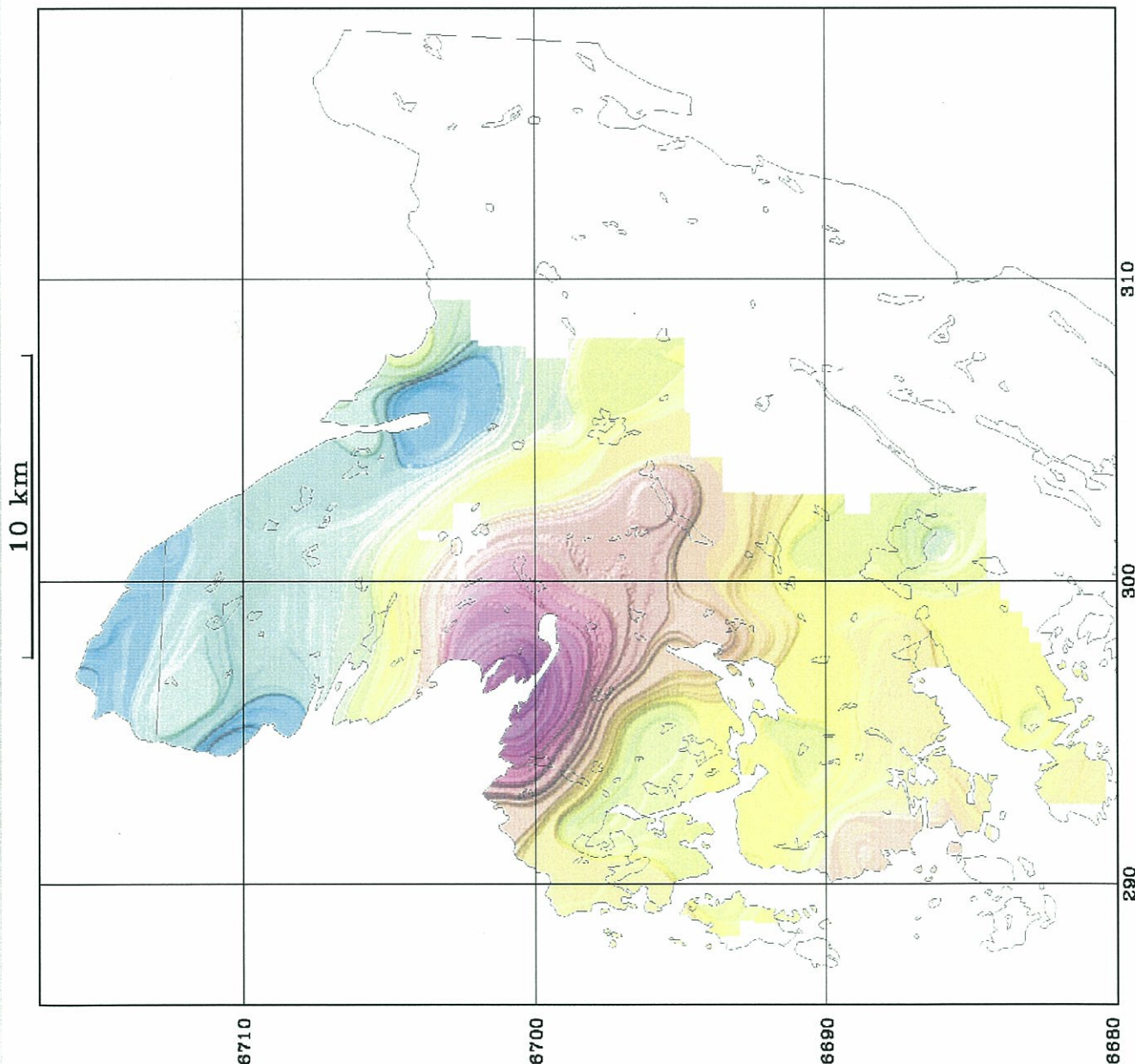
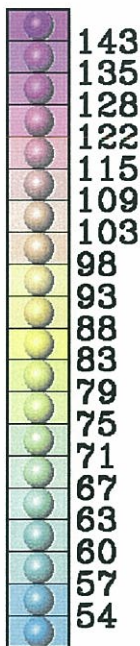
Dato for plotting av kartet: 23.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Zn

Prøvemateriale: overflatejord
Oppslutningmetode: Salpetersyre
Analyse: Norges geologiske undersøkelse
Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)

mg/kg



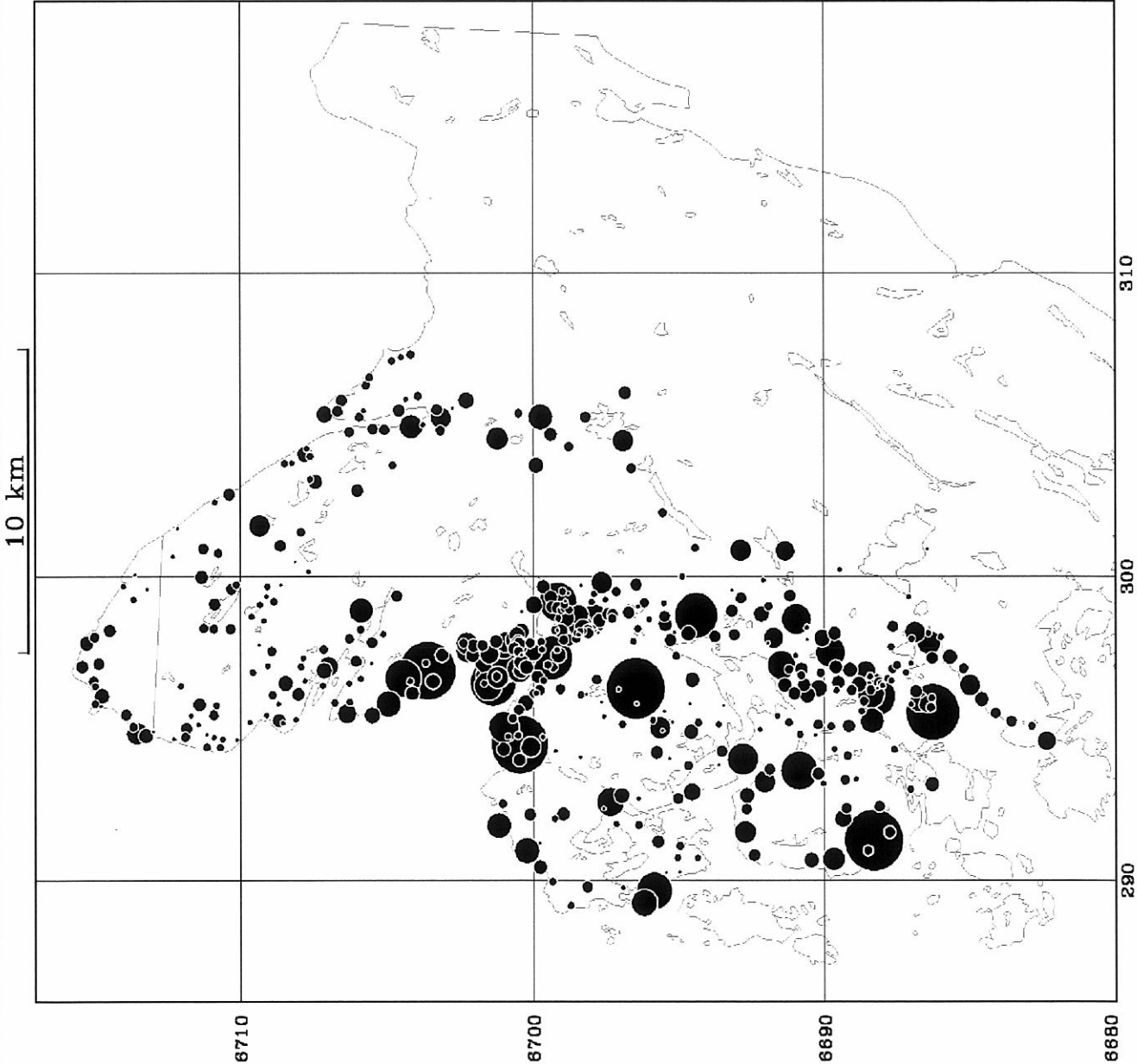
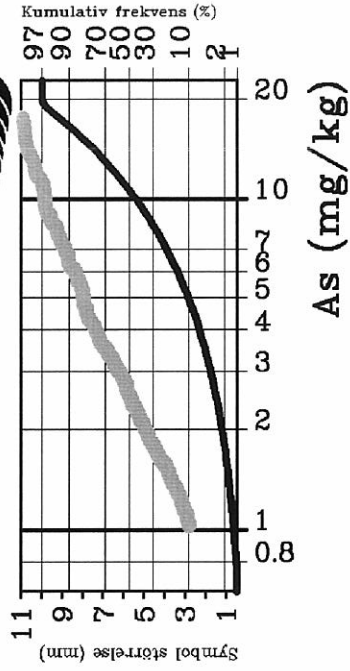
Dato for plotting av kartet: 23.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

AS

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



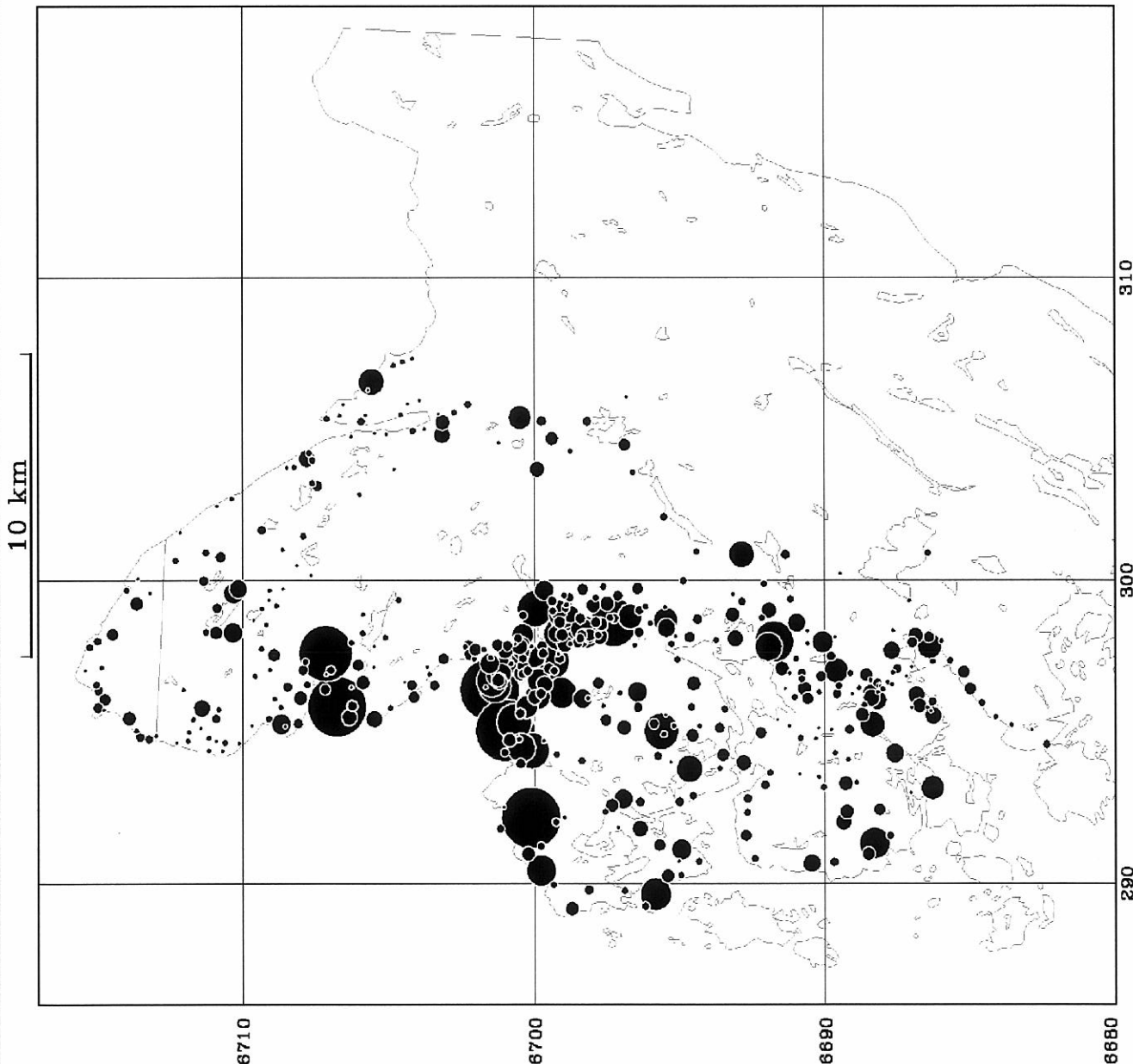
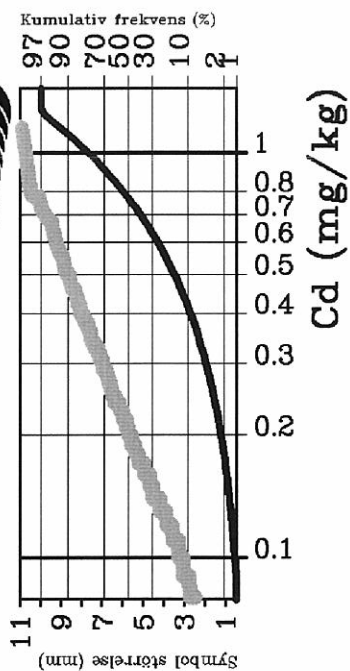
Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Cd

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GFK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



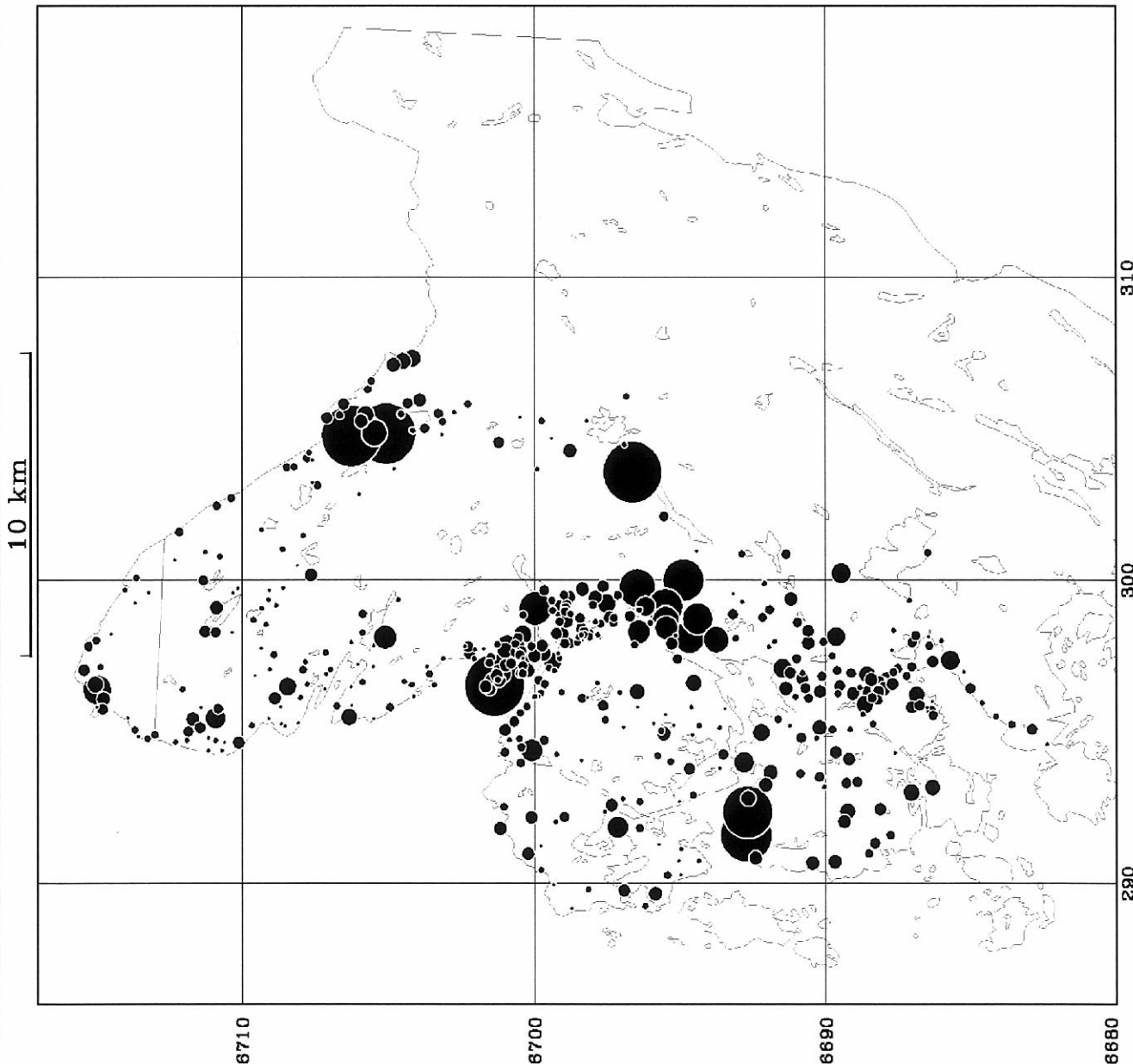
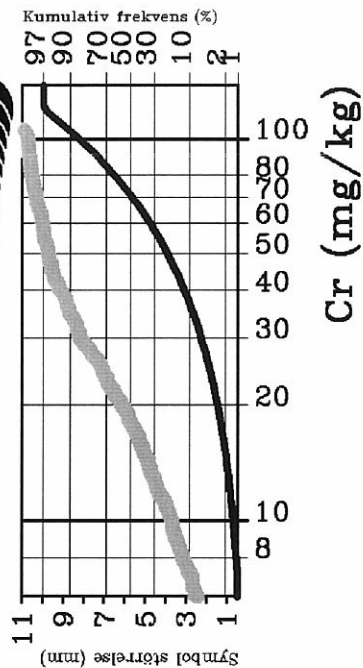
Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Cr

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningsmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)
 Antall prøver: 455

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



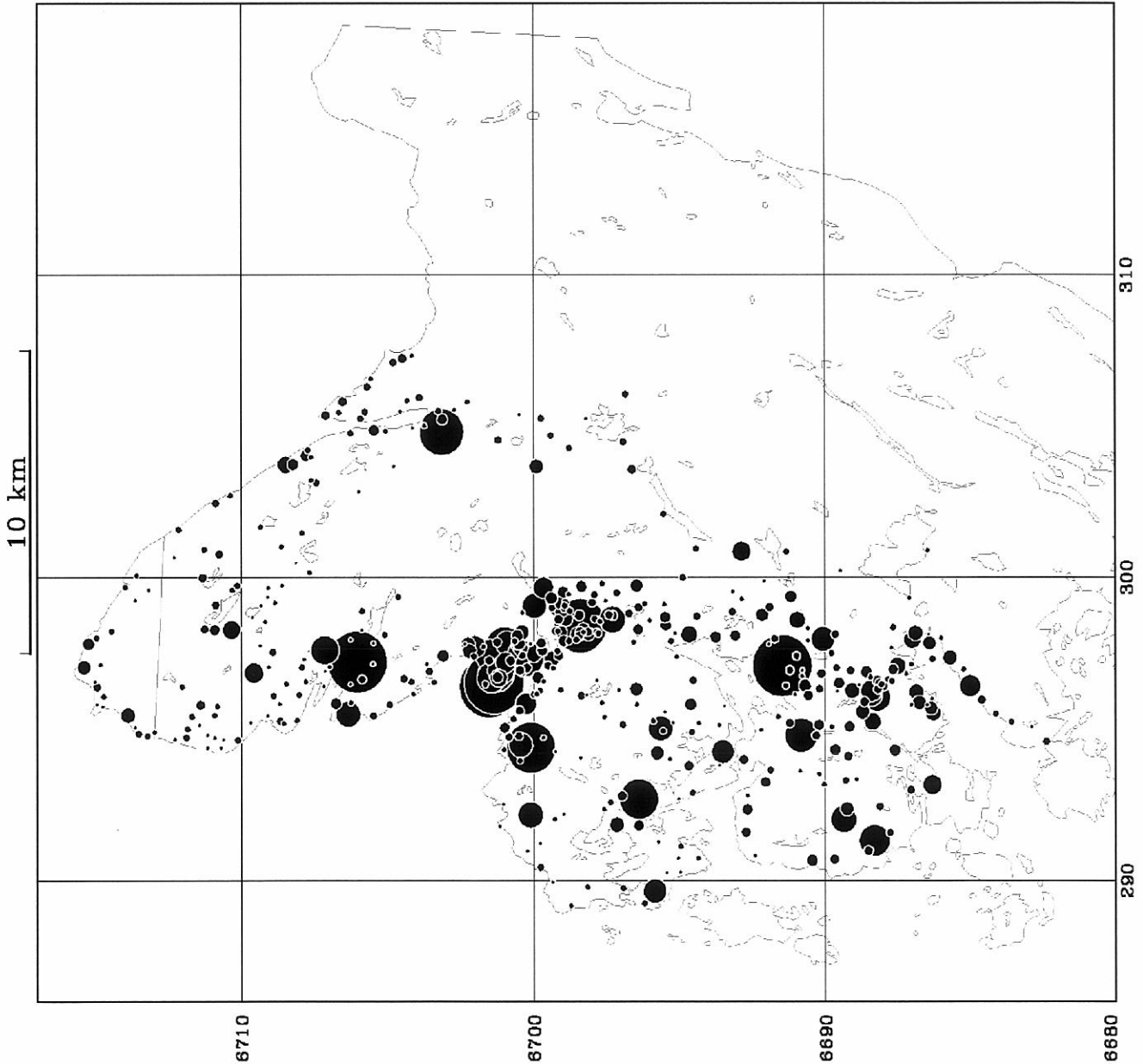
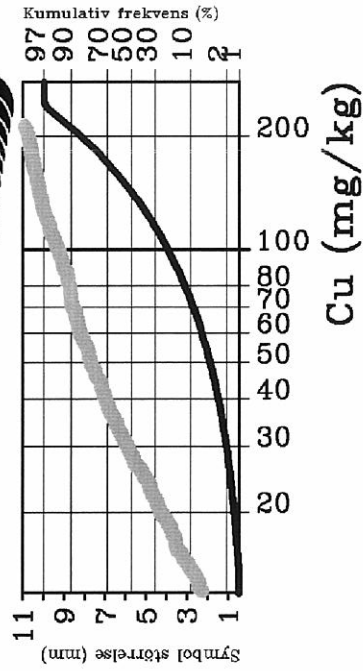
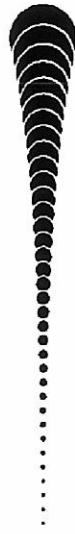
Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 CFC

Jordforurensning Bergen

Cu

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningsmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plottning: Geologiska Forskningscentralen (GTK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse —
 Kumulativ frekvens



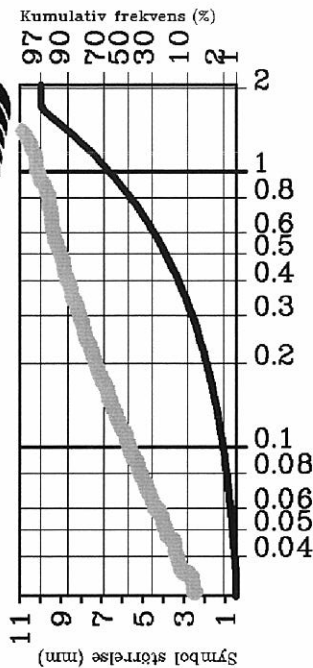
Dato for plottning av kartet: 18.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

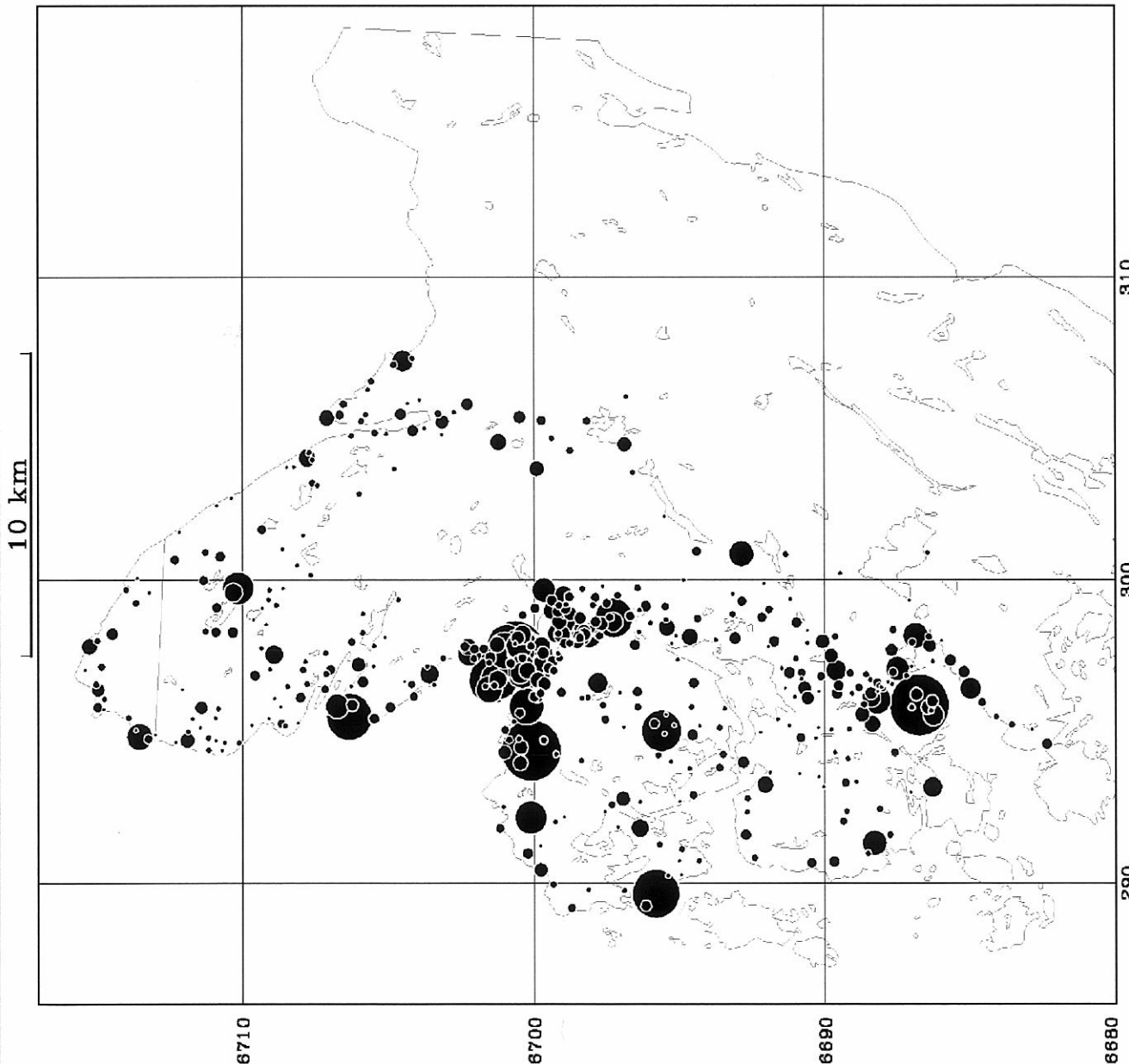
Hg

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



Hg (mg/kg)



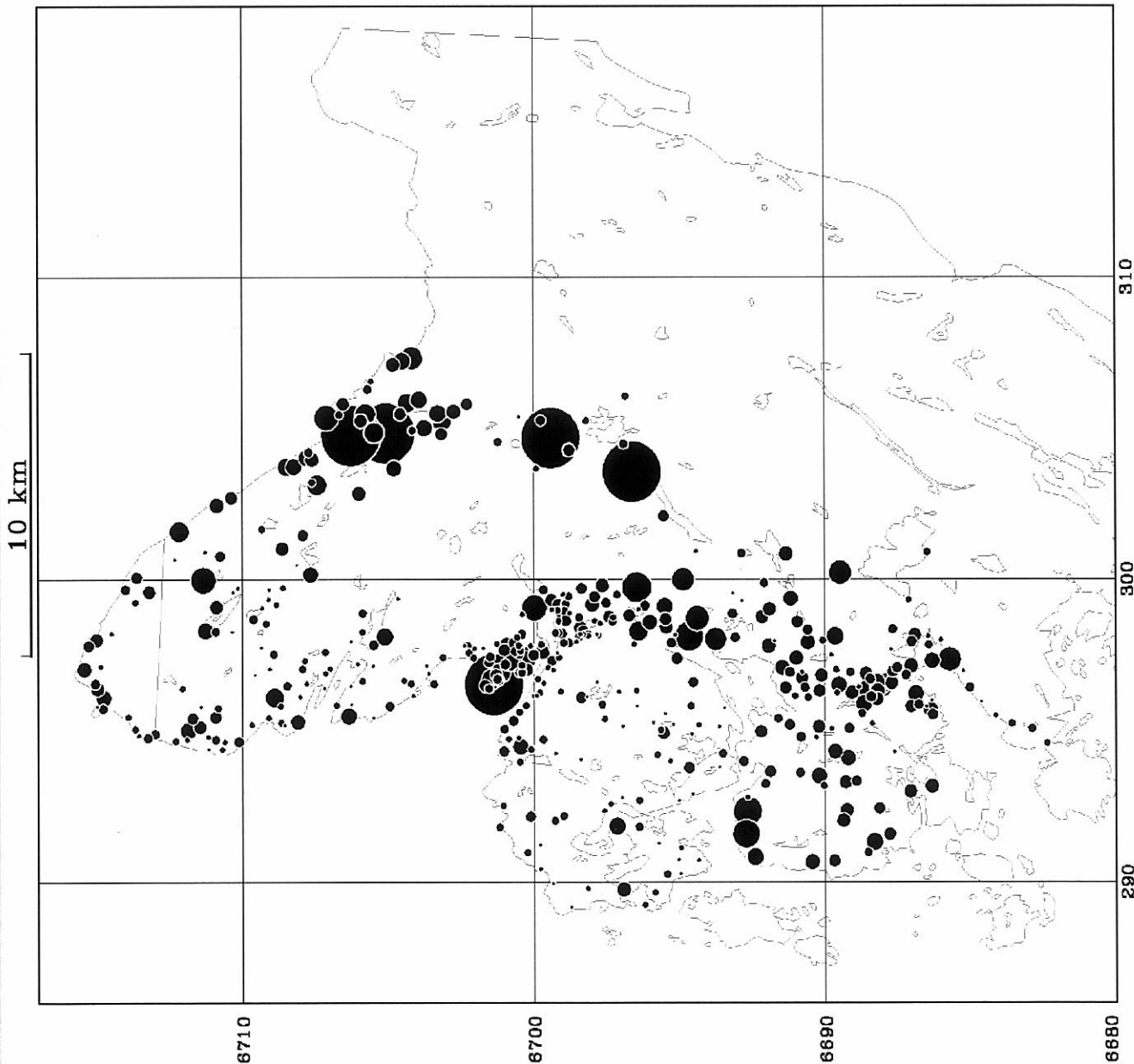
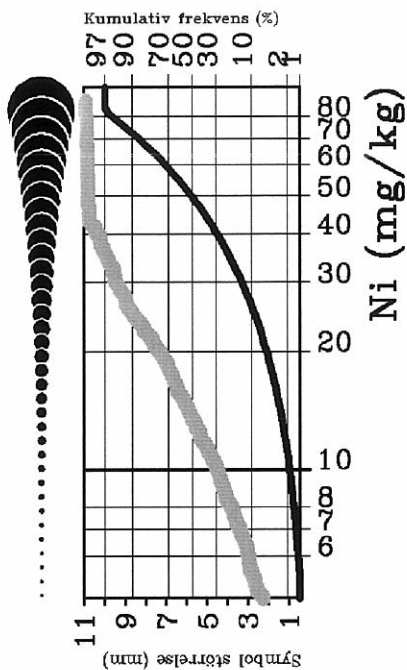
Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Ni

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



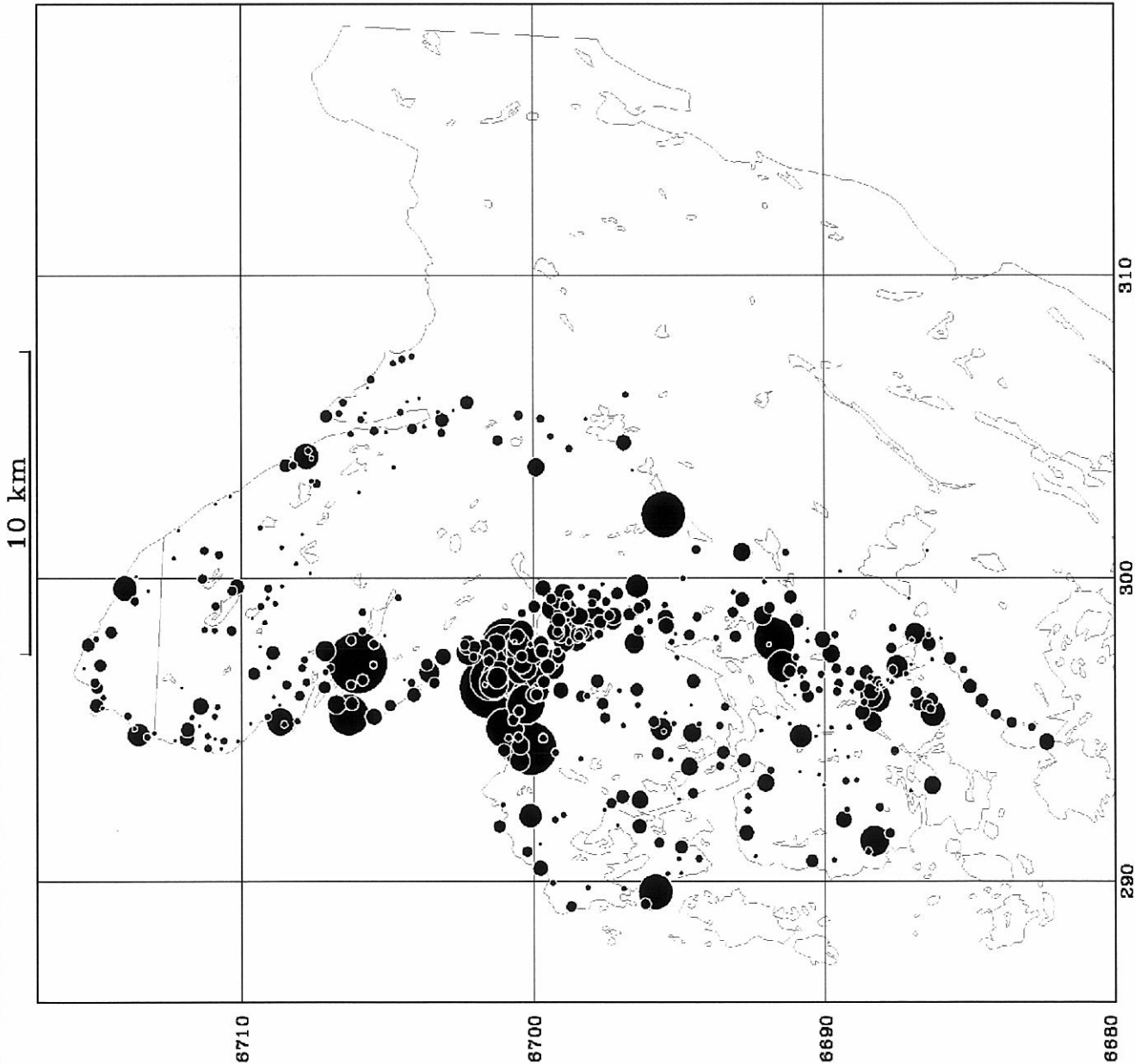
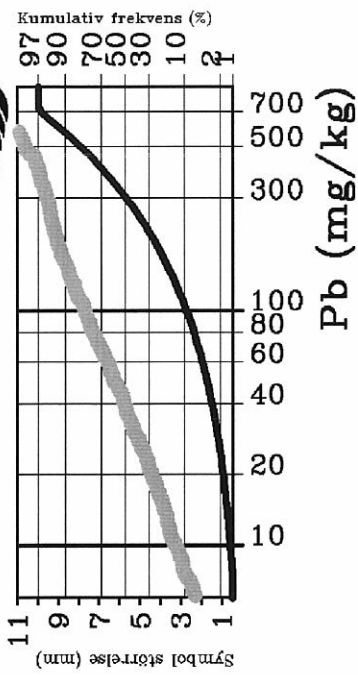
Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Pb

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GTK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



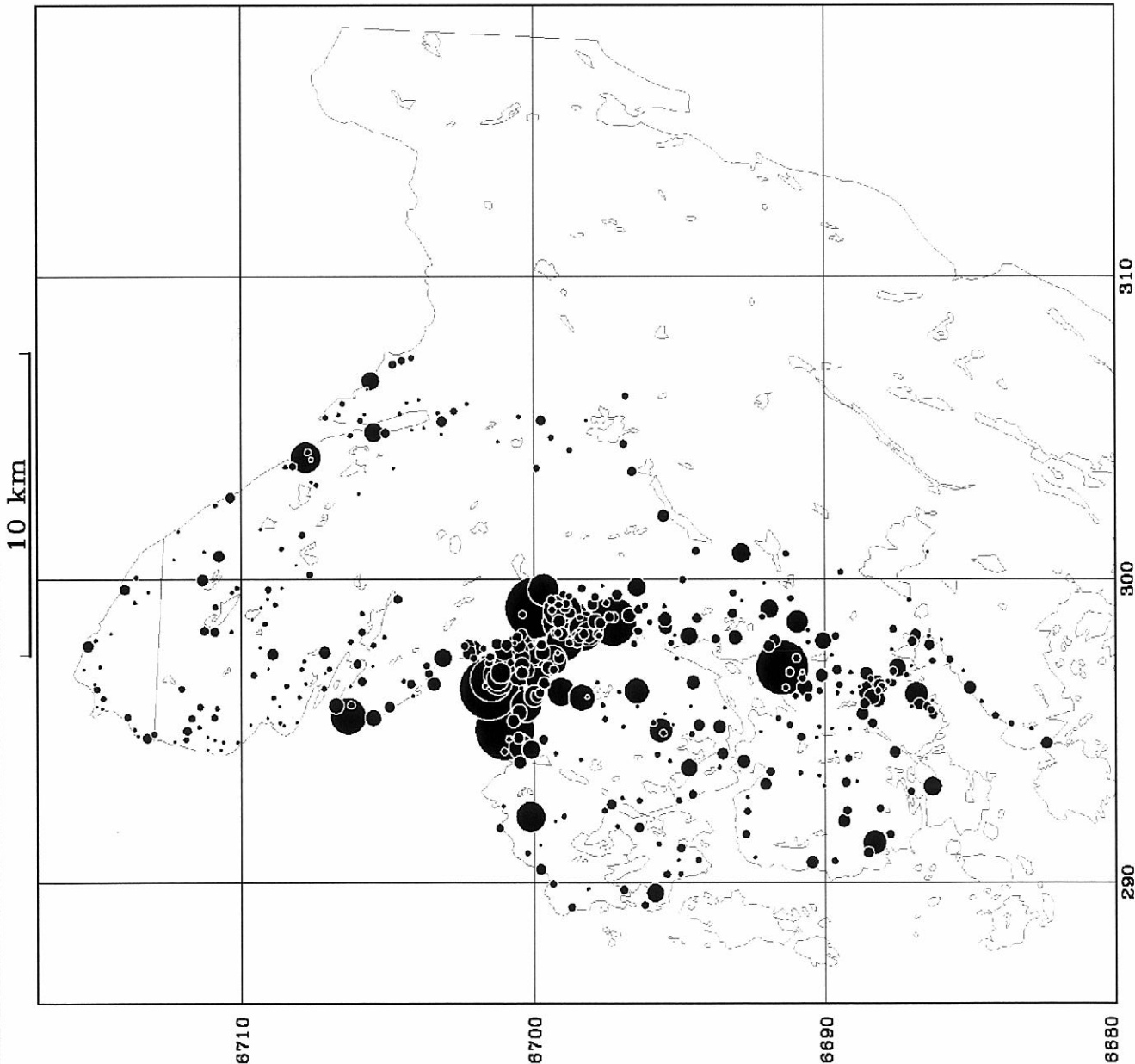
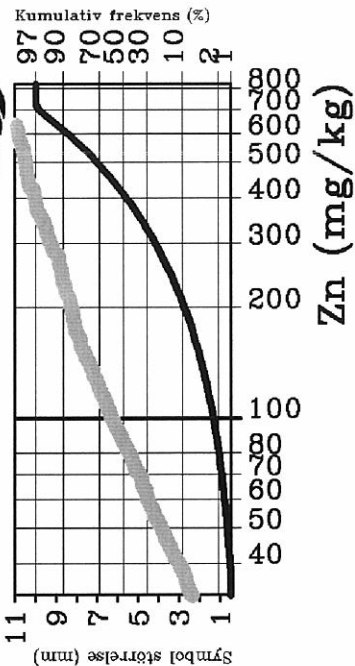
Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 GFC

Jordforurensning Bergen

Zn

Prøvemateriale: overflatejord
 Oppslutningmetode: Salpetersyre
 Analyse: Norges geologiske undersøkelse
 Plotting: Geologiska Forskningscentralen (GFK)
 Antall prøver: 435

Symbol størrelse
 Kumulativ frekvens



Dato for plotting av kartet: 18.02.1999 GFC