

Miljøprojekt Nr. 912 2004
Teknologiudviklingsprogrammet for
jord- og grundvandsforurening.

Diffus jordforurening og kulturlag

Delrapport 2

Jacqueline Anne Falkenberg, Anne Dahl Thomsen, Bjarne
Persson og Tina Soewarta Schmidt
NIRAS

Jens Strodl Andersen
JSA-EnviroStat

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	11
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	13
SUMMARY AND CONCLUSIONS	17
1 INDLEDNING OG FORMÅL	21
1.1 BAGGRUND	21
1.2 FORMÅL VED FASE II	24
1.3 LÆSEVEJLEDNING	25
2 UNDERSØGELSESTRATEGI OG METODE FOR BIDRAGSMODEL	26
2.1 SYSTEMATISKE TRIN VED OPBYGNING AF STRATEGIEN	26
2.2 HISTORISK REDEGØRELSE	26
2.3 FORURENINGSMODEL	28
<i>Baggrunds niveauer</i>	28
2.4 AFGRÆNSNING AF TESTAREALER	29
2.5 OPSTILLING AF HYPOTESER	32
2.6 VALG AF ANALYSEPARAMETRE OG MÅLETEKNIKKER.	33
<i>Tungmetaller</i>	33
<i>PAH</i>	34
<i>Olie</i>	35
<i>PCB og Phthalater</i>	35
<i>Dioxiner</i>	35
<i>Pesticider</i>	35
2.7 DESIGN AF FØRSØGSPLAN	36
<i>Vurdering af forureningsniveau og ensartethed</i>	36
<i>Vurdering af dybdemæssige forhold</i>	37
<i>Vurdering af prøvetagningstæthed og fordel/hulempen med blandingsprøver</i>	37
<i>Vurdering af indikatorparametre og forurenings sammensætning</i>	37
2.8 PRØVETAGNINGSPLAN	38
<i>Besigtigelse</i>	38
<i>Antal af prøvetagningspunkter</i>	38
2.9 PRØVETAGNINGSSARBEJDE	39
2.10 ANALYSEARBEJDE	41
<i>PID, pH, tørstofindhold og organisk indhold</i>	41
<i>Tungmetaller</i>	41
<i>PAH</i>	41
<i>Olie</i>	42
<i>Phthalater, PCB, dioxin og pesticider</i>	42
<i>Kvalitetsmålinger</i>	42
2.11 DATABEHANDLING: DESKRIPTIV STATISTIK	42
<i>Fraktiler</i>	42
<i>Data under detektionsgrænser</i>	43
<i>Gennemsnit</i>	44
<i>Datafordeling og betydning ved databehandling</i>	44
<i>Korrelation imellem parametre</i>	46
<i>Sammenligning af datasæt</i>	47

2.12	DATABEHANDLING: GEOSTATISTIK	47
	<i>Kontrol af forudsætninger og fortolkninger</i>	49
	<i>Geostatistisk flowdiagram</i>	51
3	TESTAREAL A - NYBODER	55
3.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	55
3.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	55
3.3	DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH	56
	<i>Datafordelinger</i>	58
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	59
	<i>Arsen</i>	59
	<i>Bly</i>	59
	<i>Cadmium</i>	60
	<i>Chrom</i>	60
	<i>Kobber</i>	60
	<i>Kviksølv</i>	61
	<i>Nikkel</i>	61
	<i>Zink</i>	61
	<i>Totalkulbrinter</i>	62
	<i>PAH</i>	62
	<i>Andre bemærkninger</i>	63
3.4	DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE	63
	<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	64
3.5	GEOSTATISTISK VURDERING	65
	<i>Datahåndtering</i>	65
	<i>Spatiel analyse af varians</i>	67
	<i>Opdeling og afgrænsning af delområder</i>	70
	<i>Den nordlige del af testareal A</i>	71
	<i>Den sydlige del af testareal A</i>	73
3.6	KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	74
4	TESTAREAL B - KARTOFFELRÆKKERNE	75
4.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	75
4.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	76
4.3	DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH	76
	<i>Datafordelingen</i>	78
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	79
	<i>Arsen</i>	79
	<i>Bly</i>	79
	<i>Cadmium</i>	80
	<i>Chrom</i>	80
	<i>Kobber</i>	80
	<i>Kviksølv</i>	81
	<i>Nikkel</i>	82
	<i>Zink</i>	82
	<i>Totalkulbrinter</i>	83
	<i>PAH</i>	83
4.4	DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE	84
	<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	85
4.5	GEOSTATISTISK VURDERING	86
	<i>Tungmetaller</i>	86
	<i>PAH</i>	91
4.6	KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	94
5	TESTAREAL C - GULDBERGS PLADS	95
5.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	95

5.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	96
5.3	DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH	96
	<i>Datafordelingen</i>	98
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	99
	<i>Arsen</i>	99
	<i>Bly</i>	99
	<i>Cadmium</i>	100
	<i>Chrom</i>	100
	<i>Kobber</i>	100
	<i>Kviksølv</i>	101
	<i>Nikkel</i>	101
	<i>Zink</i>	101
	<i>Totalkulbrinter</i>	101
	<i>PAH</i>	102
5.4	DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE	102
	<i>PAH-sammensætning</i>	103
5.5	GEOSTATISTISK VURDERING	104
6	TESTAREAL D – BANEFLØJEN	105
6.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	105
6.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	105
6.3	DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH	106
	<i>Datafordelingen</i>	108
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	109
	<i>Arsen</i>	109
	<i>Bly</i>	109
	<i>Cadmium</i>	110
	<i>Chrom</i>	110
	<i>Kobber</i>	110
	<i>Kviksølv</i>	111
	<i>Nikkel</i>	111
	<i>Zink</i>	111
	<i>Totalkulbrinter</i>	112
	<i>PAH</i>	112
	<i>Andre bemærkninger</i>	113
6.4	DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE	113
	<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	114
6.5	GEOSTATISTISK VURDERING	115
	<i>Bly</i>	115
	<i>PAH</i>	120
6.6	KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	124
7	TESTAREAL E -TINGBJERG	126
7.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	126
7.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	127
7.3	DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH	127
	<i>Datafordelingen</i>	129
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	130
	<i>Arsen</i>	130
	<i>Bly</i>	130
	<i>Cadmium</i>	131
	<i>Chrom</i>	131
	<i>Kobber</i>	131
	<i>Kviksølv</i>	132
	<i>Nikkel</i>	132
	<i>Zink</i>	132

	<i>Totalkulbrinter</i>	132
	<i>PAH</i>	132
7.4	DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE	133
	<i>PAH-sammensætning</i>	134
7.5	GEOSTATISTISK VURDERING	134
	<i>Bly</i>	134
	<i>PAH</i>	136
7.6	KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	138
8	TESTAREAL R (REFERENCE) - ØSTRE ANLÆG	139
8.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	139
8.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	139
8.3	DESKRIPTIV STATISTIK	140
	<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	143
9	TESTAREAL F - SCT. KNUDSGADE	145
9.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	145
9.2	PRØVETAGNING OG RESULTATER	145
9.3	DESKRIPTIV STATISTIK	146
	<i>Datafordelingen</i>	148
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	149
	<i>Arsen</i>	149
	<i>Bly</i>	149
	<i>Cadmium</i>	150
	<i>Chrom</i>	151
	<i>Kobber</i>	151
	<i>Kviksølv</i>	151
	<i>Nikkel</i>	152
	<i>Zink</i>	152
	<i>Totalkulbrinter</i>	152
	<i>PAH</i>	153
	<i>Andre bemærkninger</i>	153
9.4	DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE	153
	<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	154
9.5	GEOSTATISTISK VURDERING	155
9.6	KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	160
10	TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ M.FL.	161
10.1	HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	161
10.2	PRØVETAGNING OG RESULTATERNE	161
10.3	DESKRIPTIV STATISTIK	162
	<i>Datafordelingen</i>	164
	<i>Korrelation imellem parametre</i>	165
	<i>Arsen</i>	165
	<i>Bly</i>	165
	<i>Cadmium</i>	166
	<i>Chrom</i>	167
	<i>Kobber</i>	167
	<i>Kviksølv</i>	167
	<i>Nikkel</i>	168
	<i>Zink</i>	168
	<i>Totalkulbrinter</i>	168
	<i>PAH</i>	169
	<i>Andre bemærkninger</i>	169
	<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	170
10.4	GEOSTATISTISK VURDERING	171

10.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	177
11 TESTAREAL H – SORØVEJ M.FL.	178
11.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	178
11.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER	178
11.3 DESKRIPTIV STATISTIK	179
<i>Datafordelingen</i>	181
<i>Korrelation imellem parametre</i>	182
<i>Arsen</i>	182
<i>Bly</i>	182
<i>Cadmium</i>	183
<i>Chrom</i>	184
<i>Kobber</i>	184
<i>Kviksølv</i>	184
<i>Nikkel</i>	184
<i>Zink</i>	185
<i>Totalkulbrinter</i>	185
<i>PAH</i>	185
<i>Andre bemærkninger</i>	186
<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	187
11.4 GEOSTATISTISK VURDERING	188
<i>Tungmetaller</i>	188
<i>PAH</i>	196
11.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	199
12 TESTAREAL I- SØNDERVANG	201
12.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	201
12.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER	201
12.3 DESKRIPTIV STATISTIK	202
<i>Datafordelingen</i>	204
<i>Korrelation imellem parametre</i>	205
<i>Arsen</i>	205
<i>Bly</i>	205
<i>Cadmium</i>	206
<i>Chrom</i>	207
<i>Kobber</i>	207
<i>Kviksølv</i>	207
<i>Nikkel</i>	208
<i>Zink</i>	208
<i>Totalkulbrinter</i>	208
<i>PAH</i>	208
<i>Andre bemærkninger</i>	209
<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	210
12.4 GEOSTATISTISK VURDERING	210
<i>Bly</i>	210
<i>BaP</i>	211
12.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	214
13 TESTAREAL J – BJERGBAKKEN	216
13.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING	216
13.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER	216
13.3 DESKRIPTIV STATISTIK	217
<i>Datafordelingen</i>	219
<i>Korrelation imellem parametre</i>	220
<i>Arsen</i>	220
<i>Bly</i>	220

<i>Cadmium</i>	221
<i>Chrom</i>	221
<i>Kobber</i>	221
<i>Kviksølv</i>	222
<i>Nikkel</i>	222
<i>Zink</i>	222
<i>Totalkulbrinter</i>	223
<i>PAH</i>	223
<i>PAH- og dioxinsammensætning</i>	224
13.4 GEOSTATISTISK VURDERING	225
<i>Bly</i>	225
13.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING	229
14 TIDLIGERE UNDERSØGELSER	231
14.1 ØSTERBRO	231
<i>Deskriptiv statistik for tungmetaller og PAH</i>	231
<i>Datafordelingen</i>	232
<i>Korrelation imellem parametre</i>	233
<i>Bly</i>	233
<i>Cadmium</i>	234
<i>Kobber</i>	234
<i>Kviksølv</i>	235
<i>Zink</i>	235
<i>PAH</i>	236
<i>Andre bemærkninger</i>	236
<i>Geostatistik</i>	236
14.2 BRØNSHØJ	237
<i>Deskriptiv statistik for tungmetaller og PAH</i>	237
<i>Datafordelingen</i>	238
<i>Korrelation imellem parametre</i>	239
<i>Bly</i>	239
<i>Cadmium</i>	240
<i>Kobber</i>	240
<i>Kviksølv</i>	241
<i>Zink</i>	241
<i>PAH</i>	241
<i>Andre bemærkninger</i>	242
14.3 GRØNDAL	242
<i>Deskriptiv statistik for bly og PAH</i>	242
15 DIFFUS JORDFORURENING PÅ TVÆRS	244
15.1 KARAKTERISERING AF DIFFUS JORDFORURENING: TUNGMETALLER	244
<i>Tidligere undersøgelser af baggrunds niveauer</i>	244
<i>Arsen</i>	245
<i>Bly</i>	245
<i>Cadmium</i>	247
<i>Chrom</i>	248
<i>Kobber</i>	249
<i>Kviksølv</i>	250
<i>Nikkel</i>	251
<i>Zink</i>	251
15.2 KARAKTERISERING AF DIFFUS JORDFORURENING: OLIE OG PAH	252
<i>Tidligere undersøgelser af baggrunds niveauer</i>	252
<i>Olie</i>	252
<i>PAH</i>	253
15.3 PAH-SAMMENSETNING	256

15.4	KARAKTERISERING AF DIFFUS JORDFORURENING: ØVRIGE	
	ORGANISKE PARAMETRE	260
	<i>Tidligere undersøgelser af baggrunds niveauer</i>	260
	<i>PCB</i>	261
	<i>Phthalater</i>	261
	<i>Dioxiner</i>	261
	<i>Pesticider</i>	263
15.5	KORRELATION IMELLEM PARAMETRE	263
	<i>Cadmium og pH</i>	263
	<i>Cadmium og zink</i>	264
	<i>Bly og zink</i>	265
	<i>Bly og kobber</i>	265
	<i>Bly, zink og BaP</i>	266
	<i>PAH, BaP og DiBaH</i>	267
15.6	VARIATIONSMØNSTER – “NUGGET”	268
16	ERFARINGER VED AFPRØVNING AF STRATEGIEN	271
16.1	FORURENINGSMODEL	271
16.2	ANALYSEPARAMETRE	272
	<i>Tungmetaller, olie og PAH</i>	272
	<i>PCB</i>	273
	<i>Phthalater</i>	273
	<i>Dioxin</i>	273
	<i>Pesticider</i>	273
	<i>Konklusion vedrørende standardanalyseparametre</i>	273
16.3	MÅLETEKNIKKER	274
	<i>Vurdering af feltmålinger med EDXRF</i>	274
	<i>Konklusion vedrørende anvendelse af feltteknikker</i>	278
16.4	DESIGN AF FORSØGSPLAN	279
	<i>Prøvetagningstæthed og arealstørrelse</i>	279
	<i>Enkeltprøver eller blandeprøver</i>	281
	<i>Konklusion vedrørende anvendelse af blandeprøver</i>	285
16.5	PRØVETAGNING I PRAKSIS	286
16.6	DATABEHANDLING OG -PRÆSENTATION	286
	<i>Deskriptiv statistik</i>	286
	<i>Geostatistik</i>	287
16.7	BEREGNING AF SANDSYNLIGHED VED KORTLÆGNING	288
16.8	COST-BENEFIT ANALYSE	289
17	HYPOTESER	291
17.1	HYPOTESER	291
18	ORDFORKLARING	294
19	REFERENCER	297

Bilag A Deskriptiv statistisk analyse af koncentrationen af bly, kobber, zink samt PAH i jordprøver udtaget fra testareal A - Nyboder.

Bilag B Teori ved geostatistik

Bilag C Databehandling for Østerbro

Forord

Nærværende udredningsprojekt om kortlægning af diffus jordforurening i byområder er iværksat af Københavns Kommunes Miljøkontrollen under Miljøstyrelsens teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening. Projektet har det overordnede formål, at udarbejde metoder til optimering og forenkling af myndighedernes faglige arbejde ved kortlægning af diffus jordforurening i byområder på Vidensniveau 2.

Amterne nedprioriterer i dag kortlægningen af diffust forurenede områder, indtil man er færdig med de mere forurenede punktkilder. Depotrådet er enig i denne praksis. Projektet kan medvirke til udvikling af en ny og mere enkel fremgangsmåde for amternes kortlægning af de diffust forurenede områder. I første omgang vil projektet indgå som baggrundsmateriale for den arbejdsgruppe, som nedsættes ifølge aftale mellem regeringen og Amtsrådsforeningen, og som i 2004 skal undersøge mulighederne for at klargøre og forenkle reglerne vedrørende jordforurening. Gruppen vil beskæftige sig med jordforureningslovens bestemmelser om kortlægning og jordflytning. I arbejdsgruppen deltager Miljøministeriet, Justitsministeriet, Finansministeriet og de kommunale parter.

Projektet er opdelt i 2 faser, hvor Fase I er afsluttet og omfatter indsamling af erfaringer og viden om forureningskilder samt forslag til teknikker og metoder til undersøgelse af diffust forurenede jord. Fase II omfatter en fysisk afprøvning af disse og på baggrund heraf er der udarbejdet konkrete anvisninger for strategier ved undersøgelse af diffus jordforurening i byområder.

I Fase II er udarbejdet følgende fire delrapporter:

- Delrapport 1: Strategier for kortlægning af diffus jordforurening i byområder
- Delrapport 2: Datarapport: Diffus jordforurening og kulturlag
- Delrapport 3: Datarapport: Diffus jordforurening og trafik
- Delrapport 4: Datarapport: Diffus jordforurening og industri

Nærværende rapport er delrapport 2 og omfatter en datarapport om den fysiske afprøvning af undersøgelsesstrategier af diffus jordforurening i kulturlag i byernes boligområder.

Projektet er udført af NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S i samarbejde med styregruppen. Følgende personer har deltaget i styregruppen:

- Mariam Wahid, Københavns Kommune, Miljøkontrollen (formand)
- Ulla Højsholt, Miljøstyrelsen
- Arne Rokkjær, Amternes Videncenter for Jordforurening
- Pernille Milton Smith, Københavns Amt
- Poul Aaboe Rasmussen, Frederiksborg Amt
- Martin Stærmose, Vestsjællands Amt

Sammenfatning og konklusioner

Nærværende rapport omhandler en beskrivelse af den fysiske afprøvning af en undersøgelsesstrategi for kortlægning af diffus jordforurening i kulturlag på testarealer i København og Ringsted. Datarapporten er én af 7 rapporter, udarbejdet i forbindelse med et projekt iværksat af Københavns Kommune, Miljøkontrollen, under Miljøstyrelsens teknologiprogram. Projektets overordnede formål er, at udarbejde metoder til optimering og forenkling af myndighedernes faglige arbejde ved kortlægning af diffus jordforurening på Vidensniveau 2.

Undersøgelse af kulturlag (bidragsmodel)

Undersøgelsesstrategien for kulturlag er afprøvet i 10 forskellige boligområder i København og Ringsted samt på et referenceområde (rekreativt område) i Københavns bykerne. Der er ikke udtaget prøver fra områder, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkildeforureninger, opfyldte arealer eller lossepladser.

Med kulturlag menes jordbund, der igennem århundreder har været påvirket af menneskelige aktiviteter, i form af mange små tilfældige bidrag af forurenende stoffer. Den diffuse jordforurening forventes at udgøre en varierende og tilfældig belastning af topjorden, samt at aftage med dybden.

Formålet med afprøvningen er blandt andet at undersøge jordens forureningsniveauer i boligområder med forskellig alder, og at forbedre grundlaget for en karakterisering af diffus jordforurening i byområder.

Karakteristika for diffus jordforurening

Den konceptuelle model

Generelt kan det konkluderes, at forureningsmønstret på de 10 testarealer er godt beskrevet ved hjælp af bidragsmodellen.

Typisk er der observeret et tilfældigt mønster i områder med høj udnyttelsesgrad, en lang historik og evt. skiftende arealanvendelser, herunder til boligformål. I denne type områder ses ofte mindre delområder med lavere eller højere niveauer. Disse antages at repræsentere punktfureninger eller områder, hvor jorden er fjernet i forbindelse med renovering eller jordudskiftning.

Tungmetaller, olie og PAH

Jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly og sum af polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH), herunder benzo(a)pyren (BaP), overskrides hyppigt i det øverste jordlag (0 - 0,3 m u. t.). I de ældste byområder ses også overskridelse af afskæringskriterierne (ASK) for bly og BaP. Forureningsmønstret er for bly og BaP forskelligt, dvs. at forureningen formentlig stammer fra forskellige kilder. På nogle af testarealerne ses også mindre overskridelser af JKK for totalkulbrinter (olie), cadmium, kviksølv og dibenz(a,h)anthracen (DiBaH). Forhøjede indhold i forhold til "baggrunds niveauet for landområder" er fundet for kobber og zink. Generelt ses der ikke forhøjede indhold af arsen, nikkel og chrom.

PCB

Generelt er der ikke påvist indhold af polychlorede biphenyler (PCB) i jordprøver fra boligområder (intet påvist i 90% af prøver). Der er intet dansk jordkvalitetskriterium (JKK) for PCB, men kriteriet i Holland er 20 µg/kg TS for 7 PCB congener.

Phthalater

Der er målt lavt indhold af phthalater, men der er ingen overskridelse af det danske JKK på 250 mg/kg TS (der er intet påvist i 30% af prøverne og kun én prøve har et indhold på mere end 1/250 af JKK).

Dioxiner

Der er i alle jordprøver fundet et lavt indhold af dioxiner (1 - 20 ng internationale toksicitetsækvivalenter (ITE)/kg TS). Der er intet dansk jordkvalitetskriterium (JKK) for dioxin, hvorfor den sundhedsmæssige betydning ikke umiddelbart kan vurderes. Til orientering kan det nævnes, at baggrundsniveauet i landbrugs- og byområder i Tyskland er henholdsvis 1- 5 ng ITE/kg TS og 10 – 30 ng ITE/kg TS.

Pesticider

Pesticidindholdet (kun pesticider med lange nedbrydningstider) er analyseret i 10 jordprøver, men kun lavt indhold af DDT og parathion er fundet i 4 af de 10 prøver. JKK på henholdsvis 0,5 og 0,1 mg/kg TS er ikke overskredet.

Boligalder

Til illustration af boligalderens betydning er medianværdierne for forureningsparametre fra de 10 testområder samt fra tidligere undersøgelser sammenlignet.

Forureningsniveauerne for bly, kobber, kviksølv, zink og PAH, herunder BaP, er signifikant højere for arealer med høj alder og dermed med en større udnyttelsesgrad.

Forskel mellem København og Ringsted

Forurening med tungmetallerne (bly, kobber, kviksølv og zink) er generelt væsentlig lavere i Ringsted end i København. Der ses kun få overskridelser af JKK for bly i boligområder etableret efter 1940 i Ringsted. I de ældste boligområder i København etableret før 1900 ses også overskridelser af afskæringskriterierne (ASK) for medianværdien for bly. Dette er ikke tilfældet for Ringsted.

BaP-niveauerne er derimod høje og sammenlignelige i de ældste boligområder i såvel København som Ringsted. Tilmed ses i de ældste boligområder i København og Ringsted, etableret før 1920, ofte overskridelser af afskæringskriterierne (ASK) for medianværdier for BaP. JKK for BaP er overskredet i alle boligområder i København, men der ses ingen overskridelser i Ringsted i boligområder etableret efter 1950.

Forureningsdybde i jordprofilen

I København findes det blyforurenede kulturlag til mindst 1 m's dybde i de ældste boligområder (før 1915), men det er typisk mindre i de nyere boligområder (efter 1915). I Ringsted findes det blyforurenede kulturlag til mindst 50 cm's dybde alene i de ældre områder (før 1920).

I København og Ringsted findes det BaP-forurenede kulturlag til mindst 0,5 -1 m's dybde i de ældre boligområder (før 1950), men det er typiske mindre i de nyere boligområder (efter 1950).

Erfaringer vedrørende undersøgelsesstrategi

Prøvetagningstæthed og arealstørrelse

Databehandlingen har indikeret, at der skal være et vist minimum af punkter i et område med et sammenhængende forureningsmønster, før der kan foretages en geostatistisk databehandling.

Baseret på erfaringer fra undersøgelsen kan det bemærkes, at "range" for den geostatistiske analyse i byområder typisk har en størrelsesorden på 200 til 400 m. Det er antallet af datapar, der er afgørende for databehandlingen, og ikke nødvendigvis størrelsen af området – dog skal undersøgelsesområdet have en vis størrelse, svarende til mindst 0,2 km². Der er behov for flere datapunkter, hvis der er et højt "støjniveau", dvs. at variansen ("nugget") inden for små afstande er højt. Udover et tilstrækkeligt antal punkter, skal arealet være stort nok til at randeffekter undgås. Datatætheden skal endvidere være tilstrækkelig i forhold til afstanden ("range") mellem de korrelerede datapar. Der bør udtages jordprøver fra mindst 40 prøvepunkter fra et areal på 0,2 km² svarende til en prøvetagningstæthed på 200 prøvetagningspunkter/ km².

Anvendelse af blandeprøver

Ved en geostatistisk forsøgsplan anbefales der ikke blandeprøver, idet databehandlingen er baseret på målinger af variansen for prøver, som er udtaget tæt på hinanden. Det vurderes, at fordelene ved at blande prøver fra hvert enkelt prøvetagningspunkt (som reducerer variansen i målepunktet) ikke står mål med arbejdsindsatsen og risikoen for en mangelfuld blanding af prøverne.

Anvendelse af feltteknikker

Det vurderes at være mest fordelagtigt at anvende laboratorieanalyser, såsom ICP eller AAS, i stedet for feltteknikken med røntgenfluorescens (EDXRF). Anvendelse af ICP eller AAS medfører lavere detektionsgrænser og sikrer sammenligneligheden med andre undersøgelser (bias undgås). Desuden kan der tilsyneladende også opnås en lavere analyseusikkerhed, idet det vurderes, at EDXRF er meget følsom over for forurenings mikroheterogenitet i jordmediet.

Analyseparametre

Forureningskomponenter af betydning ved diffus jordforurening i byområder er bly og benzo(a)pyren (BaP). Supplerende analyser for andre tungmetaller (cadmium, kobber, zink) og sum af PAH vil medvirke til en bedre beskrivelse og bekræftelse af det ensartede og forventelige forureningsniveau på arealet.

Databehandling

Som en del af projektet er der afprøvet forskellige former for datapræsentationer med henblik på dels at skabe et visuelt indtryk af forureningsniveauer og dels at sammenligne data fra forskellige områder. Såfremt der er flere end 7 værdier anbefales det, at følgende værdier for alle parametre i alle dybder beregnes og angives:

- antal data
- minimum, median, maksimum
- fraktiler (f.eks. 10, 25, 50 75 og 90%)
- gennemsnit

Geostatistikken er anvendt til at vurdere rumlige (spatiale) tendenser og til at estimere koncentrationsniveauer samt usikkerheder for estimatet over et testareal. Geostatistikken bygger på, at målinger på prøver, der er udtaget tæt på hinanden, er mere ens end målinger på prøver, der er udtaget med større afstand. Målingerne siges at være "korrelerede" inden for en vis afstand.

Ligeledes kan sandsynligheden for, om jorden på et givet sted i området ligger over jordkvalitetskriteriet beregnes. Endvidere kan den anvendte geostatistiske databehandling anvendes til en vurdering af sandsynlighed for overskridelse af en vilkårlig koncentrationsgrænse, f.eks. et afskæringskriterium (ASK) eller en anden grænseværdi.

Det er dog ikke alle områder, der er egnet til en geostatistisk analyse. Områder uden en fælles forureningshistorik dvs. forskellige forureningskilder og stor heterogenitet kræver en større detaljeringsgrad, eventuel helt ned på ejendoms niveau.

Den generelle erfaring fra afprøvning af geostatistik på de 10 boligarealer er opsummeret i et flowdiagram som viser de forskellige trin i databehandling.

Summary and Conclusions

This data report presents the physical trials of an investigation strategy to map diffuse soil pollution in urban areas (historic fill) at test sites in Copenhagen and Ringsted. The data report is one of seven reports prepared in connection with a project initiated and supervised by the Agency of Environmental Protection in the City of Copenhagen under the Danish EPA Technology Program. The overall objective is to prepare methods to optimize and simplify technical investigations by the environmental authorities in connection with mapping of diffuse soil pollution at the legislative Knowledge Level 2.

Investigation of historic fill (contribution model)

The investigation strategy for historic fill in urban areas is tested on 10 different housing areas in Copenhagen and in Ringsted, a provincial town. Samples are also taken from a reference area (recreational area) in the old town in Copenhagen. No samples are taken in areas where there is information or suspicion about point sources, filled areas or waste landfills.

The term historic fill is used to describe the soil that has been affected by anthropogenic activities, whereby small random contributions of pollutants and materials are spread to the historic fill over decades or centuries. The diffuse soil pollution is expected to constitute a variable and random load in the top soil that is assumed to decrease with depth.

The aim of the project is to investigate the soil contaminant levels in housing areas of different age as well as to improve the basis for characterisation of diffuse soil pollution in urban areas.

Characterisation of diffuse soil pollution

The conceptual model

Generally, it is concluded that the pollution patterns in the 10 test areas are well described by a contribution model,

Typically, a random contaminant pattern is seen in areas with a long history of development and with many changes of land use including housing. In this type of area, many smaller areas with low or high contaminant levels are seen. These areas are assumed to represent point sources of pollution or areas where the soil has been excavated.

Heavy metals, oil and PAH

Soil quality criteria (JKK) for lead and sum of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) including benzo(a)pyrene (BaP) are exceeded in the top soil layer (0 - 0.3 m) In old city areas, soil intervention levels are exceeded for lead and BaP. The contaminant patterns for lead and BaP differ, and most probably the pollution originates from different sources. On some test areas, the concentration levels for total hydrocarbons (oil), cadmium, mercury and dibenz(ah)anthracen (DiBahA) exceed the JKK criteria. In urban areas, elevated concentrations of copper and zinc are noted in comparison with background levels in rural areas.

Generally, the concentration levels of arsenic, nickel and chromium are not elevated.

PCB

Polychlorinated biphenyls (PCB) are generally not found in soil samples from areas with urban housing (PCB is not detected in 90% of the samples). There is no Danish soil criterion for PCB, but the criterion in the Netherlands is 20 µg/kg DW for seven PCB congeners.

Phthalates

Low contents of phthalates are measured, but levels are greatly below the Danish soil quality criterion (JKK) of 250 mg/kg DW (phthalates are not detected in 30% of the samples, and only one sample had a content of more than 1/250 of JKK).

Dioxins

All the analysed soil samples had a low content of dioxins (1 - 20 ng international toxic equivalents (ITE)/kg DW). There is no Danish soil criterion, and therefore the toxicological aspects cannot be assessed. However, in Germany, the background levels in rural and urban areas are 1 - 5 ng ITE/kg DW and 10 - 30 ng ITE/kg DW respectively.

Pesticides

The pesticide content (only persistent pesticides) was analysed in 10 soil samples, but only low levels of DDT and parathion were found in four of the 10 samples. Soil quality criteria JKK (0.5 and 0.1 mg/kg DW respectively) are not exceeded.

Housing age

To illustrate the effect of housing age, the median values for all pollutant parameters from the 10 test areas as well as from former investigations are compared. It is important to note that the individual measurements are below or above the median values, and a large range of measured values was noted. The contaminant levels for lead, copper, mercury, zinc and BaP are significantly higher for areas of greater age and a long history of development.

Difference between Copenhagen and Ringsted

Contamination with heavy metals (lead, copper, mercury and zinc) are generally lower in Ringsted than in Copenhagen, and only few soil samples exceed JKK in areas where housing was established after 1940 in Ringsted. In the oldest housing areas in Copenhagen established before 1900, the median values for lead exceed soil intervention levels (ASK). This is not the case in Ringsted.

BaP levels are, however, high in the oldest housing areas in both Copenhagen and in Ringsted. Furthermore, the median value for BaP in housing areas in Copenhagen and Ringsted established before 1920 often exceed the soil intervention limits (ASK). JKK is exceeded in all housing areas in Copenhagen, but the median value is not exceeded in housing areas established after 1950 in Ringsted.

Depth in the soil profile

In Copenhagen, the lead contaminated historic fill is found to a depth of at least 1 m, except in newer housing areas (established after 1915). In Ringsted,

the lead contaminated historic fill is only found to a depth of about 50 cm in the older housing areas (established before 1920).

In Copenhagen and Ringsted, the BaP contaminated historic fill is found to a depth of at least 0.5 -1 m in the oldest housing areas (established before 1950), but is typically found to a lower depth in the newer housing areas (established after 1950).

Experience with application of the investigation strategies

Sampling and size of area

The data treatment has indicated that a certain minimum of results from individual positions within an area with a common pollution pattern is necessary if a geostatistical analysis is to be performed.

Based on experience from the investigations, the range for the geostatistical analysis in urban areas is typically of a magnitude of 200 – 400 m.

The number of data pairs and the range of variation between them is important for the data analysis, and not necessarily the size of the area – however, the area must have a size at least 0.2 km². More data are necessary if the “noise level” - the variance (nugget) between positions close to each other - is high. The area must be large enough to avoid boundary effects and the data density sufficient in relation to distance (range) between the correlated data pairs.

At least 40 sampling position from an area of 0.2 km² should be applied, corresponding to a sampling density of 200 sampling positions/ km².

Composite or single samples

For a geostatistical experimental plan, the use of composite samples is not recommended, since the data treatment requires measurements of samples taken close to each other. It is assessed that the advantages of composite samples (which reduce variation in the sample point) do not equate with the work involved and the risk of inadequate mixing.

Field measurements

It is more advantageous to use laboratory analyses such as ICP or EDXRF instead of field measurements such as x-ray fluorescence (EDXRF). Analysis by ICP or AAS gives lower detection limits and ensures comparison with other investigations (no bias). Furthermore, a better analytical accuracy can most probably be achieved, as it is assessed that EDXRF is very sensitive to micro heterogeneity of pollutants in the soil media.

Analytical parameters

The important pollutants in diffuse soil pollution in urban areas are lead and benzo(a)pyrene (BaP). Supplementary analyses for other heavy metals (cadmium, copper, and zinc) and sum of PAH will lead to a better description and documentation that the contaminant levels across an area lie within the expected range and are uniform.

Data treatment

As part of the project, various forms of data presentation have been assessed with a view to providing a visual impression of contaminant levels as well as to comparing data from different areas. If more than seven data values are to be analysed, it is recommended that the following parameters are calculated and presented:

- number of data
- minimum, median, maximum
- quantiles (e.g. 10, 25, 50 75 and 90%)
- average

Geostatistics has been used to assess the spatial tendencies and to estimate concentration levels and uncertainty for the estimate across an area.

Geostatistics is based on the assessment that measurements made close to each other are more alike than measurements made at a distance. Measurements are said to be correlated with in a certain distance.

Similarly, the probability that soil at a given position in the area exceeds the JKK can be calculated. Furthermore, the applied geostatistical data treatment can be used to assess the probability of exceeding any desired concentration limit, e.g. the soil intervention limit or another limit value.

Not all areas are suitable for a geostatistical analysis. Areas without a common historical link, i.e. different pollutants loads and large heterogeneity, require more detailed investigation, possibly at the level of the individual land plots. The general experience with the use of geostatistics in the 10 housing areas is summarised in a flow diagram showing the individual steps in the data treatment.

1 Indledning og formål

1.1 BAGGRUND

Københavns Kommunes Miljøkontrollen har under Miljøstyrelsens teknologi-program iværksat et projekt med det overordnede formål, at udarbejde metoder til optimering og forenkling af myndighedernes faglige arbejde ved den forestående kortlægning af diffus jordforurening i byområder.

Projektet er opdelt i 2 faser. Fase I har omfattet indsamling af erfaringer og viden om forureningskilder samt teknikker og metoder til undersøgelse af diffust forurennet jord. I Fase I af projektet om kortlægning af diffus jordforurening i byområder er udarbejdet følgende tre delrapporter:

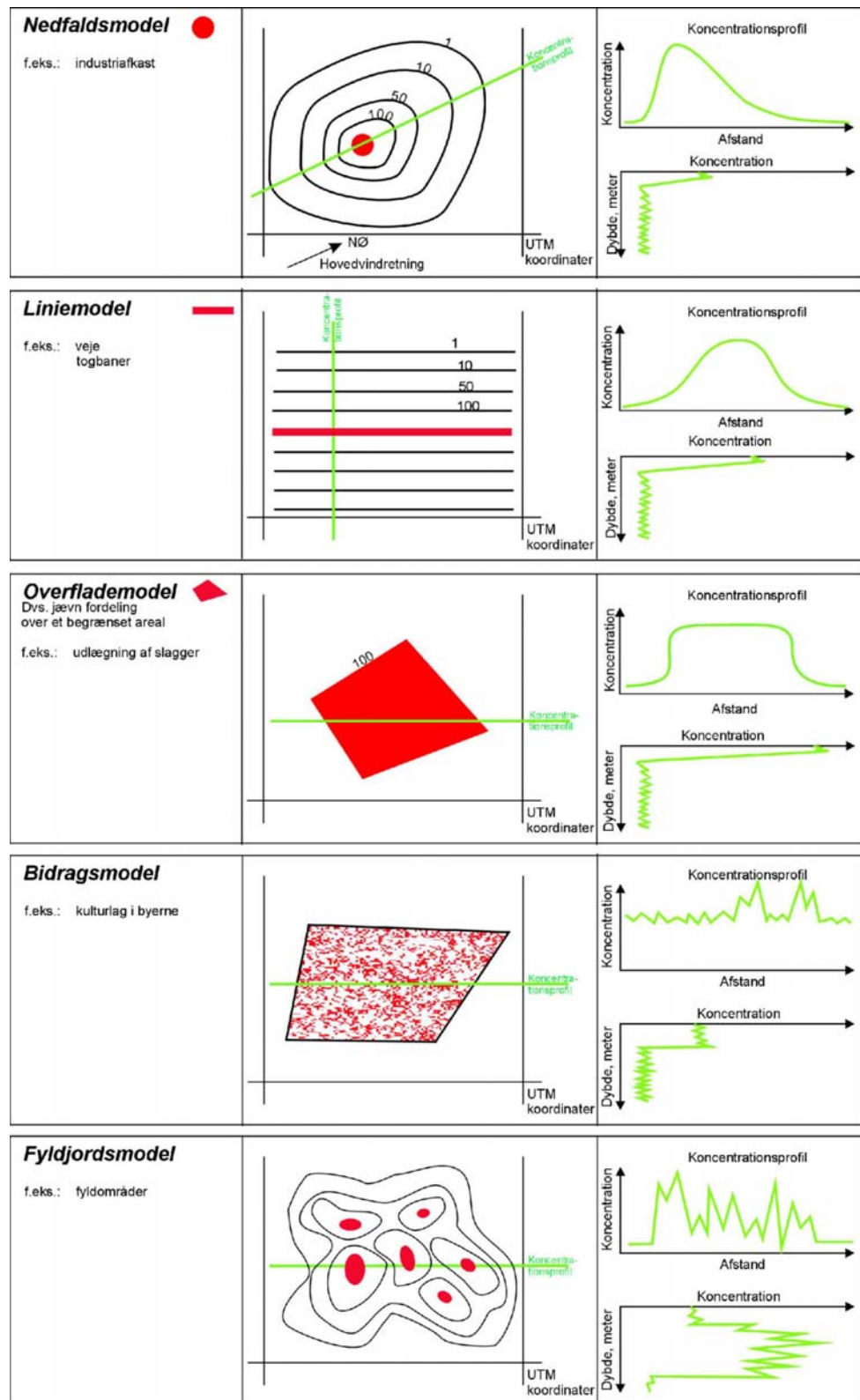
- Miljørapport 663: Kortlægning af diffus jordforurening i byområder.
Delrapport 1: Erfaringsopsamling og afklaring af kilder til diffus jordforurening i byområder /1/.
- Miljørapport 664: Kortlægning af diffus jordforurening i byområder.
Delrapport 2: Afprøvning af feltmetoder ved undersøgelse af diffust forurennet jord /2/.
- Miljørapport 665: Kortlægning af diffus jordforurening i byområder.
Delrapport 3: Indledende forslag til undersøgelsesstrategier for kortlægning af diffust forurenede arealer i byområder /3/.

I Miljøprojekt 663 /1/ er kilder til diffus jordforurening defineret i forhold til fem forskellige forureningsmodeller for diffus jordforurening, som beskriver den måde, hvorpå en jordforurening er opstået.

De fem forureningsmodeller er som følger /1/:

- Nedfaldsmodel: En belastning, der i sin oprindelse stammer fra luftbårne emissioner (støv, gasarter) fra en eller flere punktkilder, f.eks. skorstensafkast fra forbrændingsanlæg, krematorier, m.v.
Den diffuse jordforurening aftager i styrke med afstanden fra den oprindelige punktkilde, og nedfaldsarealet kan være afhængig af det fremherskende vindforhold samt topografiske og fysiske forhold ved punktkilden.
- Liniemodel: En belastning, der i sin oprindelse stammer fra et langstrakt element i landskabet, f.eks. veje, jernbaner m.v.
Den diffuse jordforurening aftager i styrke vinkelret fra liniekilden.
- Overflademodel: En belastning, der i sin oprindelse stammer fra den jævne udspreddning af et medie, f.eks. en tidligere ukontrolleret udspreddning af slagger, brugt myremalm, spildevandsslam, m.v.
Den diffuse jordforurening udgør en forholdsvis ensartet belastning over hele det påvirkede areal.

- Bidragsmodel:** En belastning, der i sin oprindelse stammer fra små tilfældige bidrag igennem århundreder, f.eks. de kulturlag, hvorpå byen vokser.
Den diffuse jordforurening udgør en varierende og tilfældig belastning af topjorden i hele området.
- Fyldjordsmodel:** En belastning, der i sin oprindelse stammer fra en systematisk påfyldning af jord, affald eller materiale af ukendt oprindelse, f.eks. fyldområder uden tydelig afgrænsning ved især lavtliggende områder, havne- og kystarealer samt ved byggemodning, terrænregulering og anlægsarbejder.
Den diffuse jordforurening udgør en varierende og tilfældig belastning i dybden over hele området.



FIGUR 1.1 DE FEM FORURENINGSMODELLER FOR DIFFUS JORDFORURENING
The five conceptual pollution models

De fem forureningsmodeller er illustreret i figur 1.1. Bidragsmodellen og fyldjordsmodellen adskiller sig alene ved at fyldjordsmodellen er baseret på en systematisk påfyldning af jord af ukendt oprindelse, hvor forurenede jordpartier kan have indgået, mens bidragsmodellen er baseret på små tilfældige bidrag igennem århundreder.

Diffuse forureningskilder er typisk industriafkast eller trafik, som medfører luftbåren forurening. Diffus jordforurening kan være forårsaget af både diffuse kilder og punktkilder som beskrevet i det følgende:

- Diffus jordforurening er oprindeligt forårsaget af hændelser relateret til en eller flere punktkilder, men der er sket en spredning, opblanding eller fortynding, således at forholdet mellem kildestyrken og jordforureningen er sløret.
- Diffus jordforurening er i modsætning til jordforurening ved punktkilder ikke afgrænset til arealer umiddelbart i nærheden af punktkilden, og vil typisk omfatte bidrag fra flere kilder.
- Kilder til diffus jordforurening er svære at identificere, og den diffuse jordforurening er typisk af lettere grad end jordforurening ved punktkilder, såsom industrigrunde eller affaldsdepoter.
- Områder, der igennem tiden har været forurenede af mange forskellige aktiviteter, f.eks. kulturlag i gamle bydele, eller større områder, der er blevet forurenede i forbindelse med jordflytning ved anlægsprojekter, byggemodning, landindvinding m.v., er vurderet som diffust forurenede.

Udgangspunktet for en undersøgelsesstrategi er, at den diffuse jordforurening ved hjælp af en historisk redegørelse for området eller et afgrænset delområde heraf skal kunne relateres til en eller flere hændelser, der er årsagen til at området/delområdet som helhed er forurenede, og dermed kan beskrives ved hjælp af statistisk værktøj /3/.

Forslag til strategier, som kan kombineres og anvendes i forbindelse med undersøgelser for diffust forurenede jord, er beskrevet i miljøprojekt 665 /3/.

1.2 FORMÅL VED FASE II

Fase II har til formål at:

- Udføre fysiske undersøgelser i henhold til de i Fase I udarbejdede undersøgelsesstrategier for diffust forurenede arealer i Københavns Kommune og Ringsted.
- Afprøve de i Fase I afprøvede og validerede feltmetoder i forbindelse med undersøgelsesstrategier.
- Effektivisere og forenkle undersøgelsesmetoder og -strategier.
- Vurdere om den diffuse jordforurening i provinsbyer er af en anden karakter end den diffuse jordforurening i Københavns kommune.
- Behandle undersøgelsesresultater med statistiske og geostatistiske værktøjer.
- Foretage vurderinger og angive anbefalinger vedrørende databehandling i forbindelse med fremtidige fysiske undersøgelser af diffust forurenede arealer.
- Revidere undersøgelsesstrategier for fremtidige fysiske undersøgelser af diffus jordforurening.

Desuden er der inddraget data (bly og PAH) fra Københavns Kommunes undersøgelser af områder ved Brønshøj, Østerbro og Grøndal. Formålet er at undersøge niveauer i boligområder med forskellig alder, og at forbedre grundlaget for en karakterisering af diffus jordforurening i byområder.

I Fase II er udarbejdet følgende fire delrapporter:

Delrapport 1: Strategier for kortlægning af diffus jordforurening i byområder

Delrapport 2: Datarapport: Diffus jordforurening og kulturlag

Delrapport 3: Datarapport. Diffus jordforurening og trafik

Delrapport 4: Datarapport: Diffus jordforurening og industri

Nærværende rapport er delrapport 2 og omfatter en datarapport vedrørende den fysiske afprøvning af undersøgelsesstrategier af diffus jordforurening i kulturlag i byernes boligområder.

1.3 LÆSEVEJLEDNING

I kapitel 1 er projektets baggrund og formål beskrevet.

I kapitel 2 er strategien, undersøgelsesteknikken og metoden for databehandling for undersøgelse af kulturlag (bidragsmodel) i byområder beskrevet.

I kapitel 3-14 foretages en gennemgang af de indsamlede data fra testarealer samt af data fra tidligere områdeundersøgelser i København.

I kapitel 15 angives en karakterisering af diffus jordforurening i kulturlaget på testarealerne.

I kapitel 16 opsummeres de opnåede erfaringer ved anvendelse af strategien på testarealerne.

I kapitel 17 redegøres for konklusionerne i henhold til de opstillede hypoteser om diffus jordforurening i kulturlaget i byområder.

I kapitel 18 angives en ordforklaring for de anvendte forkortelser.

I kapitel 19 angives en referenceliste.

2 Undersøgelsesstrategi og metode for bidragsmodel

I det følgende beskrives undersøgelsesstrategien for kulturlag (bidragsmodel) i de 10 testarealer samt i referenceområdet, mens der i kapitel 3 - 14 foretages en gennemgang af de indsamlede data for hver af disse lokaliteter samt af data fra tidligere områdeundersøgelser i København.

2.1 SYSTEMATISKE TRIN VED OPBYGNING AF STRATEGIEN

Undersøgelsesstrategien omfatter følgende trin, jf. /3/:

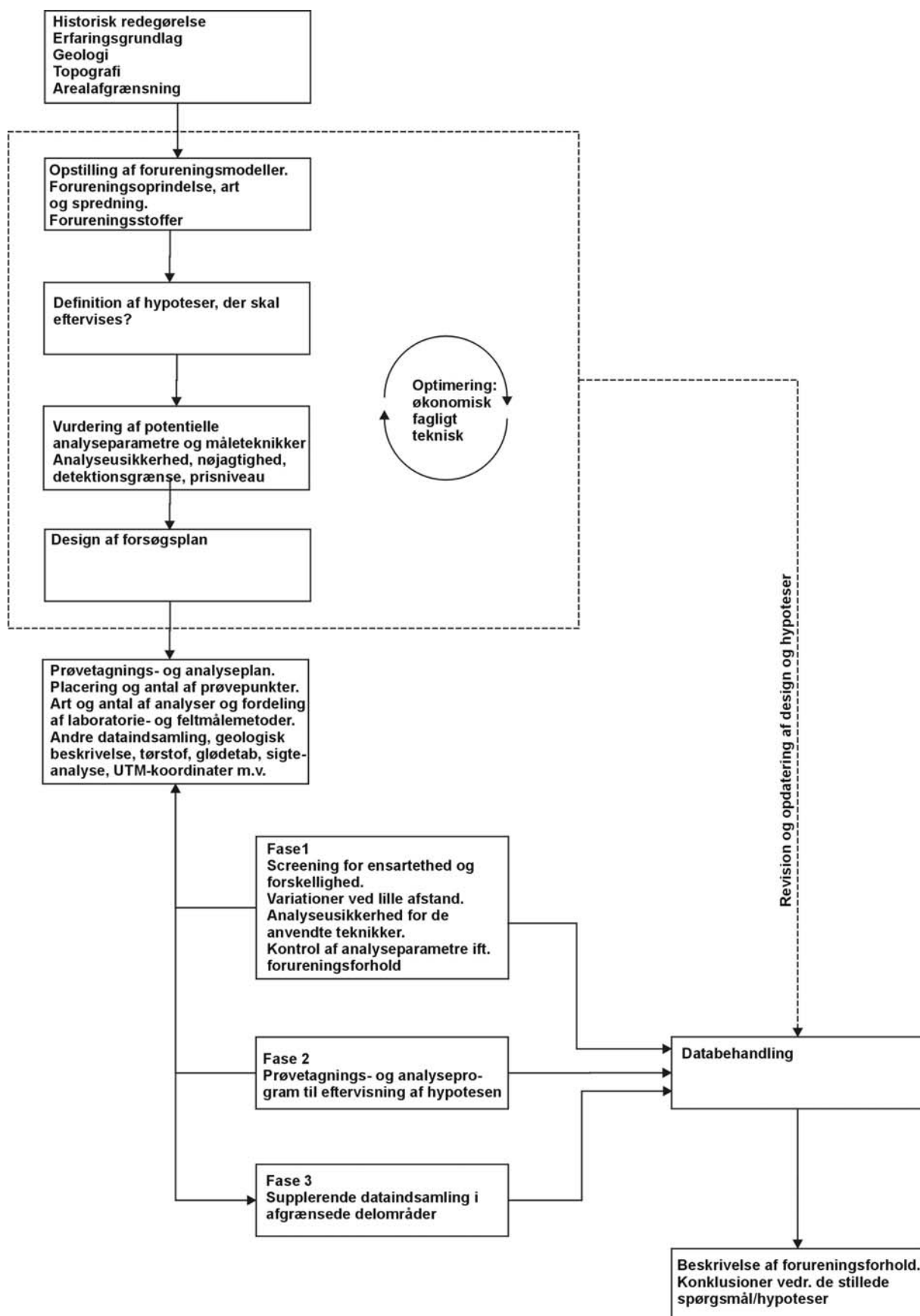
- Udarbejdelse af den historiske redegørelse, dvs. inddragelse af eksisterende viden om området.
- Opstilling af en eller flere forureningsmodeller for diffus jordforurening i området.
- Geografisk afgrænsning af det areal, der skal undersøges.
- Opstilling af hypoteser.
- Valg af passende analyseparametre og måleteknikker.
- Design af forsøgsplan, herunder hvilke data, der er nødvendige for at kunne acceptere eller afvise de definerede hypoteser.
- Opstilling af prøvetagnings- og analyseplan.

Undersøgelsesstrategien er illustreret i figur 2.1.

2.2 HISTORISK REDEGØRELSE

Der er indsamlet oplysninger om potentielle forurenende aktiviteter i de 10 testarealer, herunder både punktkilder og diffuse kilder.

Oplysninger om punktkilder, tidligere industrigrunde og områder med fyld- og lossepladser er indhentet fra Københavns kommunes Miljøkontrol /4, 5, 6/ og Vestsjællands Amt /7/. Oplysninger om den bymæssige udvikling, herunder boligkvarterer, er indsamlet fra diverse historiske litteraturkilder /8-12/ samt fra Københavns Kommunes Miljøkontrol /13/ og Ringsted Kommune, Teknisk Forvaltning /14/.



FIGUR 2.1 SYSTEMATISKE TRIN I UNDERSØGELSESTRATEGIEN
Systematic steps for the investigation strategy

2.3 FORURENINGSMODEL

Som udgangspunkt er det antaget, at diffus jordforurening i de 10 testarealer har sin oprindelse i en bidragsmodel, hvorved små tilfældige bidrag af forurenende stoffer og materiale er tilført kulturlaget igennem århundreder. Den diffuse jordforurening forventes at udgøre en varierende og tilfældig belastning af topjorden. Nogle områder kan evt. være påvirket af trafikken (liniemodellen) eller af punktkilder (nedfaldsmodellen).

Det antages, at forureningsniveauerne er højere:

- i de ældre byområder (1600 – 1950) end i nyere områder (efter 1950), idet der i højere grad tidligere er anvendt materialer som bly, kobber og zink i bygningsmaterialer
- i områder, hvor der er anvendt fossilt brændsel eller træ til opvarmning (typisk i de ældre boligområder)
- hvor udnyttelsesgraden er særlig høj, f.eks. i små private haver
- i København end i provinsbyerne, herunder Ringsted, idet der i højere grad er sket en tidligere og mere omfattende udvikling i industrien og trafikken.

I de ældste boligområder (>100 år) antages det, at det forurenede kulturlag findes til mere end 50 cm dybde, mens det i de nyere boligområder (<100 år) er afgrænset i 50 cm's dybde.

Det antages endvidere, at jordforureningen viser et varierende indhold (dvs. en vis spredning i de målte koncentrationer i jordprøver fra samme dybde i jordlaget i det afgrænsede testareal), og at nogle prøver kan være påvirket af belastningen fra trafik (liniemodel) eller punktkilder (nedfaldsmodel).

Det antages, at forureningsparametrene er tungmetaller, polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH), og olie samt evt. dioxiner, polychlorede biphenyler (PCB), phthalater og pesticider.

Det antages, at diffus jordforurening på testareal R, et rekreativt område, som aldrig har været anvendt til boligformål, har sin oprindelse i luftbårne emissioner fra de mange punktkilder i København igennem århundreder. Disse luftbårne emissioner vil også påvirke andre arealer i den indre by i København, dvs. svarende til nedfaldsmodellen. Det antages derfor, at forureningsniveauerne i nærliggende boligområder vil være højere end på testareal R, idet boligområder er yderligere påvirket af bidrag fra byggematerialer, boligopvarmning m.v.

Således antages det, at byjord er mere forurenede end baggrundsniveauet i landområder.

Baggrunds niveauer

Litteraturværdier for baggrunds niveauer i landområder er angivet i tabel 2.1, 2.2 og 2.3.

	Landområder		
	Sandjorde	Lerjorde	Alle jorde
As	2,6	4,1	3,3
Pb	10,5	12,1	11,3
Cd	0,13	0,22	0,16
Cr	6,4	17,1	9,9
Cu	5,6	9,0	7,0
Hg	0,03	0,06	0,04
Zn	18,4	43,3	26,8
Ni	2,9	9,6	5,0

TABEL 2.1 MEDIANVÆRDIER FOR TUNGMETALKONCENTRATIONER I DANSKE LANDOMRÅDER /21, 22/ (MG/KG TS).
Median values for heavy metals in Danish rural soils (mg/kg dw)

	Landområder
PAH (sum af 7 PAH)	0,06- 0,6
Benzo(a)pyren (BaP)	0,01

TABEL 2.2 SKØNNED E REFERENCENIVEAUER FOR PAH I JORD /1/ (MG/KG TS).
Estimated reference levels for PAH (mg/kg dw).

	Landområder	Byområder
Dioxin, ng ITE/kg TS*	0,2 – 0,9 /38/	1-3 /28, 38/
Sum af Phthalater DEHP, µg/kg TS	20- 60 /39/ 10-30 /39/	1000(skøn) /1/ 100 (skøn) /1/
PCB, µg/kg TS	0,1 – 0,4 /39/	10-200 /27,29/

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

TABEL 2.3 SKØNNED E REFERENCENIVEAUER FOR ORGANISKE STOFFER I JORD.
Estimated reference levels for organic pollutants in soils

2.4 AFGRÆNSNING AF TESTAREALER

Undersøgelserne er udført ved 10 forskellige lokaliteter, anvendt til boligformål i Københavns Kommune (5 lokaliteter) og Ringsted Kommune (5 lokaliteter), samt på et referenceområde i Københavns kommune (kun anvendt til rekreative formål - park). Testarealerne er udvalgt, således at der i videst muligt omfang er områder uden tidligere industri og opfyldte arealer/lossepladser. Der kan dog have været baggårdsindustri på en del af arealerne.

Den indre del af København blev etableret i 1100 og Københavns kommune har i dag en befolkning på ca. 500.000. Ringsted blev etableret i 1000 og har en befolkning på 67.000.

Desuden er der inddraget data (bly og PAH) fra Københavns Kommunes undersøgelser af områder ved Brønshøj, Østerbro og Grøndal /36,34,37/.

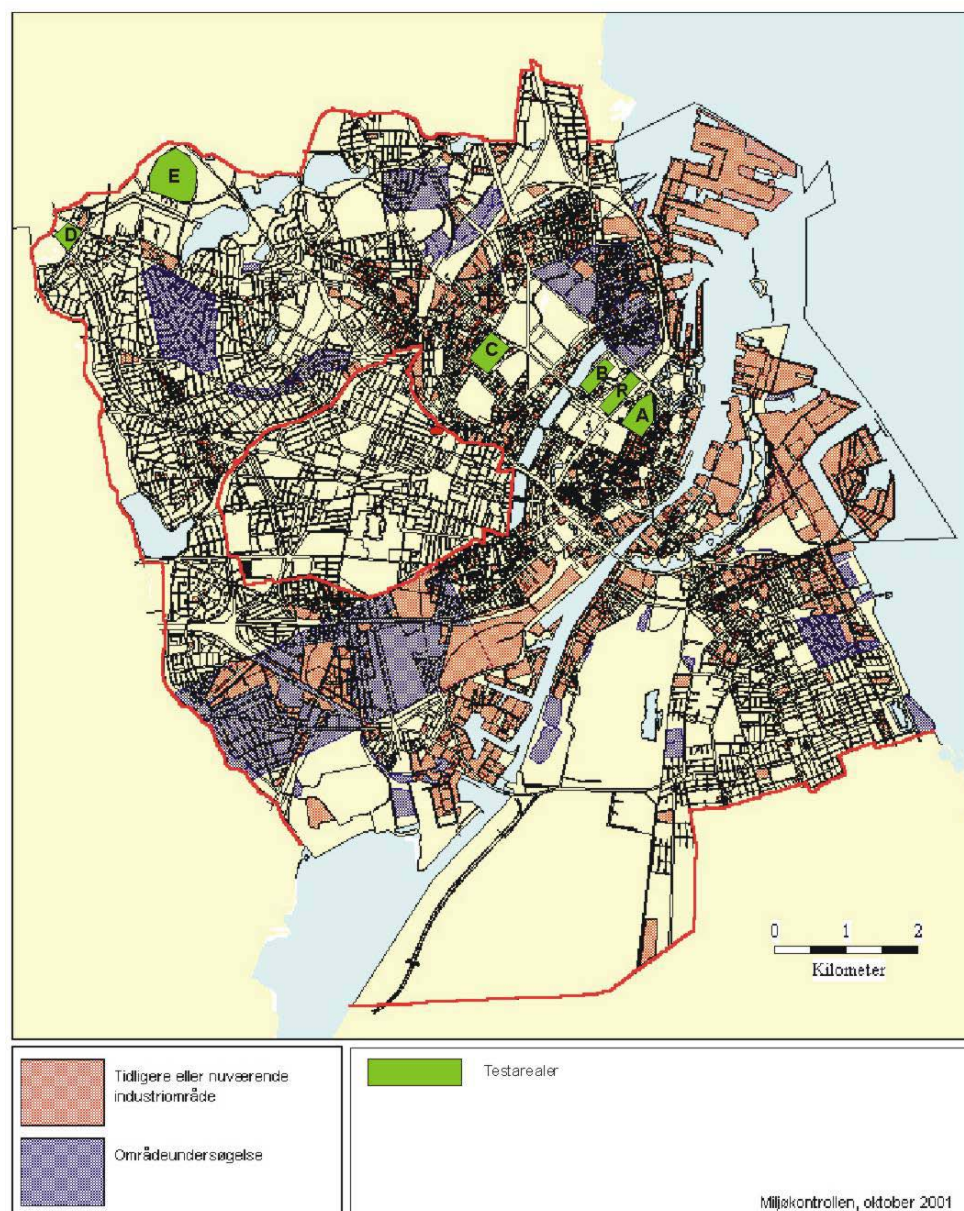
Testarealerne er afgrænset på grundlag af boligalder og byudvikling. Arealer med tidligere industri og opfyldte arealer/lossepladser er fravalgt. Der kan dog have været baggårdsindustrier på nogle af arealerne.

I København er der foretaget undersøgelser ved følgende 5 testarealer, som er vist i figur 2.2:

- A 1600 – 1760.** Den indre by. Nyboder. Ældre boligområde bestående af rækkehuse med haver. Det nordlige boligområde er først udvidet fra 1760. Område i alt på ca. 0,21 km².
- B 1870 – 1890.** Uden for voldene. Kartoffelrækkerne. Ældre boligområde bestående af rækkehuse med haver, ca. 0,10 km².
- C 1913 – 1930.** Område omkring Guldbergs Plads. Ældre boligområde bestående af etageejendomme, ca. 0,18 km².
- D 1950'erne.** Banefløjen, m.fl. Boligområde bestående af etageejendomme, ca. 0,15 km².
- E 1960'erne.** Tingbjerg. Nyere boligområde bestående af etageejendomme, ca. 0,30 km².

Herudover er der udtaget en række prøver fra Østre Anlæg i Københavns historiske bykerne.

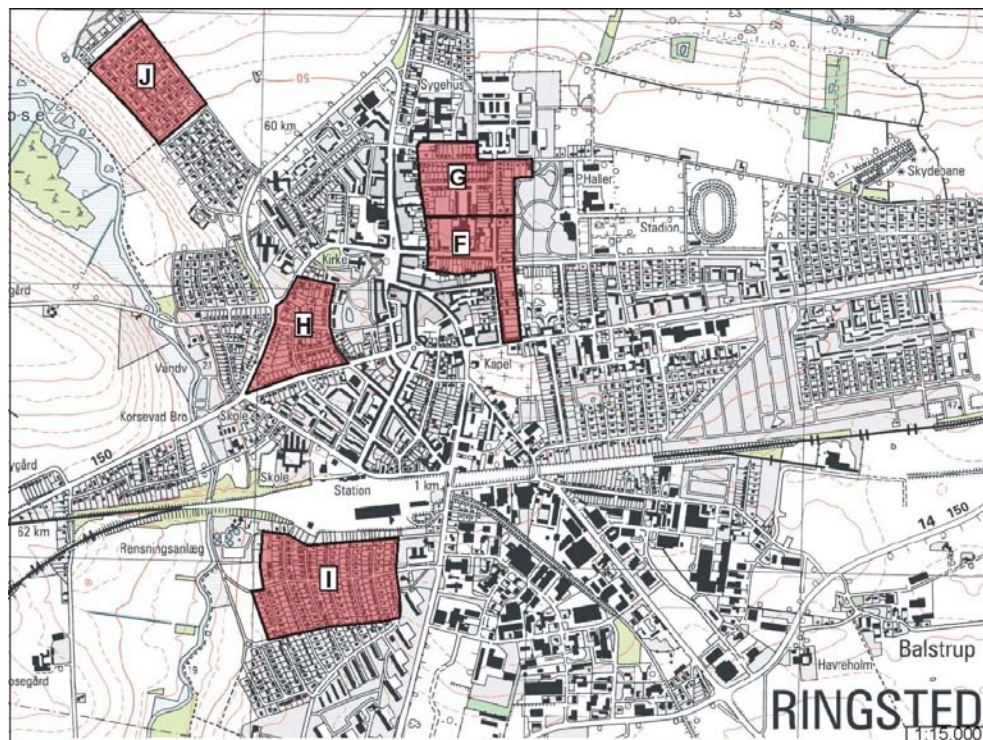
- R 1850'erne.** Østre anlæg. Park. Anvendes som referenceområde for Københavns bykerne.



FIGUR 2.2 OVERSIGTSKORT OVER DEN FYSISKE PLACERING AF TESTAREALER I KØBENHAVN
Overview showing the location of the test areas in Copenhagen

I Ringsted er der foretaget undersøgelser ved følgende testarealer, som vist i figur 2.3:

F	1880'erne.	Den historiske bykerne. Sct. Knudsgade, m.fl. Boligområde bestående af rækkehuse med haver, ca. 0,06 km ² .
G	1915-1920.	Bøllingsvej, m.fl. Boligområde bestående af større villaer med haver, ca. 0,094 km ² .
H	1940'erne.	Sorøvej, m.fl. Boligområde bestående af villaer, ca. 0,06 km ² .
I	1950'erne.	Søndervang m.fl. Boligområde bestående af parcelhuse, ca. 0,12 km ² .
J	1980'erne.	Bjergbakken, m.fl. Nyere boligområde bestående af parcelhuse, ca. 0,09 km ² .



FIGUR 2.3 OVERSICHT OVER DEN FYSISKE PLACERING AF TESTAREALER I RINGSTED
Overview showing the location of the test areas in Ringsted

2.5 OPSTILLING AF HYPOTESER

Der er opstillet følgende hypoteser om relationerne mellem den diffuse jordforurening og den bymæssige anvendelse af områderne til boligformål.

Hypoteser om undersøgelsesstrategien:

1. Undersøgelsesstrategien (en statistisk sammenligning af prøvetagningsfelter og en visualisering af forureningsniveauerne over arealet) er en effektiv metode til at sikre et datagrundlag for kortlægning på Vidensniveau 2, dvs. en statistisk dokumentation for, at jordkvalitetskriterier i topjord fra delområder er overskredet.
2. Anvendelsen af en feltteknik (røntgenfluorescens, EDXRF) forbedrer datagrundlaget for kortlægning på Vidensniveau 2.
3. Dataindsamling baseret på den anvendte prøvetagningsplan (antal af prøvepunkter/km²) giver et tilstrækkeligt grundlag for kortlægning på vidensniveau 2.
4. Dataindsamling baseret på den anvendte analyseplan (parametervalg og analysemetode) giver et tilstrækkeligt grundlag for kortlægning på Vidensniveau 2.
5. Dataindsamling baseret på den anvendte prøvetagningsplan (antal af prøvepunkter/km²) giver et tilstrækkeligt grundlag for indsats ved overskridelser af afskæringskriterierne.

Hypoteser om forureningsmodellen:

6. Diffus jordforurening kan beskrives ved en bidragsmodel, idet der i kulturlag i byområder er et statistisk højere indhold af forureningskomponenter i forhold til referenceværdier for jord fra landområder.
7. Diffus jordforurening kan beskrives ved en bidragsmodel, når der er et varierende og tilfældigt indhold af forureningskomponenter i kulturlag over hele arealet, dvs. der er ingen tendens til højere indhold i bestemte retninger.
8. Forureningsniveauerne aftager med dybden i jordlaget.
9. Det forurenede kulturlag findes til mere end 50 cm's dybde i de ældste boligområder (>50 år).
10. Det forurenede kulturlag findes til mindre end 50 cm's dybde i de nyere boligområder (<50 år).
11. Forureningsniveauerne er forskellige for arealer med forskellig bymæssig alder og udnyttelsesgrad.
12. Forureningsniveauerne er højere i Københavns Kommune end i provinsen (fordi der i København er sket en tidligere og mere omfattende udvikling i industrien og trafikken).

Hypoteser om arealspecifikke analyseparametre:

13. Foruden tungmetaller og PAH findes olie (totalkulbrinter), dioxiner, PCB, phthalater og pesticider som diffus jordforurening.
14. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af benzo(a)pyren (BaP), dibenz(a,h)anthracen (DiBaA) og summen af MST 7 PAH
15. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af bly og zink.
16. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af cadmium og zink.
17. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af bly og summen af MST 7 PAH.
18. De kritiske forureningsparametre er identiske med indikatorparametre fra andre undersøgelser, nemlig BaP og bly.

2.6 VALG AF ANALYSEPARAMETRE OG MÅLETEKNIKKER.

Potentielle forureningsparametre er identificeret som arsen (As), bly (Pb), cadmium (Cd), chrom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), nikkel (Ni), zink (Zn), PAH, olie, phthalater, PCB, pesticider og dioxiner /1/.

Som indikatorparametre er udpeget tungmetallerne Pb, Cu, og Zn samt Miljøstyrelsens 7 PAH som er målt i alle prøver. De øvrige forureningsparametre er målt i et mindre antal prøver, se analyseplan i afsnit 2.10.

Tungmetaller

Der er ønsket en vurdering af, om anvendelse af feltteknikken, EDXRF, til måling af As, Pb, Cr, Cu, Ni, og Zn er fordelagtig, hvad angår pris og effektivitet. Analyseusikkerheden er vurderet til 10 – 20 % ved EDXRF målinger for bly, kobber, nikkel og zink ved koncentrationer fra 40 - 200 mg/kg og genfindingen er omkring 70 - 150% /2/. Analyseusikkerheden og genfinding for arsen er derimod henholdsvis 48 % og 300 % ved lave koncentrationer (4 mg/kg). Analyseusikkerheden og genfinding for chrom er henholdsvis 96% og 300% ved lave koncentrationer (12 mg/kg)/2/.

As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, og Zn kan måles ved en ICP-analyseteknik, som typisk har en analyseusikkerhed på mindre end 15%. Hg kan måles ved en cold vapor teknik. Detektionsgrænser for de to teknikker er angivet i tabel 2.4.

	EDXRF (Teknologisk Institut) mg/kg TS	ICP (AnalyCen) mg/kg TS
Arsen	20	2
Bly	5	0,9
Cadmium	-	0,05
Chrom	10	0,2
Kobber	5	0,5
Kviksølv	-	0,03
Nikkel	5	0,6
Zink	5	0,5

TABEL 2.4 DETEKTIONSGRÆNSER VED ANALYSE AF TUNGMETALLER
Detection limits for the analysis of heavy metals

PAH

For analyse af Miljøstyrelsens 7 PAH (fluoranthen, benzo(b)fluoranthen, benzo(j)fluoranthen, benzo(k)fluoranthen, benzo(a)pyren, dibenz(ah)anthracen and indeno(123-cd)pyren) kan der anvendes Miljøstyrelsens standardmetode, en GC-MS-SIM-teknik (jordprøven ekstraheres med toluen på rysteapparat i 16 timer). Analyseusikkerheden er angivet som mindre end 20%.

En række prøver ønskes analyseret for et udvidet antal PAH (27) samt 4 grupper af alkylerede PAH (C₃-phenanthrener, C₄-phenanthrener, C₂-dibenzothiophener og C₃-dibenzothiophener). Formålet er at vurdere PAH-sammensætningen i diffus jordforurening i forhold til PAH-kilden. Resultaterne skal desuden indgå i Miljøstyrelsens projekt om baggrundsniveauer for PAH i jord.

I /16/ er der indsamlet litteratur vedrørende PAH-sammensætning i forhold til PAH-kilder. Der er peget på visse PAH-forbindelser og indikatorer, som kan benyttes til vurdering af kilden. Bl.a. nævnes det, at methylerede PAH stammer fra olieprodukter, at reten (7-isopropyl-1-methyl-phenanthren) er en specifik indikator for afbrænding af nåletræ, og at coronen, anthanthren og benzo(ghi)perylene dannes i forbrændingsmotorer. Der er anvendt følgende fire indikatorer:

- Alkylphenanthrener/Phenanthren (Alkylphen/Phen) Høj ved emission fra trafik
- Benzo(ghi)perylene/Benzo(a)pyren (BghiP/BaP) Høj ved emission fra trafik
- Coronen/Benzo(a)pyren (Coronen/BaP) Høj ved emission fra trafik
- Reten/Dibenz(ah)anthracen (Reten/DiBahA) Høj ved forbrænding af nåletræ

Den udvidede analyse for PAH kan udføres ved en GC-MS-SIM teknik (jordprøven ekstraheres med acetone/pentan ved behandling på ultralydsbad i 5 min. og rysteapparat i 2 timer). Analyseusikkerheden er angivet som mindre end 15%.

Detektionsgrænserne er vist i tabel 2.5.

	GC-MS-SIM (AnalyCen) mg/kg TS	GC-MS-SIM (Eurofins) mg/kg TS
enkelt PAH	0,005	0,001-0,005

TABEL 2.5 DETEKTIONSGRÆNSER FOR ORGANISKE PARAMETRE
Detection limits for the analysis of organics

Olie

For analyse af benzen, toluen, ethylbenzen, xylener og totalkulbrinter er anvendt Miljøstyrelsens standardmetode ved GC-FID (jordprøven ekstraheres med pentan efter ekstraktion på rysteapparat i 16 timer). Analyseusikkerheden er angivet som mindre end 20%. Detektionsgrænserne er vist i tabel 2.6.

	GC-FID (AnalyCen) mg/kg TS
BTEX	0,1
C ₆ -C ₁₀	5
C ₁₁ -C ₂₅	10
C ₂₆ -C ₃₅	25
C ₃₆ -C ₄₅	25

TABEL 2.6 DETEKTIONSGRÆNSER FOR ORGANISKE PARAMETRE
Detection limits for the analysis of organics

PCB og Phthalater

Indholdet af PCB og phthalater er målt ved en GC-MS-SIM teknik (jordprøven ekstraheres med acetone/pentan ved behandling på ultralydsbad i 5 min og rysteapparat i 2 timer). Analyseusikkerheden er angivet som mindre end 15%. Detektionsgrænserne er vist i tabel 2.7.

	GC-MS (Eurofins) µg/kg TS
Phthalater	25-50
PCB	5

TABEL 2.7 DETEKTIONSGRÆNSER FOR ORGANISKE PARAMETRE
Detection limits for the analysis of organics

Dioxiner

Indholdet af dioxiner (polychlorerede dibenzofurans og dibenzodioxins) måles ved GC/MS hos GfA Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik mbH, Tyskland. Detektionsgrænser er vist i tabel 2.8.

	GC-MS ng /kg TS
Dioxiner	1-10

TABEL 2.8 DETEKTIONSGRÆNSER FOR DIOXINER
Detection limits for the analysis of dioxins

Pesticider

Pesticider (Atrazin, DDT +DDE +DDD, Dichlorbenil, Dieldrin, Lindan, Malathion, Parathion, Simazin) er målt ved GC-MS-SIM. Analyseusikkerheden er mindre end 15%. Detektionsgrænser er vist i tabel 2.9.

	GC-MS (Eurofins) mg/kg TS
Pesticider	0,005

TABEL 2.9 DETEKTIONSGRÆNSER FOR ORGANISKE PARAMETRE
Detection limits for the analysis of organics

2.7 DESIGN AF FORSØGSPLAN

Forureningsmodellen forudsætter, at forureningsniveauet i prøvetagningspunkterne i testarealet er sammenlignelige, idet der er tale om den samme belastning i området, men at der vil forekomme en vis variation på grund af lokale arealanvendelser, jordudskiftning m.v. Det forventes ikke, at der vil forekomme stigende eller faldende koncentrationer i bestemte retninger.

Punktprøverne skal være repræsentative for det generelle forureningsniveau i fladen, og give et objektivi grundlag for beskrivelse af forureningsniveauet i ethvert vilkårligt punkt i fladen. Hertil er geostatistiske analyser velegnede.

Til dokumentation af forureningsniveauet udtages derfor en række prøver fra prøvetagningsfelter tilfældigt fordelt over testarealet. Det sikres, at disse placeres med forskellig indbyrdes afstand inden for området, jf. figur 2.4. I prøvetagningsfelter af ca. 100 m² udtages jordprøver fra 1-5 punkter inden for prøvetagningsfeltet, jf. figur 2.4. For at bestemme variationerne i dybden udtages der prøver i forskellige dybder, som følger:

0	-	5	cm	Jordoverfladen inkl. græstørv (kun referenceområdet).
2	-	10	cm	Jordlag under græstørv, som typisk antages at være repræsentative ved vurdering af risiko for hudkontakt.
20	-	30	cm	Repræsenterer anvendelsesdybden
45	-	55	cm	Repræsenterer anvendelsesdybden
95	-	105	cm	Til afgrænsning af forurening

Dog udtages flest prøver i 2 - 10 cm's dybde, dvs. jordlaget, hvor risikoen for eksponering er højst. I testareal R udtages også prøver fra 0 - 5 cm, dvs. selve jordoverfladen, inkl. græstørv. I resultatoversigten benævnes prøverne i forhold til dybden, f.eks.:

0,05	m's dybde
0,1	m's dybde
0,3	m's dybde
0,55	m's dybde
1,05	m's dybde

Afstanden mellem prøvetagningspunkterne i et prøvetagningsfelt er altid mellem 1 - 10 m. Prøvetagningsfelterne placeres i forskellige afstande fra hinanden fra 30 - 500 m. For testareal C - Guldbergs Plads og E - Tingbjerg er der anvendt et mindre tæt prøvetagningsnet, idet der alene skal laves screening af forureningsniveauerne.

Vurdering af forureningsniveau og ensartethed

Formålet er at bestemme variationen for koncentrationsangivelserne over testarealet. I forbindelse med den geostatistiske analyse sammenlignes data parvis i forskellige afstandsintervaller, f.eks. 0 - 10 m, 10 - 50 m, 50 - 100 m, 100 - 200 m, jf. figur 2.4, hvorved det undersøges, om observationer med lille indbyrdes afstand er mere ensartede end observationer med større fysisk afstand. Den geostatistiske analyse belyser forureningens rumlige fordeling (her i 2 dimensioner) over testarealet, dvs. at den estimerer koncentrationsniveauerne, samt om der er tendens til henholdsvis faldende eller stigende koncentrationer i bestemte retninger. Yderligere, og måske vigtigst, estimeres usikkerheden på estimatet af forureningsniveauet i testarealet.

Vurdering af dybdemæssige forhold

Jordprøverne udtages i forskellige dybder fra overfladen (0,02 - 0,1 m) og ned til 1 m's dybde, dog hovedsagelig i 0,1 m's dybden.

Vurdering af prøvetagningstæthed og fordel/ulemper med blandingsprøver

Der udtages prøver fra 1 til 5 punkter fra prøvetagningsfelter på 10 x 10 m.

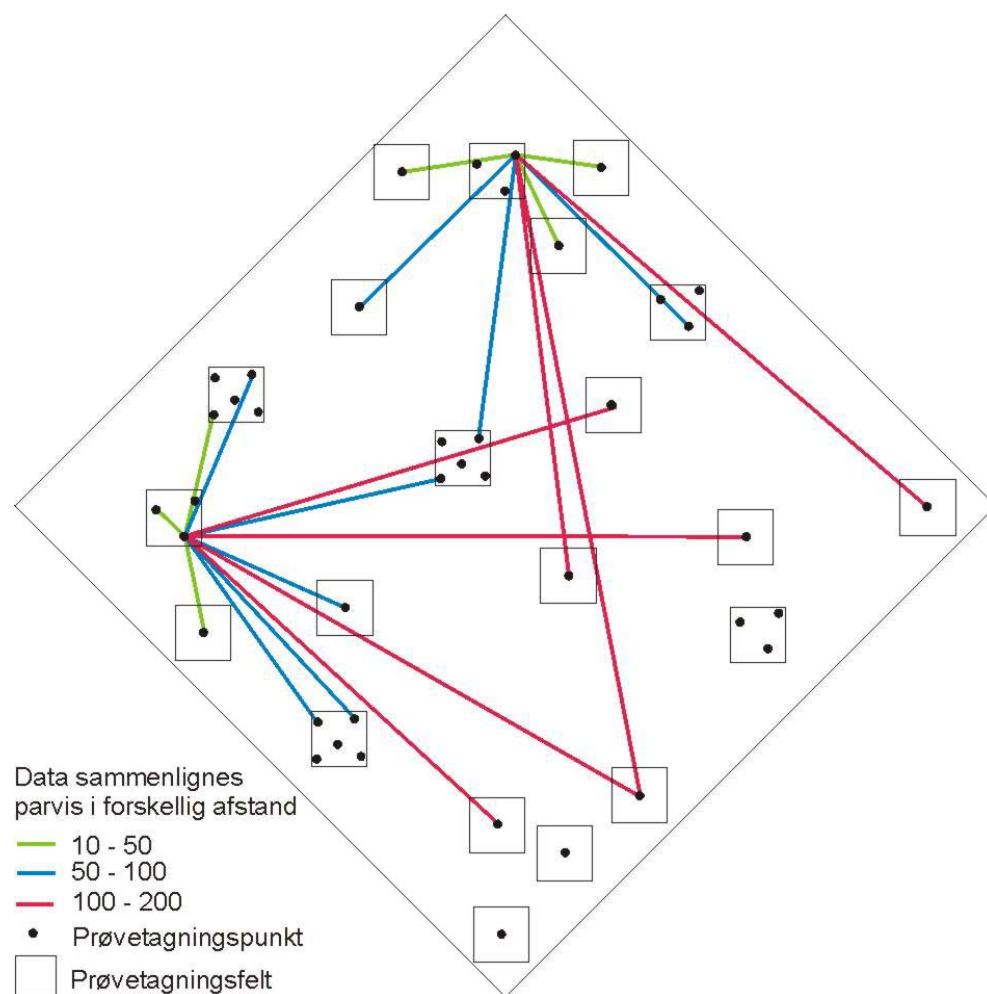
Prøverne udtages som stikprøver, idet den indbyrdes variation mellem prøver, udtaget tæt på hinanden (1-10 m) samt med større afstand (20 - 300 m), anvendes i databehandlingen til at vurdere om prøver fra forskellige prøvetagningsfelter er forskellige fra hinanden.

Gennemsnittet for prøverne udtaget fra den samme felt svarer til resultatet for en blandingsprøve, men spredning kendes og konsekvenser ved brug af blandingsprøver kan vurderes.

Vurdering af indikatorparametre og forureningssammensætning

Forureningsniveauet i et prøvetagningsfelt på 10 x 10 m antages at være sammenligneligt (på samme niveau). Derfor undersøges udvalgte prøvetagningsfelter intensivt, mens andre felter kan screenes ved et mindre antal prøvetagningspunkter.

I alle prøver måles indikatorparametre og der udvælges passende prøver til analyse for de øvrige parametre. Den detaljerede prøvetagnings- og analyseplan udarbejdes på grundlag af besigtigelsen og retningslinierne i forsøgsplanen.



FIGUR 2.4 SKITSE OVER PLACERING AF PRØVETAGNINGSFELTER I ET TESTAREAL
Sketch showing pair wise comparison of sampling points in sampling squares

2.8 PRØVETAGNINGSPLAN

Besigtigelse

På grundlag af kortmaterialet og forsøgsplanen er der udarbejdet et forslag til prøvetagningspositioner. Positionerne er placeret med henblik på at undgå forurenende punktkilder samt områder, hvor den oprindelige jord kan forventes at være bortkørt. Herefter er der foretaget en besigtigelse, og positionerne er justeret i henhold til observationer og adgangsforhold. I bymidten har det ofte vist sig at være problematisk at finde egnede prøvetagningspunkter, dvs. jord uden befæstelser.

Antal af prøvetagningspunkter

Prøvetagningspunkter er planlagt efter principperne som illustreret i figur 2.4.

I tabel 2.10 og 2.11 angives antallet af prøvetagningsfelter og jordprøver for testarealer og referenceområde.

Boligområde	A Nyboder	B Kartoffel- rækkerne	C Guldbergs Plads	D Banefløjen	E Tingbjerg	R Østre Anlæg (reference)
Prøvetagning i dybden						
0-5 cm 's dybde						1 felt 5 pkt./felt (5 pkt.)
2-10 cm 's dybde	21 felter 1-5 pkt./felt (41 pkt.)	16 felter 1- 5 pkt./felt (22 pkt.)	6 felter 1- 3 pkt./felt (11 pkt.)	25 felter 1- 5 pkt./felt (51 pkt.)	12 felter 1- 3 pkt./felt (16 pkt.)	6 felter 1- 5 pkt./felt (13 pkt.)
20-30 cm 's dybde	21 felter 1-3 pkt./felt (38 pkt.)	16 felter 1- 3 pkt./felt (23 pkt.)	6 felter 1- 3 pkt./felt (12 pkt.)	18 felter 1- 3 pkt./felt (23 pkt.)	5 felter 1- 3 pkt./felt (6 pkt.)	6 felter 1- 5 pkt./felt (10 pkt.)
45-55 cm 's dybde	9 felter 1- 3 pkt./felt (11 pkt.)	10 felter 1- 3 pkt./felt (12 pkt.)	6 felter 1- 3 pkt./felt (7 pkt.)	9 felter 1 pkt./felt (9 pkt.)	5 felter 1- 3 pkt./felt (6 pkt.)	1 felt 5 pkt./felt (5 pkt.)
95-105 cm 's dybde	6 felter 1- 2 pkt./felt (7 pkt.)	9 felter 1- 2 pkt./felt (11 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)	8 felter 1 pkt./felt (8 pkt.)	3 felter 1- 2 pkt./felt (3 pkt.)	1 felt 3 pkt./felt (3 pkt.)
Antal af håndboringer (pkt.)	41	22	11	51	16	13
Antal af jordprøver	97	68	33	91	31	36
Areal, km ²	0,22	0,10	0,18	0,15	0,3	-
ca. antal pkt. /km ²	190	220	61	340	53	-

TABEL 2.10 PRØVETAGNINGSPÅN FOR TESTAREALER I KØBENHAVN
Sampling plan for test areas in Copenhagen

Boligområde	F Sct. Knudsgade	G Bøllingsvej	H Sorøvej	I Søndervang	J Bjergbakken
Prøvetagning i dybden					
2-10 cm 's dybde	8 felter 1-5 pkt./felt (15 pkt.)	15 felter 1-5 pkt./felt (25 pkt.)	15 felter 1-5 pkt./felt (27 pkt.)	21 felter 1- 5 pkt./felt (36 pkt.)	16 felter 1- 5 pkt./felt (32 pkt.)
20-30 cm 's dybde	6 felter 1-3 pkt./felt (8 pkt.)	8 felter 1-3 pkt./felt (9 pkt.)	7 felter 1 pkt./felt (12pkt.)	6 felter 1pkt./felt (8 pkt.)	9 felter 1 pkt./felt (12 pkt.)
45-55 cm 's dybde	4 felter 1 pkt./felt (4 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)	4 felter 1 pkt./felt (4 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)
95-105 cm 's dybde	4 felter 1 pkt./felt (4 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)	4 felter 1 pkt./felt (4 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)	3 felter 1 pkt./felt (3 pkt.)
Antal af hånd- boringer (pkt.)	15	25	27	36	32
Antal af jordprøver	31	40	47	50	50
Areal, km ²	0,06	0,094	0,06	0,12	0,09
ca. antal pkt. /km ²	250	270	430	290	350

TABEL 2.11 PRØVETAGNINGSPÅN FOR TESTAREALER I RINGSTED
Sampling plan for test areas in Ringsted

2.9 PRØVETAGNINGSSARBEJDE

Et feltteam bestående af to personer har udført borearbejde, prøvetagning, feltobservationer, indmåling og feltdokumentation.

Jordprøverne er tilstræbt udtaget i jord, hvor der ikke jævnligt foretages jordarbejder, f.eks. i græsplæner, men ikke i bede.

Prøvetagningen i hver felt er dokumenteret på et feltkort og observationer er noteret i en standard feltjournal med:

- lokalitetsnavn
- dato
- initialer på feltfolk
- skitse af prøveudtagningsstedet med felt- og boringsnr.
- indmåling af UTM koordinater i forhold til referencepunkt (hvis GPS-måling umulig)
- prøvetagningsfelternes indbyrdes beliggenhed
- antal boringer/felt
- antal prøver/boring
- dybde for prøveudtagningen

Herudover er der noteret observationer vedrørende:

- afstande til trafik (tilladt hastighed)
- vejkryds
- busstoppested
- jernbaner
- belægningsmateriale som asfalt, jernbanesveller, grus, bede, krat

Endelig er disse aktiviteter noteret:

- beboelse
- legepladser
- dyrehold
- ildsteder
- afledning af tagvand
- oplysninger om tidligere forhold på lokaliteten

Herudover er der i feltjournalen udført en geologisk beskrivelse af den opborede jord.

Jordprøverne er udtaget med et håndbor ved at jorden fjernes indtil toppen af den ønskede jordprofil, hvorefter håndboret renses for jorden. Der er herefter udtaget en 10 cm jordprofil som én jordprøve. Brug af et karteringsspyd ville sandsynligvis give et mere præcist geologisk profil, men prøvetagningsmængden ville være alt for lille i forhold til analysebehovet. Endvidere kan man ved brug af håndbor fornemme fremmede genstande, mens der med et kvarteringspyd er en

risiko for at banke spyddet igennem ledninger m.v. hvis disse ikke er meget præcist angivet på ledningsplanerne.

Prøvetagningspunkter er indmålt ved en GPS-5700 med en nøjagtighed på 10 mm vandret og 20 mm lodret. Koordinator er angivet i system 34 Sjælland og terrænkote i DNN. GPS-målingerne er foretaget i forhold til signal fra ca. 6 – 8 satellitter. Signalet er dog svagt på visse tidspunkter om dagen. Disse tidspunkter kan i forvejen aflæses i en web-almanak /17/. Der kan desuden være forstyrrelser ved målinger tæt på høje bygninger eller under høje træer. Det anbefales derfor, at indmål enkelte referencepunkter med GPS, så baggrundskort og indmålte boringer kan vurderes i forhold til hinanden. GPS- målingerne bør i øvrigt foretages i det koordinatsystem, som grundkortet findes i, da omregninger mellem de forskellige koordinatsystemer vil øge usikkerheden.

Hver jordprøve har fået et entydig prøvenr. bestående af lokalitetens ID-Zone, ID-felt nr.-boringsnr. og en dybdeangivelse. Alle jordprøver er udtaget i rilsanposer, lagt i køletasker og transporteret til miljølaboratoriet (NIRAS), hvor der er målt PID og foretaget en geologisk beskrivelse. Der er udtaget delprøver til de forskellige analyser. Prøveemballage er fremsendt af analyselaboratorierne og bestod af redcap-glas til olie- og PAH-analyse iht. Miljøstyrelsens standardmetoder, teflonkopper til EDXRF-analyse, plastposer til tungmetalanalyse med ICP og tørstofbestemmelse samt rilsanposer til udvidet PAH-, PCB-, phthalat-, pesticid- og dioxinanalyser.

2.10 ANALYSEARBEJDE

PID, pH, tørstofindhold og organisk indhold

For alle jordprøver er jordarten beskrevet og der er målt tørstofindhold, glødetab og PID-udslag (udslag målt med en Photoionisation-detektor, der giver udslag ved flygtige forureninger). For prøver udtaget i Ringsted er der desuden målt pH.

Tungmetaller

Alle prøver fra prøvetagningsfelterne i København er analyseret for As, Pb, Cr, Cu, Ni og Zn (uden anden forbehandling end tørring, jf. konklusionerne i /3/) med en feltteknik (Røntgenfluorescens teknik - EDXRF) hos Teknologisk Institut i Århus.

Tungmetallindholdet er herefter kontrolleret i ca. 10 – 20% af prøverne ved en akkrediteret ICP-analyseteknik (induktivt koblet plasma) hos AnalyCen, hvor der desuden er målt for Cd og Hg (cold vapor teknik).

Alle jordprøver udtaget i Ringsted er analyseret for Pb, Cd, Cr, Cu, Ni og Zn ved en akkrediteret ICP-analyseteknik hos AnalyCen. Et mindre antal prøver (ca. 25%) er også analyseret for As og Hg.

PAH

Alle jordprøver fra København og Ringsted er analyseret for sum af MST 7 PAH (polycykliske aromatiske hydrocarboner) ved Miljøstyrelsens standardmetode med en GC-MS-SIM teknik (gaschromatografi med masse spektrometri og selektiv ion monitorering) hos AnalyCen.

Til vurdering af PAH-sammensætningen er en række prøver (ca. 20% af prøverne i 2-10 cm's dybde) analyseret for et udvidet antal af PAH (27) samt 4 grupper af alkylerede PAH (C₃-phenanthrener, C₄-phenanthrener, C₂-

dibenzothiophener og C₃-dibenzothiophener). Analysen er udført hos Eurofins ved en GC-MS-SIM-teknik

Olie

En række prøver (ca. 10% af prøverne udtaget i 2- 10 cm's dybde) fra København og Ringsted er analyseret for olieculbrinter hos AnalyCen, og der er foretaget en vurdering af muligheden af, at prøverne har et naturligt indhold af kulbrinter, PAH m.v.

Phthalater, PCB, dioxin og pesticider

Ca. 3 - 10% af prøverne fra København og Ringsted er analyseret for phthalater (dimethylphthalat, diethylphthalat, di-n-butylphthalat, butylbenzylphthalat, DEHA, DEHP, di-iso-nonylphthalat og di-n-octylphthalat) og PCB (CB 28, CB 52, CB 101, CB 118, CB 153, CB 138, CB 180). Analyserne er udført ved GC-MS-SIM hos Eurofins (i ekstraktet fra en udvidet PAH-analyse). Desuden er ca. 3 - 5% af prøverne analyseret for dioxiner (polychlorerede dibenzofuraner og dibenzodioxiner). Denne analyse er udført ved GC-MS-SIM hos GfA Gesellschaft für Arbeitsplatz- und Umweltanalytik mbH, Tyskland.

I Ringsted er en række prøver (ca. 3%) analyseret for pesticider (Atrazin, DDT +DDE +DDD, Dichlobenil, Dieldrin, Lindan, Malathion, Parathion, Simazin) ved GC-MS-SIM hos Eurofins.

Kvalitetsmålinger

Der er udført nogle få analyser for tungmetaller, PAH og PCB på referencejord (standard). Der er ved udførelse af dobbeltbestemmelse på delprøver fra samme homogeniserede jordprøve foretaget en vurdering af analyseusikkerheden for målinger af tungmetaller med EDXRF og ICP samt for Miljøstyrelsens 7 PAH ved GC-MS-SIM.

2.11 DATABEHANDLING: DESKRIPTIV STATISTIK

Den deskriptive statistik giver et overblik over forureningsniveauet for de enkelte områder som helhed, men siger ikke noget om rumlige (spatielle) tendenser (f.eks. om forureningsniveauet aftager i en vis retning), som beskrives i afsnittet om geostatistik. Der henvises til lærebøger om statistisk for en uddybende beskrivelse på de anvendte teknikker /15/.

Resultaterne fra hvert enkelt testareal præsenteres med følgende parametre: minimum, maksimum og gennemsnit samt koncentrationerne som repræsenterer 10%, 25%, 50% (medianværdien), 75% og 90% datafraktiler. Resultaterne afrundes til to betydende cifre i oversigtstabellerne.

Fraktiler

Ved beregning af fraktilværdier i oversigtstabellerne returneres kun målte værdier, hvis rangordenen svarer til de ønskede fraktiler, ellers interpoleres mellem de to værdier til hver side. Beregningen for den "k'te" fraktil på "n" antal datapunkter udføres som følger:

Hvis k er et multiplum af $1/(n-1)$, angives en værdi for fraktilen svarende til en målt værdi, svarende til den ønskede k 'te fraktil.

F.eks. vil 0,25 fraktil for 9 datapunkter svare til det tredje datapunkt, 0,375 fraktil = 4. datapunkt, 0,5 fraktil = 5. datapunkt, 0,75 fraktil = 7. datapunkt.

I modsat fald interpoleres en værdi mellem de to nærmeste værdier.

F.eks. vil 0,8 fraktil svare til en værdi mellem 7. og 8. datapunkt

Ligeledes anvendes ved beregning af en medianværdi en interpoleret værdi for datasæt med et lige antal datapunkter. Det vil sige, at et datasæt opfattes som et kontinuum. I /15/ er der redegjort for nødvendigheden af interpolation, samt beregningsprocedurer, såfremt der ikke findes en "unik" værdi. Dette er ikke problematisk, hvis der er mange datapunkter, men mindre tilfredsstillende ved få data. Derfor vises ved mindre end 7 data alene min., max., medianværdien og evt. gennemsnittet.

Desuden illustreres udvalgte analyseparametre som fraktilplot, hvor hvert datapunkt plottes som en fraktil, jf. /15/. På fraktilplottet kan der aflæses, hvilket datapunkt (X), der svarer til f.eks. 0,80 fraktil. Dette betyder, at 80% af dataene har koncentrationer svarende til eller er mindre end X . Fordelen ved et fraktilplot er, at alle datapunkter er vist, og figurens udseende herunder datafordelingen er uafhængig af koncentrationsintervaller (som f.eks. ved histogrammer).

Data under detektionsgrænser

Der er anvendt forskellige analysemetoder med forskellige detektionsgrænser, jf. tabel 2.4–2.9. Dette har dog ikke betydning, hvis resultaterne er væsentligt større end detektionsgrænserne, men er problematisk ved arsen, chrom og nikkel. Koncentrationsniveauerne for disse metaller i testarealer er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder.

I /15/ angives, at hvis 15% af dataene er under detektionsgrænsen, kan der anvendes en værdi svarende til

- den halve af detektionsgrænsen,
- detektionsgrænsen
- eller en passende lav værdi.

Hvis 15–50% af dataene er under detektionsgrænsen, kan der overvejes en datahåndtering, hvor der fjernes data fra begge ender af fordelingen. I så fald er der behov for en større datamængde og en symmetrisk fordeling. Såfremt 50 – 80% af dataene er under detektionsgrænsen, bør det overvejes at anvende andre parametre til beskrivelse af dataene, f.eks. 0,75 fraktil.

Af hensyn til databehandlingen skal det generelt bemærkes, at resultater under detektionsgrænsen angives med en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Dette har betydning ved beregning af gennemsnitsværdien. I oversigtstabellerne er der derfor kun vist en værdi for gennemsnittet, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. I modsat fald er der kun vist minimum, maksimum og medianværdien.

Medianværdien vil være upåvirket af data under detektionsgrænsen, hvis den ligger over detektionsgrænsen, men for at undgå misvisende fraktilværdier i oversigtstabellerne, anvendes betegnelsen “i.p.” for resultater under detektionsgrænsen. Parametre med værdier under detektionsgrænserne er typisk chrom, nikkel og arsen samt enkelte PAH.

Gennemsnit

Gennemsnitsværdien kan være påvirket af metoden for angivelse af data under detektionsgrænsen. For at belyse problemet, er der med data fra Nyboder foretaget en følsomhedsanalyse for chrom, nikkel og arsen.

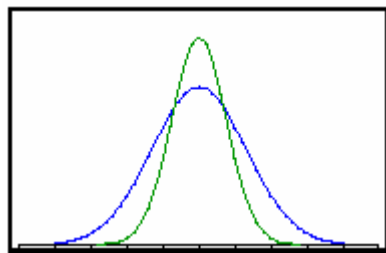
Jordkvalitetskriterium	As	Cr	Ni
Detektionsgrænse EDXRF	20	500	30
Detektionsgrænse ICP	2	10	5
	2	0,2	0,6
	Gennemsnit		
I alle data (51)	8,8	21,3	10,4
i.p. sættes til ½ det. gr.			
II alle data (51)	16,4	21,7	11,0
i.p. sættes til det. gr.			
III alle data (51)	1,1	20,9	9,7
i.p. sættes til 0			
IV Kun data > det. gr. (antal data)	4,7 (12)	22,7 (47)	12,6 (38)
V Kun EDXRF data (39)	10	24,5	10,7
i.p. sættes til ½ det. gr.			
VI Kun EDXRF data (39)	20	25,5	11,5
i.p. sættes til det. gr.			
VII Kun ICP data (12)	4,7	9,3	9,2
(ingen data < det. gr.)			

TABEL 2.12 FØLSOMHEDSANALYSE AF METODEN TIL BEREKNING AF GENNEMSNIET (MG/KG TS)
Sensitivity analysis of the method used to calculate the mean (mg/kg dw)

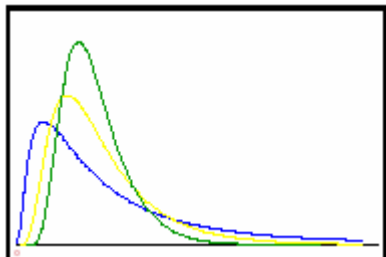
Som det ses af tabel 2.12, har anvendelse af resultater under detektionsgrænsen med en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen næppe betydning, når de fleste prøver er over detektionsgrænsen, som tilfældet er for chrom- og nikkelresultater (sammenlign I og II samt V og VI for Cr og Ni). Anvendelse af resultater under detektionsgrænsen med en værdi svarende til detektionsgrænsen betyder, at gennemsnittet er lidt højere. Derimod ses store forskelle i gennemsnitsberegninger for arsen, hvor detektionsgrænsen ved EDXRF ligger over koncentrationsniveauet for arsen. Desuden ses, at målinger af Cr ved EDXRF er mindre nøjagtige tæt på detektionsgrænsen (I -VI sammenlignes med VII).

Datafordeling og betydning ved databehandling

Hvis et sæt prøver repræsenterer punkter fra en normalfordeling, kan resultaterne beskrives ved gennemsnittet og variansen (symmetrisk spredning af data på hver side af gennemsnittet). Et sæt prøver fra en normalfordeling vil i praksis være begrænset til en endelig størrelse og vil derfor være t-fordelt. Histogrammerne for en normalfordeling med en stor varians vil være bredere end en fordeling med en lille varians som illustreres i figur 2.5.



FIGUR 2.5 HISTOGRAMMER FOR TO NORMALFORDELINGER MED HHV. EN STOR OG LILLE VARIANS
Histograms showing two normal distributions with a large and a small variance



FIGUR 2.6 HISTOGRAMMER FOR LOGNORMALFORDELINGER
Histogram showing log normal distributions

Miljødata viser derimod ofte en asymmetrisk fordeling af værdier med en lang hale til højre på fordelingen (høje værdier), jf. figur 2.6. Dette betyder, at forudsætningen for mange statistiske standard tests ikke er opfyldt. Da funktionen $Y=\ln(X)$ for lognormale data er normalfordelt, kan en logaritme-transformation af værdierne betyde, at dataene bliver tilnærmelsesvis normalfordelte. En sådan transformation er nødvendigt, hvis der skal anvendes statistiske tests eller geostatistiske databehandlinger, idet disse forudsætter, at dataene er normalfordelte, bl.a. ved beregning af gennemsnit og konfidensinterval for dette.

I alle datatabeller vises dog gennemsnittet, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Hvis gennemsnittet og 0,5 fraktil (medianværdien) er forskellige, er der tale om en asymmetrisk fordeling - hvis der f.eks. findes høje værdier, vil gennemsnittet være højere end median.

Hvis dataene er normalfordelte (symmetriske omkring gennemsnittet), vil et fraktilplot have en S-form med en relativt flad sektion i midten. Derimod vil en stor spredning i koncentrationsniveauet betyde, at kurven stiger brat. Hvis dataene er asymmetriske med en lang hale (høje værdier) til højre ses en stejl stigning i den øverste højre del af kurven i forhold til den nederste venstre del.

Miljødata kan dog også være anderledes fordelt, og man skal være opmærksom på dette, hvis forskellige datasæt skal sammenlignes.

Udover tabellerne med deskriptiv statistik og fraktilplot er der desuden foretaget en analyse af datafordelingen. Til databehandlingen er anvendt forskellige værktøjer fra Excel og **R** (**R** er statistiske og grafiske værktøjer udviklet ved Bell Laboratories som "open source" og kan gratis downloades fra Internettet, <http://www.r-project.org/>). Kun resultater og særlig interessante figurer er inkluderet i rapporten.

Det er analyseret, om dataene er normalfordelte med angivelse af følgende parametre:

Skewness:	Afvigelse fra symmetri omkring gennemsnit, hvor en normalfordeling har en værdi på 0. Positive værdier indikerer en lang hale til højre og negative værdier indikerer en lang hale til venstre.
Kurtosis:	Længden (størrelsen) af halen, hvor en normalfordeling har en værdi på 0. En høj værdi indikerer, at fordelingen har en høj top og en lang hale i forhold til en normalfordeling, mens en negativ værdi indikerer en bred top og kortere hale i forhold til en normalfordeling.
Normal-Q-Q-plot:	Data er plottet i forhold til fraktilerne i en normalfordeling. Dette svarer til at plotte data på normalfordelingspapir. Her er blot anvendt teoretiske variabler i en standard normalfordeling som x-akse frem for fraktilerne. Disse akser er lineære og kan bedre håndteres af et elektronisk medie. For en ideel normalfordelt variabel vil punkterne ligge på en ret linie. For hvert plot er angivet den bedst tilpassede linie. Ekstreme værdier eller såkaldte "outliers" kan identificeres ved deres beliggenhed langt fra denne linie. Et sæt prøver fra en normalfordeling vil i praksis være begrænset til en endelig størrelse, og vil derfor være t-fordelt og udgøre en svag s-form i plottet. En udpræget s-form betyder imidlertid, at fordelingen har længere haler end normal- eller t-fordelingen. En U-form betyder, at fordelingen er skæv i forhold til en normal- eller t-fordeling.
Shapiro-Wilk (W):	Test til at vurdere om data er normalfordelte. Testen bygger på korrelationen imellem fraktilerne i en standard normalfordeling og de rangordnede værdier i datasættet. Den er dermed direkte relateret til ovenstående Q-Q-plot. Nulhypotesen er, at den sande fordeling er en normalfordeling. Sandsynligheden (p) for det aktuelle udfald af hver test angives. Ved $p < 0,05$ er testen signifikant og nulhypotesen forkastes, dvs. at datafordelingen ikke er normalfordelt.

Korrelation imellem parametre

Pearsons korrelation, R, imellem de enkelte parametre indikerer, om der er et lineart forhold imellem to parametre, hvor en positiv værdi på 1 betyder et perfekt positivt lineart forhold (begge parametre vokser) og en negativ værdi på -1 betyder et perfekt negativt lineart forhold (en parametre aftager, mens den anden vokser). En værdi tæt på 0 betyder, at der ingen korrelation er imellem parametre. Pearsons korrelation forudsætter normalfordelte data.

Herudover kan der udføres regressionsanalyse, samt x-y plots med angivelse af R^2 (ofte benævnt forklaringsgrad), hvor R^2 ligeledes kan have en værdi mellem -1 og +1.

Følgende beskrivelser i tabel 2.13 er anvendt i forbindelse med databehandling:

R	R^2	Beskrivelser
>0,87	>0,75	God korrelation
0,71 - 0,87	0,5 - 0,75	Rimelig korrelation
0,5 - 0,71	0,25 - 0,5	Tvivlsom korrelation*
<0,5	<0,25	Ingen korrelation*

* Der kan stadig være en sammenhæng, men denne kan ikke belyses pga. utilstrækkelig datamængde

TABEL 2.13 DEFINITION AF BESKRIVELSER VED KORRELATIONSANALYSE
Definition of description of correlation

Sammenligning af datasæt

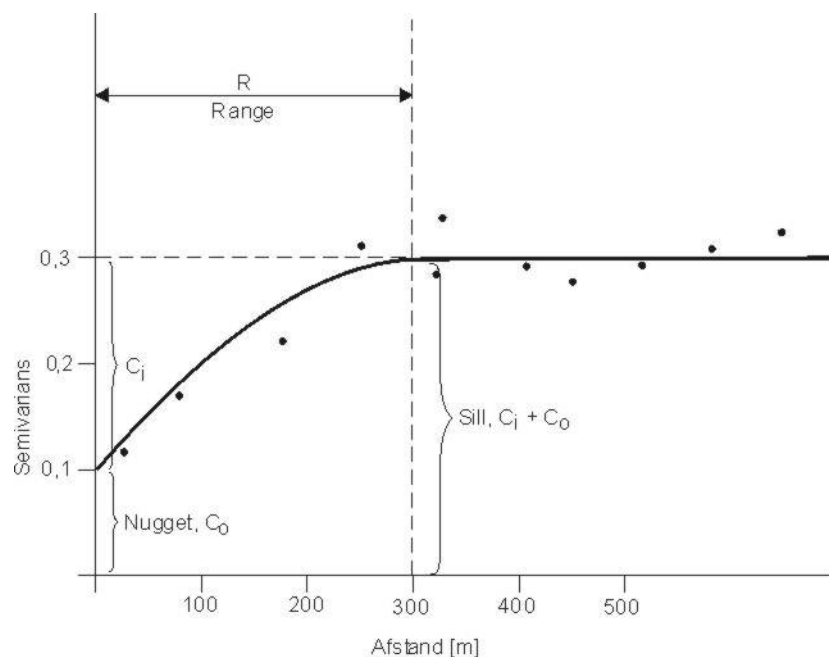
Såfremt fordelingerne ikke er normal eller lognormal anvendes en non-parametrisk test, "Wilcoxon Rank Sum Test" til at sammenligne data f.eks. fra forskellige dybder eller delområder. For normalfordelt data anvendes en t-test til at sammenligne gennemsnittet.

2.12 DATABEHANDLING: GEOSTATISTIK

Geostatistikken anvendes til at vurdere rumlige (spatielle) tendenser og til at estimere koncentrationsniveauer samt usikkerheder for estimatet over et testareal. I bilag B er vedlagt en indledende beskrivelse af den matematiske teori ved geostatistisk.

Geostatistikken bygger på, at målinger på prøver, der er udtaget tæt på hinanden, er mere ens end målinger på prøver, der er udtaget med større afstand. Målingerne siges, at være "korrelerede" inden for en vis afstand. Denne afstandskorrelation betegnes i det følgende som **spatiel korrelation**.

Geostatistisk databehandling beregner forskel i varians mellem dataværdier, lokaliseret i forskellig afstand fra hinanden. Alle data inden for forskellige afstandsintervaller (*lag*), f.eks. 0-10, 10-20 m m.fl. sammenlignes parvis. Herefter laves et XY-plot af forskellen i variansen mod afstanden. Et XY-plot er vist i figur 2.7. Figuren kaldes et eksperimentalt semivariogram. Ved at vælge forskellige lagintervaller, ændres udseende af det eksperimentalt semivariogram. Det er således vigtigt at foretage følsomhedsberegninger og vælge realistiske lagintervaller i forhold til områdets størrelse og forventningen om forureningsspredningen.



FIGUR 2.7 ET SEMIVARIOGRAM
A semivariogram

Der kan genereres teoretiske modellinier, som "fittes" til det eksperimentelle semivariogram og som beskriver det matematiske forhold for variansen mellem datapunkterne.

Skæring af Y-aksen af den teoretiske modellinie, C_0 , betegnes “**nugget**” og er udtryk for summen af jordmediets mikrovariation og måle-/analyseusikkerhed, der vil bidrage til usikkerheden på estimatet af koncentrationen i ethvert punkt, uanset afstanden til nært beliggende målepunkter. I figur 2.7 er nuggetvarians = 0,1.

Alle datapunkter, der ligger tættere end afstanden “**R**”, **range** (som i figur 2.7 er 300 m), viser spatiel korrelation. Der siges, at data er korrelerede inden for en “range” af 300 m, dvs. jo tættere datapunkterne ligger, jo mindre er variansen mellem punkterne. Ved afstande større end “**R**”, er variansen høj og tilfældig med en værdi svarende til omkring $C_0 + C_1$ - denne værdi betegnes “**sill**”. I figur 2.7 er sillvarians = 0,3. Data er ikke korrelerede ved afstande større end “**R**”, dvs. afstanden har ingen betydning for variansen mellem punkter med en afstand større end 300 m.

Prøver udtaget tættere end afstanden “**R**” er korrelerede. Dette indikerer, at den maksimale prøvetagningsafstand bør være mindre end **R** hvis der skal ekstrapoleres mellem datapunkterne, f.eks. ved kortlægning. Udover at ekstrapolere (estimere) koncentrationsniveauerne i alle vilkårlige punkter ved hjælp af kriging, kan den teoretiske model anvendes til at beregne et konfidensinterval for de estimerede værdier. Kriging er en teknik til at interpolere mellem datapunkter. Der forudsættes at dataene udgør en regionaliseret variabel og forskellige metoder kan anvendes til at vægte de enkelte dataværdier.

Hvis dataene alene viser “**nugget**” og ingen “**sill**” er der tale om et inhomogent medie uden spatiel korrelation. I sådanne tilfælde er det muligt at beskrive områdets data med et gennemsnit og konfidensinterval (dette forudsættes at data er normal- eller lognormalfordelte) eller med et interval, med f.eks. 5 og 95% fraktiler.

Det er således vigtigt at finde en teoretisk model, som bedst beskriver semi-variogrammet og dermed giver de bedste skøn for “**nugget**”, “**sill**” og “**range**”. En væsentlig del af databehandlingen i den geostatistiske databehandling omhandler tilpasning af den teoretiske model samt validering og krydsvalidering af denne for at sikre, at den matematiske løsning er korrekt og troværdig.

Semivariogrammodellen kan anvendes til at forudsige (beregne) værdierne af de undersøgte parametre i vilkårlige punkter i planen. De beregningsalgoritmer, der anvendes er *simpel kriging*, *ordinær kriging* og *universal kriging*. De formelle i forskelle imellem disse metoder bør ikke negligeres. *Simpel kriging* forudsætter formelt at der er den samme forventningsværdi til den undersøgte parameter i hele det undersøgte område, hvorimod dette ikke er tilfældet for *ordinær kriging*. *Universal kriging* anvendes hvis der er en trend i variationen, der er betinget af f. eks fysiske forhold. Der er i nærværende undersøgelse udelukkende anvendt *ordinær kriging*. Alle tre metoder forudsætter at de parametre, der undersøges er normalfordelt

En væsentlig styrke ved krigingsmetoden er at de estimerede værdier også er normalfordelte. Der beregnes derfor såvel et estimat som en standardafvigelse for dette estimat. Standardafvigelsen vil afhænge af især nugget, modellen og afstanden til de målte punkter i planen. **Nugget** må opfattes som mikrovariation, og i tilfælde af kemiske parametre som det er tilfældet her, også af prøvetagnings- og analyseusikkerhed. I denne undersøgelse er standardafvigelsen og normalfordelingsegenskaben anvendt til at estimere sandsynligheden for at et en

prøve udtaget et givet sted i planen er *større* end jordkvalitetskriteriet (JKK). Tilsvarende er der estimeret en sandsynlighed for at et prøve udtaget et vilkårligt sted i planen er *mindre* end afskæringskriteriet (ASK) for det pågældende stof.

Ved at inddrage flere korrelerede parametre i en multivariate analyse styrkes den matematiske beskrivelse af et semivariogram, som nu kaldes et krydssemi-variogram (da varians for flere parametre sammenlignes på kryds). De tilsvarende krigingsalgoritmer til at prediktere de analyserede parametre kaldes henholdsvis simpel cokriging, ordinær cokriging og universal cokriging.

Cokriging giver et bedre prædiktionsniveau (mindre varians, dvs. mindre usikkerhed) af de estimerede værdier sammenlignet med resultatet fra den tilsvarende univariate kriging og bør derfor anvendes, såfremt flere variabler samtidig undersøges /33/. Cokriging har imidlertid sin største fordel, hvor en eller flere variabler kun er målt i én fraktion af prøvetagningspunkterne. I praksis har det imidlertid vist sig vanskeligt at finde software, der kan håndtere manglende målinger, dvs. at der kun kan behandles datapunkter, hvor alle parametre er målt. Generering af krydssemivariogrammer har vist sig at være et effektivt værktøj ved modeltilpasning af det eksperimentelle semivariogram, idet flere variabler kan modelleres i en arbejdsgang. Men anvendelse af cokriging ved estimering af koncentrationsniveauer gav hyppigt numeriske problemer for det anvendte software.

Det er ikke muligt her at redegøre detaljeret og systematisk for den teoretiske og matematiske baggrund for geostatistikken, dels fordi emnet er meget omfattende og dels fordi det ligger uden for rapportens formål - se i øvrigt bilag B. Men enhver, der anvender geostatistiske analyser, må dog opfordres til at opnå et minimum af indsigt heri. Der vil dog her blive nævnt nogle af de forudsætninger, de enkelte analyser hviler på, samt introduceret begreber og termer, der er anvendt i de følgende kapitler. Det kan anbefales, at der læses anden relevant litteratur, såfremt der ønskes en nærmere introduktion til den geostatistiske databehandling /30-33/.

Kontrol af forudsætninger og fortolkninger

Det kan i praksis ofte være vanskeligt at afgøre, om den undersøgte parameter opfylder de forudsatte antagelser og betingelser for den geostatistiske analyse. Det gælder ikke mindst antagelsen om normalfordelingen.

Normalfordelingskravet kan undersøges med de metoder, der er nævnt i ovenstående afsnit om anvendte deskriptive metoder. Som det ofte er tilfældet med mange naturlige stokastiske variabler, er geokemiske data ofte lognormal fordelte. Det betyder, at det er nødvendigt at logaritme-transformere de pågældende parametre før analysen. Den estimerede koncentration og konfidensintervallet skal derfor tilbagetransformeres, før de kan anvendes ved kortlægning. Ved denne procedure introduceres en uundgåelig bias, der ses som et skævt konfidensinterval, med en forholdsvis høj øvre grænse.

På trods af logaritmisk transformering af data forekommer der på grund af ekstreme værdier i flere tilfælde afvigelse fra normalfordelingen. Afvigelse fra normalfordelingen for det samlede datamateriale kan imidlertid også ofte skyldes forhold, der knytter sig til særlige spatielle forhold i det undersøgte område, det anvendte undersøgelsesdesign eller en kombination. I sådanne tilfælde kan datafordelingen undersøges isoleret i forskellige delområder. Såfremt

betingelserne for en normalfordeling er tilnærmelsesvist opfyldt i disse delområder, anses det for forsvarligt at udføre analysen på området som helhed.

Det kan ligeledes være nødvendigt med en særskilt undersøgelse af semivariogrammerne inden for forskellige delområder, idet variogrammet kan ændre karakter inden for det undersøgte område.

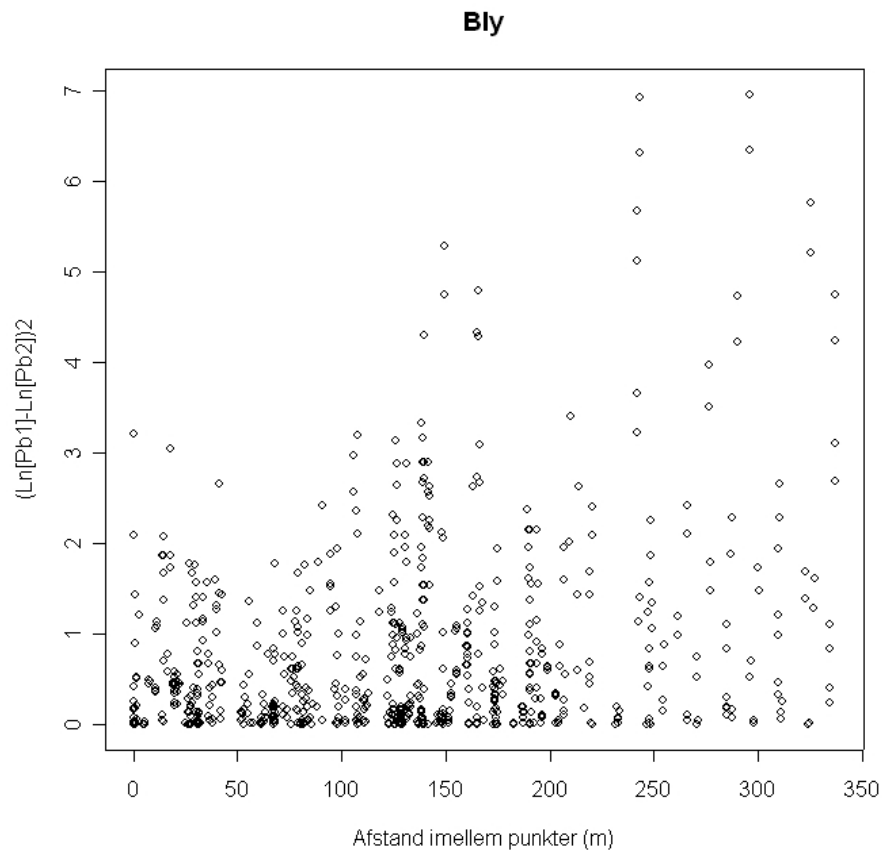
Validering af den spatielle korrelation, som anvist af den valgte teoretiske model, kan testes med Moran's I-test. Testen er imidlertid tidskrævende og ikke særlig følsom. Derfor anvendes oftest grafiske metoder.

Flere simple plot og grafiske afbildninger er relevante forud for konstruktionen af semivariogrammet. Der bør foretages følgende aktiviteter:

- granske datamaterialet på kort
- evaluere fordelingerne i forhold til normalfordelingen
- identificere eventuelle ekstreme værdier

Scatterplot af kvadrerede differencer plottet mod afstanden mellem punkt-observationer kan bidrage til et grundlæggende og simpelt billede af den spatielle korrelation, samt med informationer om den geografiske skala for variationen. Hvis der er en spatiel korrelation, må det forventes at de kvadrerede differencer vokser med afstanden imellem prøvepunkterne. Et scatterplot illustreres i figur 2.8.

Ved spatiel korrelation må der forventes en positiv korrelation imellem de kvadrerede differencer og afstande inden for den korrelerede "*range*" for varians. En sådan korrelation kan evt. testes med Spearmans korrelationskoefficient, der er velegnet til at vurdere voksende (monotone) stokastiske funktioner. Spearmans korrelationskoefficient test er en såkaldt "fordelingsfri" rangtest.



FIGUR 2.8 ILLUSTRATION AF ET SCATTERPLOT AF AFSTAND OG KVADREREDE DIFFERENCER IMELLEM LOGARITMISK TRANSFORMEREDE KONCENTRATIONER I PARVISE PRØVEPUNKTER FOR BLY. TESTAREAL B-KARTOFFELRÆKKERNE
Illustration of a scatter plot of distance and squared difference between log-transformed concentrations in pair wise sampling points for lead. Test area B- Kartoffelrækkerne

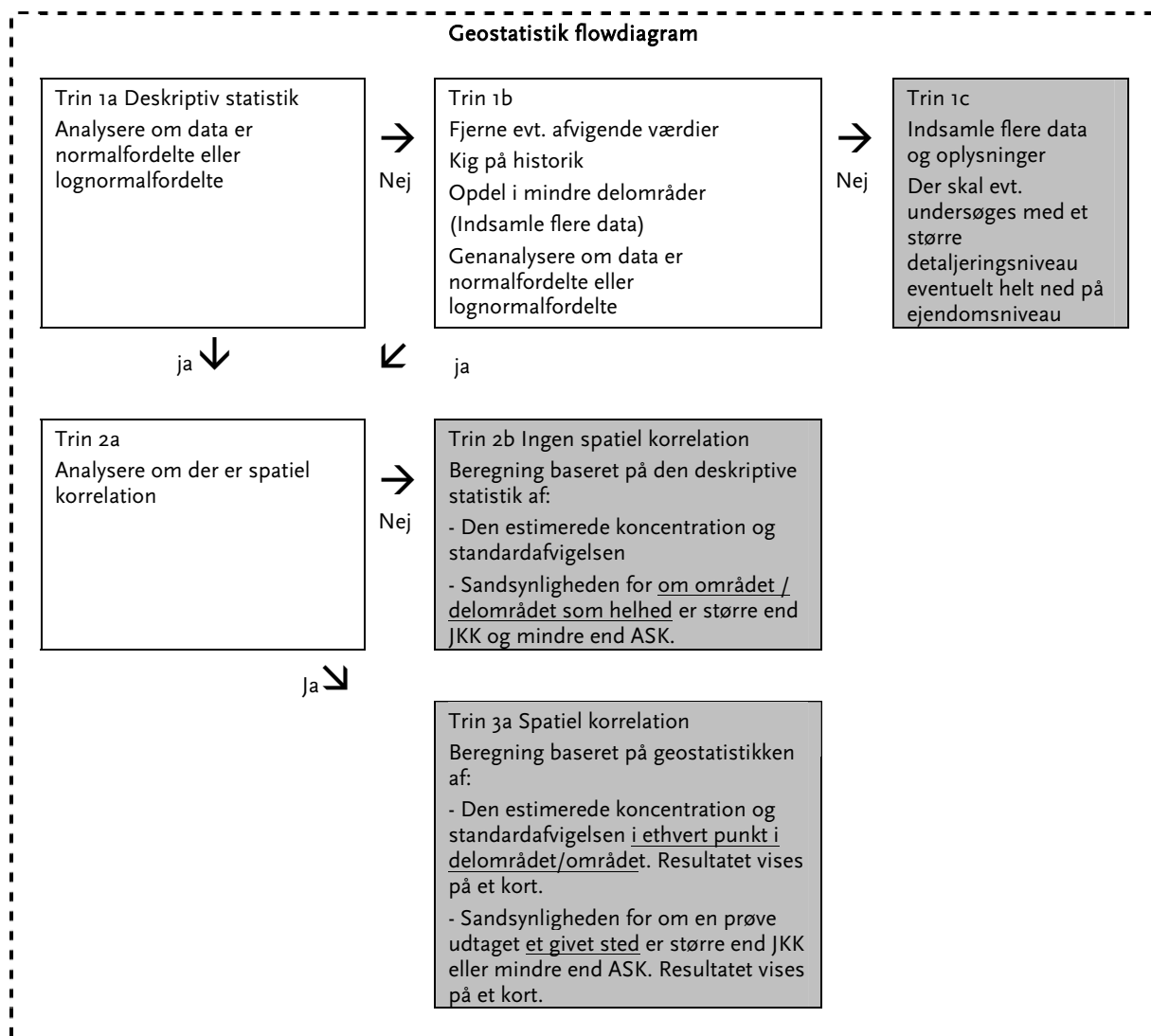
Ved evalueringen af variogrammet er det især vigtigt at evaluere de punkter i semivariogrammet, som viser større eller mindre hop eller dyk i estimerede semivarianser, idet disse også kan påpege særlige spatielle forhold på det undersøgte område (en vej, et areal med andet forureningsmønster m.fl.). Disse afvigelser er dog kun relevante, hvis de ses indenfor den korrelerede *range* for varians (mindre end 300 m i figur 2.7). Større eller mindre hop eller dyk i de estimerede semivarianser i et afstandsinterval (*lag*) større end "*range*" kan skyldes mere tilfældige irrelevante forhold snarere end de egenskaber, der er knyttet til den spatielle variation.

Det kan være vanskeligt at vurdere, om semivariansen er en entydigt voksende funktion, især når *nugget* udgør en betydelig del af den totale variation, som det ofte kan være tilfældet for diffus jordforurening. Også her benyttes Spearmans korrelationskoefficient i det kritiske område fra *lag=0* til *lag > Range*.

Endelig er det vigtigt at vurdere, hvilken indflydelse ekstreme værdier har på variogrammet. Den mest sårbare kombination er ekstreme værdier kombineret med ekstrem beliggenhed. Evt. konstrueres variogrammet både med og uden disse værdier.

Geostatistisk flowdiagram

I figur 2.9 er de forskellige trin som gennemgås i forbindelse med en geostatistisk analyse opstillet.



FIGUR 2.9 FLOWDIAGRAM FOR GEOSTATISTIK
Flow diagram for geostatistical analysis

Trin I: Er data normal- eller lognormalfordelte?

- Data skal være normalfordelte (eller lognormalfordelte) for at der kan foretages estimering af koncentrationsniveauer, konfidensintervaller eller sandsynlighed for overskridelser af JKK og ASK.
- Da dataene skal være normalfordelte, vil analysen være følsom over for afvigende data punkter, og for delområder, som viser stor heterogenitet, for skævhed i prøvetagningsplanen (f.eks. at der indsamles flere punkter fra et delområde med et afvigende niveau) eller over for historiske begivenheder, som har påvirket kulturlaget.
- Hvis det ikke ved en dyberegående dataanalyse og opdeling i delområder iht. historik, er muligt at beskrive, hvorvidt data er normal- eller lognormalfordelte (trin 1b) bør det vurderes, om der skal udtages flere jordprøver (trin 1c).
- Arealer med stor heterogenitet findes især i områder med høj udnyttelsesgrad, lang historik og mange skiftende arealanvendelser, hvor

der er foretaget diverse renoveringer og jordudskiftning. Disse typer arealer kan formentlig kun kortlægges ved et større deltaljeringsniveau, eventuelt helt ned på ejendomsniveau.

Trin 2: Analyse af spatiel korrelation

- Hvis variansen mellem punkter tæt på hinanden er af samme størrelse som mellem punkter med stor afstand, er der ingen spatiel korrelation.
- Der skal være et vist antal punkter inden for hvert afstandsinterval. Forskellige parametre kan optimeres i forbindelse med analysen, f.eks. lagafstanden, men det er vigtigt, at der er et tilstrækkeligt antal datapunkter til at definere formen for det eksperimentelle semivariogram – der skal altså være et vist antal prøver. Antallet er til dels uafhængigt af arealets størrelse, men er ofte afhængigt af områdets heterogenitet.
- På de ældre områder ses stor variation i koncentrationsniveauet. Dette betyder, at “nugget” – variansen inden for kort afstand tilnærmer sig værdien for “sill” – variansen mellem ukorrelerede punkter på stor afstand. Dette giver meget støj i semivariogrammet og gør det svært at validere hvilken teoretisk modelligning, der skal anvendes til at beskrive data i det eksperimentale semivariogram. Dette betyder også, at arealer uden spatiel korrelation kan vise ren “nugget” effekt, dvs. variansen mellem punkterne tæt på hinanden er samme størrelse som mellem punkter på stor afstand.
- Mens værktøjet til at lave krydssemivariogrammer er meget nyttigt, idet mange parametre kan evalueres samtidigt i forbindelse med simulering af den matematiske modelformulering, har det vist sig problematisk at anvende cokriging. Ordinær kriging er anvendt til estimering af koncentrationsniveauer m.v.
- Scatterplot af kvadrerede differencer plottet mod afstanden mellem punktobservationer kan bidrage til et grundlæggende og simpelt billede af den spatielle korrelation, og med information om den geografiske skala for variationen.
- Hvis den spatielle korrelation ikke kan påvises, vil den indledende databehandling i forbindelse med den geostatistiske analyse (efter inddragelse af historik, følsomhedsanalyse af afvigende målinger m.v.) ofte indikere en rationel opdeling i delområder, og det kan undersøges, om data fra delområdet er normal- eller lognormalfordelte, jf. trin 1b. Ligesom i trin 1b, kan det vurderes, om der skal udtages flere jordprøver.
- Hvis der ikke findes spatiel korrelation, kan alle data for et delområde behandles under ét, dvs. at der kan på baggrund af den deskriptive statistik beregnes ét gennemsnit og ét konfidensinterval for hele delområdet, jf. trin 2b.
- Hvis der ikke findes spatiel korrelation kan der på basis af på grundlag af en fordelingsfunktion for normalfordeling foretage en beregning med arealets gennemsnit og standardafvigelse af sandsynligheden for, om koncentrationsniveauet for hele delområdet under ét er højere end JKK og mindre end ASK.

- Logaritme-transformerede data eller ikke- transformerede data kan kun bruges, hvis de er normalfordelte. Dette kræver en omhyggelig afgrænsning af delområderne.
- Ligesom i trin 1c, kan det vurderes, om der skal udtages flere jordprøver for at forbedre datagrundlag i kritiske delområder.

Trin 3: Beregning af spatiel forhold på arealet

- Når der er opnået en matematisk beskrivelse af, hvorledes de enkelte punkter er relateret til hinanden i forhold til deres indbyrdes afstand, kan man tegne et kort med anvisning af koncentrationen og konfidensintervaller.
- Sandsynligheden for overskridelse af JKK og ASK kan i ethvert punkt beregnes på grundlag af den geostatistiske analyse, dvs. semivariogrammodellens estimat af såvel koncentration som standardafvigelse.
- Alle usikkerhedsbidrag vil være indeholdt i denne sandsynlighed, der grundlæggende er et udtryk for, med hvilken sandsynlighed der vil kunne måles en koncentration over eller under jordkvalitetskriteriet, hvis en prøve fra det pågældende sted blev udtaget og analyseret.

Fordelen ved beskrivelsen af det spatielle (rumlige) forhold er, at koncentrationen beskrives som et kontinuum, og at det er muligt at håndtere mindre delområder, hvor der findes større eller mindre varians. Det vil sige, at estimatet for koncentrationsniveau og konfidensinterval samt sandsynligheden for, hvorvidt jorden på et givet sted i området ligger over jordkvalitetskriteriet, er baseret på de faktiske målinger i nærheden af stedet – altså den spatielle korrelation, idet målinger tæt på hinanden vil være mere ensartede end målinger foretaget på større afstande.

3 Testareal A - Nyboder

3.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Den sydlige del af Nyboder, fra Sølvgade til Suensonsgade, blev etableret af Christian IV i 1641, og bestod af ét-etageshuse med lergulv og kalkpudsede vægge. I 1779 blev en større del af Nyboder ødelagt ved en eksplosion af et krudttårn ved Østerport. I området kaldet "Grønland" mellem Kastellet og Østervold nord for Gernersgade etableredes fra 1788 rækkehuse i to etager. Af den oprindelige sydlige del af Nyboder ses kun én længe i Skt. Pauls Gade, mens den nordlige del af Nyboder er intakt. I perioden 1850-1900 sælges forskellige grunde i den sydlige del af Nyboder til privat bebyggelse og der etableres diverse etageejendomme /12/. Tidligere og nuværende industrigrunde (bl.a. baggårdsvirksomheder) er tidligere blevet kortlagt /4, 5/. Der er ikke udtaget prøver fra disse lokaliteter. Endvidere er der ingen oplysninger om opfyldte arealer eller lossepladser i området /6/.

Testarealet afgrænses af Sølvgade, Rigensgade og St. Kongensgade, og udgør i alt ca. 0,21 km², jf. figur 3.1.

3.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

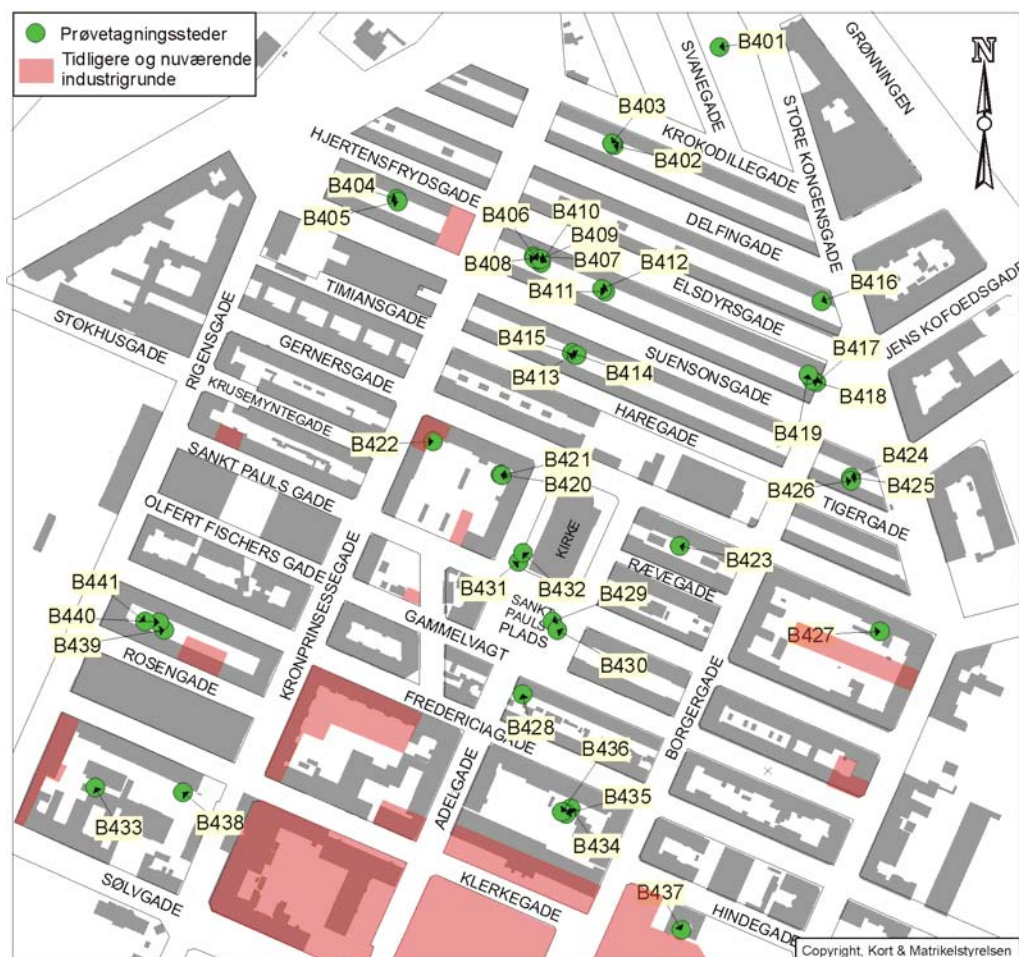
Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i juni 2002. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 3.1.

Der er udtaget prøver fra 41 prøvetagningspunkter, fordelt på 21 felter. I baghaverne til rækkehusene er udtaget prøver fra 22 punkter, fordelt på 9 felter. I baggårdene ved etageejendommene er der udtaget prøver fra 15 punkter, fordelt på 10 felter. I græsplænen omkring Skt. Pauls kirke er der udtaget prøver fra 4 punkter, fordelt på 2 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, muld sandet/gruset med indhold af teglstykker, mørkbrun. Fyldlaget er ikke gennemboret i 1 m's dybde. I dybden er jorden ofte mere leret. Terrænkoten varierer fra +3,3 m DNN til +7,6 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over analyseresultaterne er gengivet i tabellerne 3.1, 3.2 og 3.8. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 3.3, 3.4 og 3.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.



FIGUR 3.1 OVERSICHTSPÅN OVER TESTAREAL A - NYBODER
Overview of test area A – Nyboder

3.3 DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH

I tabel 3.1, 3.2 og 3.8 angives oversigter over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Koncentrationsniveauerne for arsen, chrom og nikkel er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p.(ikke påvist).

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.	JKK	% data >JJK	ASK	% data >ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
Arsen	ICP	0,1	12	3,2	3,7	4,3	4,7	5,1	5,5	7,3	4,5	20		20	
	EDXRF	0,1	39	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.					
	ICP	0,3	2	4,2			4,4			4,6	4,4				
	EDXRF	0,3	39	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.					
		0,55													
Bly		1,05													
		0,1	51	23	44	140	360	530	590	2700	390	40	90	400	41
		0,3	41	18	35	180	370	440	500	620	310		88		29
		0,55	11	19	140	260	280	340	360	380	270		91		
		1,05	7	78	93	130	140	180	330	510	210		100		14
Cadmium		0,1	12	0,2	0,4	0,5	0,8	1,0	2,0	2,1	0,9	0,5	83	5	
		0,3	2	0,5			0,8			1,2	0,8		50		
		0,55													
		1,05													
Chrom	ICP	0,1	12	5,0	5,9	8,4	9,1	11	11	14	9,3	500		1000	
	EDXRF	0,1	39	i.p.	13	19	26	32	40	48	25				
	ICP	0,3	2	6,4			7,9			9,4	7,9				
	EDXRF	0,3	38	i.p.	i.p.	i.p.	16	27	36	47					
	EDXRF	0,55	11	i.p.	i.p.	i.p.	14	22	39	65					
	EDXRF	1,05	7	i.p.	i.p.	i.p.	13	23	27	37					
Kobber		0,1	51	8	25	53	80	110	130	310	84	500		1000	
		0,3	41	3	25	67	83	110	140	250	85				
		0,55	11	15	50	62	87	110	120	140	85				
		1,05	7	40	50	60	82	130	170	190	98				
Kviksølv		0,1	12	0,0	0,5	0,6	1,2	1,5	1,8	4,2	1,3	1	50	3	8
		0,3	2	1,3			1,8			2,3	1,8		100		
		0,55													
		1,05													
Nikkel	ICP	0,1	12	6,0	7,0	7,2	8,3	11	14	14	9,2	30		30	
	EDXRF	0,1	39	i.p.	i.p.	i.p.	12	16	18	24					
	ICP	0,3	2	5,9			7,1			8,2	7,1				
	EDXRF	0,3	39	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	15	17	20					
	EDXRF	0,55	11	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	13	17					
	EDXRF	1,05	7	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.					
Zink		0,1	51	55	110	270	500	820	1200	1400	560	500	49	1000	14
		0,3	41	50	93	190	310	470	610	980	340		20		
		0,55	11	55	89	110	140	180	300	340	160				
		1,05	7	63	78	84	86	87	97	110	87				

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 3.1 OVERSICHT OVER RESULTATER – METALLER. TESTAREAL A - NYBODER (MG/KG TS)
Overview of results - metals. Test area A – Nyboder (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler						gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9					
Totalkulbrinter	0,1	9	i.p.	i.p.	14	16	49	110	740		100	22	
	0,3	1				6							
	0,55												
	1,05												
BaP	0,1	40	i.p.	0,02	0,14	0,25	0,48	0,94	3,3	0,42	0,1	78	1
	0,3	38	i.p.	0,03	0,08	0,24	0,41	0,67	2,3	0,32		68	3
	0,55	11	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,09	0,09	0,04			
	1,05	7	0,01	0,02	0,02	0,02	0,07	0,19	0,3	0,07		29	
DiBahA	0,1	40	i.p.	i.p.	0,02	0,04	0,07	0,14	0,44	0,06	0,1	15	1
	0,3	38	i.p.	i.p.	0,01	0,04	0,06	0,11	0,31	0,05		13	
	0,55	11	i.p.	i.p.	i.p.	0,01	0,01	0,01	0,02				
	1,05	7	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	0,01	0,02	0,04				
Sum af PAH	0,1	40	i.p.	0,1	0,8	1,7	2,9	5,4	22	2,6	1,5	58	15
	0,3	38	0,0	0,2	0,5	1,3	2,2	3,7	12	1,8		37	3
	0,55	11	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,2			
	1,05	7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	1,1	1,7	0,4		14	

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 3.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. TESTAREAL A - NYBODER (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area A - Nyboder (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 3.1 og 3.2, er der konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly, cadmium, kviksølv, zink og PAH, herunder af benzo(a)pyren (BaP) i mere end 50% af prøverne (se 0,5 fraktil – medianværdi i tabellerne). Forureningen ses især i det øverste jordlag fra 2-30 cm's dybde, men fortsætter til mindst 1 m's dybde. Medianværdierne er dog mindre end afskæringskriterierne (ASK). ASK overskrides i en række prøver for bly, kviksølv, zink og PAH, herunder BaP.

Datafordelinger

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelinger er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 3.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Resultaterne for Shapiro Wilk test viser, at bly cadmium, kobber, kviksølv, zink og BaP fra 10 og 30 cm's dybde ikke er normalfordelte. Ligeledes viser resultaterne, at dataene for bl.a. bly og BaP i 10 cm's dybde er asymmetriske med en lang hale til højre og med høje værdier (værdierne for skewness er høje) samt fordeling har en høj top (værdierne for Kurtosis er høje). Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes derfor Wilcoxon Rank Sum test og ikke en t-test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	52	7e ⁻¹⁰	21,75	3,93
	0,3	41	0,05	-0,94	-0,25
Cadmium	0,1	13	0,012	-0,41	1
Kobber	0,1	52	3e-5	6,72	1,84
	0,3	41	0,03	2,03	0,83
Kviksølv	0,1	13	0,011	6,04	2,13
Zink	0,1	52	0,005	-0,7	0,57
	0,3	41	0,003	1,41	1,14
BaP	0,1	40	9e-9	15,16	3,47
	0,3	38	3e-8	16,69	3,56

* for en normalfordeling er værdien 0 - analysen ikke udført

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
 Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 3.3 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL A - NYBODER
Overview of the statistical analysis. Test area A - Nyboder

Korrelation imellem parametre

I tabel 3.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Dette er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A.

Der ses god korrelation imellem Zn og Cd (ligeledes imellem Cd og BaP/PAH), dog er der kun 13 målinger for Cd. Der er en rimelig korrelation imellem Pb og Cd. Herudover er der kun tvivlsom eller ingen korrelation imellem de andre parametre. Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Ingen af parametrene viser korrelation med organisk indhold (glødetab).

Korrelation imellem parametre udnyttes i den geostatistiske databehandling, jf. afsnit 3.5.

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	0,00	1,00						
Cd	-	0,82	1,00					
Cu	0,17	0,22	0,63	1,00				
Hg	-	0,14	-0,15	0,27	1,00			
Zn	-0,14	0,37	0,89	0,55	0,06	1,00		
BaP	0,07	0,36	0,91	0,28	-0,20	0,44	1,00	
PAH	0,08	0,36	0,94	0,30	-0,21	0,44	0,99	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser)

Negativ værdi (en parameter aftager, en vokser)

> 0,87

God korrelation

0,5 - 0,71

Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87

Rimelig korrelation

< 0,5

Ingen korrelation

TABEL 3.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsenniveauet ligger omkring baggrunds niveauet for landområder (3 - 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK

Bly

Blyniveauet er væsentlig højere end baggrunds niveauet for landområder (10 - 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 3.1 og figur 3.2, overskrides

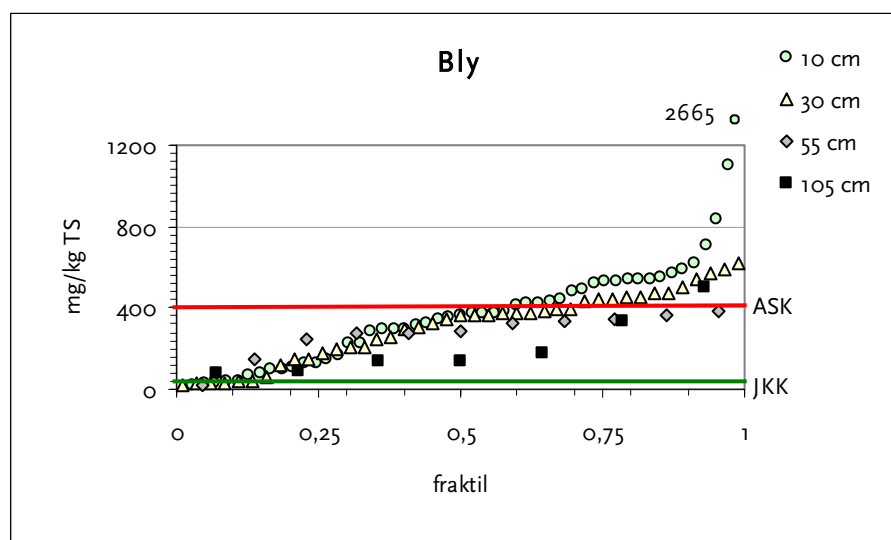
JKK i de fleste prøver i alle dybder. ASK overskrides ligeledes i 14 - 41% af prøverne. Blydata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Koncentrationsniveauerne i de fire dybder er ikke forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 3.5.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,25
0,3 og 0,55 m	0,14
0,55 og 1,05 m	0,10
0,1 og 1,05 m	0,087

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 3.5 WILCOXON RANK TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank test for Pb in different depths

På figur 3.2 ses en tendens til, at blyindholdet falder i henholdsvis 0,5 og 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter.



FIGUR 3.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL A – NYBODER
Quantile plot for lead – Test area A - Nyboder

Cadmium

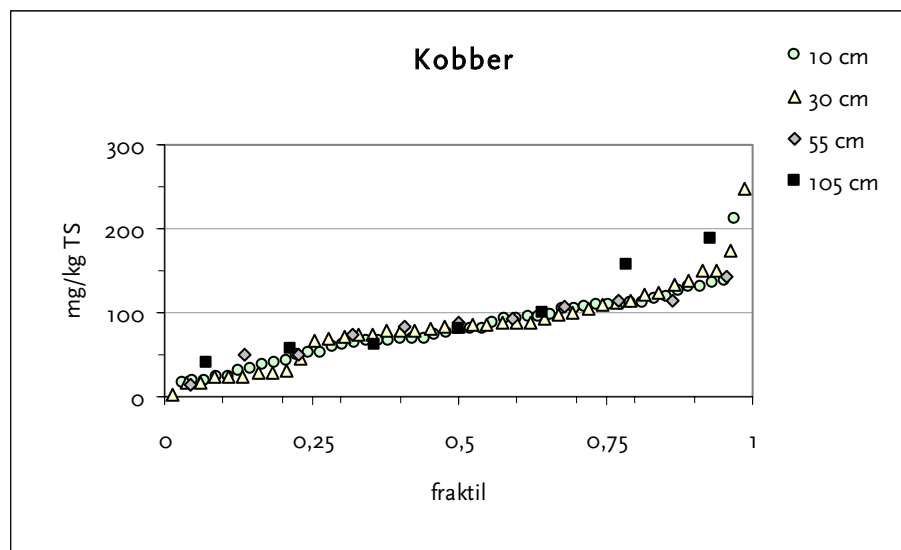
Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), og JKK er overskredet i flere af jordprøverne (>50%).

Chrom

Chromniveauet er omkring 9 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

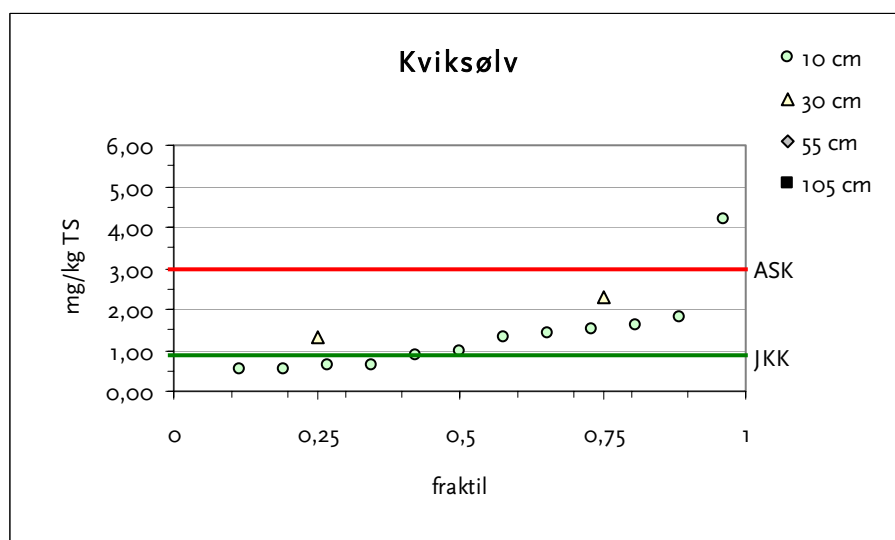
Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses ingen tendenser til aftagende koncentrationer i dybden, jf. figur 3.3.



FIGUR 3.3 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL A – NYBODER
Quantile plot for copper – Test area A - Nyboder

Kviksølv

Kviksølvniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), og flere jordprøver overskrider JKK, jf. figur 3.4. Der er for få data til at kunne foretage vurdering af den dybdemæssige fordeling.



FIGUR 3.4 FRAKTILPLOT FOR KVIKSØLV – TESTAREAL A – NYBODER
Quantile plot for mercury – Test area A - Nyboder

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 9 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 3.1 og figur 3.5, overskrides JKK i halvdelen af prøverne i 10 cm's dybde. Zinkdata

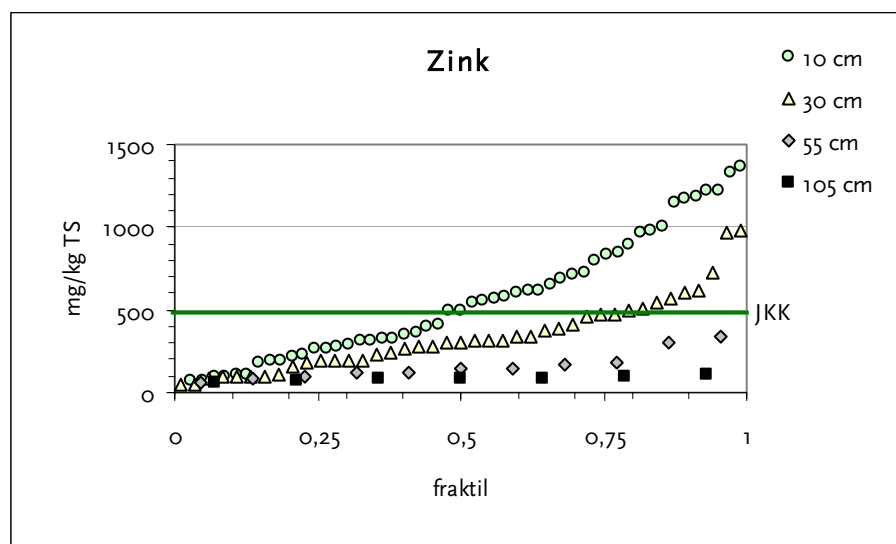
er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Koncentrationsniveauerne i de fire dybder er forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 3.6.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,003
0,3 og 0,55 m	0,004
0,55 og 1,05 m	0,006

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 3.6 WILCOXON RANK TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank test for Zn in different depths

Figur 3.5 illustrerer den faldende tendens med dybden.



FIGUR 3.5 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL A – NYBODER
Quantile plot for zinc – Test area A - Nyboder

Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 3.2, er koncentrationerne i de fleste af prøverne mindre end JKK, og medianværdien 16 mg/kg TS i 0,1m's dybde. Der er dog målt én enkelt høj værdi på 740 mg/kg TS. De få forurenede prøver er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Ingen af prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

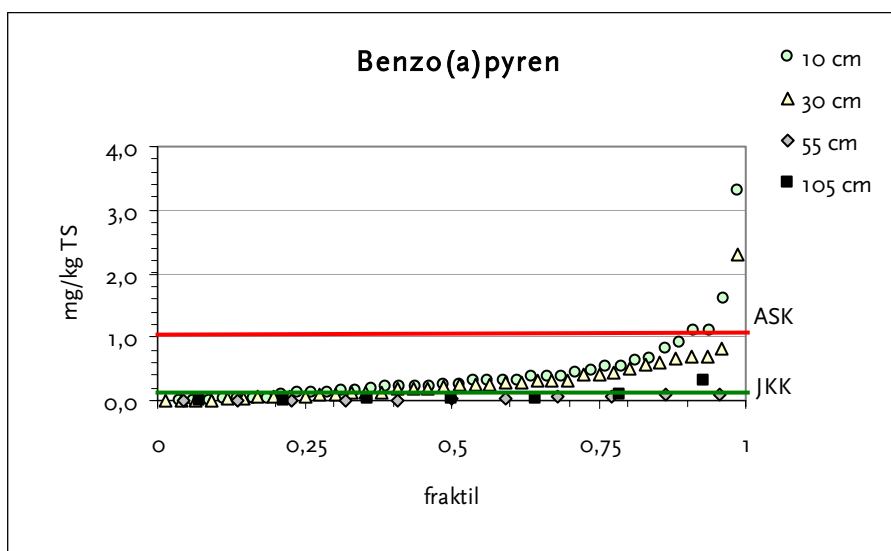
Som det fremgår af tabel 3.2 og figur 3.6, overskrider BaP JKK i flere af prøverne. Indhold af BaP, DiBaH og Sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 3.4 og afsnit 15.5. Det er indholdet af BaP, som hyppigst overskrider JKK.

BaP-data er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. BaP-koncentrationerne ligger på samme niveau i 10 og 30 cm's dybde, mens de er signifikant lavere ($p \leq 0,05$) i 50 – 105 cm's dybde, jf. tabel 3.7.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
BaP data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,286
0,3 og 0,55 m	0,000
0,55 og 1,05 m	0,64
0,1 og 0,55 m	0,000

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 3.7 WILCOXON RANK TEST FOR BAP I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for BaP in different depths



FIGUR 3.6 FRAKTILPLOT FOR BAP – TESTAREAL A – NYBODER
QUANTILE PLOT FOR BAP – TEST AREA A - NYBODER

Andre bemærkninger

Der er fundet uforurenedede jordprøver (alle parametre) i felt 21 (boring 439-441), i felt 10 (boring 422) og i felt 11 (boring 423). Disse felter er beliggende i to gårdhaver ved to etageejendomme og i en fælles gård til Nyboderrækkehusene, som er vurderet som relativt nyanlagte.

3.4 DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

I tabel 3.8 angives resultaterne for de øvrige organiske parametre.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	26	0,01	0,02	0,19	0,28	0,51	1,0	3,3	0,48		0,1	84	12
	0,3	3	0,10			0,12			0,23	0,15			67	
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	26	0,09	0,14	1,1	1,9	3,18	5,8	22	3,1		1,5	65	4
	0,3	3	0,58			0,87			1,6	1,0			33	
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	26	0,17	0,29	2,1	3,6	6,4	11	40	5,9				
	0,3	3	1,10			1,6			3,1	1,9				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	11	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	33		(20)***		9	
	0,3	2	i.p.			240			480				50	
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	11	50	110	120	150	210	210	260	160	25.000			
	0,3	2	i.p.			i.p.			i.p.					
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	11	81	130	260	300	360	480	530	310	250.000			
	0,3	2	i.p.			43			60					
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	4	230			470			630	450				
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	4	210			2200			3500	2000				
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	4	15			20			23	19	(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 3.8 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL A - NYBODER
Overview of results - other organic parameters. Test area A - Nyboder

Som det ses af tabel 3.8, viser analyserne for et udvidet antal PAH samme forureningsniveau for PAH, som i tabel 3.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 3.9.

Kun én prøve ud af 11 fra det øverste jordlag indeholdt PCB (33 µg/kg TS). Én prøve fra 30 cm's dybde er forurennet (481 µg/kg TS).

Dioxinindholdet målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er højere end det tyske baggrunds niveau for landbrugsjord (omkring 1- 5 ng ITE/kg TS), men på samme niveau som i tyske byområder (10 – 30 ng ITE /kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 3.9 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3. Med forbehold for det lille antal analyser, kan det bemærkes, at indekset for emission fra trafikken (alkylphen./phen.) og forbrænding af nåletræer (reten/DiBahA), jf. afsnit 2.6, er højere i 0,3 m's dybde end i 0,1 m's dybde, mens de øvrige indekser for emissionen fra trafikken (coronen/BaP og B(ghi)P/BaP) ikke er forskellige i disse dybder.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9		
Forhold mellem udvalgte PAH										
BaP / Sum af 7 MST	0,1	26	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,15
	0,3	3	0,14			0,15			0,17	0,15
DiBahA / Sum af 7 MST	0,1	26	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
	0,3	3	0,03			0,03			0,03	0,03
B(ghi)P / BaP	0,1	26	0,83	0,90	0,92	0,97	1,11	1,25	1,57	1,04
	0,3	3	0,85			0,96			1,17	0,99
Coronen / BaP	0,1	26	0,10	0,22	0,26	0,30	0,36	0,46	0,66	0,32
	0,3	3	0,35			0,36			0,37	0,36
Sum af alkylphen./ phenanthren	0,1	26	0,18	0,40	0,52	0,93	1,16	1,79	1,95	0,95
	0,3	3	1,12			1,79			3,60	2,17
Reten/DiBahA	0,1	26	0,18	0,35	0,68	0,99	1,47	3,14	4,48	1,34
	0,3	3	2,93			3,24			4,06	3,41
Forhold mellem dioxiner										
PCDF / PCDF	0,1	4	0,15			0,24			1,11	0,43

gns.: gennemsnit

TABEL 3.9 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL A – NYBODER
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area A - Nyboder

3.5 GEOSTATISTISK VURDERING

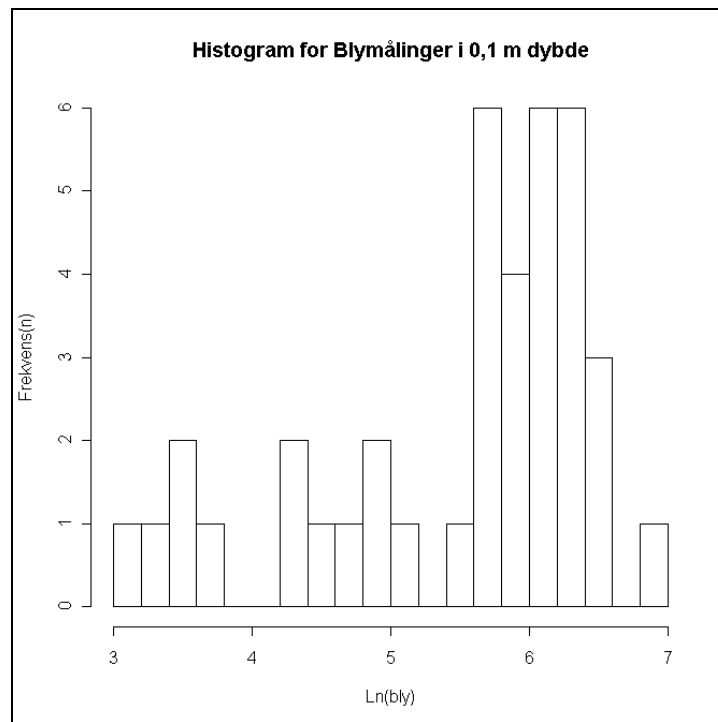
Geostatistikken bygger principielt på en antagelse om, at alle data er normalfordelte. Der er i det foregående deskriptive afsnit redegjort for, at fordelingerne af de målte enkeltparametre i Nyboder adskiller sig signifikant fra normalfordelingen, når alle data og hele arealet betragtes under et. Heller ikke de logaritme-transformerede data er normalfordelte. I geostatistikken modificeres kravet til fordelingen imidlertid til en antagelse om, at de undersøgte parametre er i overensstemmelse med en regionaliseret normalfordeling, der er karakteristisk ved en lokal middelværdi, der er forskellig fra et delområde til et andet. Der er derfor her gjort en ekstra indsats for at redegøre for fordelingen af de undersøgte parametre, dvs. bly, kobber, zink, benzo(a)pyren og sum af PAH. Undersøgelsen tager udgangspunkt i fordelingen af de logaritme transformerede data, og har primært til hensigt at beskrive, hvorvidt fordelingerne kan betragtes som udfald af en regionaliseret normalfordeling, på trods af afvigelserne fra normalfordelingen, når hele testarealet og datamaterialet beskrives samlet.

Datahåndtering

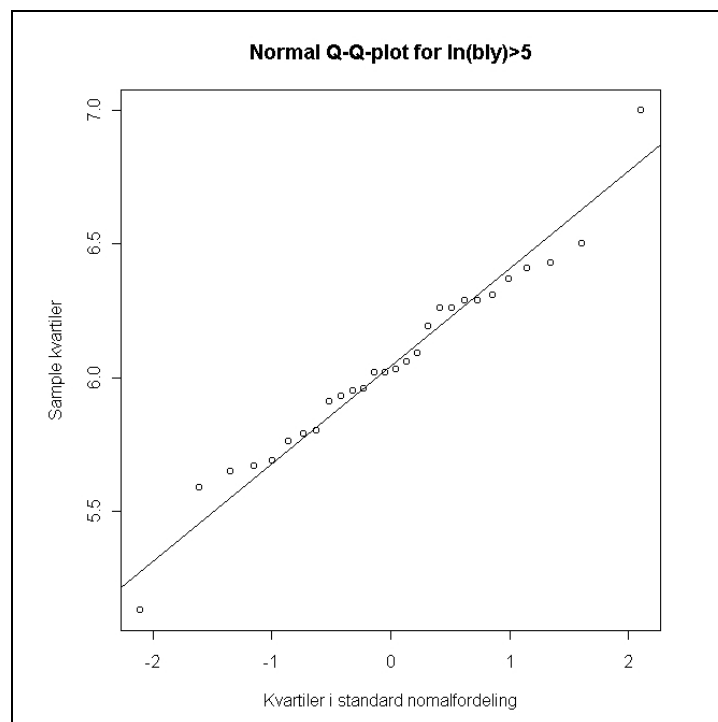
Den enkeltstående og meget høje blymåling på 2.665 mg/kg TS (B434) er ikke bekræftet ved ICP-analyse på delprøven. Denne måling betragtes derfor som en ekstrem værdi, og er derfor udeladt af analysen.

Figur 3.7 viser et histogram for de logaritme-transformerede blymålinger fra 0,1 m u. t. Af histogrammet fremgår det, at fordelingen har en forholdsvis flad venstreside med en stor spredning, samt en markeret top i intervallet ($\ln(\text{bly}) > 5$).

Betragtes værdierne i denne del af fordelingen ($\ln(\text{bly}) > 5$) alene i et Q-Q-plot, ses en relativ god tilnærmelse imellem normalfordelingen og de transformerede data, jf. figur 3.8.



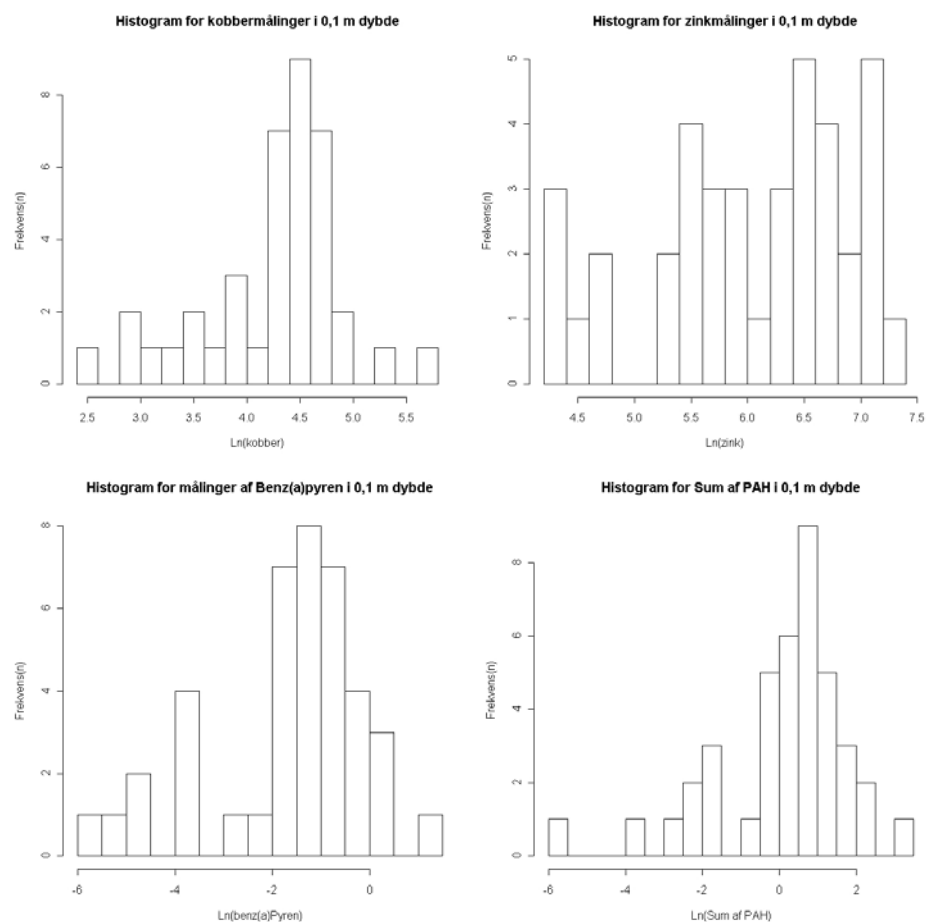
FIGUR 3.7 HISTOGRAM FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE BLYDATA I 0,1 M'S DYBDE
Histogram for the log transformed values for lead in 0.1 m's depth



FIGUR 3.8 Q-Q-PLOT FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE BLYDATA (0,1 M'S DYBDE), $\ln(BLY) > 5$
Quantile-quantile plot of a subset of the log transformed data; $\ln(Pb) > 5$

En Shapiro-Wilk test for afvigelser fra normalfordelingen for $(\ln(Bly) > 5)$ er ikke signifikant ($p=0,64$), dvs. at hypotesen om normalfordeling ikke forkastes. De mindre toppe i histogrammet består af så få observationer, at det ikke er meningsfuldt at undersøge disse særskilt. Det må på dette grundlag alligevel vurderes, at fordelingen kan være fremkommet ved at prøverne er udtaget i forskellige områder med hver deres karakteristiske fordelinger, og at dette kan

være årsagen til afvigelserne fra normalfordelingen. Fordelingen kunne derfor opfylde betingelserne for en regionaliseret, normalfordelt variabel.



FIGUR 3.9 HISTOGRAMMER FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE DATA FOR KOBBER, ZINK, BAP OG SUM AF 7 MST PAH (0,1 M'S DYBDE)
Histograms for log transformed data for copper, zinc, BaP and sum of 7 PAH in 0.1 m's depth

Histogrammerne for de øvrige undersøgte parametre ligner i en vis udstrækning histogrammet for bly, jf. figur 3.9, med forholdsvis markerede toppe i den høje ende af skalaen og en venstre hale bestående af forholdsvis spredte observationer. Det er derfor en mulighed, at afvigelserne fra normalfordelingen generelt skyldes et tilfældigt sammenfald af undersøgelsesdesign og den faktiske geografiske fordeling af de undersøgte parametre.

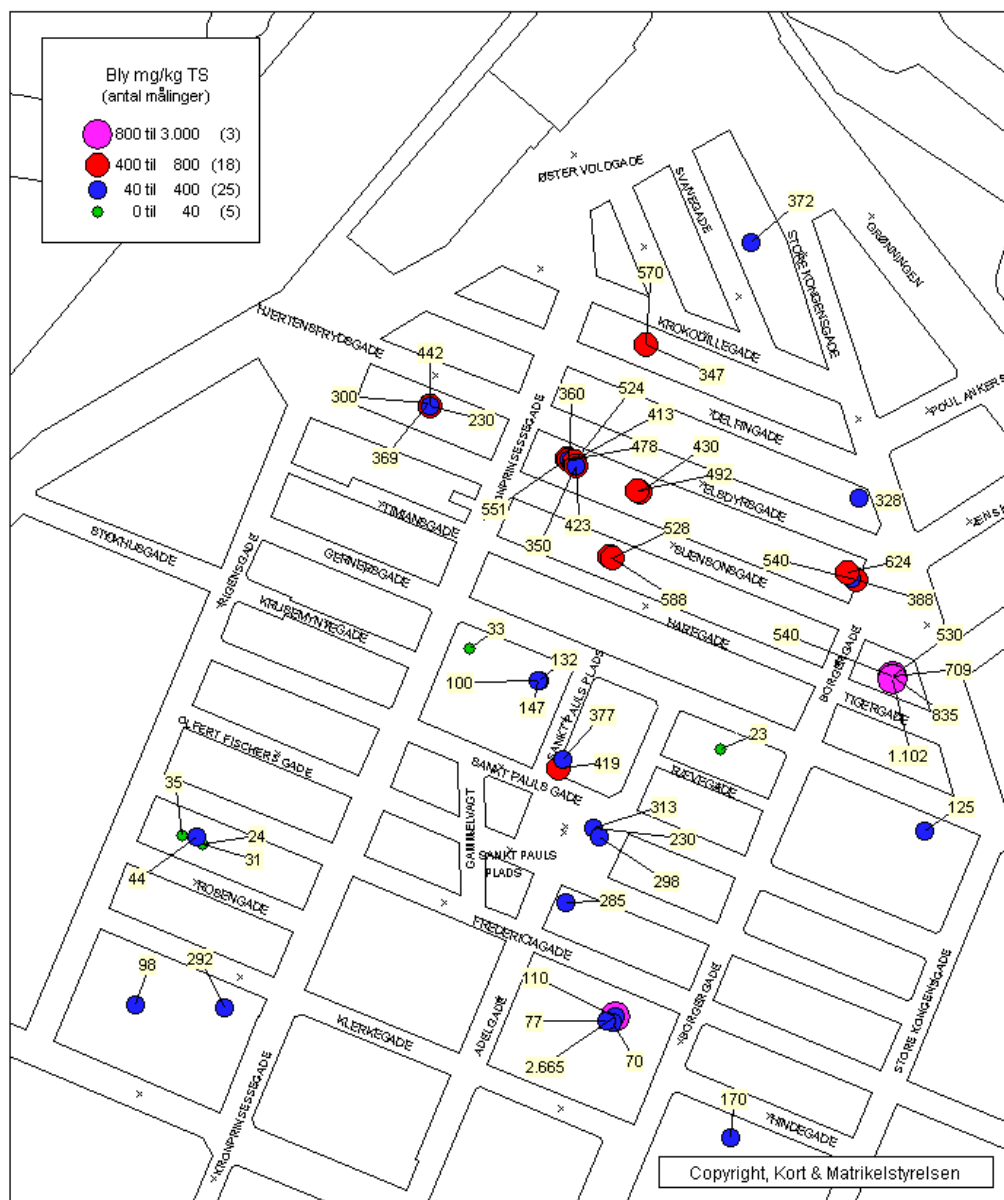
Spatiel analyse af varians

Blymålingernes fordeling i planen er vist på kortet over Nyboder i figur 3.10. Det fremgår, at der er en fordeling af forholdsvis høje målinger i den nordlige del, og forholdsvis lavere koncentrationer i den sydlige del.

For at undersøge, om der er en spatiel korrelation, er der ved anvendelse af softwareprogrammet gstat /30/ foretaget en undersøgelse af både semivariogrammerne og krydsvariogrammerne for de fem parametre. Hvor der er flere prøver fra ét prøvetagningspunkt (dobbelbestemmelser), er der i analysen anvendt et gennemsnit af de logaritme-transformerede data. Semivariogrammer og krydsvariogrammer er vist i figur 3.11.

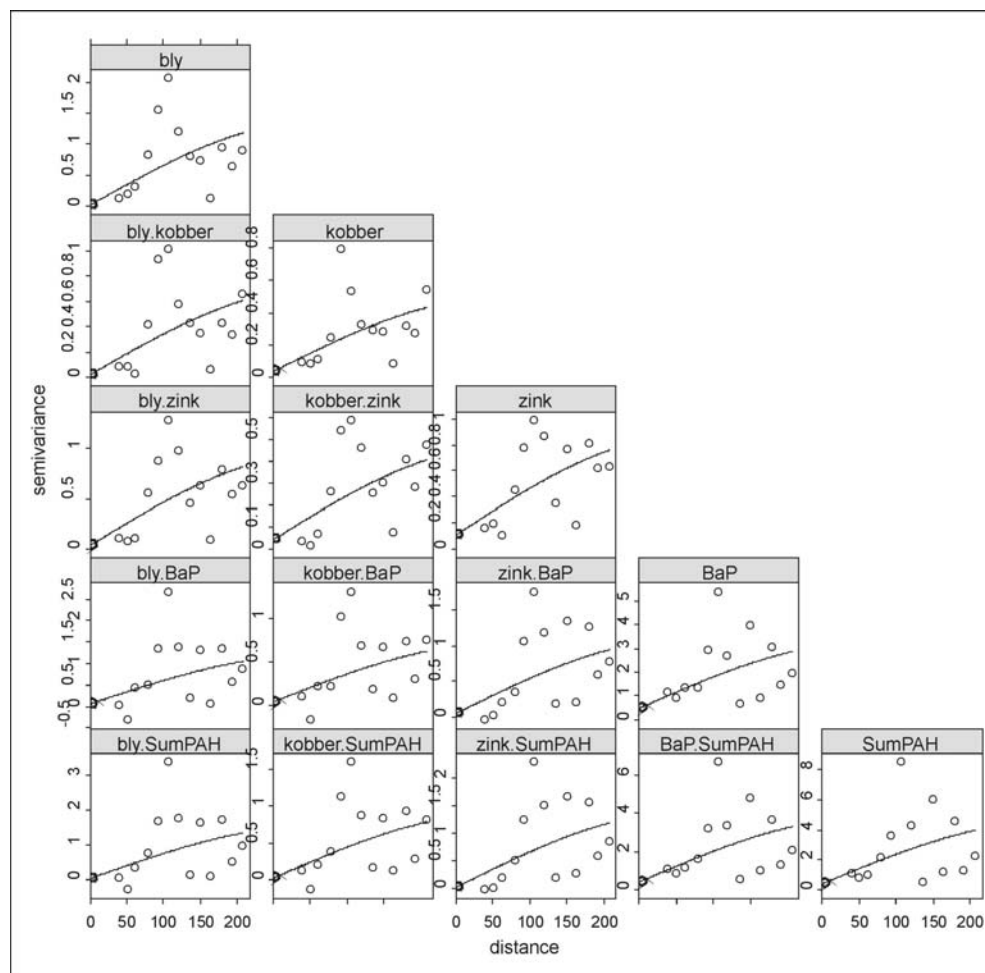
Semivariogrammerne giver ikke noget overbevisende bevis for spatiel korrelation, idet semivarianserne ikke entydigt vokser med afstanden. Der er derfor ikke på dette grundlag basis for at anvende en geostatistisk model til at forudse forureningsniveauet.

Det blev omtalt i foregående deskriptive afsnit, at der på enkelte prøvetagnings-lokaliteter kan være udskiftet jord i forbindelse med gårdsaneringer (B422, B423 og B439-B441). Udeladelse af disse prøver viser dog ikke ingen væsentlig forbedring af spatiel korrelation, jf. figur 3.12.

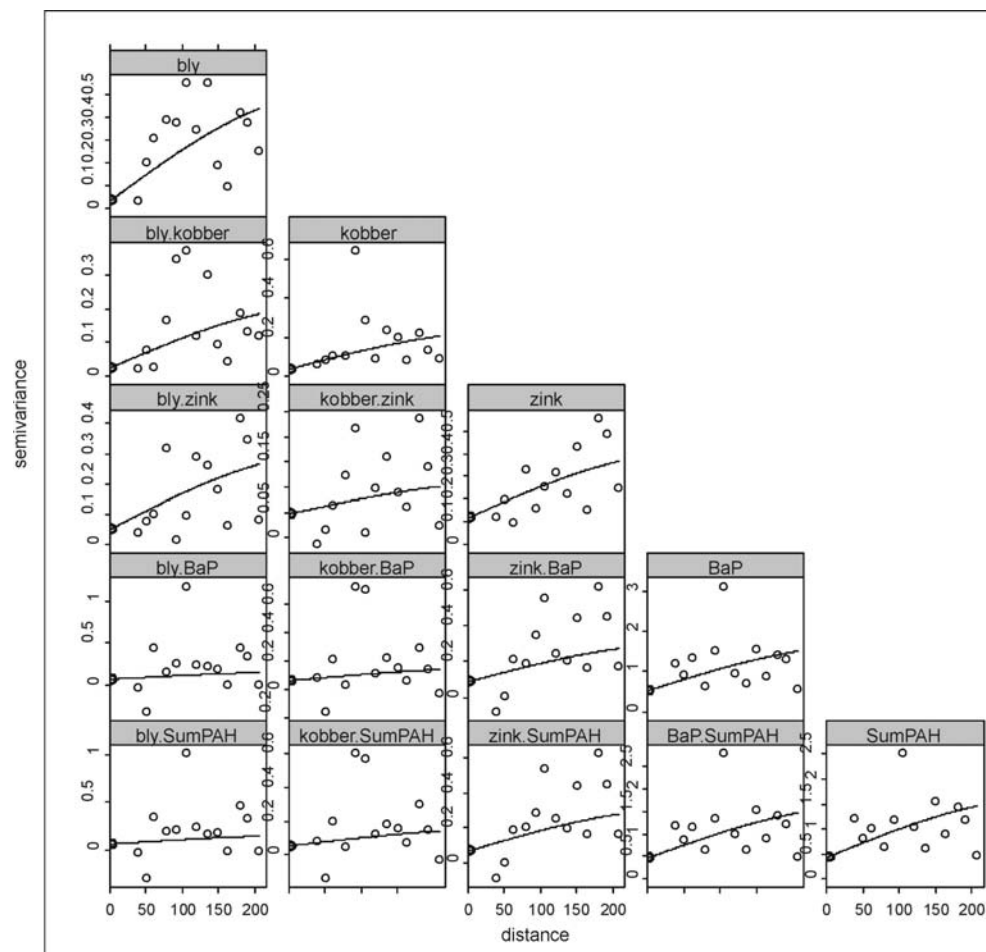


FIGUR 3.10 KORT SOM VISER BLYDATA I 0,1 M'S DYBDE
Map showing lead measurements in 0.1 m's depth

Den spatielle korrelation er også undersøgt for parametrene bly, kobber, zink, benzo(a)pyren og sum af PAH fra 0,3 m u. t. (ikke vist). Semivariogrammerne viser heller ikke her nogen entydig spatiel korrelation for de undersøgte parametre.



FIGUR 3.11 SEMIVARIGRAMMER OG KRYDSVARIGRAMMER FOR BLY, KOBBER, ZINK, BAP OG SUM AF MST PAH I 0,1 M'S DYBDE I TESTAREAL A - NYBODER
Semivariograms and crossvariograms for lead, copper, zinc, BaP and sum of PAH in 0.1 m's depth. Test area A - Nyboder



FIGUR 3.12 SEMIVARIGRAMMER OG KRYDSVARIGRAMMER FOR BLY, KOBBER, ZINK, BaP OG SUM AF MST PAH I 0,1 m's DYBDE (EKSTREME VÆRDIER UDELADT) I TESTAREAL A – NYBODER
Semivariograms and cross variograms for lead, copper, zinc, BaP and sum of PAH in 0.1 m's depth (Extreme values removed) in test area A - Nyboder

At der i datamaterialet ikke kan påvises en spatiel korrelation, betyder ikke nødvendigvis, at en sådan ikke findes, men at den måske forekommer på en anden skala end den, der er anvendt i dette undersøgelsesdesign.

Det er karakteristisk for flere af semivariogrammerne, at semivarianserne især er store omkring middellafstanden. Det gælder såvel 0,1 m u. t. (figur 3.12) som 0,3 m u. t. (ikke vist). Desuden synes der, som allerede fremhævet og på trods af den manglende spatielle korrelation, at være en tendens til en højere blykoncentration i det nordlige delområde. Dette kan bero på, at det undersøgte testareal udgøres af to omtrent lige store delområder, et nordligt og et sydligt, med hver deres karakteristiske fordelinger for de undersøgte parametre. Dette kan også forklare, at parvise semivarianser mellem prøvepunkter vil være store ved middellagafstande, der indeholder særligt mange prøvepar, og hvor prøvepunkterne kommer fra hver sit delområde.

Opdeling og afgrænsning af delområder

Underopdelingen af undersøgelsesområdet i to delområder kan begrundes i områdets historik. Bebyggelsen i området nord for Gernersgade er opført i slutningen af 1700-tallet og består af de karakteristiske to-etagers Nyboder huse, mens området syd for Gernersgade er opført i slutningen af 1800-tallet, og således består af nyere etageejendomme. Der kan således være tilført nyere jordpartier til det sydlige område.

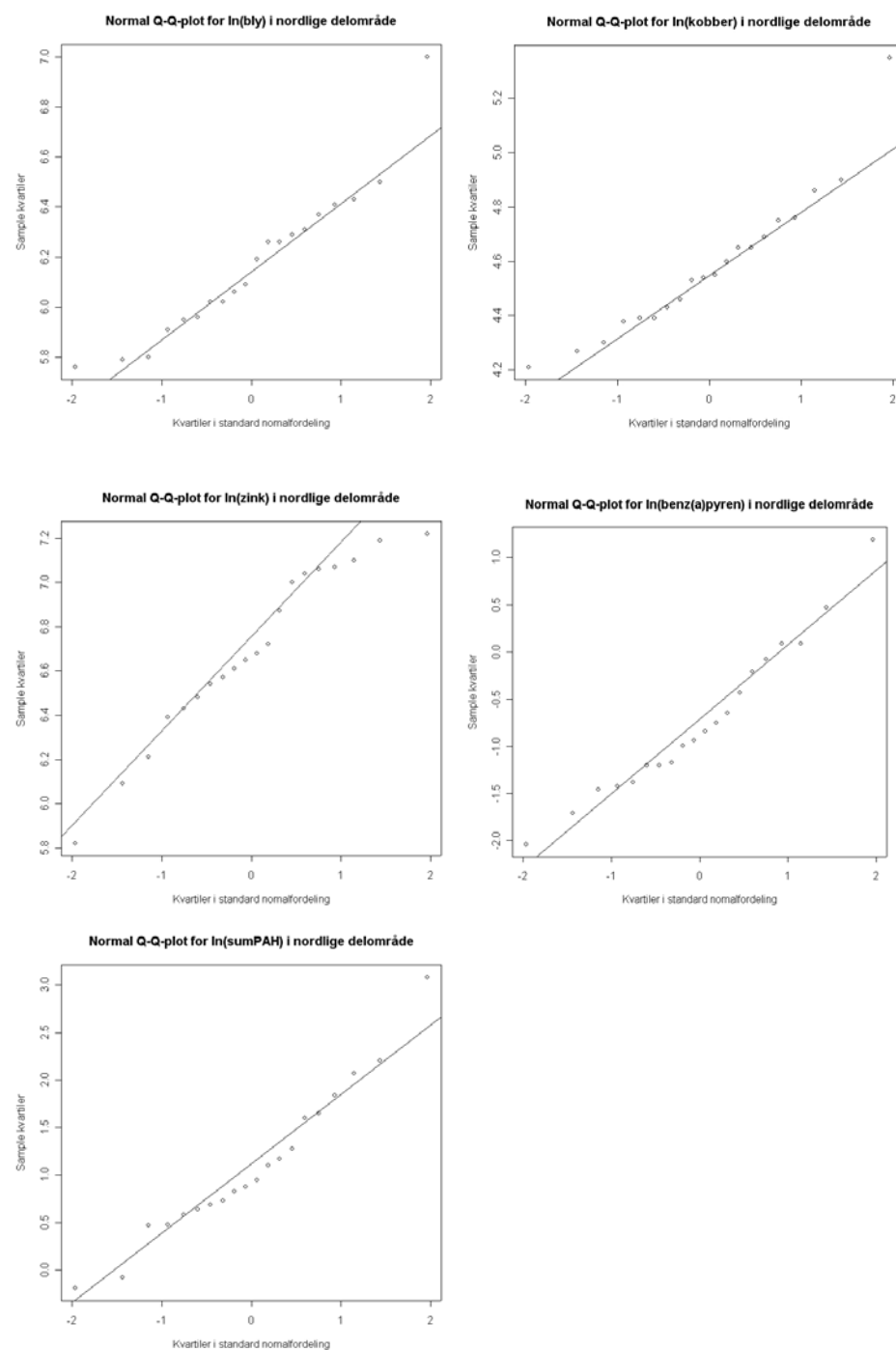
For at undersøge denne hypotese nærmere er fordelingerne af de fem parametre hver for sig blevet undersøgt i de to delområder, henholdsvis nord og syd for Gernersgade.

Den nordlige del af testareal A

Q-Q-plot for bly, kobber, zink, BaP og sum af MST PAH 0,1 meters dybde er vist for det nordlige område, jf. figur 3.13.

Ingen af de fem parametre (som logaritmetransformerede værdi) adskiller sig signifikant fra en normalfordeling, når fordelingerne testes i en Shapiro-Wilk test, jf. tabel 3.10. Dog er udfaldet tæt på signifikansniveauet for bly ($p=0,07$).

Inden for det nordlige delområde er der hverken fundet bevis for spatiel korrelation i 0,1 eller 0,3 m u. t. Dette betyder, som allerede nævnt, ikke, at en sådan ikke findes, men måske blot, at den ikke kan påvises i det anvendte undersøgelsesdesign. En medvirkende årsag til den manglende spatielle korrelation kunne også være det forholdsvis begrænsede antal prøver fra delområdet. Flere parametre viser vage antydninger af en flertoppet fordeling, hvilket igen kunne antyde en geografisk variation inden for området.



FIGUR 3.13 Q-Q-PLOT FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE DATA FOR BLY, KOBBER, ZINK, BAP OG SUM AF MST PAH (0,1 m's DYBDE) I DEN NORDLIGE DEL AF TESTAREAL A - NYBODER
Quantile-quantile plot for log transformed data for lead, copper, zinc, BaP and sum of 7 PAH (0.1 m's depth) in the northern part of test area A - Nyboder

Logaritmetransformerede data	Dybde m	Shapiro-Wilk (p)
Bly	0,1	0,16
	0,3	0,07
Kobber	0,1	0,11
	0,3	0,21*
Zink	0,1	0,39
	0,3	0,23
Benzo(a)pyren	0,1	0,63
	0,3	0,65
Sum PAH	0,1	0,49
	0,3	0,73

* Ekstrem minimumsværdi på 3mg/kg TS er udeladt. Extreme value of 3 mg kg dw excluded

TABEL 3.10 SHAPIRO-WILK TESTUDFALD FOR LOGTRANSFORMEREDE PARAMETRE FOR DEN NORDLIGE DEL AF TESTAREAL A - NYBODER
Shapiro-Wilk test for log transformed data in the northern part of test area A – Nyboder

På det foreliggende grundlag må vi imidlertid gå ud fra en antagelse om, at der er en ensartet normalfordeling inden for delområdet.

På dette grundlag er estimerne for koncentrationen samt et 95% konfidensinterval for det nordlige del af Nyboder, sammen med en vurdering af sandsynligheden for området som helhed overskrider JKK, men ikke ASK angivet i tabel 3.11.

	Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området overskrider JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly	0,1	480	360 – 830	1,00	0,40
	0,3	410	363 – 540	1,00	0,46
Kobber	0,1	100	78 – 150	0,01	1,00
	0,3	100*	53 – 200*	0,02	0,99
Zink	0,1	800	660 – 1100	0,89	0,74
	0,3	360	280 – 580	0,24	0,98
Benzo(a)pyren	0,1	0,48	0,33 - 1,1	0,98	0,81
	0,3	0,29	0,20 - 0,65	0,10	0,94
Sum af PAH	0,1	3,0	2,1 - 6,8	0,80	0,98
	0,3	1,6	1,1 - 3,5	0,54	0,99

* Ekstrem minimumsværdi på 3 mg/kg TS er udeladt. Extreme value of 3 mg /kg dw excluded

TABEL 3.11 ESTIMAT OG 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR FORURENINGS-NIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK FOR DEN NORDLIGE DEL AF TESTAREAL A - NYBODER
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration level higher than soil quality and lower than the soil intervention limit in the northern part of test area A – Nyboder

Den sydlige del af testareal A

I det sydlige delområde er der punkter med meget høje koncentrationer såvel som punkter med meget lave koncentrationer. Der kunne heller ikke her påvises spatiel korrelation i de undersøgte parametre, når delområdet betragtes isoleret. En medvirkende årsag kan være, at der indgår områder, hvor der på grund af gårdsaneringer er uskiftet jord. Men heller ikke, når disse punkter udelades, er der indikation for spatiel korrelation i de undersøgte parametre.

Betragtes den sydlige del af området i detaljer, jf. figur 3.10, er det imidlertid værd at iagttage, at de største blykoncentrationer, undtaget den enkeltstående ekstreme måling på 2.665 mg/ kg TS, findes ved Skt. Pauls Kirke og på torvet foran denne. En forklaring kunne være, at kirken og torvet er opført tidligere end det øvrige byggeri og at bly i højere grad er anvendt i bygningsmateriale. Der

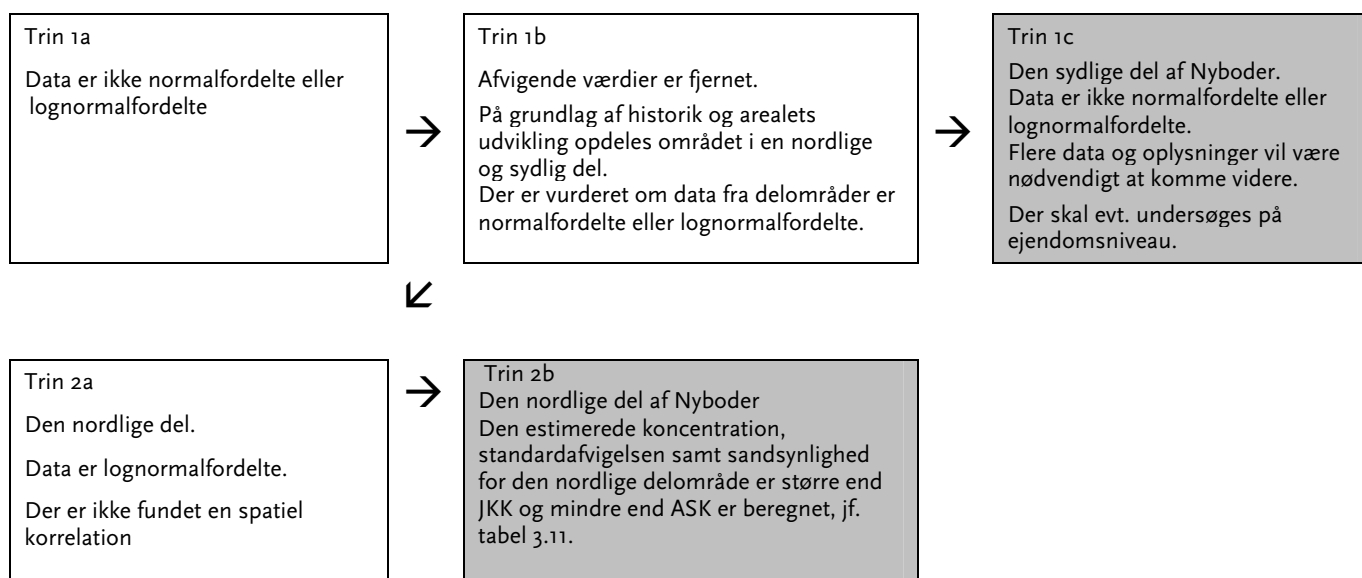
kunne dermed tegne sig et generelt billede for hele Nyboderkvarteret, hvor koncentrationerne af de undersøgte parametre er korreleret med bebyggelsens art (bygningsmaterialer) og dermed med alder.

Det er på det foreliggende grundlag, med de forholdsvis få punktobservationer - kombineret med et meget heterogent variationsmønster, ikke muligt entydigt at vurdere koncentrationsniveauet for de enkelte parametre i det sydlige område. Et mere sikkert grundlag for kortlægning af diffus jordforurening i den sydlige del af testareal A – Nyboder vil kræve et mere fintmasket undersøgelsesnet, kombineret med en detaljeret gennemgang af historikken i området, helt ned på ejendomsniveau.

3.6 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 3.14 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.

Test areal A – Nyboder



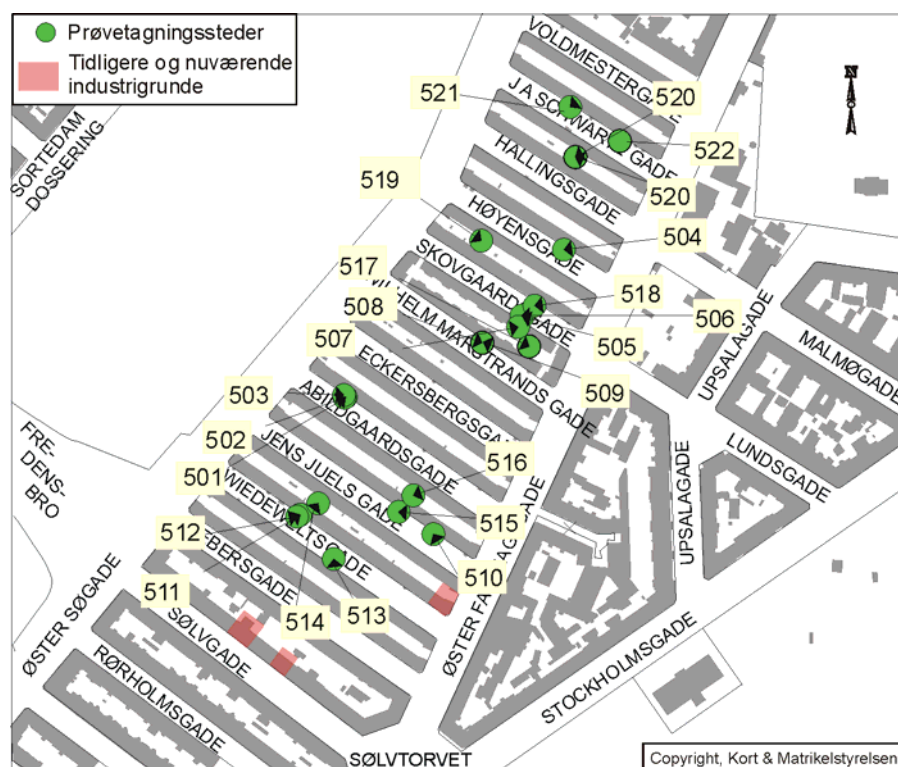
FIGUR 3.14 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL A – NYBODER
Summary concerning data treatment Test area A - Nyboder

4 Testareal B - Kartoffelrækkerne

4.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Ved etablering af voldsystemet rundt om København i midten af 1600-tallet var der krav om "frit skud" fra voldene. Dette betød, at der på det såkaldte demarkationsterræn kun måtte bygges huse, der hurtigt kunne rives ned igen, såsom træhuse i én etage. Området mellem Sortedamssøen og Østervold var selvfølgelig en del af dette demarkationsterræn. Før inddæmningen af søerne i 1725-1727, som dermed fik deres nuværende regulerede form /8/, var en stor del af området bunden af søerne. Efter inddæmningen blev den fugtige jord anvendt til græsning. Jordstykket blev i 1760 solgt til en tysk indvandrer, som dyrkede kartofler på området fra Kommunchospitalet og helt op til Lille Triangel. I perioden 1873 – 1889 etablerede Arbejdernes Byggeforening 480 huse benævnte Kartoffelrækkerne. Hvert rækkehus var indrettet til to familier og bestod af to lejligheder, én i stuen og én på første etage. Til hvert hus hørte en forhave og gård. I kælderen var der indmuret en gruekedel med skorsten og et vaskekar med afløb i gården. Der var lokum i gården, som blev tømt af natmanden én gang om ugen. I 30'erne blev der indlagt toiletter. Husene havde kakkelovne (koks og kul) og der var indlagt gas (belysning, madlavning) og rent drikkevand i køkkenet /8,10/. Kvisten var ofte indrettet til værelser. Rækkehusene er bygget af gule mursten med skiffertag. Der findes nogle få pudsede eller malede huse. Forhaverne ligger i dag ca. 0,5 – 4 m fra asfaltvej med lokal trafik (hastighedsbegrænsning er 30-40 km/t). Baghaverne er ofte indhegnet med plankeværk, der er malet. Der er ikke registeret tidligere eller nuværende industrigrunde på arealet.

Testarealet afgrænses af Webergade, Øster Søgade, Voldmestergade og Øster Farimagsgade, og udgør ca. 0,15 km². På figur 4.1 ses et oversigtskort med boringsplaceringer.



FIGUR 4.1 OVERSIGTSPLAN OVER TESTAREAL B - KARTOFFELRÆKKERNE
Overview of test area B - Kartoffelrækkerne

4.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i juni 2002. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 4.1.

Der er udtaget prøver fra 22 prøvetagningspunkter, fordelt på 16 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, muld, ler (sandet eller gruset med evt. teglstykker, kalksten, mursten, skår, kul, slagger, brokker). I dybden findes også fyld og muld, men jorden er her ofte mere leret. Fyldlaget er ikke gennemboret i 1 m's dybde. Terrænkoten varierer fra +7,1 m DNN til +8,1 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 4.1-4.13. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 4.3, 4.4 og 4.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

4.3 DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH

I tabel 4.1, 4.2 og 4.9 angives oversigter over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er

opfyldt. Koncentrationsniveauerne for arsen, chrom og nikkel er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Arsen	ICP	0,1	17	2,4	3,2	4,7	5,0	6,0	6,7	7,2	5,1	20	20	
	EDXRF	0,1	22	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.				
	ICP	0,3	2	6,6			6,9			4,6	6,9			
	EDXRF	0,3	21	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.				
	ICP	0,55	2	5,2			7,4			9,5	7,4			
	EDXRF	0,55	10	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.				
	ICP	1,05	2	4,6			5,6			6,5	5,6			
	EDXRF	1,05	9	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.				
Bly	0,1	39	55	130	160	210	350	560	770	280	40	100	400	23
	0,3	23	64	150	210	330	400	490	570	320		100		22
	0,55	12	94	120	250	400	520	670	1300	440		100		50
	1,05	11	110	130	230	430	470	500	510	350		100		55
Cadmium	0,1	17	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7	0,5	76	5	
	0,3	2	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,7		50		
	0,55	2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4		50		
	1,05	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2				
Chrom	ICP	0,1	17	5,4	6,2	6,7	10	12	13	39	11	500	1000	
	EDXRF	0,1	22	i.p.	i.p.	14	21	36	46	62	24			
	ICP	0,3	2	8,2			17			25	17			
	EDXRF	0,3	21	i.p.	5,0	14	16	26	33	37	19			
	ICP	0,55	2	5,0			6,3			7,6	6,3			
	EDXRF	0,55	10	i.p.	i.p.	i.p.	14	22	28	30				
	ICP	1,05	2	3,4			3,6			3,8	3,6			
	EDXRF	1,05	9	i.p.	i.p.	i.p.	19	19	22	23				
Kobber	0,1	39	14	29	36	59	99	170	230	76	500		1000	
	0,3	23	29	50	69	87	120	160	220	98				
	0,55	12	47	50	91	110	130	160	190	110				
	1,05	11	25	47	64	120	150	160	200	110				
Kviksølv	0,1	17	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,7	2,2	0,7	1	18	3	
	0,3	2	2,5			2,6			2,6	2,6		100		
	0,55	2	4,4			4,6			4,8	4,6		100	100	
	1,05	2	3,1			4,5			5,9	4,5		100	100	
Nikkel	ICP	0,1	17	4,6	5,4	6,2	9,3	10	10	12	8,3	30	30	
	EDXRF	0,1	22	i.p.	i.p.	i.p.	11	15	26	31				
	ICP	0,3	2	7,0			8,1			9,2	8,1			
	EDXRF	0,3	21	i.p.	i.p.	i.p.	11	13	18	23	9,4			
	ICP	0,55	2	6,5			7,0			7,4	7,0			
	EDXRF	0,55	10	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	13	15	16				
	ICP	1,05	2	4,5			6,4			8,2	6,4			
	EDXRF	1,05	9	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.				
Zink	0,1	39	86	180	380	460	600	1400	2700	660	500	46	1000	15
	0,3	23	98	270	310	460	560	940	1700	510		35		13
	0,55	12	71	87	93	150	230	270	1200	240		8		8
	1,05	11	88	99	110	120	150	170	760	180		9		

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

	Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
	Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 4.1 OVERSICHT OVER METALLERNE – TESTAREAL B- KARTOFFELRÆKKERNE (MG/KG TS)
Overview of metals – Test area B-Kartoffelrækkerne (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Totalkulbrinter	0,1	7	28	47	77	120	130	150	170	100	100	57		
	0,3	1				7				7				
	0,55													
	1,05													
BaP	0,1	23	0,03	0,81	1,3	1,5	2,5	2,7	10	2,1	0,1	96	1	83
	0,3	20	0,10	0,31	0,82	1,7	2,6	3,2	4,6	1,8		95		70
	0,55	8	0,03	0,09	0,19	0,39	0,70	1,3	1,6	0,6		88		25
	1,05	3	0,22			0,37			1,3	0,6	100			29
DiBahA	0,1	23	i.p.	0,15	0,18	0,24	0,44	0,54	1,5	0,34	0,1	91	1	4
	0,3	20	0,01	0,07	0,18	0,31	0,44	0,55	0,84	0,31		80		
	0,55	8	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,21	0,29	0,09		25		
	1,05	3	0,05			0,07			0,24	0,12		33		
Sum af PAH	0,1	23	0,2	4,6	7,2	9,0	15	17	61	13	1,5	96	15	17
	0,3	20	0,5	1,9	4,3	9,1	14	19	25	10		90		20
	0,55	8	0,2	0,6	1,0	2,2	3,6	6,6	8,7	3,0		50		
	1,05	7	0,8	1,1	1,4	1,9	5,1	12	19	4,9		57		14

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 4.2 OVERSICHT OVER ORGANISKE PARAMETRE – TESTAREAL B- KARTOFFELRÆKKERNE (MG/KG TS)
Overview of organics – Test area B-Kartoffelrækkerne (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 4.1 og 4.2, er der konstateret overskridelse af jordkvalitetskriterier for bly, cadmium, kviksølv, zink, totalkulbrinter og PAH, herunder benzo(a)pyren og dibenz(a,h)anthracen.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordeling er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 4.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Resultaterne for Shapiro Wilk test viser, at bly, cadmium, kobber, kviksølv, zink og BaP fra 0,1 m's dybde ikke er normalfordelte. Data for bly, kobber og BaP er derimod normalfordelt i 0,3 m's dybde. Ligeledes viser resultaterne, at dataene for bl.a. zink og BaP i 0,1m's dybde er asymmetriske med en lang hale til højre og med høje værdier (værdierne for skewness er høje) samt fordeling har en høj top (værdierne for kurtosis er høje). Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes derfor Wilcoxon Rank Sum test og ikke en t-test.

	Dybde m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	39	0,00025	0,83	1,23
	0,3	23	0,88	-	-
Cadmium	0,1	17	0,024	-	-
Kobber	0,1	39	0,00023	0,49	1,16
	0,3	23	0,18	-	-
Kviksølv	0,1	17	0,00059	1,49	1,59
Zink	0,1	39	3e ⁻⁷	4,94	2,22
	0,3	23	0,0002	-	-
BaP	0,1	23	3e ⁻⁶	13,28	3,26
	0,3	20	0,38	-	-

* for en normalfordeling er værdien 0 - analysen ikke udført

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 4.3 OVERSICHT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL B - KARTOFFELRÆKKERNE
Overview of the statistical analysis. Test area B - Kartoffelrækkerne

Korrelation imellem parametre

I tabel 4.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Dette er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A. Dette er ikke udført for testareal B.

Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Der er god korrelation imellem zink og cadmium. Der er en rimelig korrelation imellem bly og zink samt bly og kobber. Der er tvivlsom eller ingen korrelation imellem de andre parametre.

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	-0,01	1,00						
Cd	0,59	0,36	1,00					
Cu	-0,09	0,74	0,05	1,00				
Hg	0,49	0,35	-0,13	0,83	1,00			
Zn	0,02	0,73	0,88	0,68	0	1,00		
BaP	-0,21	0,37	-1,0	0,52	1,0	0,57	1,00	
PAH	-0,18	0,37	-1,0	0,52	1,0	0,57	1,00	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser) Negativ værdi (en parameter aftager, en vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 4.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsen ligger omkring baggrunds niveauet for landområder (3 - 4 mg/kg TS) jf. tabel 2.1. Ingen jordprøver overskrider JKK.

Bly

Blyniveauet er væsentlig højere end baggrunds niveauet for landområder (10 - 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 4.1 og figur 4.2, overskrides JKK i de fleste prøver i alle dybder. ASK overskrides ligeledes i 22 - 55% af prøverne. Blydata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test.

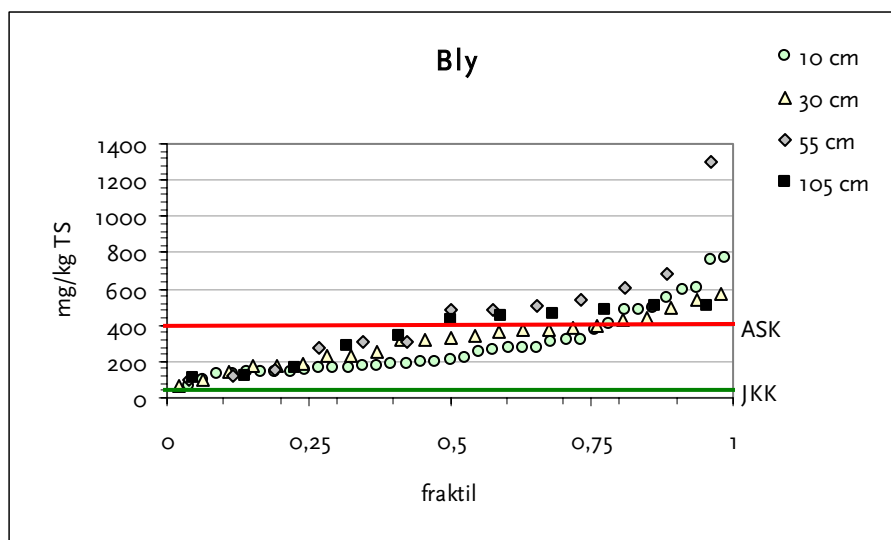
Koncentrationsniveauerne i de fire dybder er ikke forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,94 (0,06 hvis 2.fordeling højere end 1.)
0,3 og 0,55 m	1,00 (0,00 hvis 2.fordeling højere end 1.)
0,55 og 1,05 m	0,33 (0,68 hvis 2.fordeling højere end 1.)
0,1 og 1,05 m	0,9 (0,1 hvis 2.fordeling højere end 1.)

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 4.5 WILCOXON RANK TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for Pb in different depths

På figur 4.2 ses en tendens til, at blyindholdet stiger i henholdsvis 0,5 og 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter.



FIGUR 4.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
Quantile plot for lead – Test area B - Kartoffelrækkerne

Cadmium

JKK er overskredet i flere af jordprøverne (>60%) og koncentrationsniveauet ligger over baggrundsniveauet for landområder (0,13 - 0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1).

Chrom

Chromniveauet er omkring 10 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK.

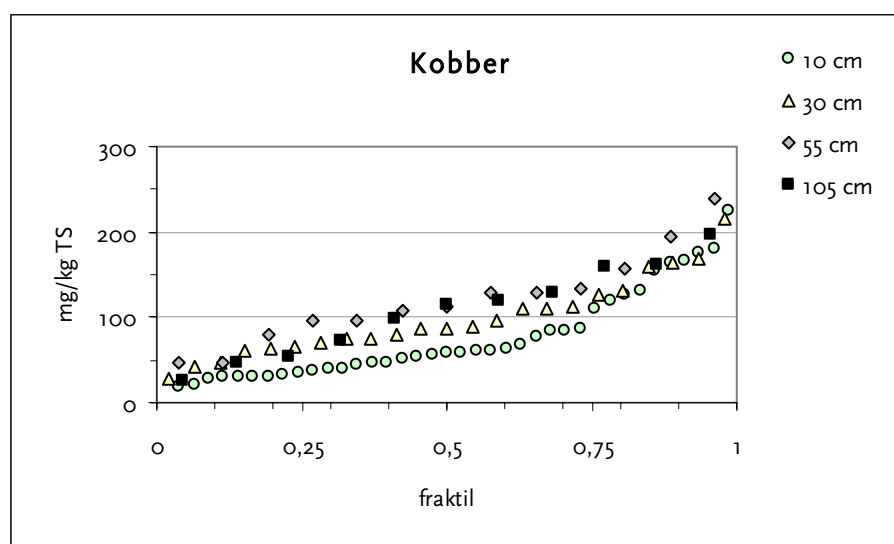
Kobberdata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Koncentrationsniveauerne i 10, 30 og 105 cm's dybde er forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Cu data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,99 (0,006 hvis 2.fordeling højere end 1.)
0,3 og 0,55 m	0,86 (0,14 hvis 2.fordeling højere end 1.)
0,55 og 1,05 m	0,59 (0,42 hvis 2.fordeling højere end 1.)
0,1 og 1,05 m	0,96 (0,03 hvis 2.fordeling højere end 1.)

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 4.6 WILCOXON RANK TEST FOR CU I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank test for Cu in different depths

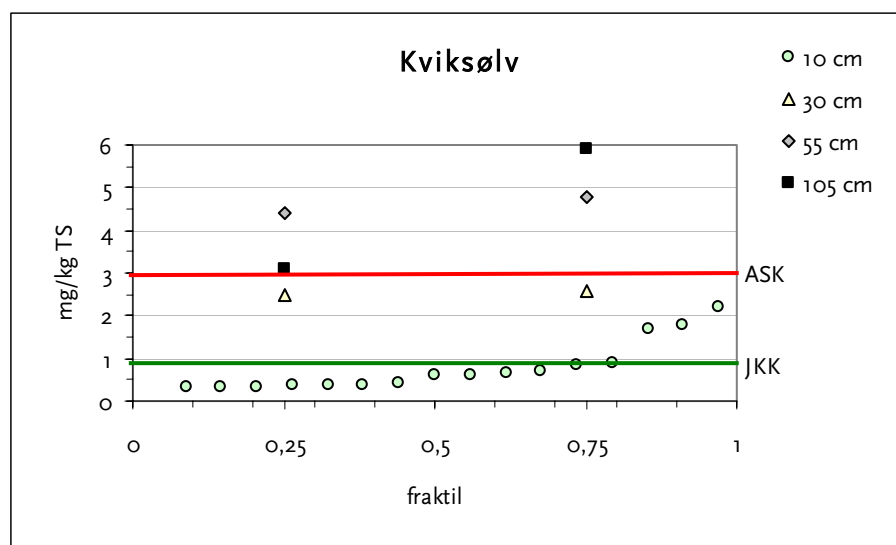
Der ses eventuelt en tendens til stigende koncentrationer i dybden, jf. figur 4.3.



FIGUR 4.3 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
Quantile plot for copper – Test area B - Kartoffelrækkerne

Kviksølv

Kviksølvniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), og flere jordprøver overskrider JKK, jf. figur 4.4. Der er for få data til at kunne foretage en vurdering af den dybde-mæssige fordeling, men der ser ud til, at være en tendens til stigende koncentrationer i dybden. De to målinger i dybden er udtaget fra to forskellige felter. Metallisk kviksølv er en tung væske, som tidligere er anvendt til mange formål, hvorfor spild af metallisk kviksølv kan have medført nedsvivning til større dybder. Området ved Kartoffelrækkerne modtog for flere hundrede år siden affald og spildevand fra København og både metallisk kviksølv og kviksølvforbindelser kan være indgået som en forureningskomponent i disse affaldsprodukter.



FIGUR 4.4 FRAKTILPLOT FOR KVIKSØLV – TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
Quantile plot for mercury – Test area B - Kartoffelrækkerne

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 9 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

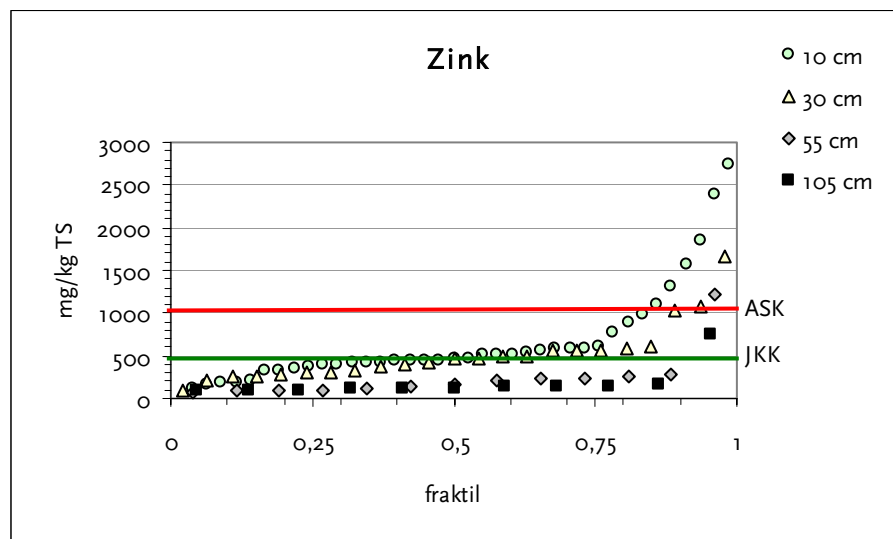
Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 4.1 og figur 4.5, overskrideres JKK i halvdelen af prøverne i 10 cm's dybde. ASK er ikke overskredet. Zinkdata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Koncentrationsniveauerne i 10 og 30 cm's dybde er på samme niveau, mens koncentrationsniveauerne i andre dybder er forskellige fra niveauet i 10 og 30 cm's dybde ved et signifikansniveau (p) på 0,05.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,24
0,3 og 0,55 m	0,000
0,55 og 1,05 m	0,008
0,1 og 0,55 m	0,000

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$) Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 4.7 WILCOXON RANK TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for Zn in different depths

Figur 4.5 illustrerer den faldende tendens med dybden.



FIGUR 4.5 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
Quantile plot for zinc – Test area B - Kartoffelrækkerne

Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 4.2, er koncentrationerne i 50% af prøverne lige over JKK, og medianværdien 115 mg/kg TS. De få forurenede prøver er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Ingen af prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

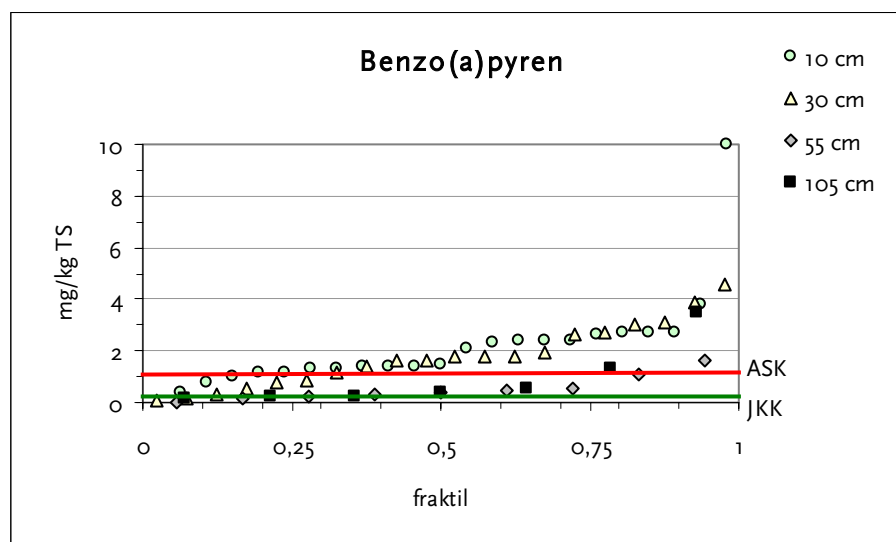
Som det fremgår af tabel 4.2 og figur 4.6, overskrider BaP JKK i flere af prøverne. Indhold af BaP, DiBaH₄ og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 4.4 og afsnit 15.5. Det er indholdet af BaP, som hyppigst overskrider JKK.

BaP-data er ikke normalfordelt, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. BaP-koncentrationerne ligger på samme niveau i 10 og 30 cm's dybde, mens de er signifikant lavere ($p \leq 0,05$) i 50 – 105 cm's dybde, jf. tabel 4.8.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
BaP data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,54
0,3 og 0,55 m	0,008
0,55 og 1,05 m	0,69
0,1 og 0,55 m	0,053

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 4.8 WILCOXON RANK TEST FOR BAP I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for BaP in different depths



FIGUR 4.6 FRAKTILPLOT FOR BAP – TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
 QUANTILE PLOT FOR BAP – TEST AREA B - KARTOFFELRÆKKERNE

4.4 DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

I tabel 4.9 angives resultaterne for de øvrige organiske parametre.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	15	0,08	0,28	0,33	0,91	1,4	2,3	2,4	1,1	0,1	93	1	47
	0,3	3	0,1			0,23				0,64		100		33
	0,55	2	0,02			0,04			0,05	0,04				
	1,05	2	0,01			0,02			0,03	0,02				
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	15	0,51	2,0	2,4	5,8	8,5	14	16	6,6	1,5	93	15	7
	0,3	3	0,69			1,5			11	4,3		67		
	0,55	2	0,12			0,26			0,41	0,26				
	1,05	2	0,09			0,18			0,27	0,18				
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	15	1,0	4,2	5,1	12	16	27	32	13				
	0,3	3	1,4			3,0			21	8,4				
	0,55	2	0,27			0,64			1,0	0,64				
	1,05	2	0,18			0,41			0,64	0,41				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	4	i.p.			i.p.			i.p.	i.p.	20)***			
	0,3	1	i.p.			i.p.			i.p.	i.p.				
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	4	i.p.			380			710	380	25.000			
	0,3	1	170			170			170	170				
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	4	96			470			1300	590	250.000			
	0,3	1	170			170			170	170				
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	1	140			140				140				
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	1	390			390			390	390				
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	1	9,4			9,4			9,4	9,4	(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 4.9 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL B - KARTOFFELRÆKKERNE
Overview of results - other organic parameters. Test area B - Kartoffelrækkerne

Som det ses af tabel 4.9, viser analyserne for et udvidet antal PAH lidt lavere indhold end vist i tabel 4.2. Dette kan være tilfældigt (antal af prøverne) eller skyldes, at der er anvendt forskellige ekstraktionsteknikker. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 4.10.

Ingen prøver indeholdt PCB.

Dioxinindholdet målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er lidt højere end det tyske baggrunds-niveau for landbrugsjord (omkring 1- 5 ng ITE/kg TS), men mindre end niveauerne målt i tyske byområder (10 – 30 ng ITE/kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 4.10 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3. Med forbehold for det lille antal analyser, kan det bemærkes, at indekset for emission fra trafikken (alkylphen./phen.) og forbrænding af nåletræer (reten/DiBahA), jf. afsnit 2.6, er højere i 1 m's dybde end i 0,1 m's dybde, mens de øvrige indekser for emissionen fra trafikken (coronen/BaP og B(ghi)P/BaP) ikke er forskellige i disse dybder.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9		
Forhold mellem udvalgte PAH										
Forhold BaP/Sum af 7 MST	0,1	15	0,13	0,13	0,14	0,16	0,16	0,18	0,19	0,15
	0,3	3	0,15			0,15			0,15	
	0,55	2	0,13			0,13			0,14	
	1,05	2	0,12			0,14			0,16	
Forhold DiBahA/Sum af 7 MST	0,1	15	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	0,3	3	0,01			0,02			0,02	
	0,55	2	0,01			0,02			0,02	
	1,05	2	0,02			0,02			0,02	
Forhold B(ghi)P/BaP	0,1	15	0,50	0,55	0,57	0,63	0,66	0,68	0,73	0,62
	0,3	3	0,52			0,58			0,68	
	0,55	2	0,58			0,79			1,00	
	1,05	2	0,86			0,91			0,97	
Forhold Coronen/BaP	0,1	15	0,13	0,14	0,14	0,14	0,16	0,18	0,19	0,15
	0,3	3	0,13			0,16			0,22	
	0,55	2	0,21			0,32			0,44	
	1,05	2	0,38			0,40			0,42	
Forhold sum af alkylphen./phen.	0,1	15	0,07	0,13	0,15	0,29	0,52	0,66	0,74	0,36
	0,3	3	0,17			0,26			0,41	
	0,55	2	0,10			0,33			0,56	
	1,05	2	0,71			0,87			1,0	
Forhold Reten/DiBahA	0,1	15	0,10	0,14	0,18	0,24	0,44	0,62	2,8	0,46
	0,3	3	0,20			0,39			1,1	
	0,55	2	1,7			3,5			5,4	
	1,05	2	5,8			10			15	
Dioxiner										
Forhold PCDF/PCDF	0,1	1	0,37			0,37			0,37	0,37

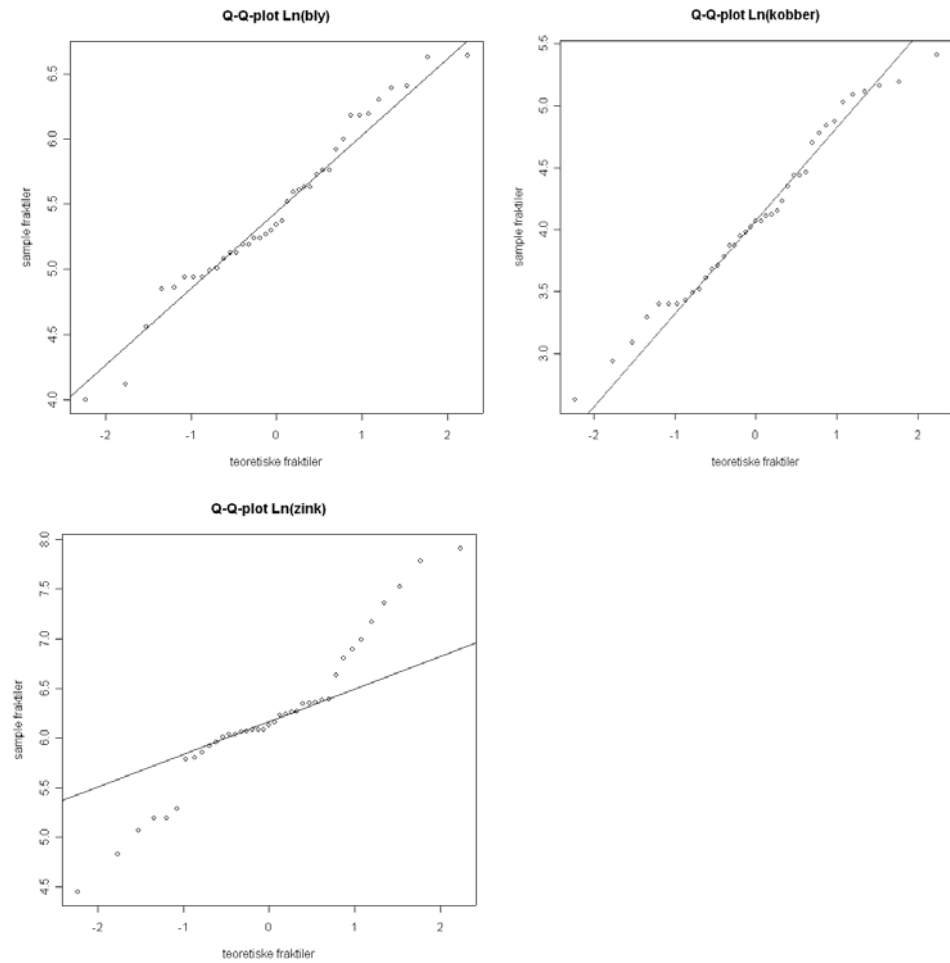
TABEL 4.10 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area B - Kartoffelrækkerne

4.5 GEOSTATISTISK VURDERING

Den geostatistiske analyse er udført for metallerne bly, kobber og zink, samt PAH (benzo(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og sum af MST 7 PAH) i 0,1 m u. t.

Tungmetaller

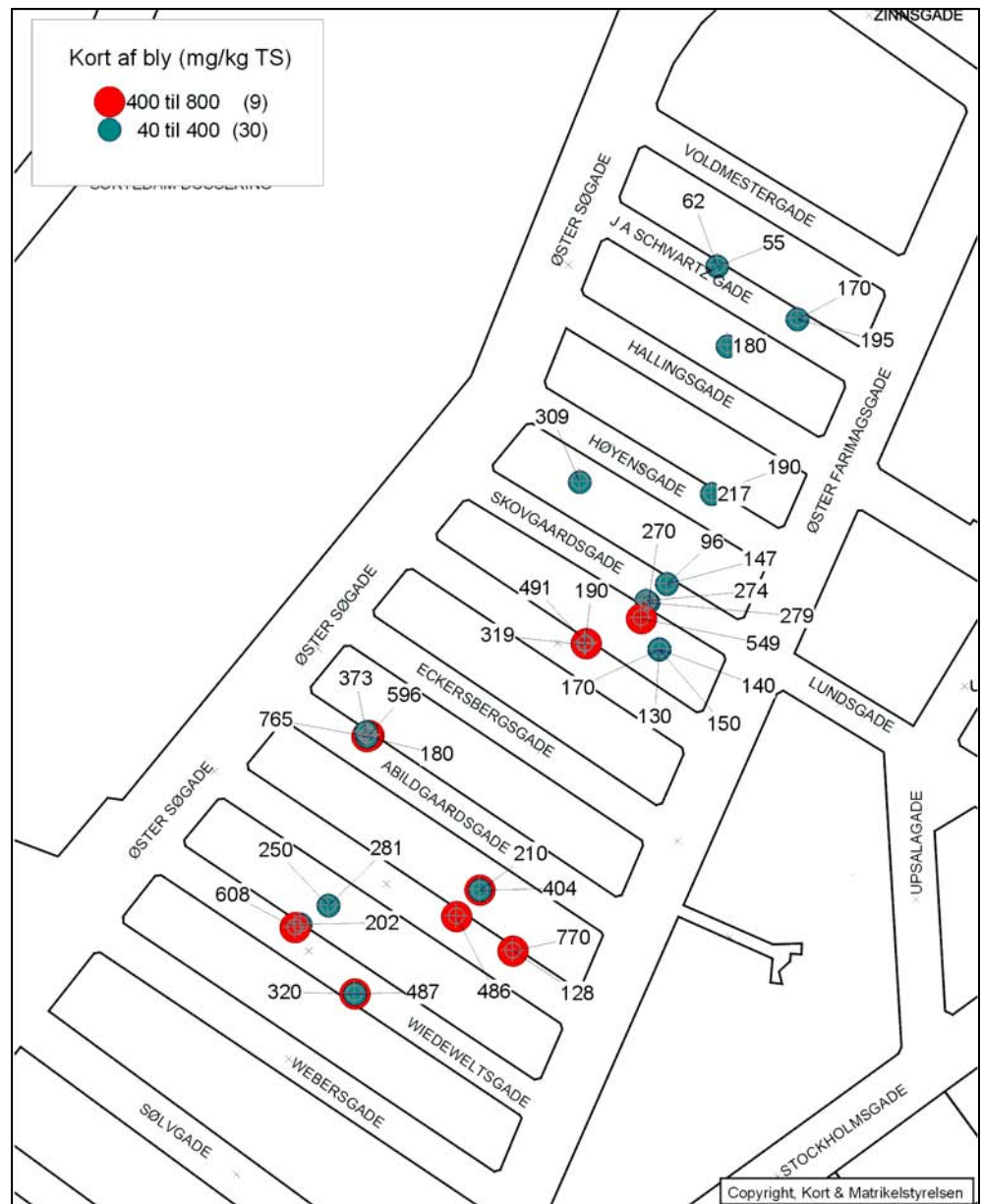
Der er analyseret 39 prøver i 0,1 m u. t. Fordelingerne af bly, kobber og zink i relation til normalfordelingen er undersøgt i Q-Q-plottene i figur 4.7. Fordelingerne for de logaritmetransformerede bly- og kobberkoncentrationer er bedømt ud fra plottene ganske tæt på en normalfordeling. Fordelingen af de logaritmetransformerede zinkkoncentrationer er interessant, idet forløbet antyder en sammensat fordeling. Ingen af de tre fordelinger adskiller sig imidlertid signifikant fra en normalfordeling, bedømt på baggrund af Shapiro-Wilk test. Udfaldene af testen for bly, kobber og zink er henholdsvis $p=0,44$, $p=0,59$ og $p=0,11$.



FIGUR 4.7 Q-Q-PLOT FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE DATA FOR BLY, KOBBER OG ZINK I 0,1 M'S
DYBDE
Q-Q-plot for log transformed data for lead, copper and zinc in 0.1 m's depth

Datamaterialet skal her betragtes i en geostatistisk kontekst, hvor vi er interesseret i at analysere variationen imellem prøverne på en geografisk skala.

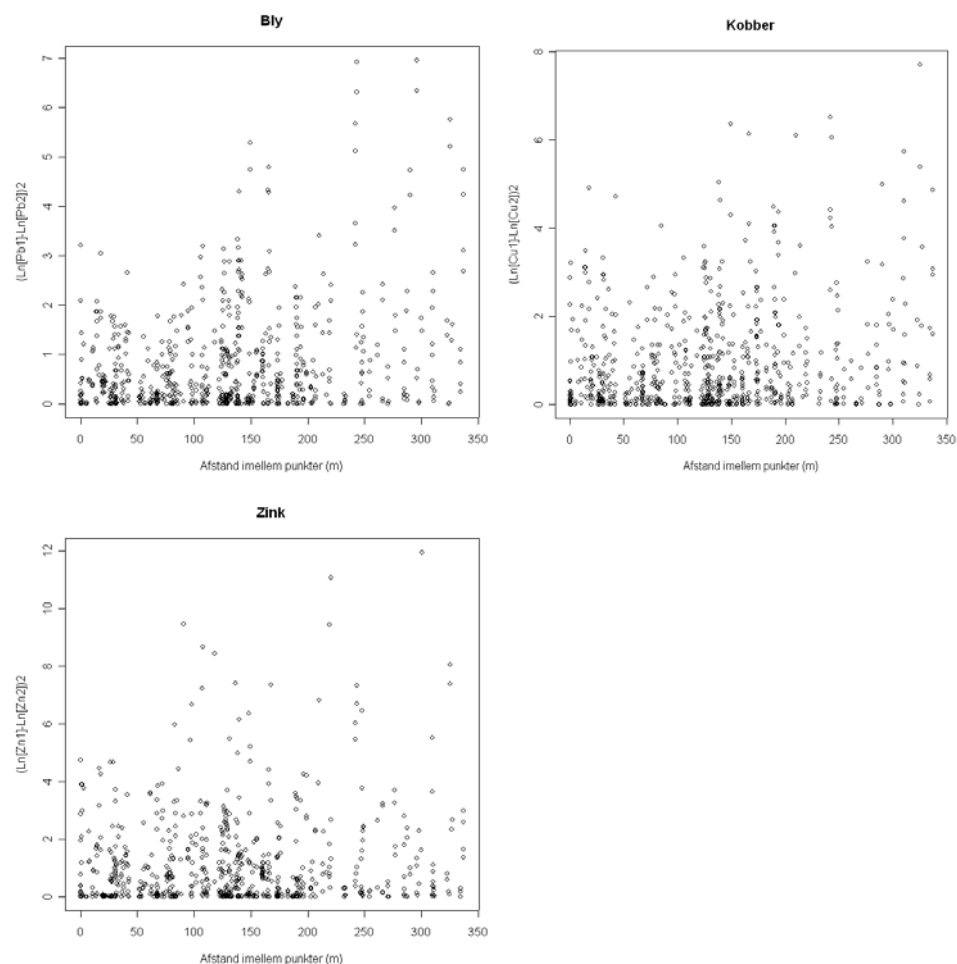
Koncentrationen af bly er vist i figur 4.8.



FIGUR 4.8. KORT SOM VISER BLYDATA (0,1 M'S DYBDE) I TESTAREAL B- KARTOFFELRÆKKERNE
Map showing lead concentrations (0.1 m's depth) at test area B- Kartoffelrækkerne

Det er fristende på baggrund af fordelingen på kortet, at hævde at der er en lavere gennemsnitlig koncentration i den nordøstlige del af Kartoffelrækkerne. Det er imidlertid også væsentligt at notere, at variationen er ganske stor selv inden for ganske små geografiske afstande.

Den spatielle korrelation for de tre metaller er afbildet grafisk i figur 4.9, hvor de kvadrerede differencer imellem de logaritme-transformerede målinger og afstanden er plottet for alle parvise prøvepunkter. Hvis der er en spatiel korrelation, må det forventes, at de kvadrerede differencer vokser med afstanden imellem prøvepunkterne. En sådan afstandskorrelation ser faktisk ud til at være til stede for alle tre metaller. Som en mere formel evaluering af dette anvendes Spearmans rang-korrelation, der i en ensidig test viser en signifikant positiv korrelation for alle tre metaller, jf. tabel 4.11. Dog er signifikansniveauet væsentligt lavere for zink end for bly og kobber, hvilket også ses ved en nærmere granskning af plottene i figur 4.9.



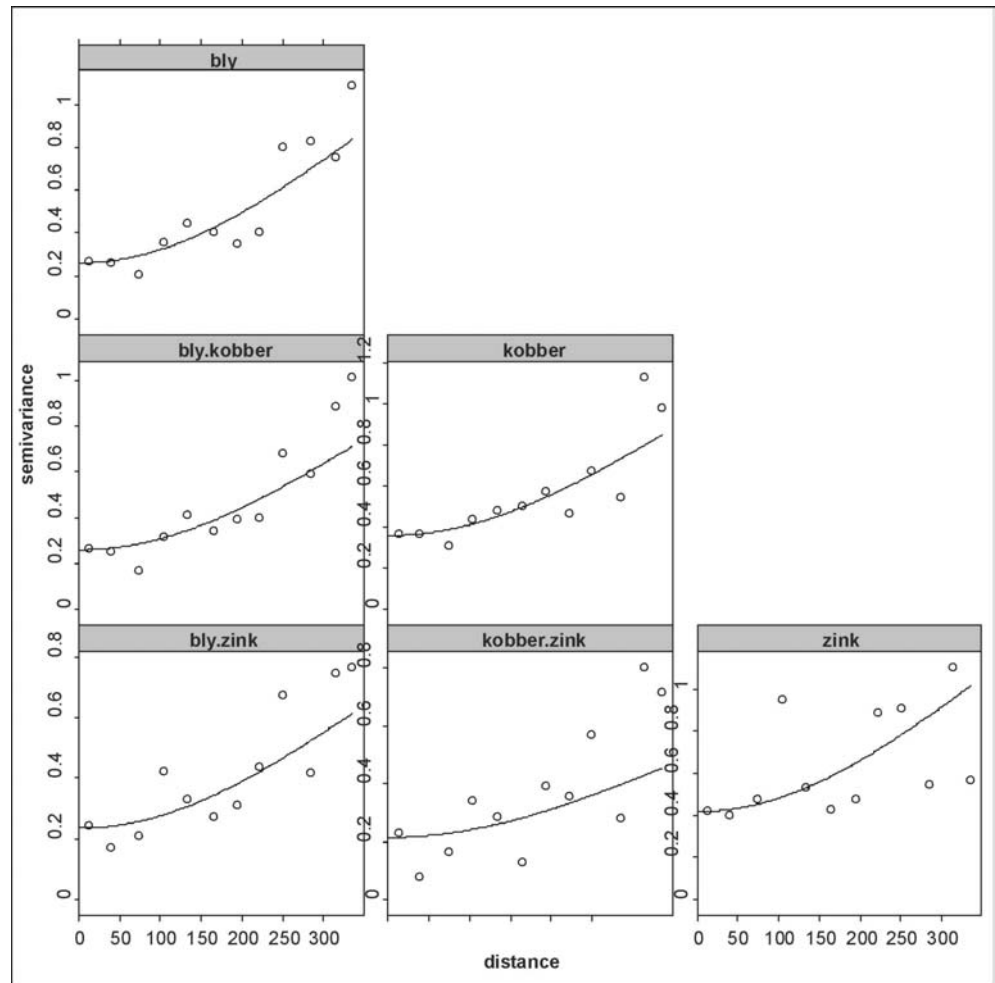
FIGUR 4.9 SCATTERPLOT AF AFSTAND OG KVADREDE DIFFERENCER IMELLEM LOGARITME-TRANSFORMEREDE KONCENTRATIONER I PARVISE PRØVEPUNKTER FOR BLY, KOBBER OG ZINK
Scatter plot of distance and squared difference between log-transformed concentrations in pair wise sampling points for lead, copper and zinc

Stof	Spearman rang-korrelation	Sandsynlighed/signifikans
Bly	0,21	$p < 10^{-8}$
Kobber	0,18	$p < 10^{-6}$
Zink	0,09	$p < 0,01$

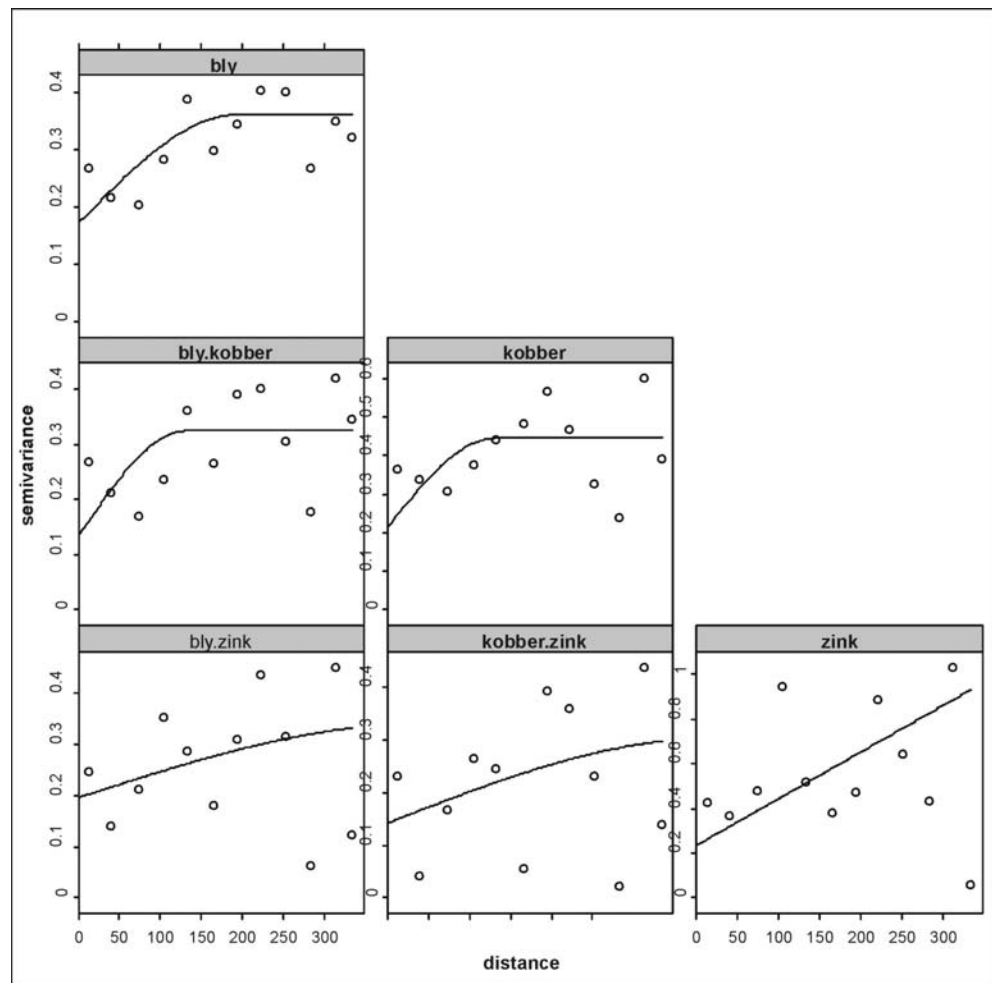
TABEL 4.11 SPEARMANS KORRELATIONSKOEFFICIENT OG UDFALDETS SANDSYNLIGHED I EN ENSIDIG RANGTEST.
Spearman's correlation coefficient and probability result in a one sided rang test.

Semivariogrammer og krydssemivariogrammer for de tre metaller er vist i figur 4.10. En generel gaussisk model er tilpasset variogrammet. Tilpasningen er sket ved hjælp af programmet gstat /30/. Dog er tilpasningen af range foretaget manuelt ved en vurdering af kurveforløbet, idet range tilsyneladende er større end den maksimale afstand imellem prøvepunkterne. Range er sat til 500 m. Spearmans rang-korrelations test af estimerede semivarianser og lagafstand er 0,87, hvilket er signifikant større end 0 i en ensidig test ($p < 0,001$).

Problemet med at estimere range viser en væsentlig svaghed ved modellen. Svagheden opstår som følge af et langstrakt undersøgelsesområde, kombineret med at de laveste værdier for de tre undersøgte metaller forekommer i et udkantsområde. De laveste værdier er målt i punkt B521 (bly 55 og 62 mg/kg TS) i den nordlige del af Kartoffelrækkerne. Tages denne lokalitet ud af analysen, ses der en væsentlig ændring af variogrammet, jf. figur 4.11.



FIGUR 4.10. SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSESEMIVARIOGRAMMER FOR BLY, KOBBER OG ZINK. LINIEN VISER DEN TILPASSEDE GAUSSISKE MODEL
Semivariograms and cross semivariograms for lead, copper and zinc. The line shows the fit of the gaussian model



FIGUR 4.11 SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSSEMIVARIOGRAMMER FOR BLY, KOBBER OG ZINK. LINIEN VISER DEN TILPASSEDE SFÆRISKE MODEL (PRØVELOKALITET B521 ER UDELADT)
Semivariograms and cross variograms for lead, copper and zinc. The line shows the fit of the spherical model (Sampling locality B521 is not included)

Betragtes variogrammet for bly, jf. figur 4.11, er det især væsentlig at bemærke at “range” nu kan estimeres til ca. 200 m. Det er imidlertid også væsentligt, at de estimerede semivarianser ikke længere entydigt er en monotont voksende funktion.

På baggrund af usikkerhederne vedrørende den geografiske variations beskaffenhed vurderes det mest rimeligt at anvende et gennemsnitsestimat for koncentrationen af de tre metaller. Estimatet er baseret på en lognormalfordeling og er sammen med de estimerede konfidensintervaller anført i tabel 4.12.

PAH

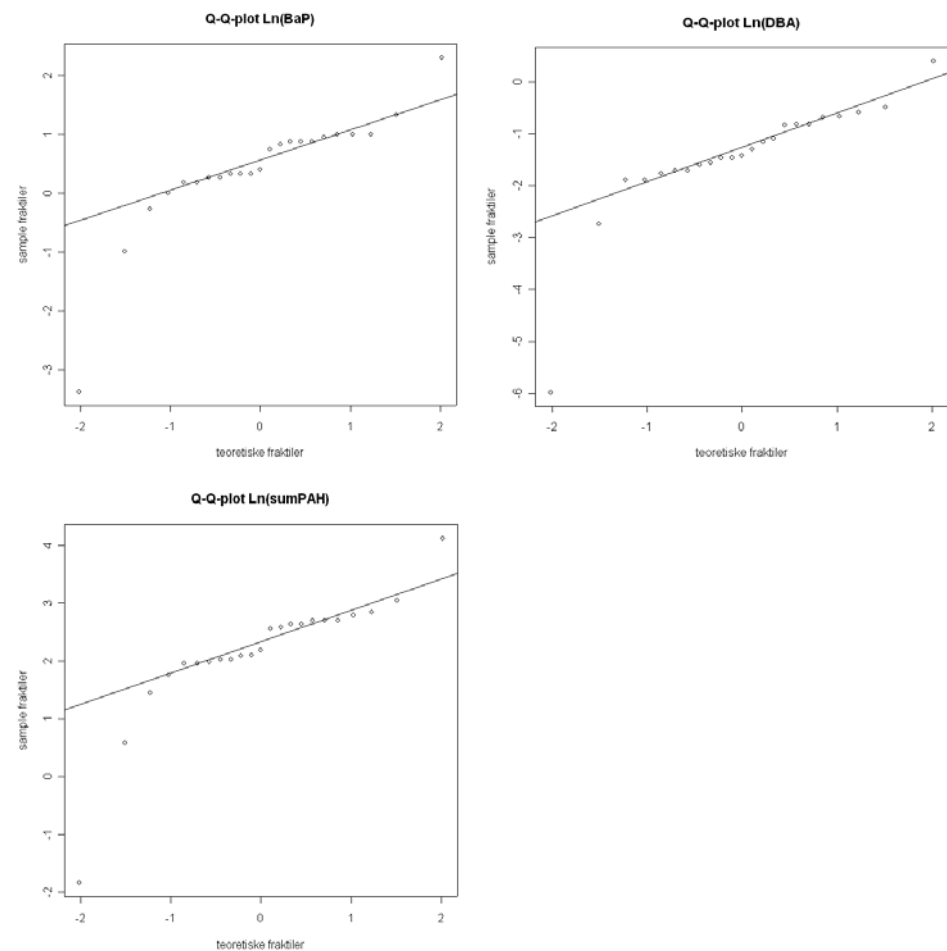
Fordelingerne af PAH i 0,1 m u. t. i relation til normalfordelingen er vist i nedenstående figur 4.12. Afvigelserne fra det teoretiske lineære forløb skyldes i alle tre tilfælde to punkter med ekstremt lave værdier i relation til de øvrige punkter. Alle tre afvigelser er signifikante i en Shapiro-Wilk-test, jf. tabel 4.12).

Logtransformerede data	Dybde, m	Shapiro-Wilk(p)
Bly	0,1	0,44
Kobber	0,1	0,59
Zink	0,1	0,11
Benzo(a)pyren	0,1	0,0002 (0,13*)
Dibenz(a,h)anthracen	0,1	0,00005 (0,55*)
Sum af PAH	0,1	0,00013 (0,09*)

*Ekstrem værdi udeladt

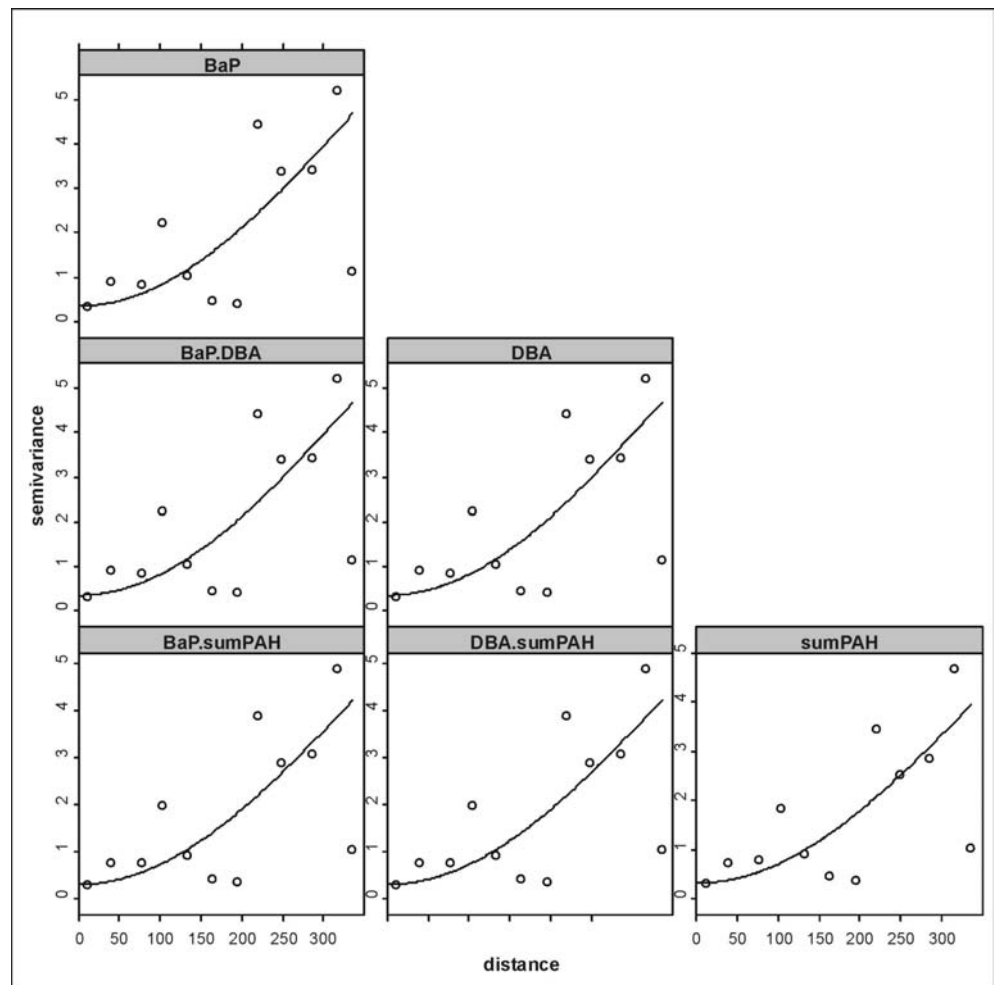
TABEL 4.12 UDFALD SHAPIRO WILK-TEST FOR NORMALFORDELING (LOGTRANSFORMEREDE DATA)
Result of Shapiro Wilk test for the normal distribution (log-transformed data)

De to afvigende punkter er B520 og tidligere omtalte B521 fra det nordlige del af Kartoffelrækkerne.



FIGUR 4.12 Q-Q-PLOT FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE DATA FOR BaP, DIBENZ(A,H)ANTHRACEN OG SUM AF PAH I 0,1 M'S DYBDE
Q-Q plot for log transformed data for BaP, dibenz(a,h)anthracene and sum of PAH in 0.1 m's depth

Semivariogrammerne og krydssemivariogrammerne for PAH er vist i figur 4.13. Der ingen evidens for spatiel korrelation på den undersøgte skala. Dette udsagn skærpes yderligere af, at semivarianserne er størst ved et lag på 250 m, og skyldes i høj grad målepunkterne B520 og B521.



FIGUR 4.13. SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSVARIOGRAMMER FOR BAP, DIBENZ(A,H)ANTHRACEN OG SUM AF PAH I 0,1 M'S DYBDE
Semivariogram and cross variogram for Benzo(a)pyrene, dibenz(ah)anthracene and sum of PAH in 0.1 m's depth

Ligesom for de undersøgte metaller, må vi derfor antage, at fordelingen over området er ensartet og estimere koncentrationer og konfidensintervaller for hele området under et. Disse estimater og deres konfidensintervaller sammen med en vurdering af sandsynligheden for at, området som helhed overskrider JKK, men ikke ASK er angivet i tabel 4.13. Den meget afvigende minimumsværdi for de tre PAH er udeladt ved estimeringen.

	Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området overskrider JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly	0,1	230	170 - 440	1,00	0,80
Kobber	0,1	60	43 - 120	0,00	1,00
Zink	0,1	500	350 - 1000	0,49	0,83
Benzo(a)pyren	0,1	1,8*	1,3 - 3,4*	1,00*	0,19*
Dibenz(a,h)anthracen		0,29*	0,22 - 0,56*	0,95*	0,97*
Sum af PAH	0,1	10*	7,6 - 20,4*	1,00*	0,71*

*ekstrem værdier udeladt.

TABEL 4.13 ESTIMAT OG 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR OMRÅDET HAR FORURENINGSNIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK FOR TESTAREAL B - KARTOFFELRÆKKERNE

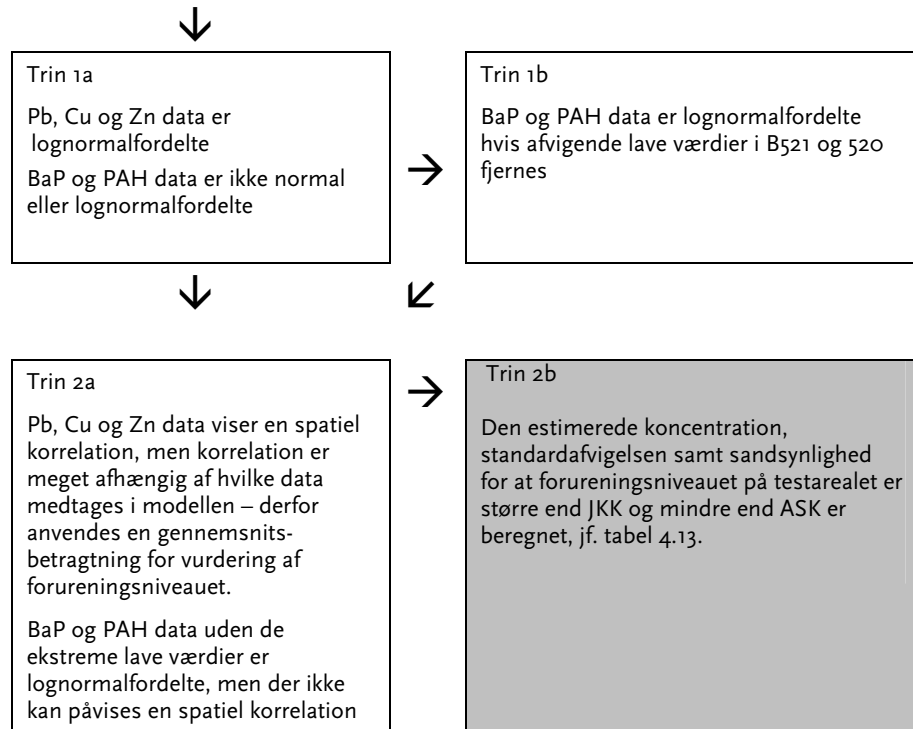
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration higher than the soil quality and lower than the soil intervention limit in test area B – Kartoffelrækkerne

Det kan konkluderes, at JKK er overskredet for bly, benzo(a)pyren dibenz-(ah)anthracen og sum af PAH. ASK er overskredet for BaP.

4.6 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 4.14 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.

Test areal B – Kartoffelrækkerne



FIGUR 4.14 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL B – KARTOFFELRÆKKERNE
Summary concerning data treatment Test area B - Kartoffelrækkerne

5 Testareal C - Guldbergs Plads

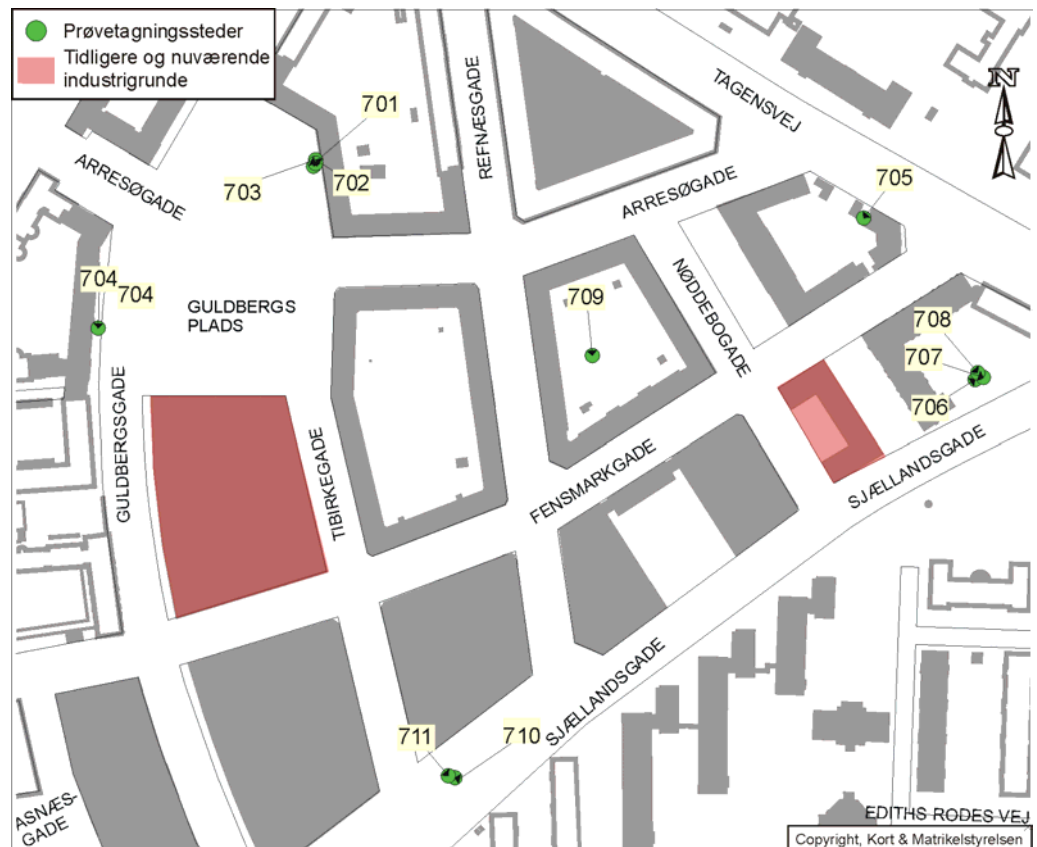
5.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Området omkring Guldbergs plads er opbygget i perioden fra 1900 /11/. Boligbebyggelserne består af fleretages ejendomme af mursten med røde tegltage med gårdhaver. Et alderdomshjem tages i brug på Guldbergsgade i 1901 og udvides i 1918 til den nuværende “De Gamles By”. Guldbergs have tages i brug i 1937 og Studentergården på Tagensvej er indviet i 1923. Sygeplejerskernes hus på Fensmarksgade er indviet i 1932 /12/.

Tidligere og nuværende industrigrunde har tidligere være kortlagt i /4,5/. Endvidere er der ikke identificeret opfyldte arealer eller lossepladser i området /6/. Der er ikke udtaget prøver fra disse lokaliteter.

I forbindelse med grave- og anlægsarbejde på en daginstitution i “De Gamles By” er der udtaget 40 jordprøver fra 0,2 – 0,3 m’s dybde med håndbor. Af disse har 75% af prøverne vist en overskridelse af jordkvalitetskriteriet for bly med en medianværdi på 53 mg/kg TS. Herudover viste 88% af prøver overskridelse af JKK for indholdet af BaP med en medianværdi på 0,4 mg/kg TS og 45 % af prøver viste mindre overskridelse af indholdet af total kulbrinter med en medianværdi på 100 mg/kg TS /19/

Testarealet afgrænses af Sjællandsgade, Tagensvej, Jagtvej og Prinsesse Charlottes gade og udgør i alt ca. 0,18 km², jf. figur 5.1.



FIGUR 5.1 OVERSIGTSPLAN OVER TESTAREAL C - GULDBERGS PLADS
Overview of test area C – Guldbergs Plads

5.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i juni 2002. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 5.1.

Der er udtaget prøver fra 11 prøvetagningspunkter opdelt på 6 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, muld, stenet/leret med evt. planterester, teglstykker, mørkbrun. Fyldlaget er ikke gennemboret i 1 m's dybde. Terrænkote varierer fra +12,4 m DNN til +14,8 m DNN

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 5.1- 5.6 Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 5.3, 5.4 og 5.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

5.3 DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH

I tabel 5.1, 5.2 og 5.6 angives en oversigt over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er

opfyldt. Koncentrationsniveauerne for arsen, chrom og nikkel er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data > JKK	ASK	% data > ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Arsen	ICP	0,1	3	4,2		5,5			6,5	5,4	20		20	
	EDXRF	0,1	11	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.					
	ICP	0,3												
	EDXRF	0,3	11	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.					
	ICP	0,55												
	EDXRF	0,55	4	i.p.		i.p.			i.p.					
	ICP	1,05												
Bly	EDXRF	1,05	3	i.p.		i.p.			i.p.					
		0,1	14	46	59	110	130	190	240	250	140	40	100	400
		0,3	11	56	65	73	98	240	300	350	160	100		
		0,55	7	24	29	35	71	280	450	670	200	57		25
Cadmium		1,05	3	27			27		140	64		50		
		0,1	3	0,29		0,48			0,58	0,45	0,5	33	5	
		0,3												
		0,55												
Chrom	ICP	0,1	3	12		14			15	11,2	500		1000	
	EDXRF	0,1	11											
	ICP	0,3												
	EDXRF	0,3	11	19	27	31	34	38	46	46	34			
	ICP	0,55												
	EDXRF	0,55	7	i.p.	i.p.	i.p.	10	22	26	32				
	ICP	1,05												
Kobber	EDXRF	1,05	3	i.p.		24			73					
		0,1	14	22	32	42	63	74	90	95	60	500	1000	
		0,3	11	32	37	42	51	80	97	100	60			
		0,55	7	18	19	22	27	71	100	100	48			
Kviksølv		1,05	3	25			31		69	42				
		0,1	3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	1	3	
		0,3												
		0,55												
Nikkel	ICP	0,1	3	9,9		12			15	8,3	30		30	
	EDXRF	0,1	11	i.p.	7,0	11	15	17	20	22	14			
	ICP	0,3												
	EDXRF	0,3	11	2,5	2,5	5,3	11	15	26	26	12			
	ICP	0,55												
	EDXRF	0,55	7,0	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	7,8	17	24				
	ICP	1,05												
Zink	EDXRF	1,05	3	i.p.		i.p.			16	7				
		0,1	14	140	160	200	280	370	410	1300	340	500	7	1000
		0,3	11	110	120	230	280	290	370	520	270		9	
		0,55	7	62	71	86	110	190	240	260	140			
		1,05	3	72			72		170	100				

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 5.1 OVERSICHT OVER RESULTATER – METALLER. TESTAREAL C - GULDBERGS PLADS (MG/KG TS)
Overview of results - metals. Test area C - Guldbergs Plads (mg/kg dw).

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
Totalkulbrinter	0,1	3	88			180			200	160	100				
	0,3														
	0,55														
	1,05														
BaP	0,1	11	0,09	0,34	0,72	0,95	1,5	2,8	3,6	1,3	0,1	91	1	40	
	0,3	10	0,05	0,10	0,34	0,70	2,1	3,1	3,7	1,3		90		30	
	0,55	7	0,05	0,13	0,20	0,27	1,4	2,1	3,1	0,93		86		43	
	1,05	3	0,04			0,12			0,14	0,1		67			
DiBahA	0,1	11	0,02	0,06	0,14	0,20	0,59	0,78	0,78	0,34	0,1	81	1		
	0,3	10	0,01	0,01	0,05	0,11	0,51	0,62	0,85	0,28		50			
	0,55	7	0,01	0,02	0,03	0,04	0,24	0,36	0,49	0,15		43			
	1,05	3	i.p.			0,02			0,02						
Sum af PAH	0,1	11	0,5	1,8	4,7	5,6	7,6	17	19	7,2	1,5	91	15	18	
	0,3	10	0,26	0,58	1,9	4,4	12	18	22	7,3		70		20	
	0,55	7	0,27	0,71	1,1	1,5	7,4	12	18	5,2		43		14	
	1,05	3	0,19			0,61			0,68	0,5					

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

	Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
	Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 5.2 OVERSICHT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area C – Guldbergs Plads (mg/kg dw)

Som ses af tabel 5.1 og 5.2 er der konstateret overskridelse af jordkvalitetskriterier for bly, cadmium, (zink), totalkulbrinter og PAH. Forurening fortsætter til mindst 1 m's dybde.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelinger er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 5.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Resultaterne for Shapiro Wilk test viser, at bly og kobber er normalfordelte, mens zink og BaP fra 10 cm's dybde ikke er normalfordelte. Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes derfor Wilcoxon Rank Sum test for zink og PAH og ikke en t-test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	14	0,54	21,75	3,93
	0,3	11	0,035	-0,94	-0,25
Cadmium	0,1	3	-	-	-
Kobber	0,1	14	0,74	6,72	1,84
	0,3	11	-	-	-
Kviksølv	0,1	3	-	-	-
Zink	0,1	14	0,00004	-0,7	0,57
	0,3	11	0,25	1,41	1,14
BaP	0,1	11	0,045	15,16	3,47
	0,3	10	0,025	16,69	3,56

* for en normalfordeling er værdien 0 - analysen ikke udført

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 5.3 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS
Overview of the statistical analysis. Test area C – Guldbergs Plads

Korrelation imellem parametre

I tabel 5.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Denne er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A.

Der ses god korrelation imellem Pb og Cu. Herudover er der kun tvivlsom eller ingen korrelation imellem de andre parametre. Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Pb, Cu og BaP viser kun tvivlsom korrelation med organisk indhold (glødetab).

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	0,67	1,00						
Cd	-	-	1,00					
Cu	0,71	0,95	-	1,00				
Hg	-	-	-	-	1,00			
Zn	0,27	0,58	-	0,47	-	1,00		
BaP	0,63	0,31	-	0,59	-	0,11	1,00	
PAH	-	-	-	-	-	0,14	0,99	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser). Negativ værdi (en parameter aftager, en vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation
0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 5.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsenniveauet ligger omkring baggrundsniveauet for landområder (3 – 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Bly

Blyniveauet er væsentlig højere end baggrundsniveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 5.1 og figur 5.2, overskrides JKK i alle prøver i 10 og 30 cm's dybde. ASK overskrides i nogle prøver fra 55 cm's dybde. Blydata er normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved en t-test. Koncentrationsniveauerne i de

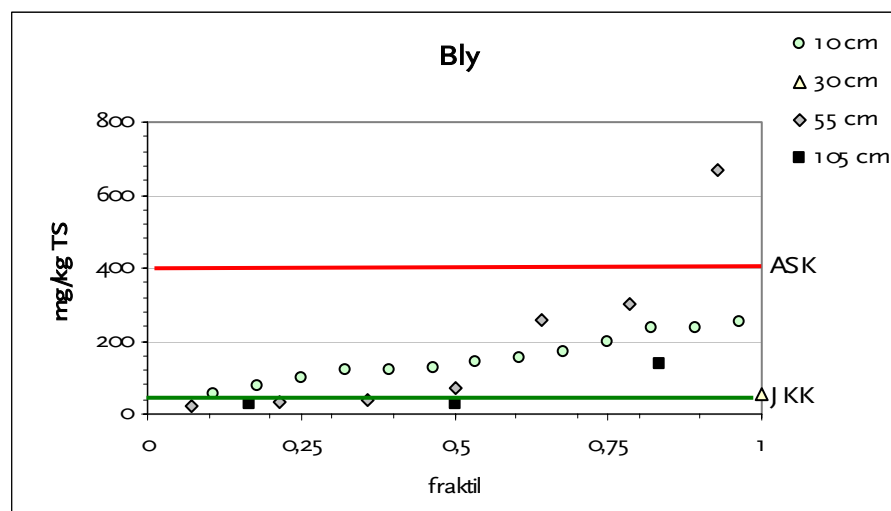
fire dybder er ikke forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 5.5.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	t-test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,38
0,1 og 0,55 m	0,29
0,3 og 1,05 m	0,055
0,1 og 1,05 m	0,07

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 5.5 T-TEST TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER
T-test for Pb in different depths

På figur 5.2 ses en tendens til, at blyindholdet falder i 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter. Derimod ses nogle høje få værdier i 0,55 m's dybder.



FIGUR 5.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS
Quantile plot for lead – Test area C – Guldbergs Plads

Cadmium

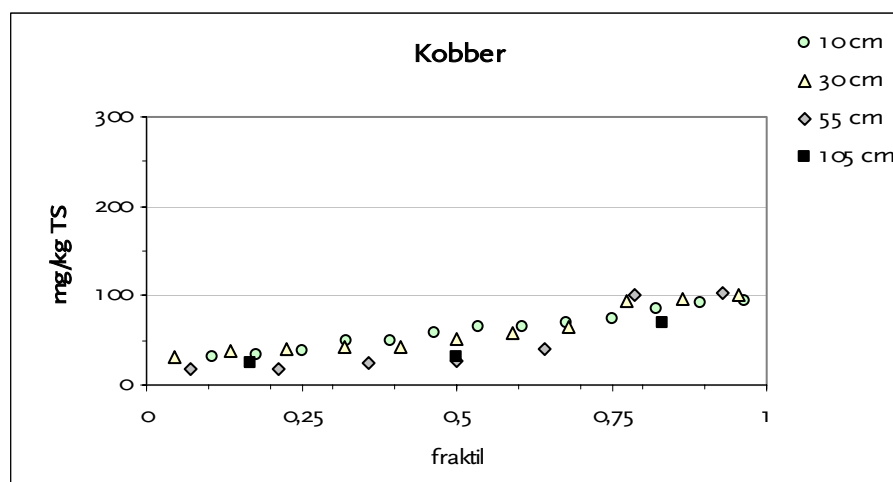
Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). men der er kun målt i 3 prøver. Én af prøverne overskrider JKK.

Chrom

Chromniveauet er omkring 14 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses ingen tendenser til aftagende koncentrationer i dybden, jf. figur 5.3.



FIGUR 5.3 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS
Quantile plot for copper – Test area C – Guldbergs Plads

Kviksølv

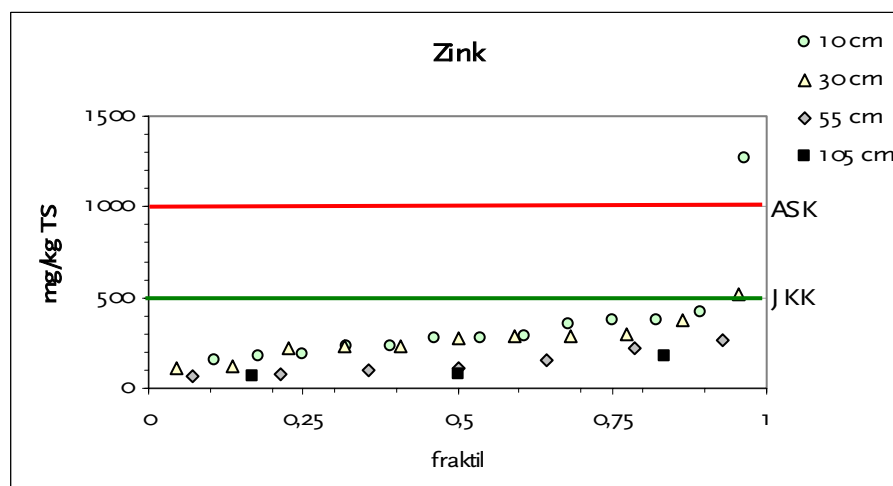
Kviksølvniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK, jf. tabel 5.1. Der er dog kun målt på få prøver.

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 12 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). JKK overskrides kun i to prøver og ASK i én prøve, jf. figur 5.4 og tabel 5.1.



FIGUR 5.4 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS
Quantile plot for zinc – Test area C – Guldbergs Plads

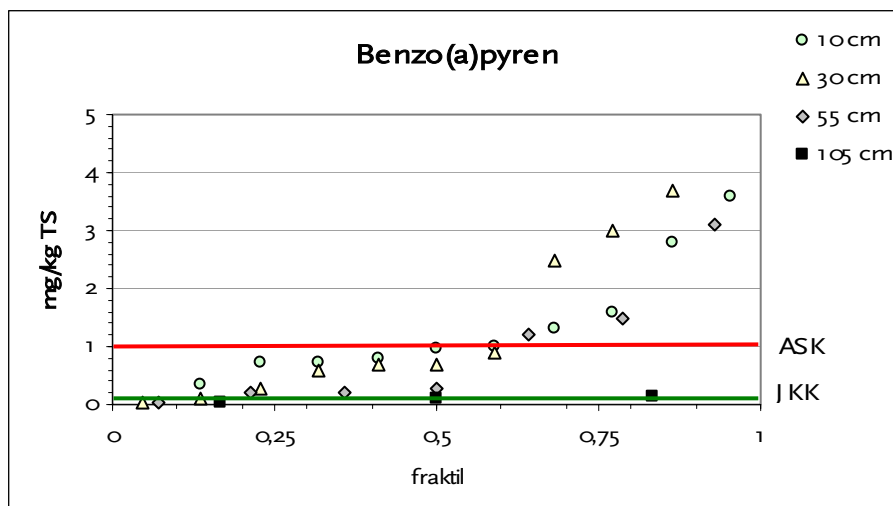
Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 5.2, er der målt på tre prøver og JKK overskrides i to prøver. Den højeste værdi er 200 mg/kg TS. Prøverne er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Ingen af

prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

Som det fremgår af tabel 5.2 og figur 5.5, overskrider BaP JKK i næsten alle prøverne. Herudover ses også overskridelser af ASK for over 40 % af prøverne. Forureningen findes til mindste 55 cm's dybde. Indhold af BaP og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 5.4 og afsnit 15.5. Det er indholdet af BaP, som hyppigst overskrider JKK.



FIGUR 5.5 FRAKTILPLOT FOR BAP – TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS
QUANTILE PLOT FOR BAP – TEST AREA C – GULDBERGS PLADS

5.4 DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

I tabel 5.6 angives resultaterne for de øvrige organiske parametre.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	3	0,70		0,71				0,73	0,71	0,1	100	1	
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	3	4,5		4,8				4,8	4,7	1,5	100	15	
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	3	8,3		8,7				9,1	8,7				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	3	i.p.		i.p.				i.p.		(20)***			
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	3	100		130				180	140	25.000			
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	3	130		200				320	220	250.000			
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1													
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1													
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1										(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 5.6 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS

Overview of results - other organic parameters. Test area C – Guldbergs Plads

Som det ses af tabel 5.6, viser analyserne for et udvidet antal PAH samme forureningsniveau for PAH, som i tabel 5.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 5.7.

Ingen jordprøver indeholdt PCB. Indholdet af phthalater var lavt. Indholdet af dioxiner er ikke målt.

PAH-sammensætning

I tabel 5.7 er beregnet et række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH-sammensætningen (dioxiner er ikke målt i prøver fra testareal C). Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9		
	m									
Forhold mellem udvalgte PAH										
BaP / Sum af 7 MST	0,1	3	0,15			0,15			0,16	0,15
DiBahA / Sum af 7 MST	0,1	3	0,02			0,02			0,02	0,02
B(ghi)P / BaP	0,1	3	0,73			0,76			0,81	0,77
Coronen / BaP	0,1	3	0,16			0,17			0,20	0,18
Sum af alkylphen./ phenanthren	0,1	3	0,55			0,59			0,73	0,62
Reten/DiBahA	0,1	3	0,31			0,34			0,35	0,33
Forhold mellem dioxiner										
PCDF / PCDF	0,1									

gns.: gennemsnit

TABEL 5.7 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL C – GULDBERGS PLADS
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area C – Guldbergs Plads

5.5 GEOSTATISTISK VURDERING

Der er ikke foretaget en geostatistiske analyse, da der kun er udtaget få prøver.

6 Testareal D – Banefløjen

6.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Boligområdet består af etageejendomme etableret i 1950'erne.

Tidligere og nuværende industrigrunde har tidligere være kortlagt i /4,5/. Der er ikke udtaget prøver fra disse lokaliteter. Endvidere er der ikke identificeret opfyldte arealer eller lossepladser i området /6/.

Orienterende forureningsundersøgelse ved Voldfløjen 13-21, Husum er foretaget i 2002 /20/. Der er tidligere foregået potentielt forurenede aktiviteter (jernhandel, maskinfabrik, galvaniseringsanlæg) på grunden i perioden 1933 – 1979. Herefter er der i 1990 etableret to etageejendomme på grunden. Arealet syd for de to etageejendomme er hævet 11,5 m over det øvrige terræn, og det er oplyst i /20/, at jorden stammer fra udgravning af parkeringskælder under den nordligste etageejendom. I 4 blandingsprøver fra 0 – 50 cm's dybde fra 4 borer spredt over grunden er der fundet overskridelser af jordkvalitetskriterierne for PAH (0,2 – 11 mg /kg TS), bly (46 - 170 mg /kg TS) og cadmium (0,15 – 0,8 mg/kg TS).

Ved en legeplads på Vestvolden ved Banefløjstien /46/ er der desuden analyseret på 4 prøver fra 10 cm's dybde og fundet for PAH (0,23 – 5,47 mg /kg TS) og bly (16 - 63 mg /kg TS).

Testarealet afgrænses af Frederikssundsvej, Voldfløjen, Banefløjen og Åfløjen og udgør ca. 0,15 km².

6.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

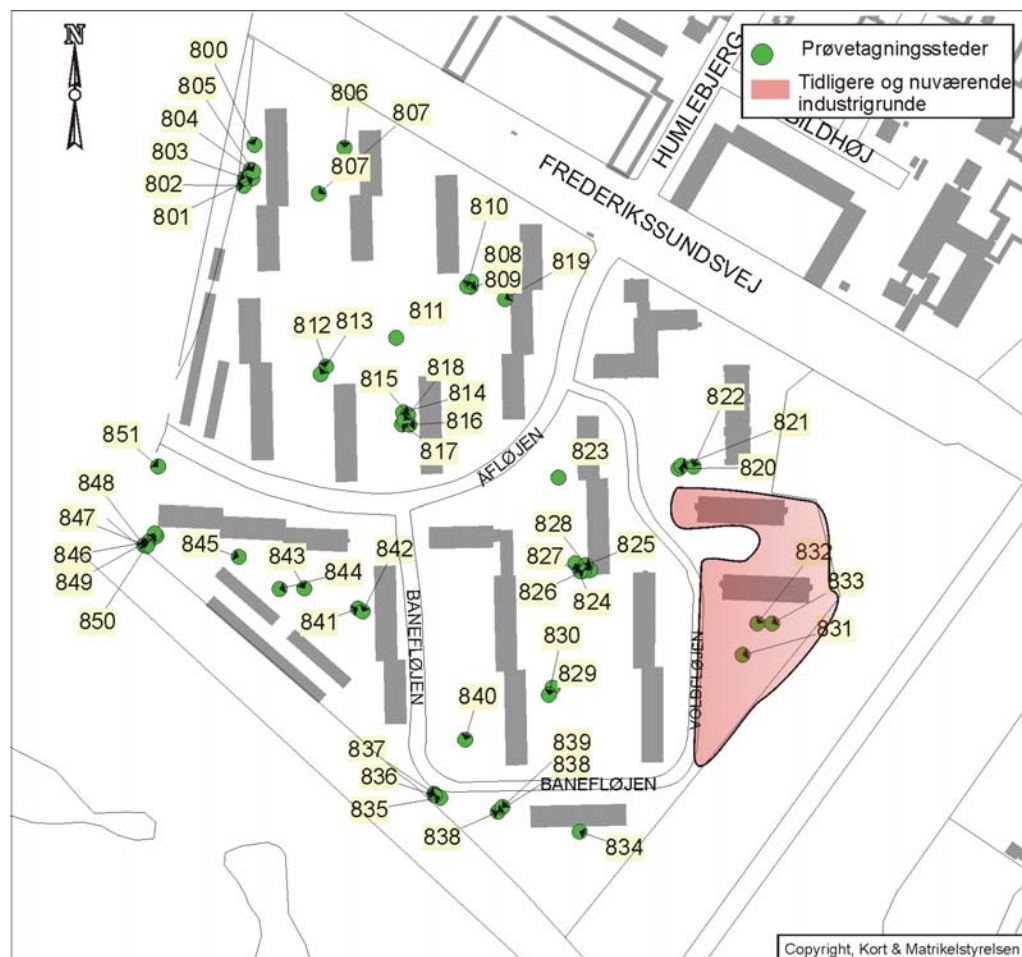
Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i august 2002. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 6.1. Boring 831, 832 og 833 er udtaget på Voldfløjen 13-21.

Der er udtaget prøver fra 51 prøvetagningspunkter opdelt på 25 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, muld sandet/ gruset med evt. slagger, planterester, murbrokker, gulbrun, mørkebrun. Fyldlaget er gennemboret i ca. 50 cm's dybde. Terrænkote varierer fra +11,7 m DNN til +18,21 m DNN

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 6.1, 6.2 og 6.8. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 6.3 og 6.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.



FIGUR 6.1 OVERSIGTSPLAN OVER TESTAREAL D - BANEFLØJEN
 Overview of test area D - Banefløjen

6.3 DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH

I tabel 6.1, 6.2 og 6.8 angives et oversigt over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Koncentrationsniveauerne for arsen, chrom og nikkel er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Arsen	ICP	0,1	13	2,6	4,4	5,2	6,4	7,8	8,8	9,1	6,2	20	20	
	EDXRF	0,1	41	10	10	10	10	10	10	12	10			
	EDXRF	0,3	23	10	10	10	10	10	10	10	10			
	EDXRF	0,55	9	10	10	10	10	10	10	10	10			
	EDXRF	1,05	8	10	10	10	10	10	10	10	10			
Bly		0,1	54	15	57	68	82	110	150	370	100	40	400	
		0,3	23	16	29	41	73	88	180	380	89	78		
		0,55	9	20	24	31	42	73	240	680	120	56		11
		1,05	8	3	11	26	60	88	160	240	75	63		
Cadmium		0,1	13	0,36	0,38	0,42	0,44	0,62	1,3	2,0	0,66	0,5	46	5
		0,3												
		0,55												
		1,05												
Chrom	ICP	0,1	13	5,0	10	12	13	14	15	15	12	500	1000	
	EDXRF	0,1	41	i.p.	i.p.	19	27	35	44	64	26			
	EDXRF	0,3	23	i.p.	i.p.	11	32	38	48	53	28			
	EDXRF	0,55	9	i.p.	i.p.	i.p.	26	40	47	50	25			
	EDXRF	1,05	8	5	5	5	17	39	46	58	23			
Kobber		0,1	54	14	26	34	41	62	93	140	52	500	1000	
		0,3	23	20	23	34	38	61	110	130	53			
		0,55	9	21	23	26	39	83	130	240	66			
		1,05	8	22	26	29	39	72	130	140	59			
Kviksølv		0,1	13	0,06	0,11	0,13	0,14	0,16	0,40	0,72	0,20	1	3	
		0,3												
		0,55												
		1,05												
Nikkel	ICP	0,1	13	6,7	10	12	12	13	15	17	12	30	30	
	EDXRF	0,1	41	i.p.	i.p.	9	11	14	18	28	11			
	EDXRF	0,3	23	i.p.	i.p.	5	11	16	23	37	12	4		
	EDXRF	0,55	9	i.p.	i.p.	i.p.	9	21	40	110	20	11		
	EDXRF	1,05	8	2,5	7,8	10	13	21	44	52	19	25		
Zink		0,1	54	43	123	160	180	220	320	470	200	500	1000	
		0,3	23	55	76	110	180	250	290	550	190	5		
		0,55	9	60	62	90	140	190	420	830	220	11		
		1,05	8	54	63	93	140	250	370	580	200	13		

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 6.1 OVERSICHT OVER RESULTATER – METALLER. TESTAREAL D - BANEFLØJEN (MG/KG TS).
Overview of results - metals. Test area D –Banefløjen (mg/kg dw).

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Totalkulbrinter	0,1	11	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	68	150	230	49	100	22		
	0,3	1				14								
	0,55	1				i.p.								
	1,05													
BaP	0,1	40	0,03	0,09	0,13	0,24	0,39	0,75	8,5	0,65	0,1	85	1	10
	0,3	23	0,01	0,06	0,11	0,24	0,38	1,4	5,2	0,60		74		13
	0,55	9	0,01	0,02	0,02	0,17	0,44	0,91	2,5	0,44		56		11
	1,05	8	0,02	0,02	0,02	0,09	0,35	0,84	1,9	0,36		50		13
DiBahA	0,1	40	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,15	1,7	0,13	0,1	20	1	5
	0,3	23	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,29	0,92	0,12		17		
	0,55	9	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,19	0,55	0,10		11		
	1,05	8	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,18	0,40	0,08		13		
Sum af PAH	0,1	40	0,1	0,5	0,7	1,3	2,0	4,8	47	3,6	1,5	43	15	5
	0,3	23	0,0	0,3	0,5	1,3	2,0	7,4	25	3,1		48		4
	0,55	9	0,0	0,1	0,1	1,0	2,3	5,0	14	2,4		33		
	1,05	8	0,1	0,1	0,1	0,5	2,0	4,9	11	2,1		38		

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit



Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 6.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. TESTAREAL D - BANEFLØJEN (MG/KG TS).

Overview of results – organics. Test area D - Banefløj (mg/kg dw).

Som det ses af tabel 6.1 og 6.2 er der konstateret overskridelse af jordkvalitetskriterier for bly, cadmium, nikkel, zink, totalkulbrinter og PAH. Forureningen ses især i det øverste jordlag fra 2-30 cm's dybde, men fortsætter til mindst 1 m's dybde. ASK overskrides i en række prøver for PAH, herunder BaP.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelinger er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 6.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Resultaterne for Shapiro Wilk test viser, at bly cadmium, kobber, kviksølv, zink og BaP fra 10 og 30 cm's dybde ikke er normalfordelte. Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes derfor Wilcoxon Rank Sum test og ikke en t-test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	54	$1 \cdot 10^{-8}$	7,62	2,54
	0,3	23	$4 \cdot 10^{-7}$	6,22	2,43
Cadmium	0,1	13	0,00013	4,78	2,29
Kobber	0,1	54	0,0000043	1,86	1,5
	0,3	23	0,00022	1,31	1,48
Kviksølv	0,1	13	0,000065	5,75	2,45
Zink	0,1	54	0,00007	1,75	1,23
	0,3	23	0,0012	2,63	1,51
BaP	0,1	40	$5 \cdot 10^{-12}$	18,7	4,32
	0,3	23	$8 \cdot 10^{-11}$	14,13	3,58

* for en normalfordeling er værdien 0 - analysen ikke udført

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 6.3 OVERSICHT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL D - BANEFLØJEN
Overview of the statistical analysis. Test area D - Banefløj

Korrelation imellem parametre

I tabel 6.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Denne er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A.

Der ses god korrelation imellem Cu og Zn og rimelig korrelation imellem Zn og Pb. Ligeledes ses rimelig korrelation imellem Pb og BaP/PAH. Herudover er der kun tvivlsom eller ingen korrelation imellem de andre parametre. Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Ingen af parametrene viser korrelation med organisk indhold (glødetab).

Korrelation imellem parametre udnyttes i den geostatistiske databehandling, jf. afsnit 6.5.

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	-0,11	1,00						
Cd	-	0,38	1,00					
Cu	0,05	0,66	0,80	1,00				
Hg	-	0,41	0,08	0,42	1,00			
Zn	0,09	0,80	0,62	0,88	0,39	1,00		
BaP	-0,27	0,83	-	0,48	-	0,60	1,00	
PAH	-	0,83	-	0,46	-	0,06	1,00	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser) Negativ værdi (en parameter aftager, en vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 6.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsenniveauet ligger omkring baggrunds niveauet for landområder (3 - 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen prøver overskrider JKK.

Bly

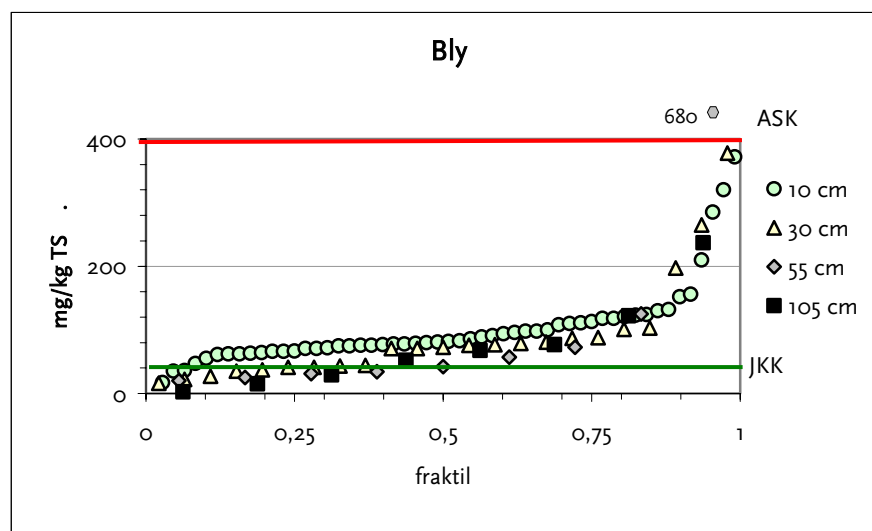
Blyniveauet er væsentlig højere end baggrunds niveauet for landområder (10 - 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 6.1 og figur 6.2, overskrides

JKK i de fleste prøver i 10 – 30 cm's dybde. ASK overskrides ikke undtagen én prøve i boring 832 i 55 cm's dybde. Blydata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Koncentrationsniveauerne i 10 og 30 cm's dybde er forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 6.5.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,046
0,3 og 0,55 m	0,19
0,1 og 1,05 m	0,075

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 6.5 WILCOXON RANK TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank test for Pb in different depths



FIGUR 6.2 FRAKTILOPLOT FOR BLY – TESTAREAL D – BANEFLØJEN
Quantile plot for lead – Test area D - Banefløj

Cadmium

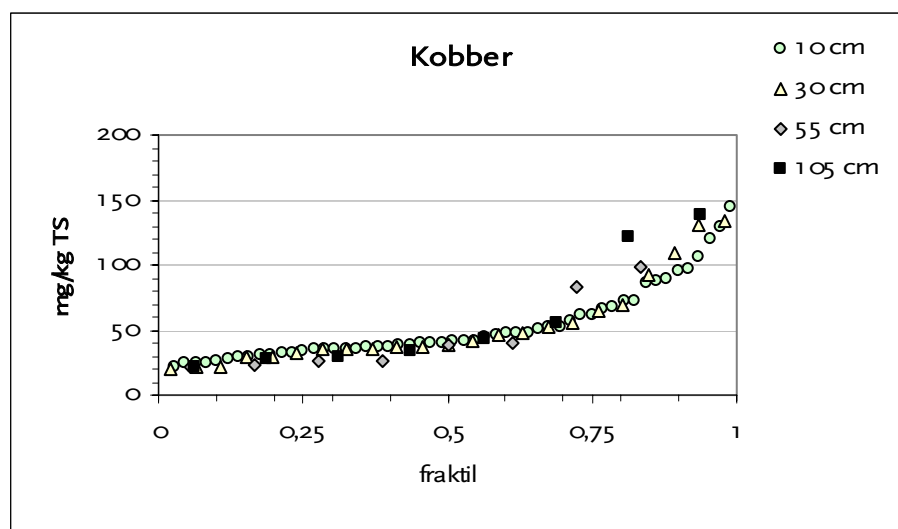
Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), og JKK er overskredet i flere af jordprøverne (>40%).

Chrom

Chromniveauet er omkring 13 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses ingen tendenser til aftagende koncentrationer i dybden, jf. figur 6.3.



FIGUR 6.3 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL D – BANEFLØJEN
Quantile plot for copper – Test area D – Banefløjten

Kviksølv

Kviksølvniveauet er højere end baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK.

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 12 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 6.1 og figur 6.4, ses nogle få overskridelser af JKK i 30 - 105 cm's dybde. ASK er ikke overskredet.

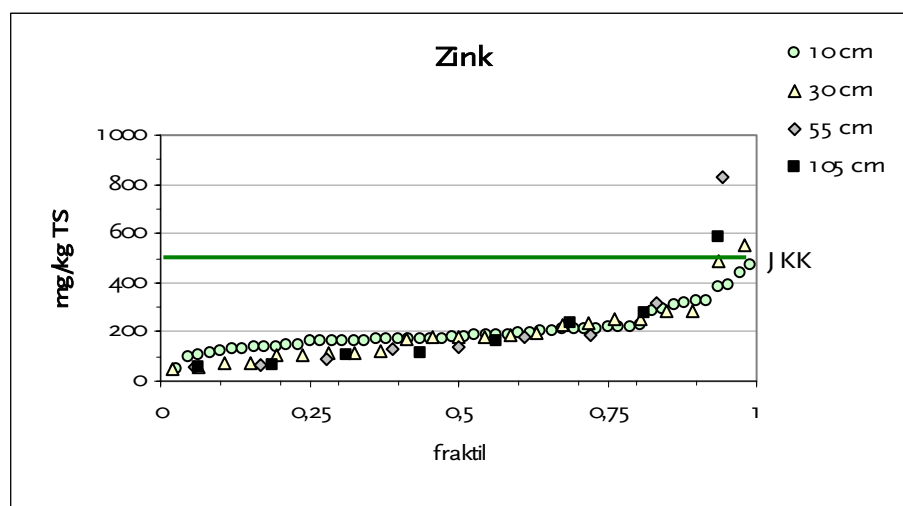
Zinkdata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Koncentrationsniveauerne i de fire dybder er ikke forskellige fra hinanden ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 6.6.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,31
0,1 og 1,05 m	0,23

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 6.6 WILCOXON RANK TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank test for Zn in different depths

Figur 6.4 illustrerer at der ikke er en faldende tendens med dybden.



FIGUR 6.4 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL D – BANEFLØJEN
Quantile plot for zinc – Test area D – Banefløj

Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 6.2, er koncentrationerne i de fleste af prøverne mindre end JKK. Der er dog målt overskridelser i to prøver på henholdsvis 150 og 230 mg/kg TS. De få forurenede prøver er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Ingen af prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

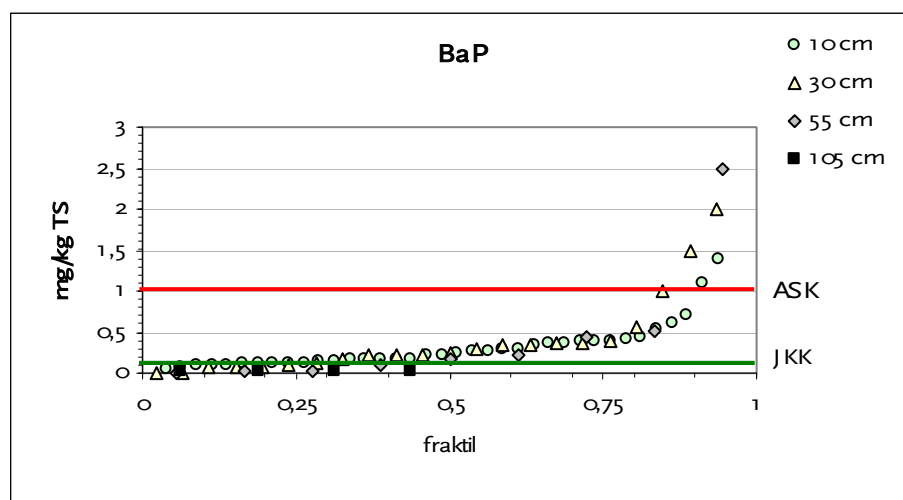
Som det fremgår af tabel 6.2 og figur 6.5, overskrider BaP JKK i flere af prøverne. Indhold af BaP, DiBaH og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 3.4 og afsnit 15.5. Det er indholdet af BaP, som hyppigst overskrider JKK.

BaP-data er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. BaP-koncentrationerne ligger på samme niveau i alle fire dybder ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 6.7.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
BaP data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,54
0,55 og 1,05 m	0,48
0,1 og 1,05 m	0,13

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 6.7 WILCOXON RANK TEST FOR BAP I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank test for BaP in different depths



FIGUR 6.5 FRAKTILPLOT FOR BAP – TESTAREAL D – BANEFLØJEN
 QUANTILE PLOT FOR BAP – TEST AREA D – BANEFLØJEN

Andre bemærkninger

I boring 831 og 832 på jordvolden på Voldfløjen 13-21 er der fundet ret høje indhold af BaP (henholdsvis 8,5 og 6,0 mg/kg TS) samt bly (henholdsvis 285 og 372 mg/kg TS) i 0,1 m's dybde. Kun i boring 832 er der udtaget prøver i større dybde og forurening fortsætter i dybden, idet der stadig findes 1,9 mg BaP/kg TS og 237 mg Pb/kg TS i 1 m's dybde. I boring 833 udtaget i sammen felt som 831 og 832 er der derimod kun fundet 0,18 mg BaP/kg TS og 77 mg Pb/kg TS i 0,1 m's dybde.

6.4 DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

I tabel 6.8 angives resultaterne for de øvrige organiske parametre.

Parameter	Dybde	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
	m		min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	20	0,06	0,06	0,09	0,12	0,18	0,34	0,41	0,16	0,1	60	1	
	0,3	4	0,08			0,12			0,40	0,18		75		
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	20	0,36	0,42	0,70	0,81	1,27	2,16	2,93	1,12	1,5	25	15	
	0,3	4	0,63			0,73			3,15	1,31		25		
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	20	0,67	0,83	1,38	1,52	2,68	4,66	5,57	2,25				
	0,3	4	1,22			1,35			6,99	2,73				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	7	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		(20)***			
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	7	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	195	350	500		25.000			
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	7	i.p.	i.p.	i.p.	60	216	476	650		250.000			
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	2	89			126			163	126				
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	2	120			253			387	253				
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	2	3,9			5,6			7,4	5,6	(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrundsniveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 6.8 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL D - BANEFLØJEN

Overview of results - other organic parameters. Test area D - Banefløjnen

Som det ses af tabel 6.8, viser analyserne for et udvidet antal PAH lidt lavere forureningsniveau for PAH end i tabel 6.2, men prøverne er kun udtaget fra få udvalgte felter. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 6.9.

Ingen jordprøve fra det øverste jordlag (10 cm's dybde) indeholdt PCB.

Dioxinindholdet målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er omkring det tyske baggrunds niveau for landbrugsjord (omkring 1 - 5 ng ITE /kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 6.9 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9			
Forhold mellem udvalgte PAH											
BaP / Sum af 7 MST	0,1	20	0,11	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,14	
	0,3	3	0,14			0,15			0,17	0,15	
DiBahA / Sum af 7 MST	0,1	20	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	
	0,3	3	0,03			0,03			0,03	0,03	
B(ghi)P / BaP	0,1	20	0,68	0,73	0,78	0,81	0,90	0,96	1,14	0,84	
	0,3	3	0,85			0,96			1,17	0,99	
Coronen / BaP	0,1	20	0,18	0,21	0,27	0,34	0,38	0,42	0,51	0,33	
	0,3	3	0,35			0,36			0,37	0,36	
Sum af alkylphen./ phenanthren	0,1	20	0,31	0,50	0,62	0,88	1,12	1,48	2,32	0,95	
	0,3	3	1,12			1,79			3,60	2,17	
Reten/DiBahA	0,1	20	0,19	0,30	0,32	0,57	0,63	0,72	2,90	0,61	
	0,3	3	2,93			3,24			4,06	3,41	
Forhold mellem dioxiner											
PCDF / PCDF	0,1	2	0,42			0,58			0,75	0,58	

gns.: gennemsnit

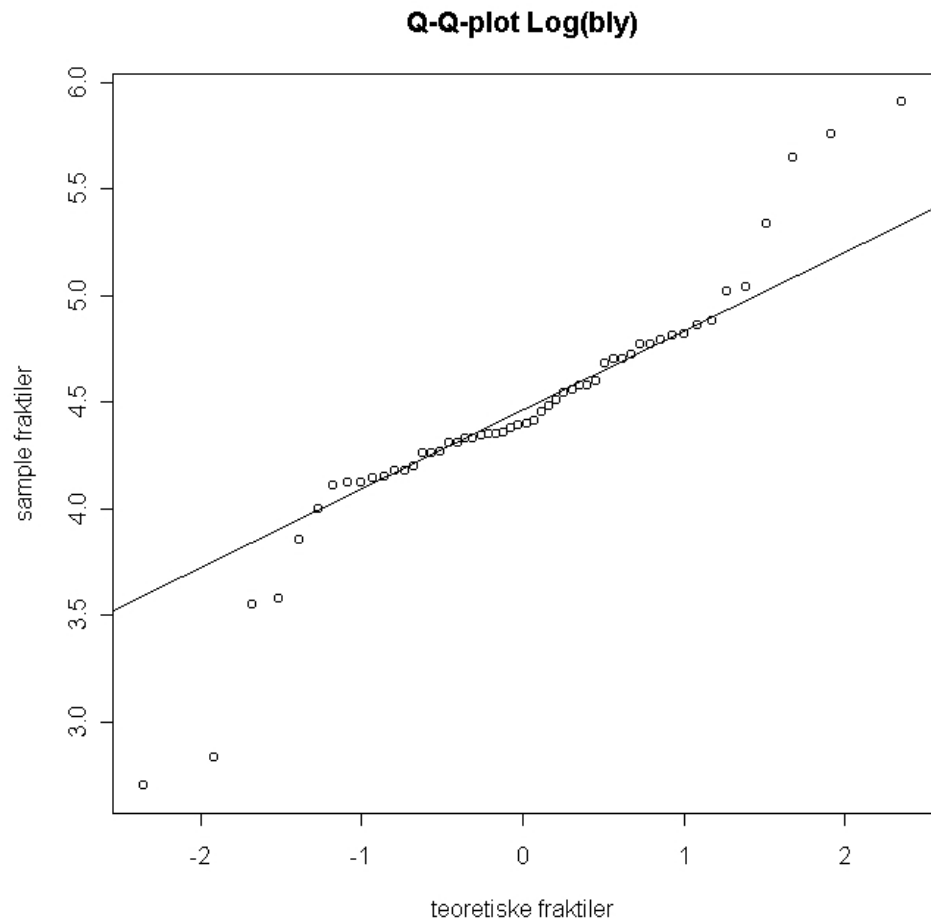
TABEL 6.9 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL D – BANEFLØJEN
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area D - Banefløjén

6.5 GEOSTATISTISK VURDERING

Der udført geostatistisk analyse af bly og benzo(a)pyren, der er de mest kritiske stoffer i prøver fra 0,1 m u. t.

Bly

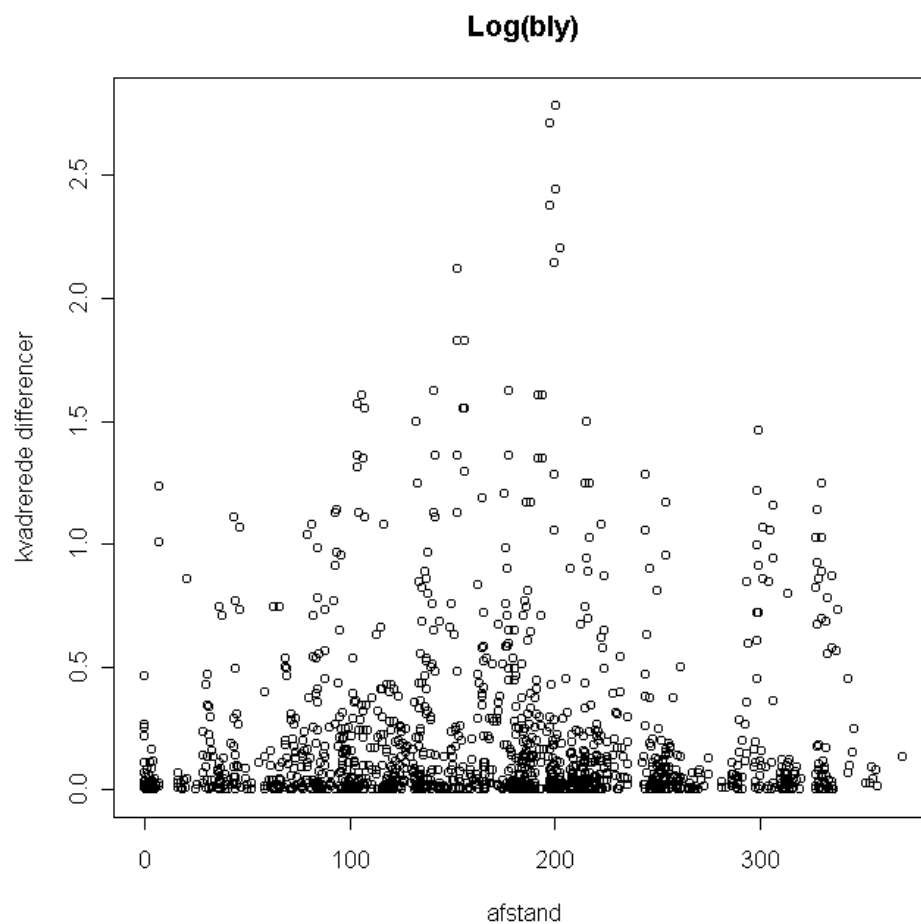
Q-Q-plot til undersøgelse af fordelingen af de logaritmisk transformerede parameterverdier for bly er vist i figur 6.6. Det fremgår af figuren, at der er afvigelser fra normalfordelingen i såvel det nedre som det øvre område af fordelingen. Afvigelserne er signifikante i et Shapiro-Wilk test ($p < 0,005$). Afvigelserne i den nedre ende skyldes tilstedeværelsen af to såkaldte outliers, B843 og B844 (se figur 6.1). I de to prøvepunkter er der målt særdeles lave blykoncentrationer, henholdsvis 15 og 17 mg/kg TS. De to prøvepunkter er udtaget af den videre analyse, idet det antages at jorden på stedet er udskiftet i nyere tid.



FIGUR 6.6 Q-Q-PLOT AF LOGARITMETRANSFORMEREDE BLYDATA I 0,1 M'S DYBDE
Q-Q plot of the log transformed distribution for lead in 0.1 m's depth

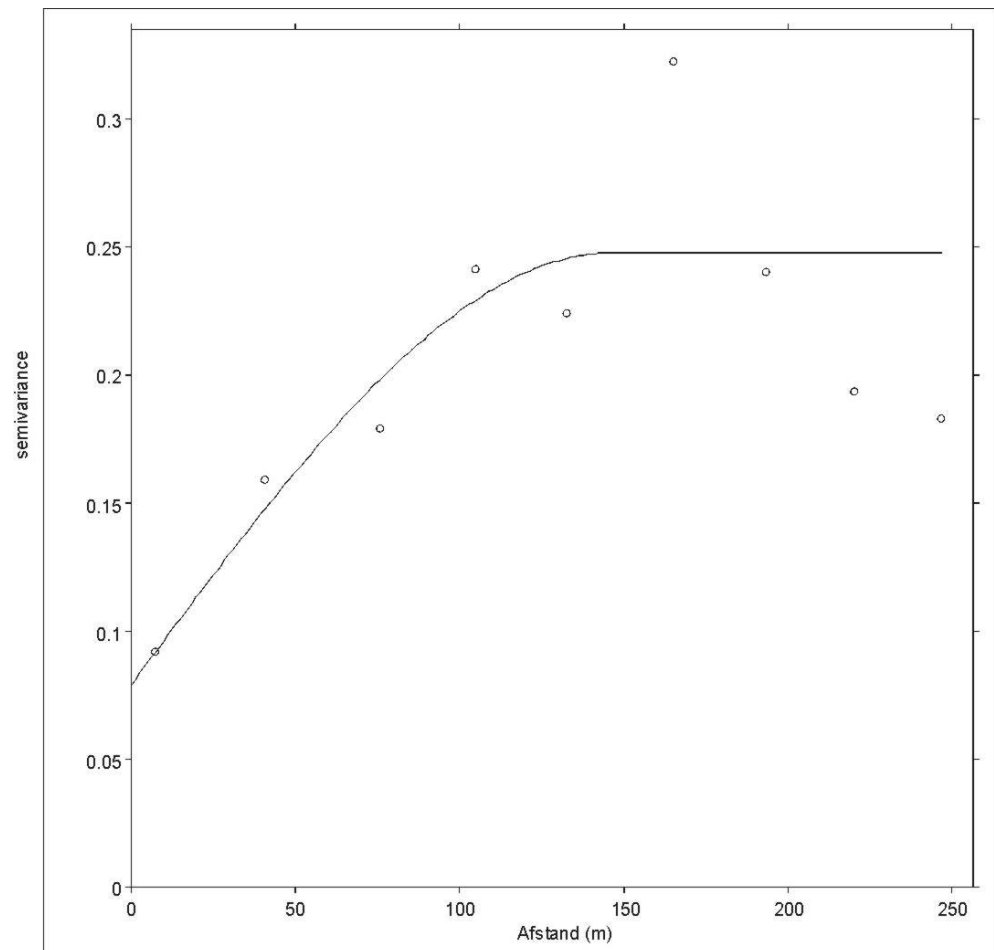
Afvigelserne i den øvre ende af fordelingen skyldes at der flere steder er udtaget to eller flere prøver med meget lille indbyrdes afstand, der et par steder er sammenfaldende med høje koncentrationer. Dette er imidlertid i overensstemmelse med forudsætninger og antagelser for krigingsmetoden om en regionaliseret fordeling, især når der som her anvendes ordinær kriging. Det er imidlertid stadig et subjektivt valg, især fordi der fjernes to punkter i den nedre ende af fordelingen, B843 og B844, med kort indbyrdes afstand. Der er imidlertid på flere parametre målt høje koncentrationer i den sydvestlige del af testarealet, der vurderes at kunne være en hvis sammenhæng imellem.

Der er i figur 6.7 vist et scatterplot af den indbyrdes afstand af prøvepunkterne og de kvadrede differenser imellem de logaritme-transformerede blykoncentrationer for alle indbyrdes prøvepunkter. Det ses at differenserne er jævnt stigende i intervallet fra 0 til ca. 200 m. Spearmans rang korrelationen imellem afstand og kvadrerede differenser er i dette interval signifikant ($p < 0,0001$) og indikerer tilstedeværelsen af en afstandsrelation.



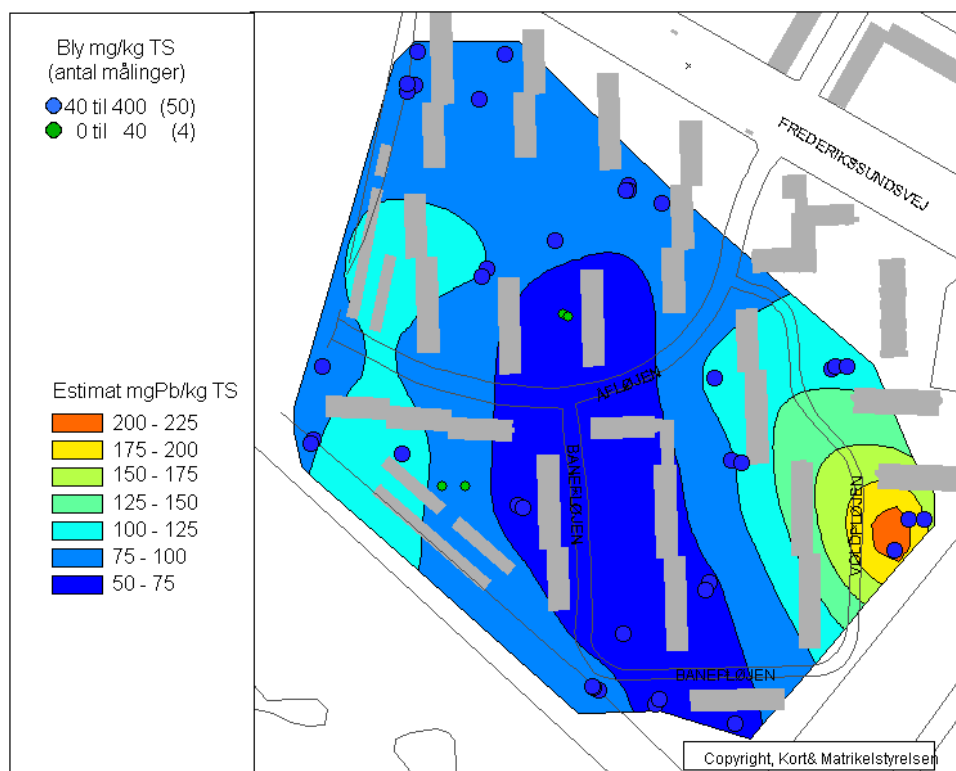
FIGUR 6.7 PLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENSER IMELLEM LOGARITMETRANSFORMEREDE BLYDATA FOR PARVISE PRØVEPUNKTER
Scatter plot of distance and squared difference between log-transformed concentrations in pair wise sampling points for lead

Semivariogrammet og den tilpassede model for afstandsrelationen er vist i figur 6.8. Modellen viser en rimelig god overensstemmelse imellem semivarianser og modellinien. Antallet af punktpar indenfor hvert lag er i gennemsnit 79. Modellen er sfærisk model med nugget og sill på henholdsvis 0,079 og 0,168, samt en range på 146 m.

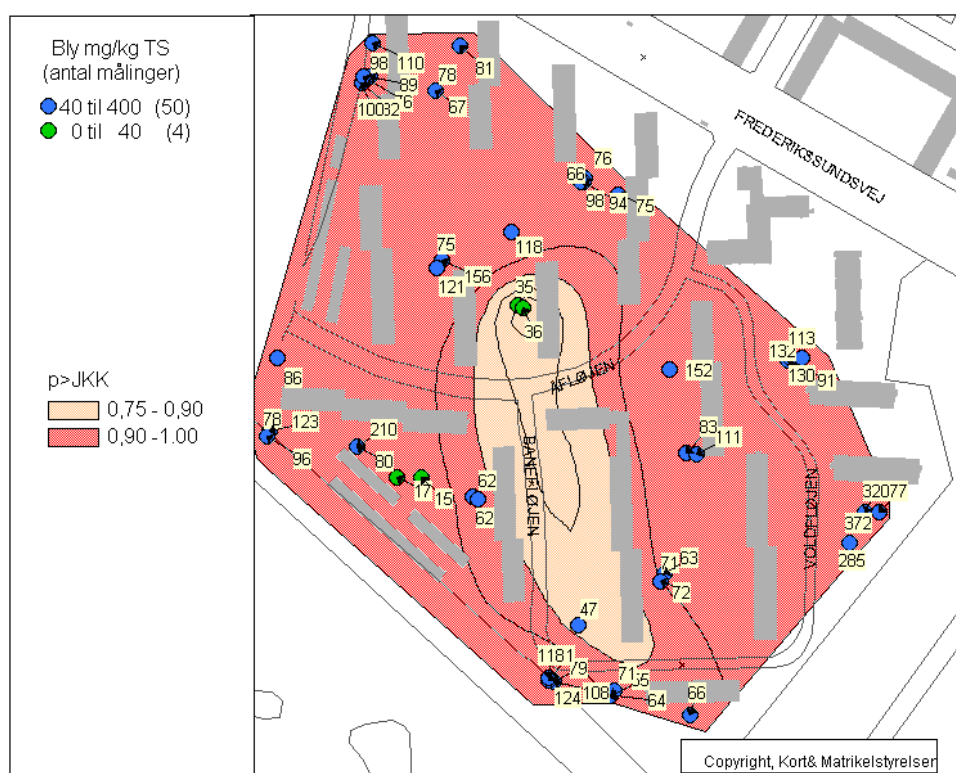


FIGUR 6.8 SEMIVARIOGRAM FOR BLY. SFÆRISK MODEL MED NUGGET OG SILL PÅ HENHOLDSVIS 0,079 OG 0,17. RANGE ER 146 M
Semivariogram for lead. Spherical model. Nugget = 0.079, sill = 0.17, range = 146 m.

Blykoncentrationen er estimeret ved anvendelse af ordinær kriging for vilkårlige prøvepunkter i testarealet i figur 6.9. I figur 6.10 er vist sandsynligheden (p) for at en prøve udtaget et givet sted er større end JKK. Dette beregnes på baggrund af den estimerede koncentration og standardafvigelse. I dette estimat er altså indeholdt usikkerhedsbidrag, der kan henføres til jordmediets mikrovariation, tætheden af prøvepunkter, samt usikkerhedsbidrag knyttet til prøvehåndtering og kemisk analyse.



FIGUR 6.9 ESTIMAT FOR BLY-KONCENTRATIONSNIVEAU OVER TESTAREALET (NIVEAUERNE PUNKTMÅLINGER ER OGSÅ VIST) I 0,1 M'S DYBDE
Estimate for lead levels (levels in sampling points are also shown) in 0.1 m's depth

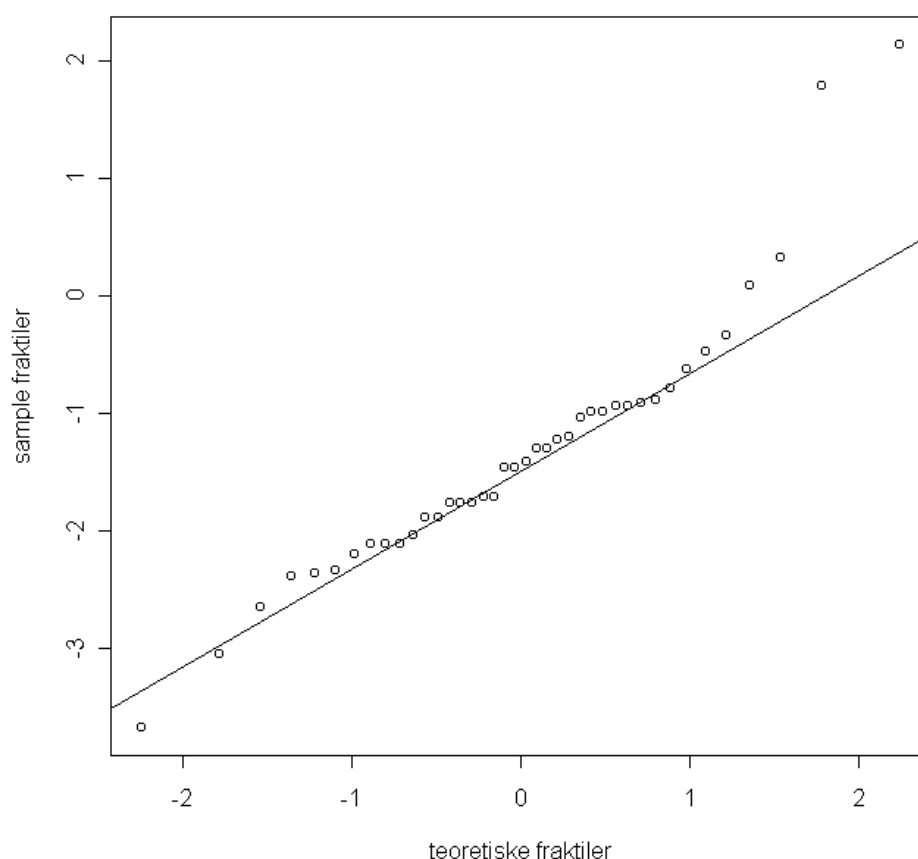


FIGUR 6.10 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER STØRRE END JKK (BLY-KONCENTRATIONERNE I PRØVEPUNKTERNE ER VIST) I 0,1 M'S DYBDE
Probability for a sample a given position to exceed soil guidance level for lead (Actual lead measurement in sampling points are shown) in 0.1 m's depth

Der kunne analogt angives en sandsynlighed for at en prøve udtaget et vilkårligt sted i testarealet er mindre end afskæringskriteriet for bly. Denne sandsynlighed er over 0,95 i hele testarealet og er ikke afbildet.

PAH

Q-Q-plottet for benzo(a)pyren er vist i figur 6.11. Som det var tilfældet for bly afviger de logaritmetransformerede koncentrationer for benzo(a)pyren også fra en normalfordeling. Shapiro-Wilk test er signifikant, dvs. BaP-data er ikke normalfordelte (p er $<0,01$). Det er også her vurderet, at de højeste værdier kan udgøre en geografisk sammenhæng, idet de fire største værdier repræsenterer relativt tæt beliggende punkter. Det blev vurderet på grundlag af blykoncentrationer, at punkterne B843 og B844 repræsenterer et område hvor der er sket jordudskiftning i nyere tid. Disse to punkter udgør også de laveste to værdier i fordelingen for benzo(a)pyren i figur 6.11. De er som for bly ikke medtaget i den videre analyse.

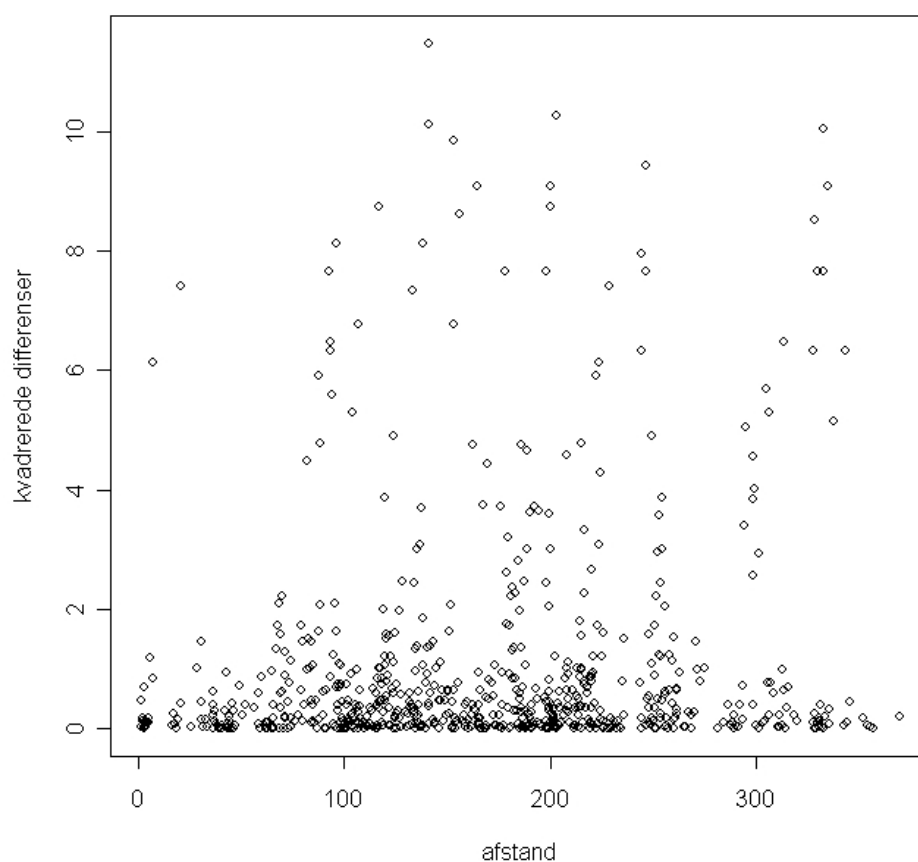


FIGUR.6.11 Q-Q-PLOT AF LOGARITMETRANSFORMERED BAP-DATA (0,1 M'S DYBDE)
Q-Q plot of the log transformed distribution for BaP data (0.1 m's depth)

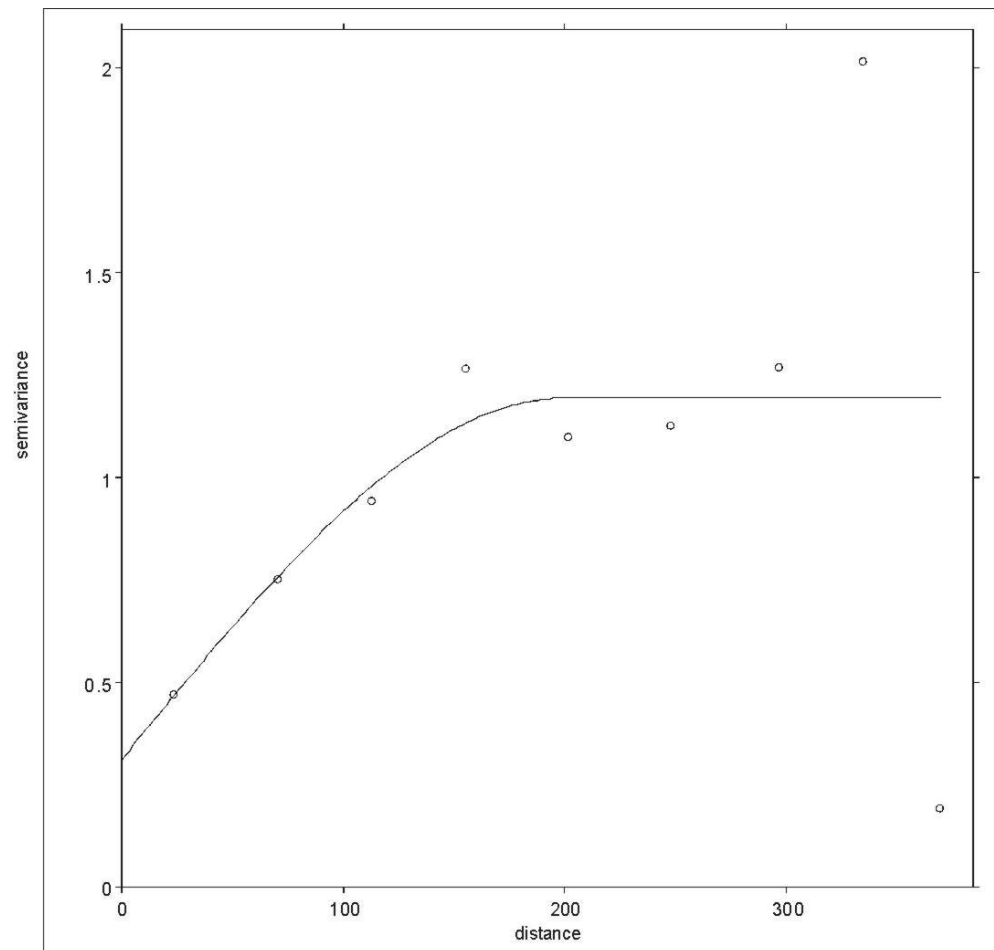
Scatterplot af afstand versus kvadrerede differenser imellem de logaritme transformerede koncentrationer for benzo(a)pyren er vist i figur 6.12. Som tilfældet var for bly ses især en voksende sammenhæng i afstandsintervallet fra 0 til 200 m. Spearmans rang korrelation er i dette afstandsinterval signifikant ($p = <0,01$), hvilket indikerer tilstedeværelsen af en afstandsrelation.

semivariogrammet og den tilpassede sfæriske model for afstandsrelationen er vist i figur 6.13. Semivarianserne viser en relativt god tilpasning til modellinen. Modellen er sfærisk model med nugget og sill på henholdsvis 0,31 og 0,88, samt et range på 200 m. Model parametrene var ved tilpasningen meget følsom overfor det valgt gennemsnitlige lag. Den valgte lag og dermed model er den der

giver den bedste tilpasning indenfor range. Antallet af punktpar i de successive afstandsintervaller (lags) er i gennemsnit 79.



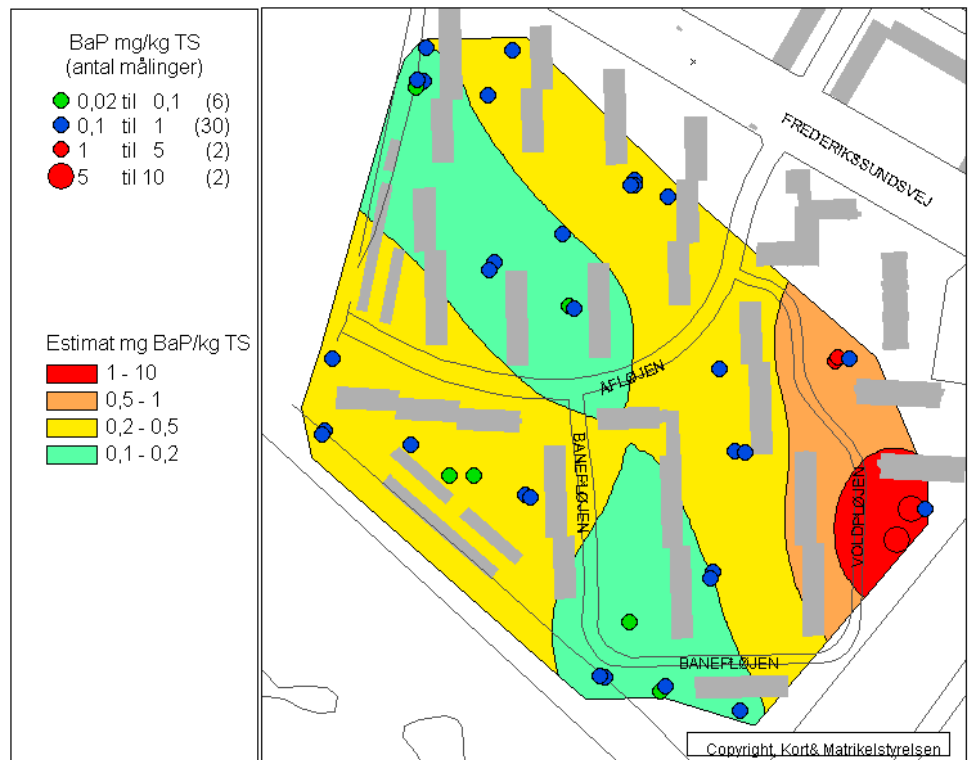
FIGUR 6.12 PLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENSER IMELLEM LOGARITME-TRANSFORMEREDE BAP-DATA FOR PARVISE PRØVEPUNKTER
Scatter plot of distance and squared difference between log-transformed concentrations in pair wise sampling points for BaP



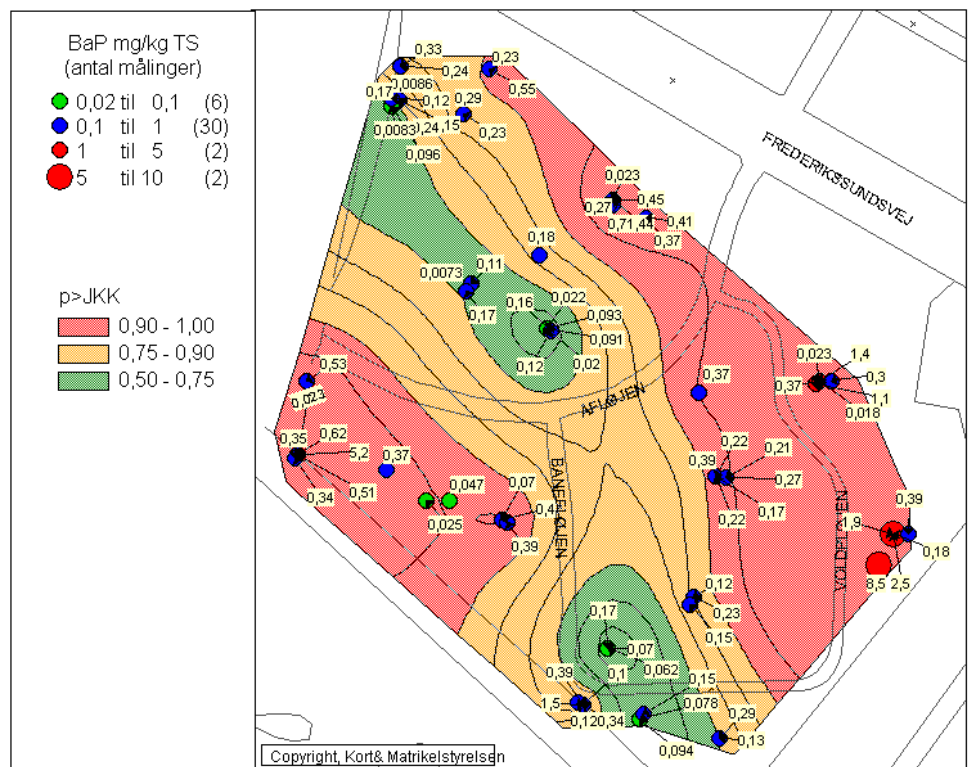
FIGUR 6.13 SEMIVARIOGRAM FOR BaP. SFÆRISK MODEL MED NUGGET OG SILL PÅ HENHOLDSVIS 0,31 OG 0,88. RANGE ER 200 M
Semivariogram for BaP. Spherical model. Nugget = 0.31, sill = 0.88, range = 200 m.

Semivariogrammodellen er anvendt til estimering af koncentrationsniveauet for benzo(a)pyren i vilkårlige punkter indenfor testarealet. Estimationen er vist i figur 6.14. Ligeledes er der som for bly på grundlag af estimationen beregnet en sandsynlighed for at en prøve et vilkårligt sted i testarealet er større end JKK, jf. figur 6.15.

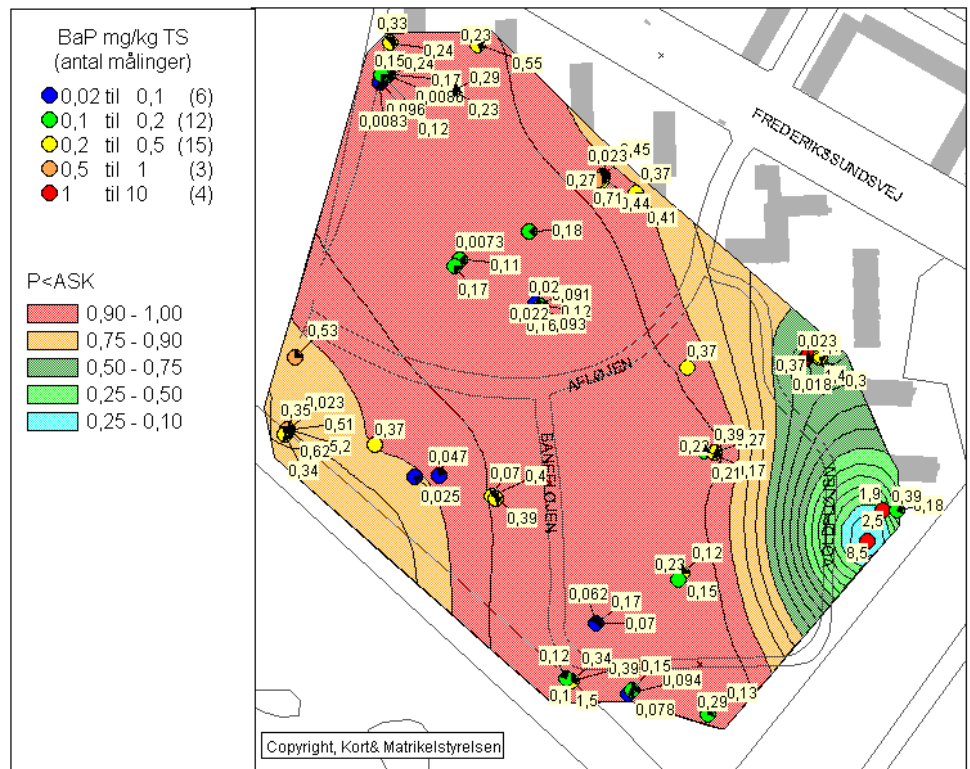
Sandsynligheden for at udtage en prøve der er mindre end ASK kan ligeledes beregnes og er vist i figur 6.16. Denne er større end 0,5 i det meste af området dog undtaget det sydvestlige hjørne af testarealet.



FIGUR 6.14 ESTIMAT FOR BaP-KONCENTRATIONSNIVEAU
Estimate for BaP levels



FIGUR 6.15 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER STØRRE END JKK (BaP-KONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Probability for a sample a given position to exceed soil guidance level for BaP (Actual measurement is shown)



FIGUR 6.16 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER MINDRE END ASK (BAP-KONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Probability for a sample in a given position is less than the intervention level for BaP (Actual measurements in sampling positions are shown)

6.6 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 6.17 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.

Testareal D – Banefløjen



Trin 1a

Pb og BaP data er ikke normal- eller lognormalfordelte



Trin 1b

BaP og PAH data er lognormalfordelte hvis afvigende lave værdier i B834 og B844 fjernes



Trin 2a

Der ses spatiel korrelation for både Pb og BaP



Trin 3a

Den estimerede koncentration og standardafvigelsen i ethvert punkt i delområdet/området kan beregnes og vises på et kort for Pb og BaP, jf. figur 6.9 og 6.14.

Sandsynlighed for om en prøve udtaget et givet sted er større end JKK eller mindre end ASK kan beregnes og vises på et kort, jf. figur 6.10 (Pb) samt 6.15 og 6.16 (BaP).

FIGUR 6.17 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL D – BANEFLØJEN
Summary concerning data treatment Test area D - Banefløjen

7 Testareal E -Tingbjerg

7.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Testareal E er et nyere boligområde etableret i 1960'erne, bestående af etageejendomme. Der er typiske 5 - 30 m til en asfalteret cykelsti og over 50 m til asfalteret vej med hastighedsbegrænsning på 30 – 50 km/t. Boligområdet er ca. 80 – 150 m fra Hareskovvej, en motorvejsstrækning med en hastighedsbegrænsning på 90 km/t. Det er kontrolleret, at der ikke er prøvetagningslokaliteter, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkilder til forureninger /4, 5/. Endvidere foreligger der ingen oplysninger om opfyldte arealer, lossepladser tidligere eller nuværende industrigrunde på arealet /6/.

Der er foretaget en række undersøgelser på institutionerne /47 – 53/ på Tingbjerg. Generelt er der fundet et blyniveau i den øverste 20 cm's dybde på ca. 20 mg/kg TS med nogle få prøver som overskrider JKK på 40 mg/kg TS /52/. Indholdet af BaP er fra 0,02 – 0,85 mg/kg TS, hvor gennemsnittet for BaP overskrider JKK for 4 ud af 7 af institutionerne. På mange institutioner er der anvendt jernbanesveller.

Testarealet afgrænses af Hareskovvej, Terrasserne, Ruten, Langhusevej og udgør ca. 0,3 km², jf. figur 7.1.



FIGUR 7.1 OVERSIGTSPLAN OVER TESTAREAL E- TINGBJERG
 Overview of test area E-Tingbjerg

7.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i april 2002. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 7.1.

Der er udtaget prøver fra 16 prøvetagningspunkter opdelt på 12 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, muld sandet/leret med evt. planterester, mørkebrun. Fyldjorden (kulturlag) er ikke gennemboret i 1m's dybde. Terrænkote varierer fra +20,5 m DNN til +25,3 m DNN

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 7.1, 7.2 og 7.5. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 7.3, 7.4 og 7.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

7.3 DESKRIPTIV STATISTIK FOR TUNGMETALLER, OLIE OG PAH

I tabel 7.1, 7.2 og 7.5 angives en oversigt over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor

mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen.

Parameter	Dybde	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Arsen	ICP	0,1	5	2,8			3,4		6,1	3,9	20		20	
	EDXRF	0,1	20	i.p.			i.p.		i.p.					
	ICP	0,3												
	EDXRF	0,3	6	i.p.			i.p.		i.p.					
		0,55	6	i.p.			i.p.		i.p.					
Bly		1,05	3	i.p.			i.p.		i.p.					
		0,1	25	22	29	30	33	38	44	50	35	40	24	400
		0,3	6	28			39			55	40		33	
		0,55	6	16			41			53	38		50	
Cadmium		1,05	3	17			22			22	20			
		0,1	5	0,26			0,28			1,8	0,59	0,5	20	5
		0,3												
		0,55												
Chrom	ICP	0,1	5	13			15		64	25	500		1000	
	EDXRF	0,1	20	i.p.	i.p.	i.p.	34	37	43	87				
	ICP	0,3												
	EDXRF	0,3	6	i.p.			32		37	28				
	EDXRF	0,55	6	i.p.			24		37	21				
Kobber	EDXRF	1,05	3	i.p.			31		52	29				
		0,1	25	16	18	22	25	27	32	41	25	500		1000
		0,3	6	20			25			32	26			
		0,55	6	18			30			38	29			
Kviksølv		1,05		18			22			23	21			
		0,1	5	0,00			0,04		0,19	0,06	1		3	
		0,3												
		0,55												
Nikkel	ICP	0,1	5	9,6	10	11	13	13	14	15	12	30		30
	EDXRF	0,1	20	i.p.	i.p.	i.p.	4,8	9,3	11	11	5,8			
	ICP	0,3												
	EDXRF	0,3	6	i.p.			i.p.		i.p.					
	EDXRF	0,55	6	i.p.			7,0		11	7				
Zink	EDXRF	1,05												
		0,1	25	56	67	76	110	140	170	220	120	500		1000
		0,3	6	60			150			260	160			
		0,55	6	45			160			290	150			
		1,05		67			73			74	71			

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 7.1 OVERSICHT OVER RESULTATER – METALLER. TESTAREAL E - TINGBJERG (MG/KG TS)
 Overview of results - metals. Test area E – Tingbjerg (mg/kg dw)

Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Koncentrationsniveauerne for arsen, chrom og nikkel er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p.(ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler						gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9					
Totalkulbrinter	0,1	5	i.p.			41			49	26	100		
	0,3	1				11							
	0,55												
	1,05												
BaP	0,1	16	0,02	0,03	0,05	0,14	0,23	0,30	0,44	0,16	0,1	63	1
	0,3	6	0,03			0,18			0,42	0,22		83	
	0,55	6	i.p.			0,21			0,44	0,20		66	
	1,05	3	i.p.			0,01			0,02	0,01			
DiBahA	0,1	16	i.p.	i.p.	i.p.	0,02	0,03	0,05	0,07	0,02	0,1		1
	0,3	6	i.p.			0,03			0,08	0,04			
	0,55	6	i.p.			0,03			0,06				
	1,05	3	i.p.			i.p.			i.p.				
Sum af PAH	0,1	16	0,12	0,18	0,31	0,74	1,3	1,7	3,1	0,91	1,5	13	15
	0,3	6	0,16			0,98			2,4	1,3		33	
	0,55	6	0,01			1,2			2,6	1,1		33	
	1,05	3	0,02			0,05			0,05	0,04			

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 7.2 OVERSICHT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. TESTAREAL E - TINGBJERG (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area E - Tingbjerg (mg/kg dw)

Som ses af tabel 7.1 og 7.2 er der konstateret overskridelse af jordkvalitetskriterier for bly, cadmium og PAH herunder BaP.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelinger er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 7.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Resultaterne for Shapiro Wilk test viser at bly- og BaP-data fra 10 og 30 cm's dybde er normalfordelte, men kobber og zink-data er kun normalfordelte i 30 cm's dybde, hvor kun få prøver er analyseret. Der er kun målte få prøver for cadmium og kviksølv.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	25	0,37	-0,16	0,47
	0,3	6	0,90	0,70	0,72
Cadmium	0,1	5	0,0004	-	-
Kobber	0,1	25	0,038	1,57	0,83
	0,3	6	0,78	-0,78	0,17
Kviksølv	0,1	5	0,025	-	-
Zink	0,1	25	0,048	0,47	0,88
	0,3	6	0,96	0,25	0,22
BaP	0,1	16	0,106	0,43	0,92
	0,3	6	0,22	-1,5	0,44

* for en normalfordeling er værdien 0 - analysen ikke udført

 Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
 Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 7.3 OVERSICHT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL E - TINGBJERG
Overview of the statistical analysis. Test area E - Tingbjerg

Korrelation imellem parametre

I tabel 7.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Denne er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A.

Der ses en rimelig korrelation imellem Pb og Zn. Herudover er der kun tvivlsom eller ingen korrelation imellem de andre parametre. Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Ingen af parametrene viser korrelation med organisk indhold (glødetab).

Korrelation imellem parametre udnyttes i den geostatistiske databehandling, jf. afsnit 3.5.

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	-0,01	1,00						
Cd	-	-	1,00					
Cu	0,14	0,6	-	1,00				
Hg	-	-	-	-	1,00			
Zn	0,32	0,86	-	0,65	-	1,00		
BaP	0,36	0,33	-	0,27	-	0,42	1,00	
PAH	-	0,22	-	0,12	-	0,26	0,98	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser) Negativ værdi (en parameter aftager, en vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 7.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE

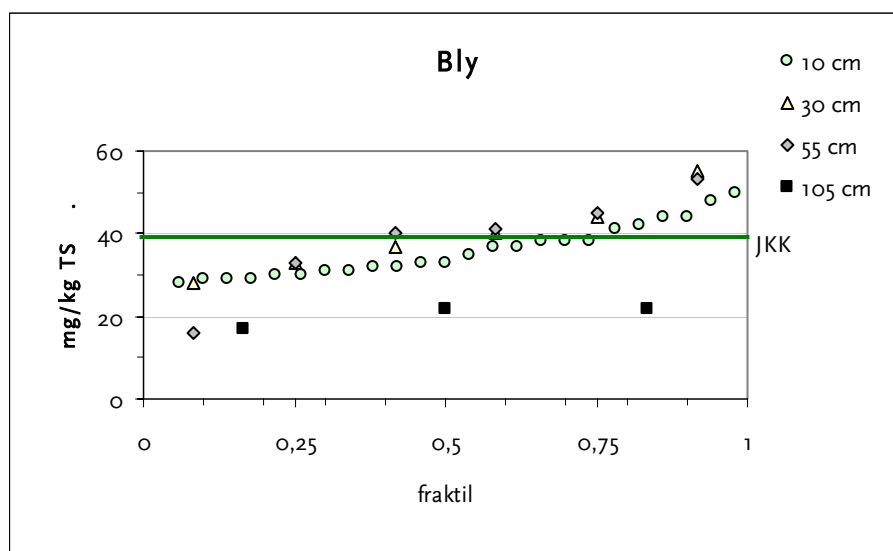
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsenniveauet ligger omkring baggrundsniveauet for landområder (3 – 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK

Bly

Blyniveauet er lidt højere end baggrundsniveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 7.1 og figur 7.2, overskrides JKK i nogle få prøver ned til 0,55 m u. t.



FIGUR 7.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL E – TINGBJERG
Quantile plot for lead – Test area E – Tingbjerg

Cadmium

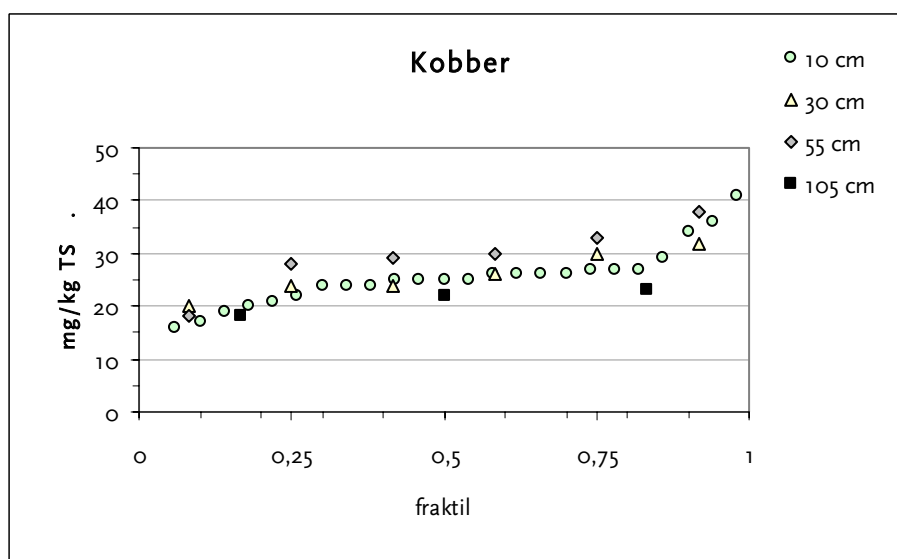
Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). JKK er kun overskredet i én prøve.

Chrom

Chromniveauet er omkring 15 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er lidt højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses ingen tendenser til aftagende koncentrationer i dybden, jf. figur 7.3.



FIGUR 7.3 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL E – TINGBJERG
Quantile plot for copper – Test area E – Tingbjerg

Kviksølv

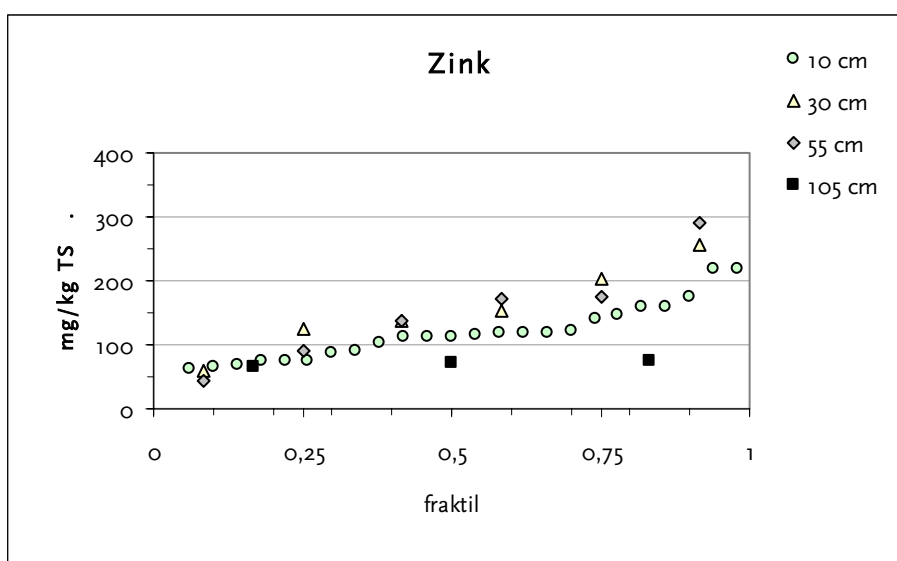
Kviksølvniveauet er omkring baggrundsniveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1).

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 13 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

Zinkniveauet er højere end baggrundsniveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 7.1 og figur 7.4, overskrides JKK ikke. Lidt højere indhold af zink ses i 0,3 og 0,55 m's dybde, men koncentrationen falder til et lavt niveau i 1 m's dybde (dog er der kun målt på 3 prøver).



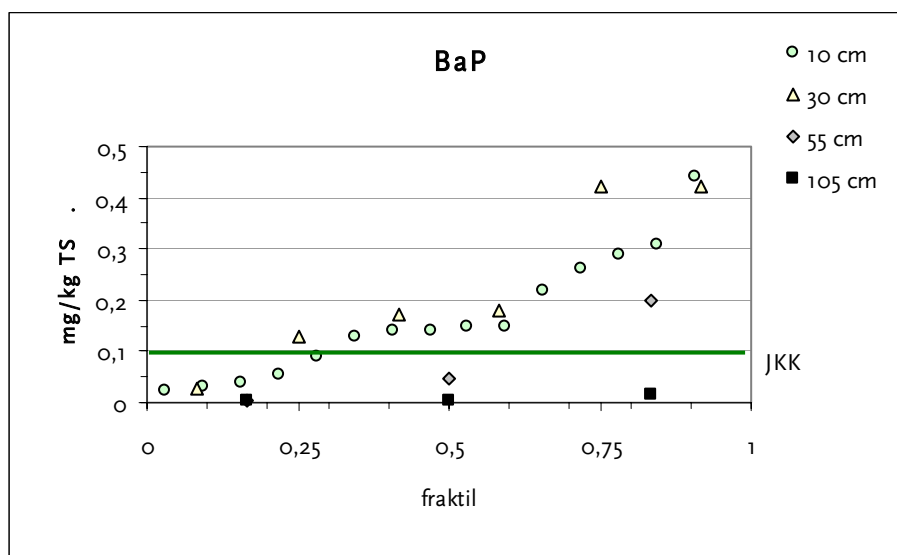
FIGUR 7.4 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL E – TINGBJERG
Quantile plot for zinc – Test area E - Tingbjerg

Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 7.2, er koncentrationerne i alle prøver mindre end JKK, og medianværdien er 41 mg/kg TS. De få forurenede prøver er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Desuden påvises kulbrinter, som laboratoriet skønner stammer fra naturligt forekommende kulbrinter. Ingen af prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

Som det fremgår af tabel 7.2 og figur 7.5, overskrider BaP JKK i flere af prøverne. Indhold af BaP, DiBaH og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 7.4 og afsnit 15.5. Det er indholdet af BaP, som hyppigst overskrider JKK. Lidt højere indhold af BaP ses i 0,3 m's dybde, men koncentrationen falder til et lavt niveau i 1 m's dybde (dog er der kun målt på 3 prøver)



FIGUR 7.5 FRAKTILPLOT FOR BAP – TESTAREAL E – TINGBJERG
QUANTILE PLOT FOR BAP – TEST AREA E - TINGBJERG

7.4 DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

I tabel 7.5 angives resultaterne for de øvrige organiske parametre.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	6	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16	0,19	0,21	0,13	0,1	83	1	
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	6	0,25	0,41	0,58	0,72	1,1	1,1	1,2	0,76	1,5		15	
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	6	0,49	0,80	1,1	1,5	2,1	2,4	2,5	1,6				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	11	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.		(20)***	9		
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	6	i.p.	i.p.	i.p.	60	140	170	180	75	25.000			
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	6	i.p.	i.p.	i.p.	120	310	350	360	150	250.000			
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1		-	-	-	-	-	-	-	-				
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1		-	-	-	-	-	-	-	-				
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1		-	-	-	-	-	-	-	-	(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrundsniveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit - ikke analyseret

○ Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

■ Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 7.5 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL E - TINGBJERG

Overview of results - other organic parameters. Test area E - Tingbjerg

Som det ses af tabel 7.5, viser analyserne for et udvidet antal PAH samme forureningsniveau for PAH, som i tabel 3.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 7.6.

Der er ikke fundet PCB i jordprøverne og indhold af phthalater er lavt.

Der er ikke målt for indhold af dioxin.

PAH-sammensætning

I tabel 7.6 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen (dioxiner er ikke målt i prøver fra testareal E). Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9			
Forhold mellem udvalgte PAH											
BaP / Sum af 7 MST	0,1	6	0,15	0,15	0,15	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,17
DiBahA / Sum af 7 MST	0,1	6	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
B(ghi)P / BaP	0,1	6	0,66	0,68	0,70	0,77	0,85	0,88	0,90	0,90	0,78
Coronen / BaP	0,1	6	0,20	0,20	0,20	0,24	0,28	0,31	0,34	0,34	0,25
Sum af alkylphen./ phenanthren	0,1	6	0,19	0,23	0,27	0,29	0,36	0,39	0,40	0,40	0,30
Reten/DiBahA	0,1	6	0,12	0,13	0,16	0,19	0,19	0,30	0,40	0,40	0,21

gns.: gennemsnit

TABEL 7.6 VURDERING AF PAH-SAMMENSETNING. TESTAREAL E – TINGBJERG
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area E – Tingbjerg

7.5 GEOSTATISTISK VURDERING

Der er fundet overskridelser af JKK for bly og BaP. Der er derfor foretaget en geostatistisk analyse for bly og benzo(a)pyren.

Bly

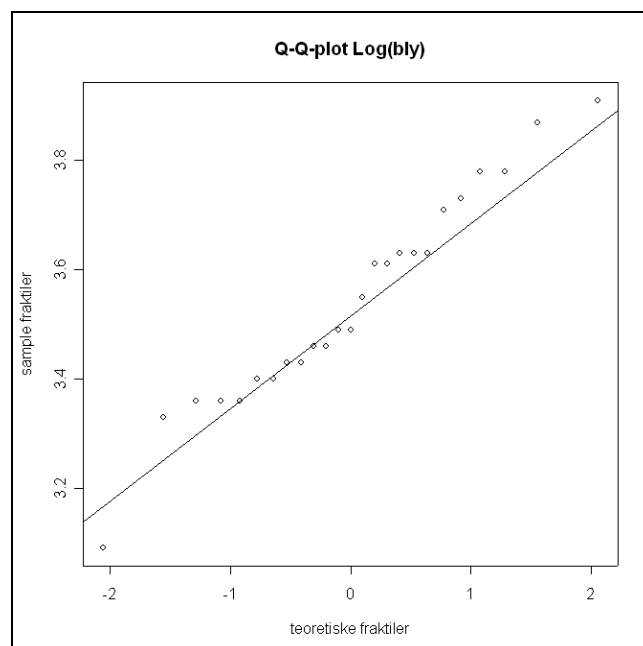
Q-Q-plottet for de logaritme-transformerede blykoncentrationer er vist i figur 7.6.

Plottet viser et stort set lineært forløb som er forventeligt ved normalfordelte data. Shapiro-Wilk normalfordelingstest viser også at der er tale om en normalfordeling ($p=0,68$), jf. tabel 7.7.

	Dybde, m	Shapiro-Wilk (p)
Bly	0,1	0,68
Benzo(a)pyren	0,1	0,14*

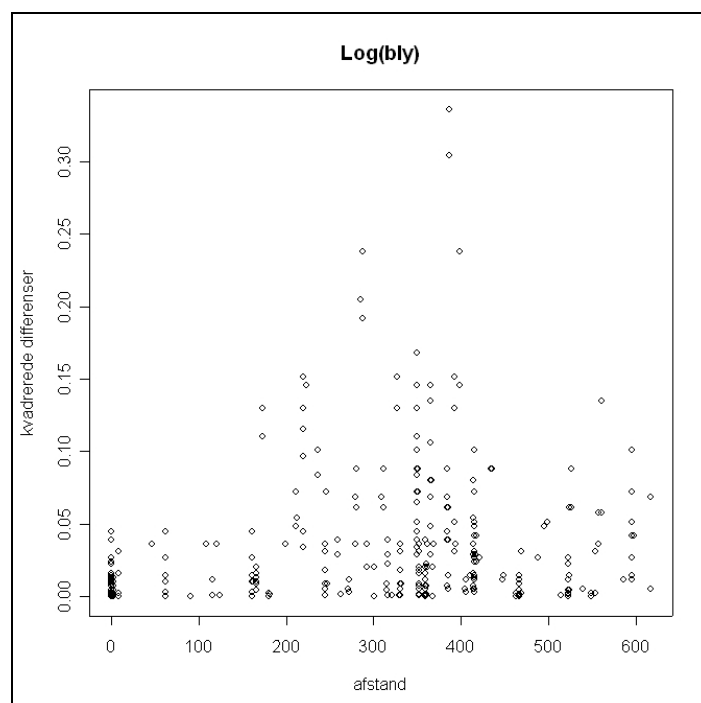
* OPGJORT PR. FELT

TABEL 7.7 SHAPIRO WILK TESTUDFALD FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE DATA. TESTAREAL E - TINGBJERG.
Shapiro Wilk test for the log transformed data from Test area E – Tingbjerg



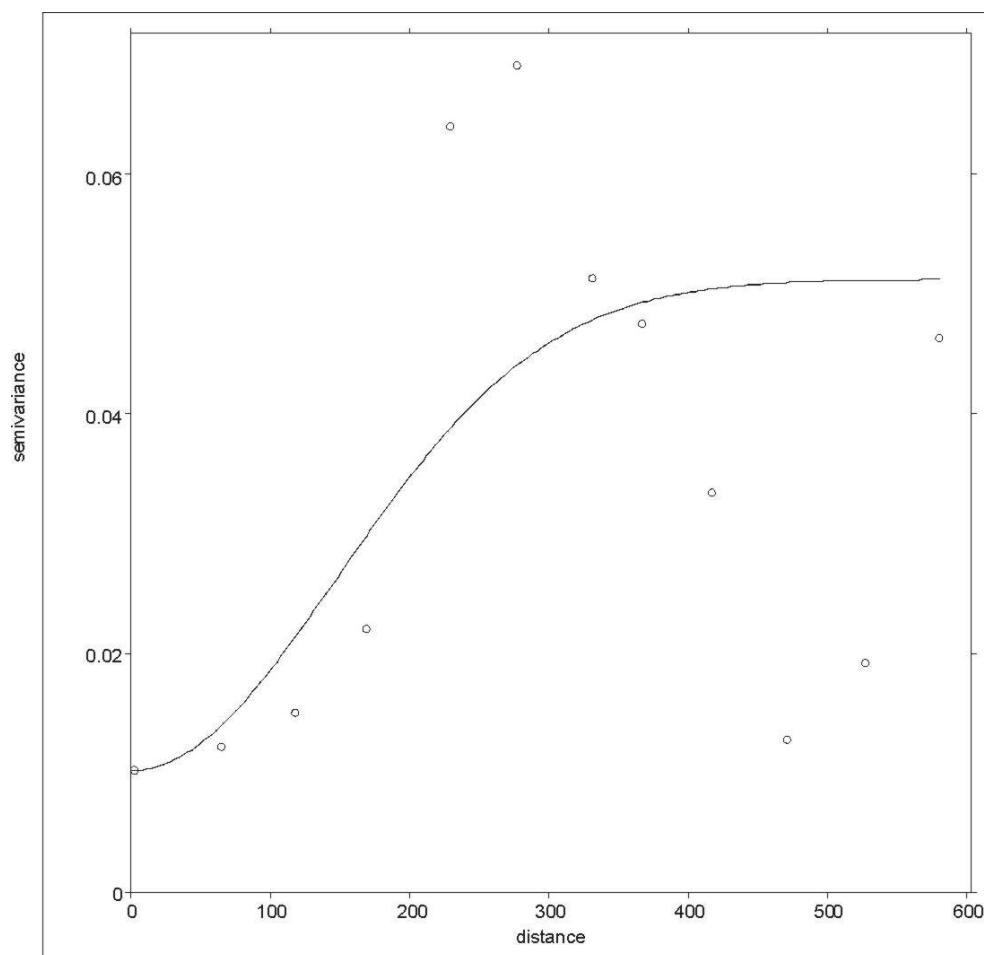
FIGUR 7.6 Q-Q-PLOT AF FORDELINGEN AF DE LOGARITMETRANSFORMEREDE BLYDATA
Q-Q plot of distribution for the log transformed lead data

Scatterplottet i figur 7.7 viser tydeligt en voksende relation med afstanden imellem prøvepunkter og differensen imellem de logaritmisk transformerede værdier. Dette verificeres yderligere ved at Spearmans Rang test for en sådan korrelation er signifikant ($p < 0,0005$). Især vokser differenserne indenfor afstandsintervallet fra 0 - 300 m.



FIGUR 7.7 SCATTERPLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENSER IMELLEM DE LOGARITMETRANSFORMEREDE BLYKONCENTRATIONER FOR ALLE PARVISE PUNKTER
Scatter plot of distance against squared difference between log-transformed lead concentrations compared as paired point

Semivariogrammet for bly er vist i figur 7.8. Det viste sig ved tilpasningen af modellen for variogrammet meget vanskeligt at finde en troværdig model i den første del af variogrammet, der må formodes at ligge inden for *range*. Problemet skyldes især at der er et relativt begrænset antal prøvepunkter i dette interval. Der er placeret 39 prøvepunkter med en indbyrdes afstand på under 2,5 m, hvilket må formodes at bidrage med et godt estimat af *nugget*. I de næstfølgende afstandsintervaller op til 200 m er antallet af prøvepunkter begrænset til henholdsvis 9, 6 og 21.



FIGUR 7.8 SEMIVARIOGRAM FOR BLY. TESTAREAL E- TINGBJERG
Semivariogram for lead. Test area E-Tingbjerg

Variogrammodellen vurderes at bygge på et for lille prøvemateriale til at gennemføre et estimat af blykoncentrationen på testarealet.

PAH

De samme forhold gør sig gældende for benzo(a)pyren, hvor det samlede prøvemateriale er på kun 16 prøvepunkter, mens det for bly er 25 prøvepunkter. Variogrammet for benzo(a)pyren er ikke vist.

Da bly- og BaP-koncentrationerne ikke kan estimeres på et geostatistik grundlag er der alternativt angivet et estimat for de to stoffers gennemsnitskoncentration i hele området, jf. tabel. 7.9. Endvidere er der anført en sandsynlighed for, at udtage en prøve med en koncentration, der er større end JKK, samt sandsynligheden for at udtage en tilsvarende prøve med en lavere koncentration end ASK.

	Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området er større end JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly	0,1	35	32 - 42	0,21	1,00
Benzo(a)pyren	0,1	0,12	0,06 – 0,32	0,57	0,98

TABEL 7.9 ESTIMAT, 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR FORURENINGSNIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK. TESTAREAL E- TINGBJERG
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration level higher than soil quality and lower than the soil intervention limit. Test area E- Tingbjerg

I figur 7.9 og 7.10 vises kort over de aktuelle målinger for henholdsvis bly og BaP i 0,1 m's dybde.



FIGUR 7.9 KORT OVER BLYMÅLINGER I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL E- TINGBJERG
Map of lead levels in 0.1 m's depth. Test area E-Tingbjerg



FIGUR 7.10 KORT OVER BAP-MÅLINGER I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL E- TINGBJERG
Map of BaP levels in 0.1 m's depth. Test area E-Tingbjerg

7.6 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 7.11 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.

Testareal E – Tingbjerg



Trin 1a

Pb og BaP data er normal- eller lognormalfordelte



Trin 2a

Der ses spatiel korrelation for både Pb og BaP
Der er for få punkter at bestemme en matematisk løsning for semivariogrammet.



Den estimerede koncentration, standardafvigelsen samt sandsynlighed for at forureningsniveauet på testarealet er større end JKK og mindre end ASK er beregnet for bly og BaP, jf. tabel 7.9.

FIGUR 7.11 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL E – TINGBJERG
Summary concerning data treatment Test area E - Tingbjerg

8 Testareal R (reference) - Østre Anlæg

8.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Østervold er anlagt i midten af 1600-tal af Christian IV. Anlægget består af en bred vold med store bastioner. En bastion er et femkantet fremspring i den egentlige fæstningsvold. På flere af bastionerne på voldanlægget var der vindmøller og træer /8/. Efter Englændernes bombardement af København i 1807 var voldsystemet fundet forældet i forhold til det anvendte langtrækkende artilleri og i midten af 1800-tallet blev nedrivningen af Østervolden påbegyndt. I 1858 er Østerport nedrevet, men den sidste del af Østervold er først fjernet i 1912 /8/. Rosenkrantz' bastion er fjernet ved anlæg af Østerport station i 1893 og Quitzows Bastion er fjernet ved etablering af Stadens Museum for Kunst i 1896. Mellem disse to bastioner findes Peucklers Bastion, som eksisterer i dag som en del af Østre Anlæg. Østre Anlæg er anlagt som park i perioden 1869 - 1878 og bevarer en del af det gamle voldanlægs oprindelige profil /8/.

Prøvetagningen har til formål at indsamle referenceprøver fra et areal i den gamle bykerne, som ikke har været anvendt til bolig- eller industriformål. Testarealet er vist i figur 8.1.

8.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

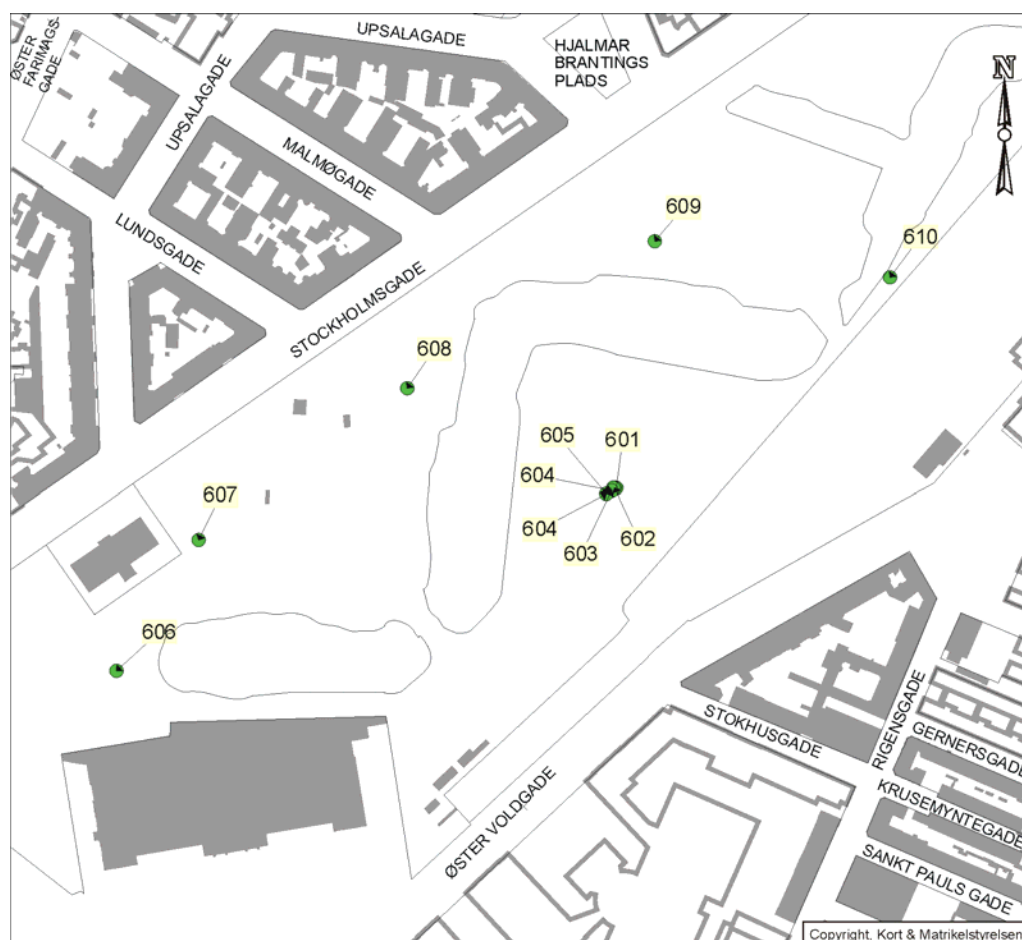
Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i juni 2002. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 3.1.

Der er udtaget prøver fra 10 prøvetagningspunkter opdelt på 6 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, muld sandet, brun, dog i boring 608 – 609 som fyld, ler muldet, organiskholdigt og sort. Fyldlaget er ikke gennemboret i 1 m's dybde på Peucklers Bastion (601-605). Terrænkoten varierer fra +1,7 m DNN til +13,5 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 8.1, 8.2 og 8.3. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 8.3, 8.4 og 8.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.



FIGUR 8.1 OVERSIGTSPLAN OVER TESTAREAL R (REFERENCE) - ØSTRE ANLÆG
Overview of test area R (reference) – Østre Anlæg

8.3 DESKRIPTIV STATISTIK

I tabel 8.1, 8.2 og 8.3 angives en oversigt over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, hvis 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Koncentrationsniveauerne for arsen, chrom og nikkel er typisk omkring eller under detektionsgrænsen for EDXRF-metoden, mens de ligger over detektionsgrænsen for ICP-metoden. Resultaterne for disse metaller er derfor vist særskilt for de to analysemetoder. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler						max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Arsen <i>EDXRF</i> <i>ICP</i> <i>EDXRF</i> <i>ICP</i> <i>EDXRF</i>	0,05	5	i.p.			i.p.			i.p.			20		20
	0,1	8	2,8	2,9	3,1	4,7	5,4	6,3	7,1	4,6				
	0,1	5	i.p.			i.p.			i.p.					
	0,3	5	3,3	3,8	4,4	4,3	5,2	6,1	6,7	4,9				
	0,3	5	i.p.			i.p.			i.p.					
	0,55	5	i.p.			i.p.			i.p.					
	1,05	3	i.p.			i.p.			i.p.					
Bly	0,05	5	56			62			105	74	40	100	400	
	0,1	13	40	45	62	66	70	83	120	68		92		
	0,3	10	22	36	39	39	62	70	110	55		70		
	0,55	5	16			30			53	30		20		
	0,55	5	16			30			53	30		20		
	1,05	3	6			13			13	11				
Cadmium	0,1	8	0,16	0,20	0,26	0,36	0,40	0,54	0,69	0,36	0,5	13	5	
	0,3	5	0,20	0,20	0,21	0,21	0,37	0,52	0,61	0,33		20		
	0,55													
	1,05													
Chrom <i>EDXRF</i> <i>ICP</i> <i>EDXRF</i> <i>ICP</i> <i>EDXRF</i> <i>EDXRF</i> <i>EDXRF</i>	0,05	5	i.p.			23			31		500		1000	
	0,1	8	7	7	7	11	15	24	35	14				
	0,1	5	29			37			52	39				
	0,3	5	7,5	8,3	9,2	9,0	18	23	26	15				
	0,3	5	10			31			45	34				
	0,55	5	17			30			70	38				
	0,55	5	17			30			70	38				
	1,05	3	16			17			28	21				
Kobber	0,05	5	53			58			76	61	500		1000	
	0,1	13	27	29	32	42	69	130	160	62				
	0,3	10	16	21	27	26	44	52	74	38				
	0,55	5	19	21	23	23	27	35	41	27				
	1,05	3	18			20			23	21				
Kviksølv	0,1										1		3	
	0,3													
	0,55													
	1,05													
Nikkel <i>EDXRF</i> <i>ICP</i> <i>EDXRF</i> <i>ICP</i> <i>EDXRF</i> <i>EDXRF</i> <i>EDXRF</i>	0,05	5	i.p.			11			12		30		30	
	0,1	8	7,1	7,1	7,2	9,3	10	14	17	10				
	0,1	5	13			14			17	14				
	0,3	5	7,4			7,8			17	11				
	0,3	5	i.p.			i.p.			15					
	0,55	5	i.p.			i.p.			11					
	1,05	3	i.p.			5			5					
Zink	0,05	5	67			111			161	100	500		1000	
	0,1	13	48	74	91	100	110	150	220	110				
	0,3	10	45	56	67	65	93	110	120	81				
	0,55	5	45	48	53	55	59	67	72	57				
	1,05	3	32			32			45	38				

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 8.1 OVERSICHT OVER RESULTATER – METALLER. TESTAREAL R – ØSTRE ANLÆG (MG/KG TS)
Overview of results - metals. Test area R – Østre Anlæg (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Totalkulbrinter	0,1										100			
	0,3													
	0,55													
	1,05													
BaP	0,05	5	0,04			0,05			0,08	0,05	0,1		1	
	0,1	8	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,19	0,46	0,11		12,5		
	0,3	5	0,02			0,04			0,10	0,05				
	0,55	5	0,02			0,03			0,06	0,03				
	1,05	3	0,01			0,01			0,02	0,01				
DiBahA	0,05	5	0,01			0,01			0,03	0,02	0,1		1	
	0,1	8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,02				
	0,3	5	i.p.			0,01			0,01	0,01				
	0,55	5	i.p.			0,01			0,02	0,01				
	1,05	3	0,01			0,01			0,02	0,01				
Sum af PAH	0,05	5	0,22			0,26			0,48	0,30	1,5		15	
	0,1	8	0,18	0,23	0,27	0,36	0,45	1,2	2,8	0,64		12,5		
	0,3	5	0,12			0,18			0,88	0,37				
	0,55	5	0,09			0,14			0,31	0,17				
	1,05	3	0,03			0,07			0,09	0,06				

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 8.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. TESTAREAL R – ØSTRE ANLÆG (MG/KG TS).
Overview of results – organics. Test area R – Østre Anlæg (mg/kg dw).

Som ses af tabel 8.1 og 8.2 er der konstateret små overskridelser af jordkvalitetskriterier for bly, cadmium og PAH.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,05	2	0,05			0,06			0,08	0,06	0,1		1	
	0,1	10	0,03	0,04	0,06	0,10	0,18	0,25	0,61	0,15		50		
	0,3	7	0,04	0,05	0,08	0,11	0,17	0,25	0,33	0,14		57		
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,05	2	0,3			0,39			0,48	0,39	1,5		15	
	0,1	10	0,17	0,26	0,35	0,65	1,04	1,66	3,69	0,96		10		
	0,3	7	0,24	0,32	0,50	0,86	1,1	1,5	1,9	0,87		14		
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,05	2	0,54			0,70			0,87	0,70				
	0,1	10	0,32	0,50	0,65	1,3	2,0	3,7	12	2,3				
	0,3	7	0,48	0,72	0,1,0	0,1,7	2,4	2,9	3,5	1,8				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,05	2	i.p.			i.p.			i.p.		(20)***			
	0,1	5	i.p.			i.p.			i.p.					
	0,3	2	i.p.			i.p.			i.p.		9			
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,05	2	i.p.			115			180		25.000			
	0,1	5	i.p.			i.p.			i.p.					
	0,3	2	i.p.			i.p.			i.p.					
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,05	2	i.p.			159			290		250.000			
	0,1	5	i.p.			26			51					
	0,3	2	i.p.			i.p.			39					
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,05	2	72			77			83	77				
	0,1	1				49								
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,05	2	225			240			260	240				
	0,1	1				148								
ITE (NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,05	2	4,7			4,8			4,8	4,8	(40)**			
	0,1	1				3,1								

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 8.3 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL R – ØSTRE ANLÆG

Overview of results - other organic parameters. Test area R – Østre Anlæg

Som det ses af tabel 8.3, viser analyserne for et udvidet antal PAH samme forureningsniveau for PAH, som i tabel 8.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 8.4.

Ingen jordprøver indeholdt PCB. Indholdet af phthalater er lavt. Indholdet af dioxiner er lavt.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 8.4 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3.

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9		
Forhold mellem udvalgte PAH										
BaP / Sum af 7 MST	0,05	2	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16
	0,1	10	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,16
	0,3	7	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,16
DiBahA / Sum af 7 MST	0,05	2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	0,1	10	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
	0,3	7	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
B(ghi)P / BaP	0,05	2	0,83	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,86
	0,1	10	0,57	0,61	0,64	0,71	0,78	0,90	0,93	0,73
	0,3	7	0,48	0,55	0,60	0,64	0,69	0,71	0,73	0,63
Coronen / BaP	0,05	2	0,28	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,30
	0,1	10	0,14	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,33	0,23
	0,3	7	0,13	0,13	0,16	0,18	0,23	0,24	0,25	0,19
Sum af alkylphen./ phenanthren	0,05	2	0,99	1,04	1,11	1,23	1,34	1,41	1,46	1,23
	0,1	10	0,02	0,19	0,24	0,42	0,86	1,25	1,30	0,58
	0,3	7	0,12	0,13	0,14	0,25	0,27	0,40	0,59	0,25
Reten/DiBahA	0,05	2	0,72	0,74	0,78	0,85	0,91	0,95	0,98	0,85
	0,1	10	0,22	0,27	0,41	0,68	0,86	0,93	1,13	0,65
	0,3	7	0,23	0,23	0,32	0,58	0,69	0,76	0,78	0,52
Forhold mellem dioxiner										
PCDF / PCDF	0,05	2	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,33	0,32
	0,1	1				0,33				

gns.: gennemsnit

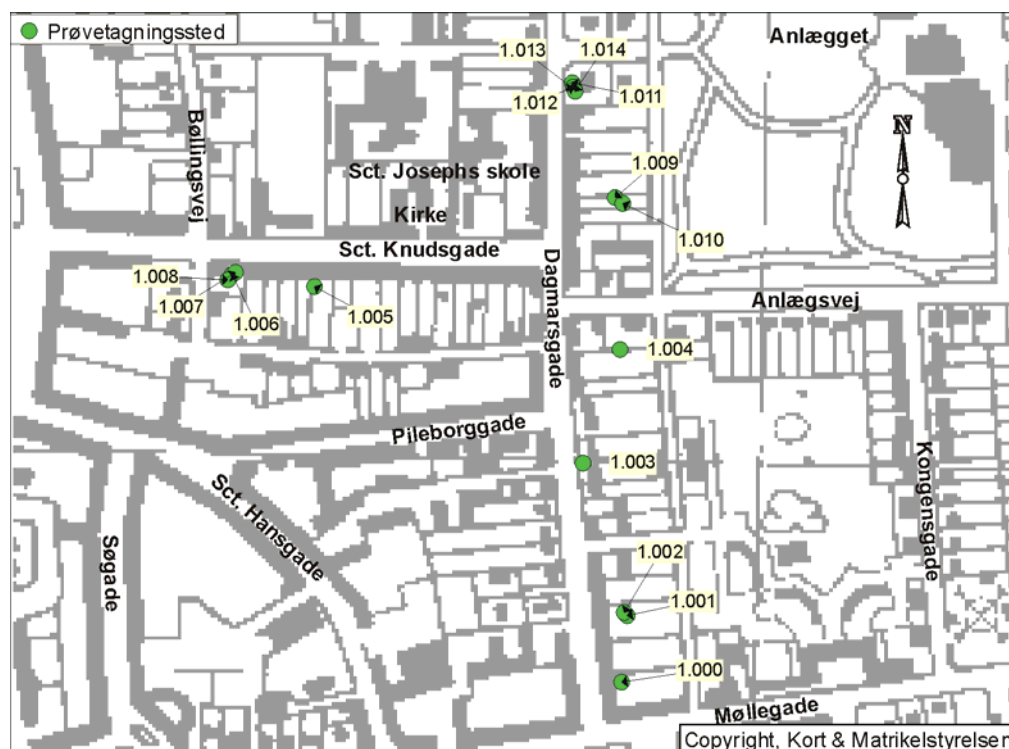
TABEL 8.4 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL R – ØSTRE ANLÆG
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area R – Østre Anlæg

9 Testareal F - Sct. Knudsgade

9.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Testareal F er placeret i den historiske bykerne i Ringsted. I testarealet findes ældre sammenbyggede murstenshuse eller malede murstensvillaer med tegl- eller eternittag bygget fra 1880'erne. Husene er med haver. Afstanden til asfalteret lokaltrafik (hastighedsbegrænsning 30 - 50 km/h) er typisk ca. 5 - 20 m. Husene i Sct. Knudsgade er beliggende tæt på Sct. Knuds kirke. Det er kontrolleret, at der ikke forekommer prøvetagningslokaliteter, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkilder/7, 14/. Testarealerne F og G er tilstødende områder.

Testarealet omfatter ejendomme langs Sct. Knudsgade, Schandorphsvej og Dagmarsgade, og udgør i alt ca. 0,06 km², jf. figur 9.1.



FIGUR 9.1 OVERSIGTSAREAL OVER TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Overview of test area F – Sct. Knudsgade

9.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget januar 2003. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 9.1.

Der er udtaget prøver fra 15 prøvetagningspunkter fordelt på 8 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, ler, muldet. Fyldlaget er kun gennemboret i én af tre borer til 1 m u. t., hvor der er truffet ler med kalksten i 1 m's dybde. Terrænkoten varierer fra +54 m DNN til +59 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 9.1, 9.2 og 9.8. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 9.3, 9.4 og 9.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

9.3 DESKRIPTIV STATISTIK

I tabel 9.1, 9.2 og 9.8 angives en oversigt over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal Data	Fraktiler							gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Arsen	0,1	6	2,8			3,3			4,5	3,4	20		20	
	0,3	2	2,3			2,7			3,0	2,7				
	0,55	0												
	1,05	0												
Bly	0,1	15	20	23	37	56	76	91	150	60	40	73	400	
	0,3	7	24	29	49	66	76	93	110	64		71		
	0,55	4	19			25			150	55		25		
	1,05	4	7			11			14	11				
Cadmium	0,1	15	0,30	0,34	0,42	0,46	0,52	0,56	0,59	0,46	0,5	40	5	
	0,3	7	0,38	0,41	0,46	0,49	0,57	0,69	0,84	0,54		43		
	0,55	4	0,48			0,53			0,55	0,52		75		
	1,05	4	0,40			0,66			0,78	0,62		75		
Chrom	0,1	15	3,8	6,0	7,5	8,0	9,3	11	11	8,2	500		1000	
	0,3	7	7,4	8,1	8,6	8,8	11	11	12	9,5				
	0,55	4	6,3			7,6			18	9,9				
	1,05	4	4,8			6,8			15	8,4				
Kobber	0,1	15	9	12	17	25	30	33	41	24	500		1000	
	0,3	7	13	14	17	30	51	77	90	38				
	0,55	4	13			15			75	30				
	1,05	4	7			10			13	10				
Kviksølv	0,1	6	0,10			0,15			0,35	0,18	1		3	
	0,3	2	0,06			0,11			0,16	0,11				
	0,55	0												
	1,05	0												
Nikkel	0,1	15	6,2	7,1	7,7	8,0	9,2	11	11	8,4	30		30	
	0,3	7	8,0	8,0	8,1	8,4	10	11	11	9,1				
	0,55	4	7,1			7,5			17	9,8				
	1,05	4	5,2			7,4			16	9,0				
Zink	0,1	15	59	81	120	130	170	200	230	140	500		1000	
	0,3	7	60	66	74	150	200	270	370	160				
	0,55	4	53			70			150	86				
	1,05	4	28			47			74	49				

i.p.: ikke påvist gns: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 9.1 OVERSIGT OVER METALRESULTATER. TESTAREAL - F SCT. KNUDSGADE (MG/KG TS)
Overview of metal results. Test area - F Sct. Knudsgade (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler						max	Gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Totalkulbrinter	0,1	4	12			100			190	101	100	50		
	0,3	0												
	0,55	0												
	1,05	0												
BaP	0,1	15	0,42	0,61	0,75	1,0	3,2	4,2	5,0	2,0	0,1	100	1	47
	0,3	7	0,25	0,37	0,62	0,93	2,7	3,3	3,7	1,6		100		43
	0,55	4	0,06			0,65			4,2	1,4		75		25
	1,05	4	0,04			0,19			1,2	0,40		75		25
DiBahA	0,1	15	0,09	0,12	0,15	0,19	0,56	0,81	1,0	0,37	0,1	93	1	
	0,3	7	0,06	0,09	0,11	0,18	0,53	0,76	0,88	0,34		86		
	0,55	4	0,01			0,14			0,87	0,29		50		
	1,05	4	0,00			0,04			0,24	0,08		25		
Sum af PAH	0,1	15	2,1	3,1	4,1	5,6	16	21	26	10	1,5	100	15	27
	0,3	7	1,3	2,2	3,3	4,2	14	17	19	8,4		86		14
	0,55	4	0,32			3,2			22	7,2		75		25
	1,05	4	0,18			0,92			7,0	2,3		25		

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit



Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 9.2 OVERSICHT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area F – Sct. Knudsgade (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 9.1 og 9.2, er der i op til 50% af prøverne konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly og cadmium (se 0,5 fraktile – medianværdi i tabellerne). Desuden ses det, at indholdet af PAH, herunder benzo(a)pyren (BaP), er højt og overskrider JKK i alle prøver. Forureningen fortsætter til mindst 0,5 m's dybde. Medianværdierne er dog mindre end afskæringskriterierne (ASK), men flere prøver overskrider ASK.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne for den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests for at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordeling er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 9.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelingerne. Resultaterne for bly, cadmium, kobber, kviksølv og zink fra 10 og 30 cm's dybde er normalfordelte, men fra 30 cm's dybde er det kun BaP-data, der er normalfordelte. Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes en t-test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	15	0,10	2,45	1,27
	0,3	7	0,63	-0,1	0,04
Cadmium	0,1	15	0,64	-0,61	-0,45
	0,3	7	0,20	2,89	1,53
Kobber	0,1	15	0,74	-0,71	0,08
	0,3	7	0,9	-0,08	1,14
Kviksølv	0,1	6	0,14	1,78	1,47
Zink	0,1	15	0,82	-0,34	0,22
	0,3	7	0,16	1,72	1,28
BaP	0,1	15	0,02	-0,78	0,84
	0,3	7	0,25	-1,54	0,6

* for en normalfordeling er værdien 0

signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.

Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 9.3 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL F – SCT.
KNUDSGADE
Overview of the statistical analysis. Test area F- Sct. Knudsgade

Korrelation imellem parametre

I tabel 9.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte.

Der ses rimelig korrelation imellem de fleste parametre på nær Cd. Der ses også rimelig korrelation imellem organisk indhold (glødetab) og Pb og Cu.

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	0,76	1,00						
Cd	0,58	0,59	1,00					
Cu	0,76	0,80	0,59	1,00				
Hg	0,57	0,88	0,42	0,82	1,00			
Zn	0,69	0,85	0,67	0,75	0,82	1,00		
BaP	0,69	0,87	0,37	0,82	0,75	0,77	1,00	
PAH	0,68	0,88	0,38	0,82	0,76	0,78	1,0	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser)

> 0,87 God korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation

Negativ værdi (en parameter aftager, en vokser)

0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

< 0,5 Ingen korrelation

TABEL 9.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsen ligger omkring baggrundsniveauet for landområder (3 – 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen prøver overskrider JKK.

Bly

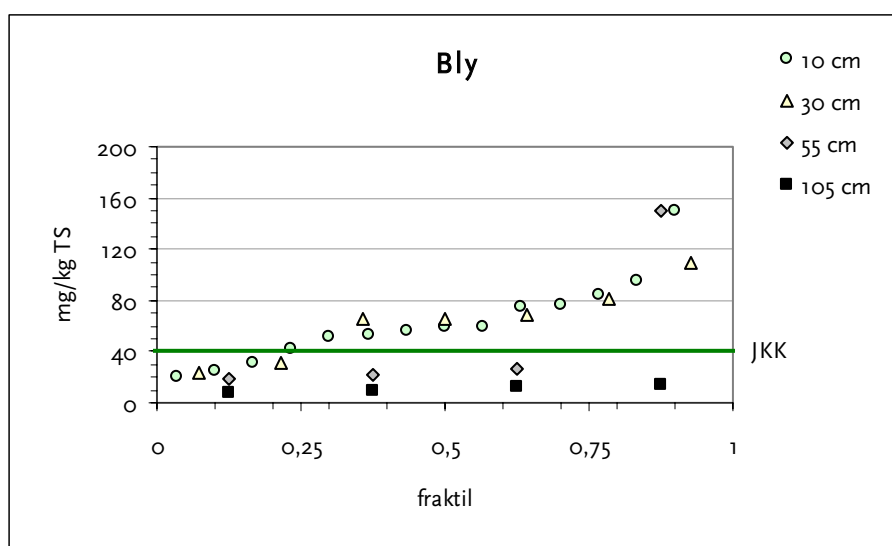
Blyniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 9.1 og figur 9.2, overskrides JKK i de fleste prøver ned til 30 cm's dybde. Blydata er normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved en t-test. Ved et signifikansniveau (p) på 0,05 er koncentrationsniveauet i 1,05 m u. t. forskelligt fra koncentrationsniveauet i 0,1 m u. t. jf. tabel 9.5.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	t-test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,39
0,3 og 0,55 m	0,40
0,55 og 1,05 m	0,13
0,1 og 1,05 m	0,00003

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 9.5 T-TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDE
T-test for Pb in different depths

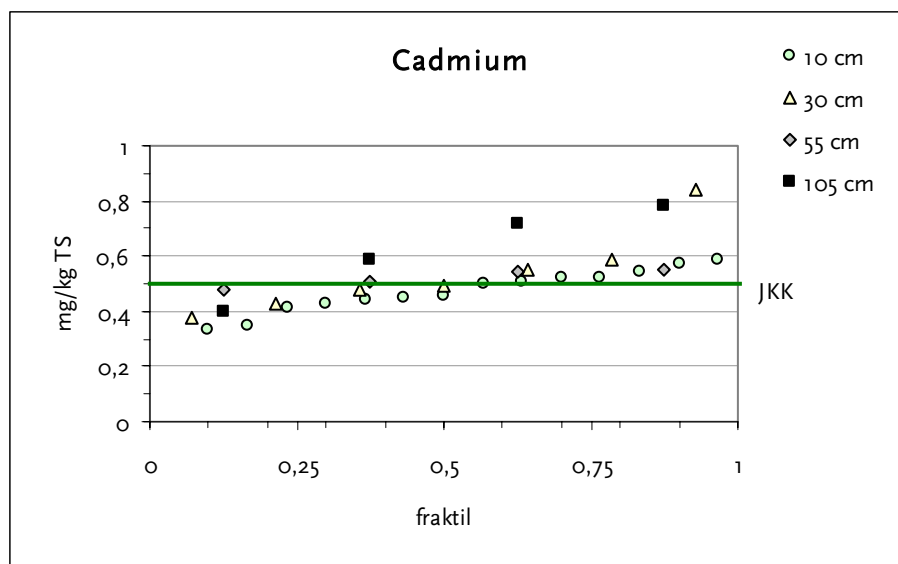
På figur 9.2 ses en tendens til, at blyindholdet falder i henholdsvis 0,5 og 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter.



FIGUR 9.2 FRAKTILOPLOT FOR BLY – TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Quantile plot for lead – Test area F – Sct. Knudsgade

Cadmium

Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13 - 0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), og JKK er overskredet i ca. 50% af jordprøverne. (Der er tilsyneladende en tendens til, at cadmiumindholdet stiger med dybden, jf. figur 9.3. DMU har tidligere konstateret regionale forskelle i tungmetalniveauerne, ligesom der er observeret et højere cadmiumniveau i Ringstedområdet /21,22/. I øvelsesterrænet på Ringsted Kaserne, se figur 10.1, er der tidligere fundet et forhøjet niveau med cadmium. Der er fundet en middelværdi på 0,56 mg Cd/kg TS (79 prøver) på øvelsesterrænet og 0,93 mg Cd/kg TS på et referenceområde på en nærliggende mark. Der er desuden ved undersøgelsen på Ringsted Kaserne konstateret en tendens til stigende Cd-koncentrationer ved højere jord-pH-værdier (pH 7-8) /23/, se afsnit 15.5. Der er i testareal F målt pH-værdier på 7,3 - 8,5, med en median på 8,0.



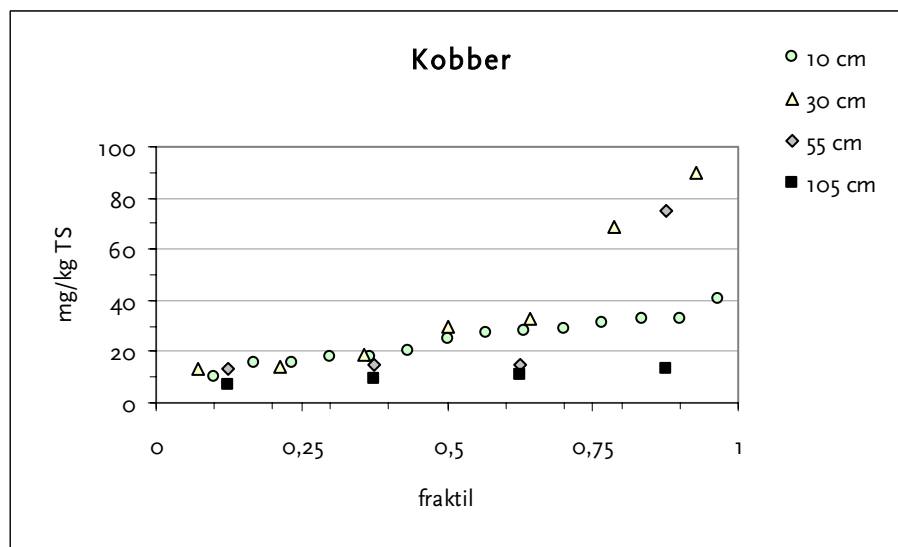
FIGUR 9.3 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Quantile plot for cadmium – Test area F – Sct. Knudsgade

Chrom

Chromniveauet er omkring 8 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses højere værdier i henholdsvis 30 og 55 cm's dybde, jf. figur 9.4.



FIGUR 9.4 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Quantile plot for copper – Test area F – Sct. Knudsgade

Kviksølv

Kviksølvniveauet er relativt lavt, men højere end baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK, jf. tabel 9.1.

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 8 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

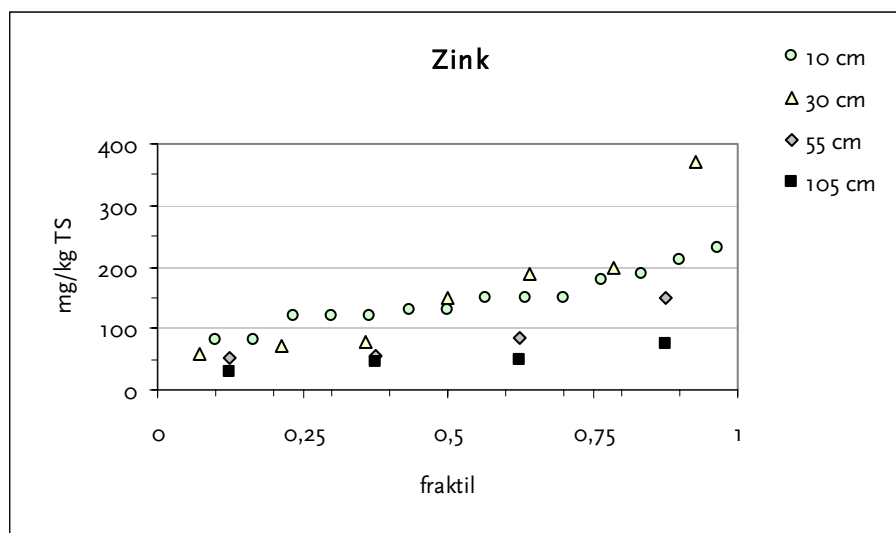
Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 9.1 og figur 9.5, er indholdet af Zn i alle prøver mindre end JKK. Zinkdata er normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved en t-test. Koncentrationsniveauet i 0,1 m u. t. er højere end 1,05 m u. t. Derimod er forskellene mellem niveauerne i 0,1, 0,3 og 0,55 m u. t. ikke signifikant (der ses også stor spredning i værdier) ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 9.6.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	T-test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,33
0,3 og 0,55 m	0,075
0,55 og 1,05 m	0,10
0,1 og 1,05 m	0,00003

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 9.6 T-TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDE
T-test for Zn in different depths

Figur 9.5 illustrerer den faldende tendens med dybden.



FIGUR 9.5 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Quantile plot for zinc – Test area F - Sct. Knudsgade

Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 9.2, ses mindre overskridelser af JKK, og medianværdien er 100 mg/kg TS. De forurenede prøver er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Ingen af prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

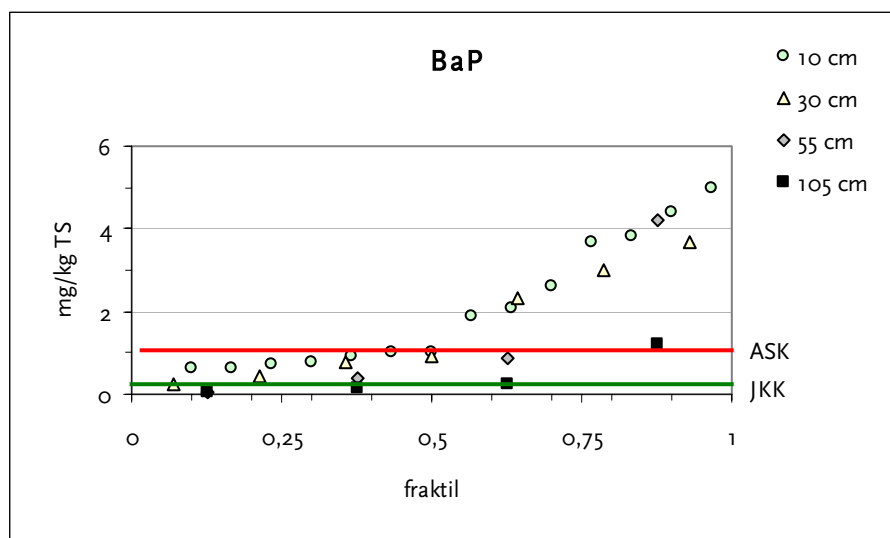
Som det fremgår af tabel 9.2 og figur 9.6, overskrider BaP JKK i alle prøver. Indhold af BaP, DiBahA og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 9.4 og afsnit 15.5. Det ses tydeligt i figur 9.6, at der er en to-toppet fordeling – én top med værdier omkring 1 mg/kg og én top med høje værdier og stor spredning.

BaP-dataene er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test, jf. tabel 9.7. BaP-koncentrationerne ligger på samme niveau i henholdsvis 10, 30 og 55 cm's dybde, men er signifikant lavere ($p \leq 0,05$) i 105 cm's dybde (dog er der kun målt i få prøver).

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
BaP data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,35
0,3 og 0,55 m	0,38
0,55 og 1,05 m	0,24
0,1 og 1,05 m	0,02

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 9.7 WILCOXON RANK TEST FOR BaP I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for BaP in different depths



FIGUR 9.6 FRAKTILOPLOT FOR BaP – TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
QUANTILE PLOT FOR BaP – TEST AREA F - SCT. KNUDSGADE

Andre bemærkninger

De høje målinger for BaP er fundet i flere forskellige felter.

9.4 DESKRIPTIV STATISTIK FOR ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

I tabel 9.8 angives resultaterne for de øvrige organiske parametre.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK	
			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9								
PAH															
BaP, mg/kg TS	0,1	6	0,58		1,3			2,3	1,4	0,1	100	1	50		
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	6	3,0		6,5			12	7,1	1,5	100	15			
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	6	5,5		13			24	14	(1,5)	100	(15)	50		
PCB															
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	2	i.p.		i.p.				i.p.	(20)***					
Phthalater															
DEHP, µg/kg TS	0,1	2	210		240	260	260	270	240	25.000					
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	2	210		270	300	320	330	270	250.000					
Dioxiner															
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	2	64		140			200	140						
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	2	10		740			1400	740						
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	2	3		5			6	5	(40)**					

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrundsniveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 9.8 OVERSIGT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE

Overview of results - other organic parameters. Test area F – Sct. Knudsgade

Som det ses af tabel 9.8, viser analyserne for et udvidet antal PAH samme forureningsniveau for PAH, som i tabel 9.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 9.9.

Der er ikke fundet PCB i de to analyserede prøver, og kun et lavt indhold af phthalater. Dioxinindholdet, målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er lavt, svarende til det tyske baggrunds niveau for landbrugsjord (omkring 1- 5 ng ITE /kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 9.9 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, se afsnit 15.3.

Parameter	Dybde m	Antal data	min					Fraktiler		max	gns.
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9			
Forhold mellem udvalgte PAH											
Forhold BaP/Sum af 7 MST	0,1	6	0,18			0,19				0,20	0,19
Forhold DiBaA/Sum af 7 MST	0,1	6	0,02			0,03				0,03	0,03
Forhold B(ghi)P/BaP	0,1	6	0,52			0,74				0,93	0,74
Forhold Coronen/BaP	0,1	6	0,10			0,13				0,15	0,13
Forhold sum af alkylphen./phen.	0,1	6	0,03			0,06				0,09	0,06
Forhold Reten/DiBaA	0,1	6	0,03			0,04				0,08	0,04
Dioxiner											
Forhold PCDF/PCDF	0,1	2	0,15			0,39				0,63	0,39

gns.: gennemsnit

TABEL 9.9 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area F - Sct. Knudsgade

9.5 GEOSTATISTISK VURDERING

Der er foretaget en geostatistisk analyse af parametrene bly, cadmium, kobber, zink, benzo(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og sum af PAH i 0,1 mut.

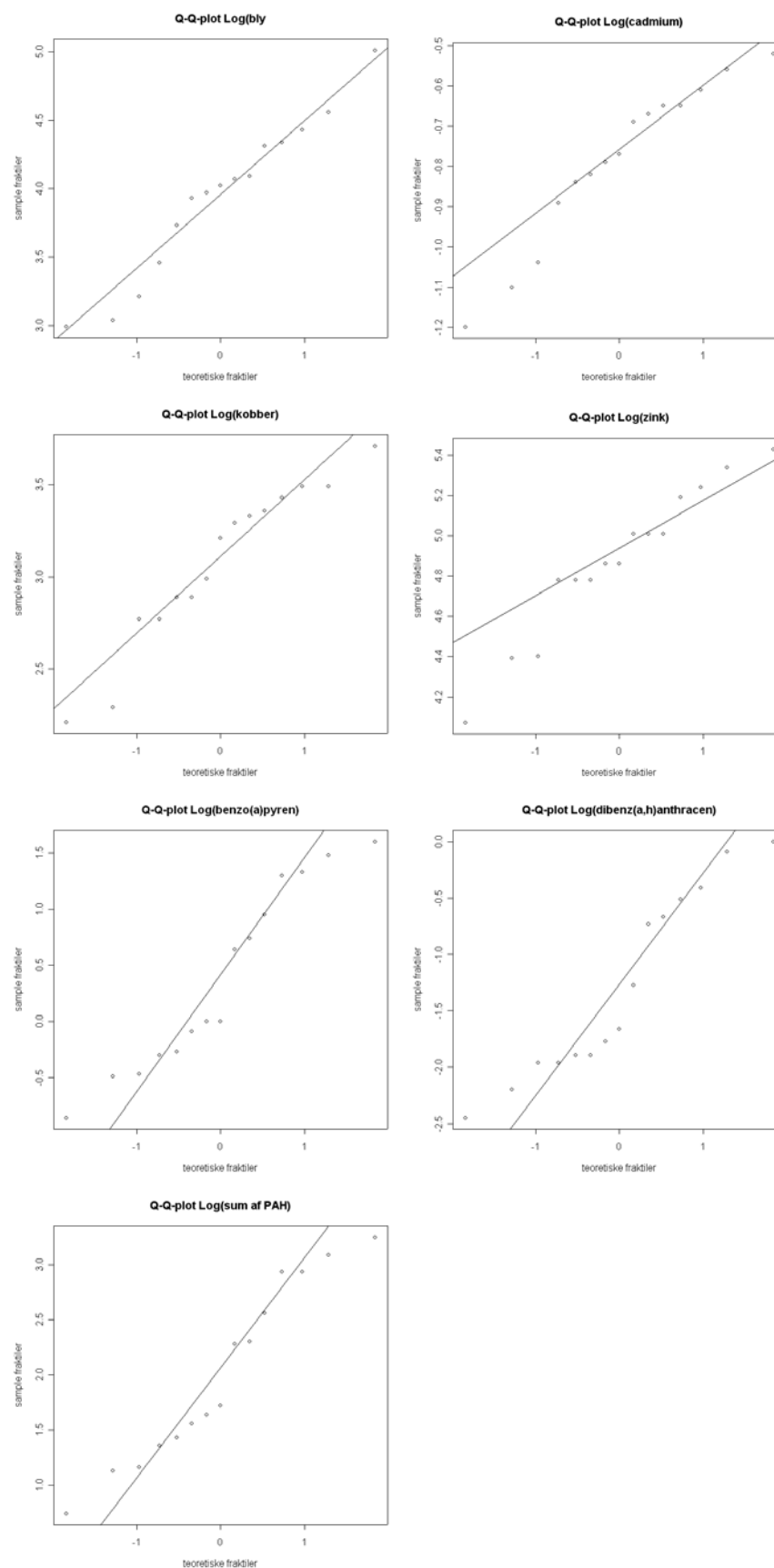
Den geostatistiske analyse forudsætter, at parametrene er normalfordelte (eller lognormalfordelte) eller at det i det mindste kan godtgøres, at de er regionaliserede normalfordelte variabler. Fordelingen af parametrene er beskrevet i det foregående afsnit. Generelt er metallerne tilnærmelsesvist normalfordelte, og ingen af disse adskiller sig signifikant fra en normalfordeling i en Shapiro-Wilk test, jf. tabel 9.3. Der er dog en tendens til en vis skævhed i fordelingerne, og PAH er signifikant forskellige fra en normalfordeling, jf. Q-Q-plots i figur 9.7. Der er derfor anvendt logaritme-transformerede værdier for de analyserede parametre. Resultaterne for Shapiro-Wilk test for de logaritmetransformerede parametre er vist i tabel 9.10.

	Dybde, m	Shapiro-Wilk(p)
Bly	0,1	0,10
Cadmium	0,1	0,64
Benzo(a)pyren	0,1	0,18
Dibenz(a,h)anthracen	0,1	0,11
Sum af PAH	0,1	0,31

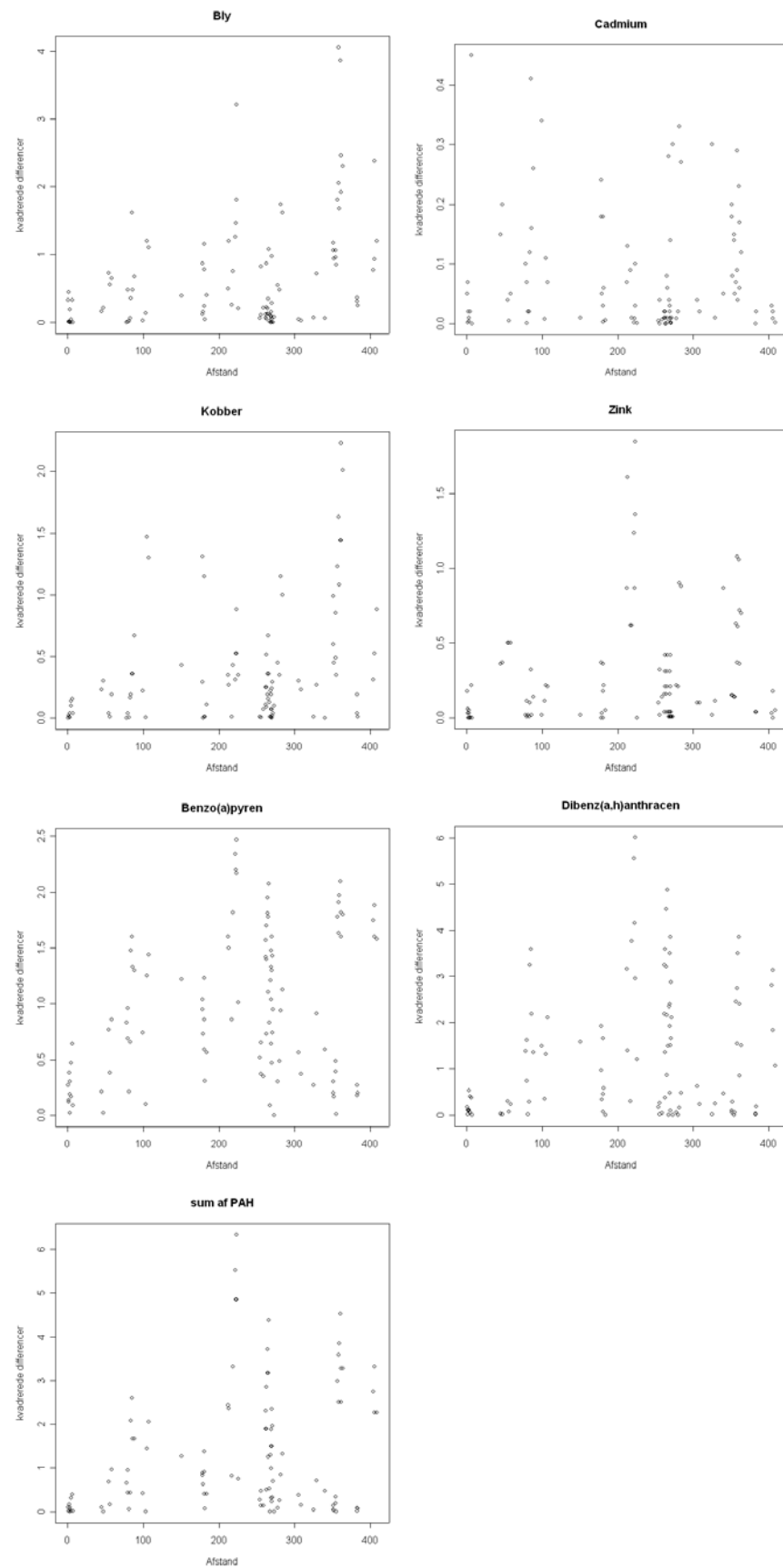
Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 9.10 SHAPIRO-WILK TESTUDFALD FOR LOGARITME-TRANSFORMEREDE PARAMETRE
Shapiro Wilk test result for log transformed parameters

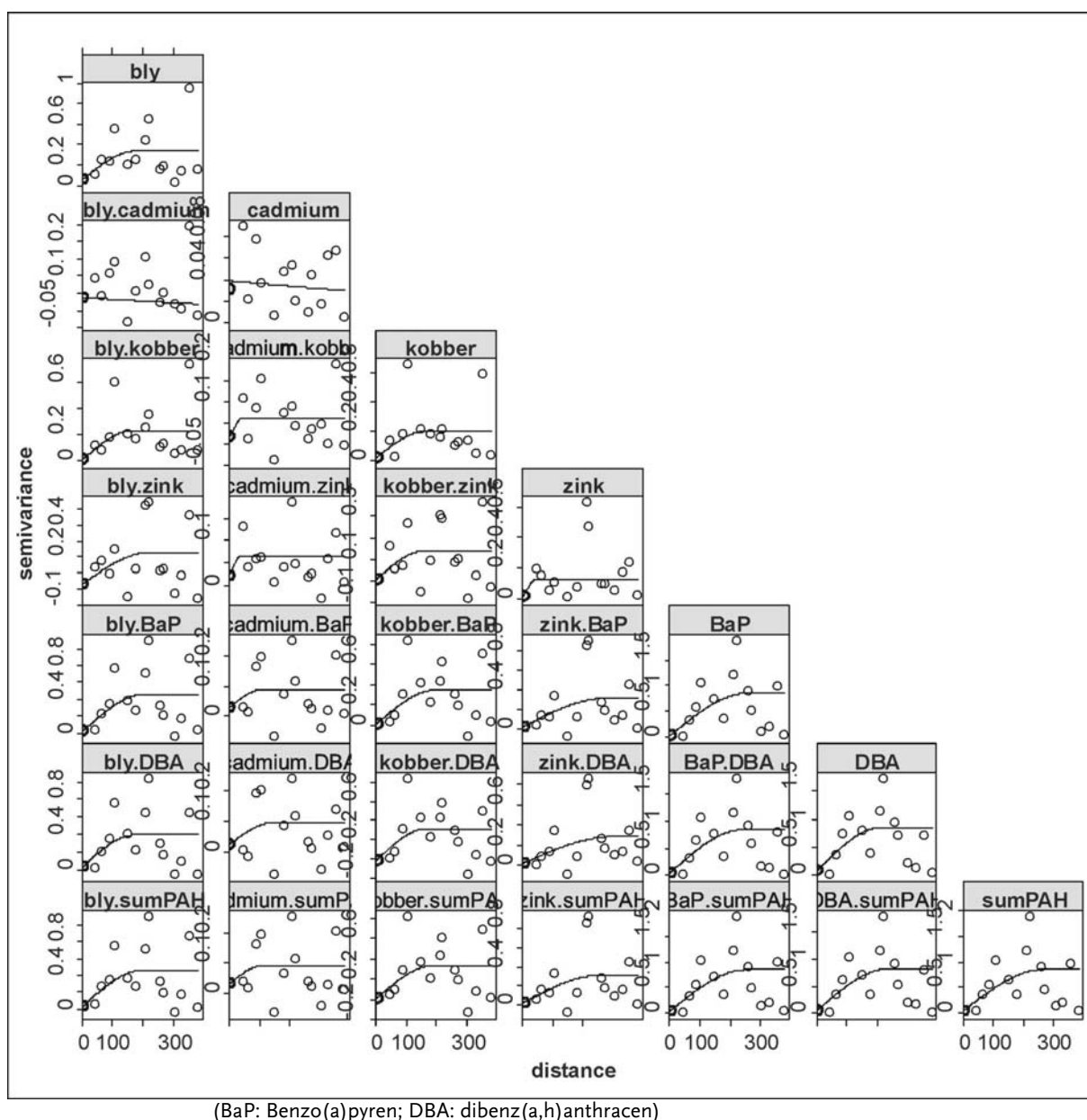
Scatterplot af afstanden imellem de undersøgte punkter og de kvadrerede differencer imellem de transformerede værdier er vist i figur 9.8. Af disse plot kan det ses, at der generelt er en voksende relation imellem afstanden og de kvadrerede differencer, dog måske undtagen for cadmium. Test af denne antagelse – en voksende relation mellem afstanden og de kvadrerede differencer – ved hjælp af Spearmans Rank korrelation viser en signifikant sammenhæng for bly ($p < 0,0001$), kobber ($p < 0,0001$), zink ($p < 0,05$), benzo(a)pyren ($p < 0,01$) og sum af PAH ($p < 0,01$).



FIGUR 9.7 Q-Q-PLOT AF DE ANALYSEREDE PARAMETRE. INGEN AF DE VISTE PARAMETRE ER SIGNIFIKANT FORSKELLIGE FRA EN NORMALFORDELING
Q-Q plot of the analysed parameters showing no significant deviation from a normal distribution



FIGUR 9.8 SCATTERPLOT AF AFSTANDE VERSUS DE KVADREREDE DIFFERENCER IMELLEM LOGARITMETRANSFORMEREDE VÆRDIER
Scatter plot of distance and squared differences between the log-transformed values



FIGUR 9.9 SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSVARIOGRAMMER FOR Pb, Cd, Cu, Zn, BaP, DIBENZ(AH)ANTHRACEN OG PAH

Semivariogram and cross-variogram for Pb, Cd, Cu, Zn, BaP, dibenz(ah)anthracene and PAH

I figur 9.9 er vist variogrammer og krydsvariogrammer for Pb, Cd, Cu, Zn, BaP, dibenz(ah)anthracen og PAH. Variogrammer og krydsvariogrammer for bly, kobber og BaP, dibenz(a,h)anthracen (DiBahA) og sum af PAH antyder, at der kan være en spatiel korrelation med en range på omkring 200 m. Datamaterialet er imidlertid meget spinkelt, og det næsten endimensionale undersøgelsesdesign, der er en uundgåelig konsekvens af boligkvarterets planmæssige udformning, betyder, at tolkningen kan afhænge af tilfældige ekstreme værdier i yderområderne. Den videre geostatistiske analyse er derfor udført ved at analysere datamaterialet sammen med datamaterialet fra det tilstødende nordlige testareal G, området omkring Bøllingsvej, Teglovnvej, Skolegade og Valdemarsgade (se næstfølgende kapitel 10). Der kan herved fastlægges en mere entydig spatiel relation for kobber, zink, BaP, DiBahA, og sum af PAH.

For det undersøgte område er koncentrationsniveauet og konfidensintervaller for bly og cadmium estimeret under ét på basis af den deskriptive analyse og angivet i nedenstående tabel 9.11.

Koncentrationsniveauet og konfidensintervaller for bly, cadmium, benzo(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og sum af PAH er ligeledes på basis af de normalfordelte logaritmetransformerede værdier i nedenstående tabel 9.11 estimeret under ét – dvs. der beregnes en fælles værdi for arealet som helhed.

	Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området er højere end JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly.	0,1	60	42 – 79	0,72	1,00
Cadmium.	0,1	0,46	0,41 – 0,50	0,32	1,00
Benzo(a)pyren	0,1	1,5	0,53 – 4,7	0,99	0,33
Dibenz(a,h)anthracen	0,1	0,27	0,10 – 0,89	0,89	0,94
Sum af PAH	0,1	7,4	2,7 – 24	0,98	0,81

TABEL 9.11 ESTIMAT OG 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR FORURENINGS-NIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK. TESTAREAL F- SCT. KNUDSGADE
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration level higher than soil quality and lower than the soil intervention limit. Test area F- Sct. Knudsgade

I figur 9.10 og 9.11 vises kort over de aktuelle målinger for henholdsvis bly og BaP.



FIGUR 9.10 KORT OVER BLYMÅLINGER I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL F - SCT. KNUDSGADE
Map of lead levels in 0.1 m's depth. Test area F - Sct. Knudsgade



FIGUR 9.11 KORT OVER BAPMÅLINGER I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL F- SCT. KNUDSGADE
Map of BaP levels in 0.1 m's depth. Test area F - Sct. Knudsgade

9.6 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 9.12 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.

Testareal F – Sct. Knudsgade



Trin 1a
Pb, Cd, Cu, Zn og BaP (PAH) data
er normal- eller lognormalfordelte



Trin 2a
Der ses spatiel korrelation for Pb,
Cu, Zn og BaP (PAH).
Datagrundlag er meget spinkel og
semivariogrammer er usikre.



Trin 2b
Den estimerede koncentration,
standardafvigelsen samt sandsynlighed
for at forureningsniveauet på testarealet er
større end JKK og mindre end ASK er
beregnet, jf. tabel 9.11.

FIGUR 9.12 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL F – SCT. KNUDSGADE
Summary concerning data treatment Test area F – Sct. Knudsgade

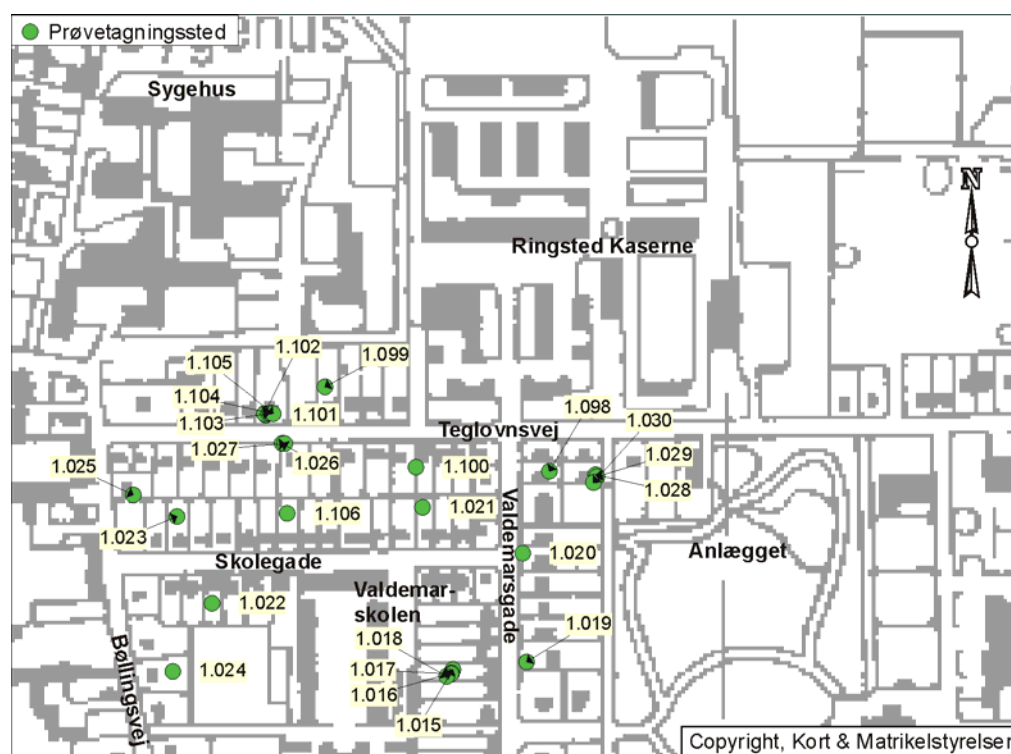
10 Testareal G – Bøllingsvej m.fl.

10.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Testareal G er et boligområde etableret på 1915-1920, bestående af større murstensvillaer med tegltag og haver. Desuden ses nogle få pudsede og malede huse samt et par baghuse med eternittag. Der er typisk ca. 5 – 20 m til asfaltvej med lokaltrafik (hastighedsbegrænsning på 30 - 50 km/h, afhængig af vejen). Det er kontrolleret, at der ikke forekommer prøvetagningslokaliteter, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkilder /7, 14/.

Under besigtigelsen er der fra en beboer fremkommet oplysninger om, at der indtil 1914 da boligområdet blev etableret, måske har været en tidligere losseplads på området.

Testarealet omfatter ejendomme langs Bøllingsvej, Teglovnvej, Skolegade og Valdemarsgade og udgør ca. 0,094 km², jf. figur 10.1. Testarealerne F og G er tilstødende områder.



FIGUR 10.1 OVERSIGTSAREAL OVER TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Overview of test area G – Bøllingsvej

10.2 PRØVETAGNING OG RESULTATERNE

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i januar og februar 2003. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 10.1.

Der er udtaget prøver fra 25 prøvetagningspunkter fordelt på 15 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, ler, muldet og sandet. Fyldlaget er kun gennemboret i én af tre borer til 1 m u. t., hvor der er truffet ler med kalksten i 1 m's dybde. Terrænkoten varierer fra +52 m DNN til +54,5 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 10.1, 10.2 og 10.6. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 10.3, 10.4 og 10.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen. Der er ikke fundet tegn på lossepladsaffald i fyldlaget.

10.3 DESKRIPTIV STATISTIK

I tabel 10.1, 10.2 og 10.5 angives en oversigt over analyseresultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data, er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Arsen	0,1	11	2,1	3,0	3,6	3,9	4,1	4,7	5,9	3,9	20		20	
	0,3	1	4,2			4,2			4,2	4,2				
	0,55	0												
	1,05	0												
Bly	0,1	25	26	31	38	47	58	112	170	58	40	64	400	
	0,3	9	19	29	36	39	50	63	77	44		44		
	0,55	3	11			21			23	18				
	1,05	3	6			10			26	14				
Cadmium	0,1	25	0,21	0,30	0,38	0,42	0,62	0,67	0,70	0,47	0,5	24	5	
	0,3	9	0,21	0,30	0,38	0,42	0,62	0,67	0,70	0,47		33		
	0,55	3	0,30			0,35			0,41	0,35				
	1,05	3	0,25			0,37			0,40	0,34				
Chrom	0,1	25	4,9	8,4	10	12	13	14	17	11	500		1000	
	0,3	9	7,9	9,0	10	110	12	13	14	11				
	0,55	3	7,5			8,1			12	9,2				
	1,05	3	8,0			12			15	12				
Kobber	0,1	25	15	17	18	23	28	33	69	25	500		1000	
	0,3	9	12	14	16	18	29	33	39	23				
	0,55	3	9,9			14			16	13				
	1,05	3	6,6			9,6			32	16				
Kviksølv	0,1	11	0,06	0,07	0,08	0,12	0,15	0,20	1,6	0,25	1	9	3	
	0,3	1	0,12			0,12			0,12	0,12				
	0,55	0												
	1,05	0												
Nikkel**	0,1	25	4,4	7,7	8,9	9,4	10	11	15	9,5	30		30	
	0,3	9	8,2	8,6	8,7	9,0	9,8	11	15	9,7				
	0,55	3	7,3			8,4			9,1	8,3				
	1,05	3	8,9	9,1	9,5	10	11	12	12	10				
Zink	0,1	25	66	98	120	130	160	180	220	140	500		1000	
	0,3	9	55	59	85	110	120	150	210	110				
	0,55	3	45			47			48	47				
	1,05	3	25			28			68	40				

i.p.: ikke påvist gns: gennemsnit

Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 10.1 OVERSICHT OVER METALRESULTATER. TESTAREAL G - BØLLINGSVEJ (MG/KG TS)
Overview of metal results. Test area - G - Bøllingsvej (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler						max	gns	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Totalkulbrinter	0,1	5	21			96			150	90	100	60		
	0,3	0												
	0,55	0												
	1,05	0												
BaP	0,1	25	0,58	0,73	1,2	1,6	3,7	5,4	48	4,6	0,1	100	1	76
	0,3	9	0,18	0,52	0,6	1,2	1,9	2,7	3,0	1,4		100		56
	0,55	3	0,08			0,49			0,57	0,38		67		
	1,05	3	0,01			0,19			0,33	0,18		67		
DiBahA	0,1	25	0,09	0,12	0,22	0,28	0,62	0,87	8,5	0,79	0,1	92	1	8
	0,3	9	0,03	0,09	0,12	0,21	0,36	0,48	0,50	0,24		89		
	0,55	3	0,01			0,07			0,11	0,06		33		
	1,05	3	0,00			0,02			0,05	0,03				
Sum af PAH	0,1	25	3,2	3,7	6,7	8,5	20	29	320	28	1,5	100	15	28
	0,3	9	1,2	2,8	3,4	6,2	10	14	15	7,2		89		
	0,55	3	0,38			2,5			3,0	2,0		67		
	1,05	3	0,06			0,96			1,7	0,91		33		

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit



Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 10.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area G – Bøllingsvej (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 10.1 og 10.2, er der i op til 64% af prøverne konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly og i 24% af prøverne for cadmium. Desuden ses, at indholdet af PAH, herunder benzo(a)pyren (BaP), er højt og overskrider JKK i alle prøver. Forureningen fortsætter til mindst 0,5 m's dybde. Medianværdien for BaP overskrider afskæringskriteriet (ASK), og flere prøver overskrider ASK for sum af PAH.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne for den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelingen er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 10.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelingerne. Resultaterne for bly, kobber, kviksølv og BaP fra 10 cm's dybde er ikke normalfordelte, mens de andre parametre og prøver fra 30 cm's dybde (kun få prøver) er tilnærmelsesvis normalfordelte, hvorfor der ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes en Wilcoxon Rank Sum test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	25	0,000008	3,72	2,1
	0,3	9	0,82	0,69	0,63
Cadmium	0,1	25	0,70	-0,35	0,24
	0,3	7	0,67	-0,93	0,1
Kobber	0,1	25	0,000009	11,18	2,89
	0,3	7	0,19	-1,23	0,54
Kviksølv	0,1	11	0,000002	10,73	3,26
Zink	0,1	25	0,3912	0,28	0,51
	0,3	7	0,35	1,86	1,1
BaP	0,1	25	0,00000005	17,67	4,1
	0,3	7	0,49	-0,88	0,58

* for en normalfordeling er værdien 0

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.

Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 10.3 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGERNE. TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Overview of the statistical analysis. Test area G - Bøllingsvej

Korrelation imellem parametre

I tabel 10.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. For flere af parametrene er dette ikke opfyldt. Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. I tabel 10.4 ses ingen eller kun tvivlsom korrelation imellem de fleste parametre, herunder organisk indhold (glødetab).

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	0,02	1,00						
Cd	-0,04	0,33	1,00					
Cu	0,28	0,27	0,6	1,00				
Hg	-0,46	-0,25	-0,45	-0,17	1,00			
Zn	-0,27	0,45	0,55	0,27	-0,14	1,00		
BaP	0,0	0,15	-0,01	0,04	-0,08	-0,04	1,00	
PAH	-0,14	0,15	-0,01	0,04	-0,09	-0,03	1,00	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser) Negativ værdi (én parameter aftager, én vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 10.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsen ligger omkring baggrundsniveauet for landområder (3 – 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen prøver overskrider JKK.

Bly

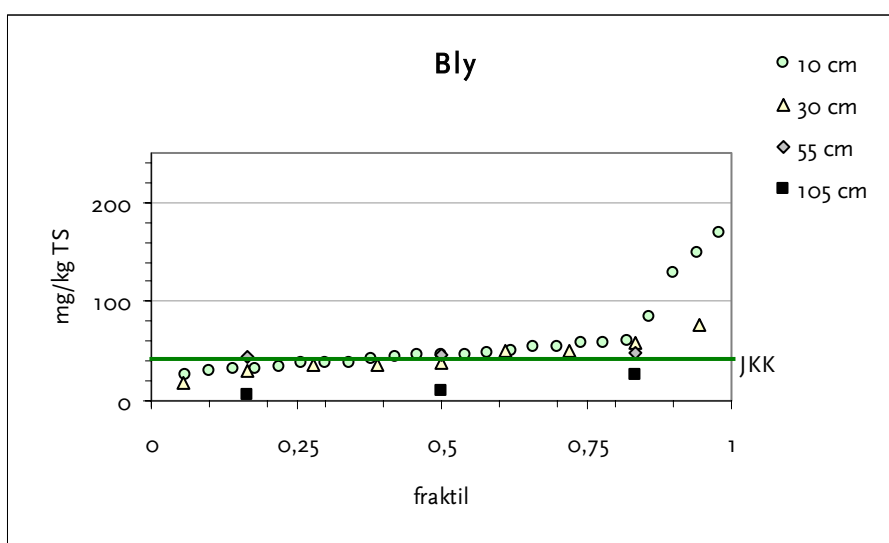
Blyniveauet er væsentlig højere end baggrundsniveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 10.1 og figur 10.2, overskrideres JKK i de fleste prøver i alle dybder. Blydata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved en Wilcoxon Rank test. Koncentrationsniveauet 0,1, 0,3 og 0,55 m u. t. er sammenlignelig, men er forskelligt fra koncentrationsniveau i 1,05 m u. t. ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 10.5. Dog er der kun målt på få prøver.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon rank test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,31
0,3 og 0,55 m	0,64
0,1 og 0,55 m	0,65
0,3 og 1,05 m	0,02
0,1 og 1,05 m	0,009

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 10.5 WILCOXON RANK TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for Pb in different depths

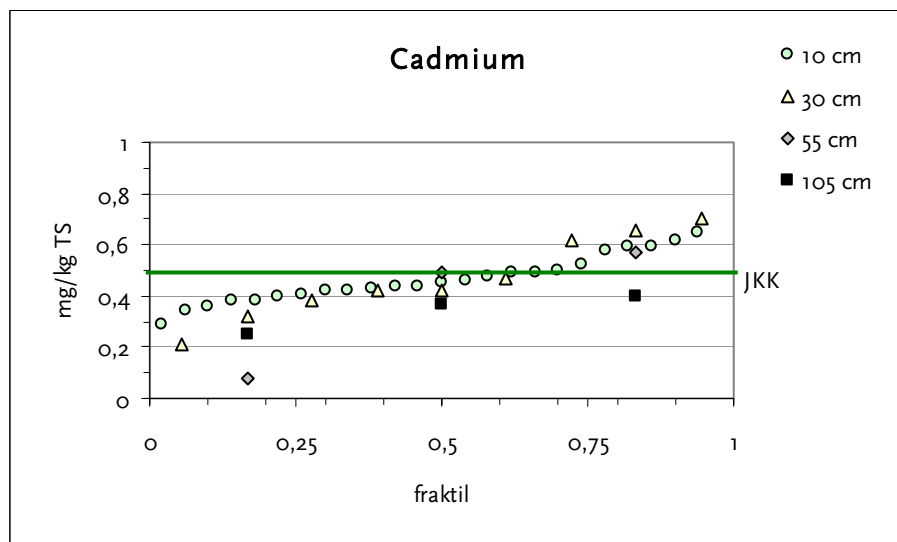
På figur 10.2 ses en tendens til, at blyindholdet falder i 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter.



FIGUR 10.2 FRAKTILOTT FOR BLY – TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Quantile plot for lead – Test area G – Bøllingsvej

Cadmium

JKK er overskredet i ca. 50% af jordprøverne, og koncentrationsniveauet ligger over baggrundsniveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS) jf. tabel 2.1. Der er tilsyneladende ingen tendens til ændringer i dybden, jf. figur 10.3. DMU har tidligere konstateret regionale forskelle i tungmetalniveauerne og et højere cadmiumniveau er observeret i Ringsted-området /21,22/. I øvelsesterrænet på Ringsted Kaserne, se figur 10.1, er der tidligere fundet et forhøjet niveau med cadmium. Der er fundet en middelværdi på 0,56 mg Cd/kg TS (79 prøver) på øvelsesterrænet og 0,93 mg Cd/kg TS på et referenceområde på en nærliggende mark. Der er desuden ved undersøgelsen på Ringsted Kaserne konstateret en tendens til stigende Cd-koncentrationer ved højere jord-pH-værdier (pH 7-8) /23/, se afsnit 15.5. I testareal G er der målt pH-værdier på 7,3 – 8,5, med en median på 8,0.



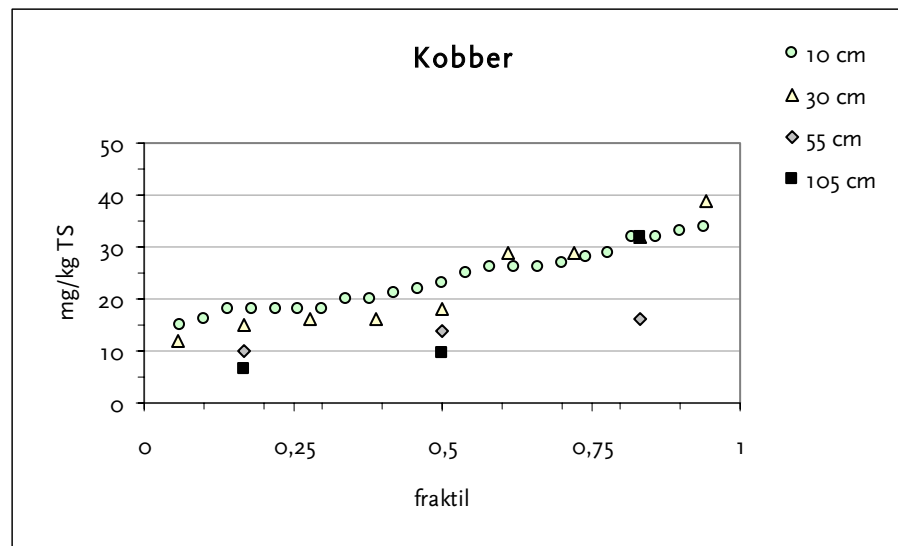
FIGUR 10.3 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Quantile plot for cadmium – Test area G – Bøllingsvej

Chrom

Chromniveauet er omkring 8 – 12 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 -17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6-9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses lavere værdier i henholdsvis 30 og 55 cm's dybde, jf. figur 10.4.



FIGUR 10.4 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Quantile plot for copper – Test area G - Bøllingsvej

Kviksølv

Kviksølvniveauet er relativt lavt, men højere end baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK, jf. tabel 10.1.

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 8 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (2,9 -9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

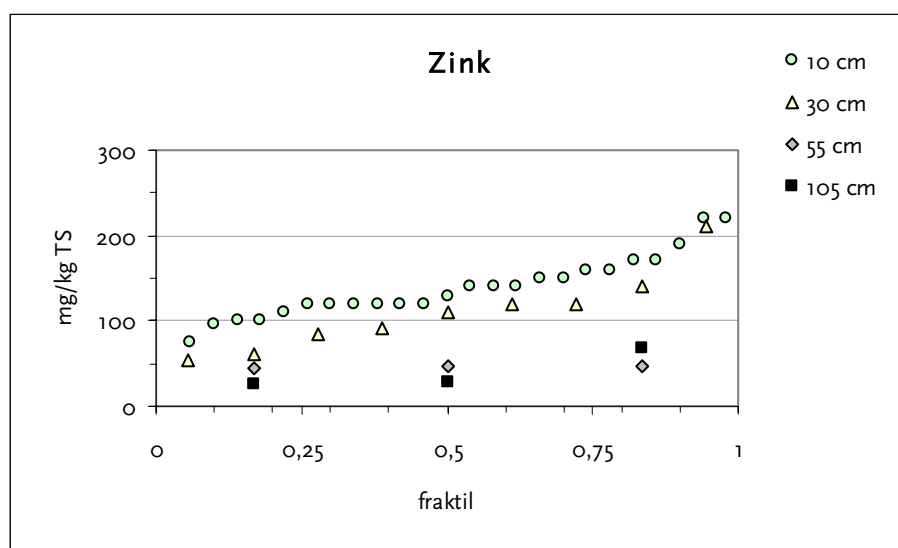
Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 10.1 og figur 10.5, er Zn-indholdet i alle prøver mindre end JKK. Zinkdata er ikke normalfordelt, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved en Wilcoxon rank test. Forskellen mellem niveauerne er kun signifikant i 0,3 og 0,55 m u. t. (der er dog kun få værdier og stor spredning) ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 10.6.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon rank test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,266
0,3 og 0,55 m	0,013
0,1 og 0,55 m	0,149
0,1 og 1,05 m	0,167

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 10.6 WILCOXON RANK TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for Zn in different depths

Figur 10.5 indikerer derimod en faldende tendens med dybden.



FIGUR 10.5 FRAKTILOPLOT FOR ZINK – TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Quantile plot for zinc – Test area G – Bøllingsvej

Totalkulbrinter

Som det fremgår af tabel 10.2, ses mindre overskridelser af JKK, og medianværdien er 96 mg/kg TS. De forurenede prøver er beskrevet som indeholdende kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. Ingen af prøverne har vist udslag ved måling med en Photoionisationsdetektor, som måler flygtige kulbrinter.

PAH

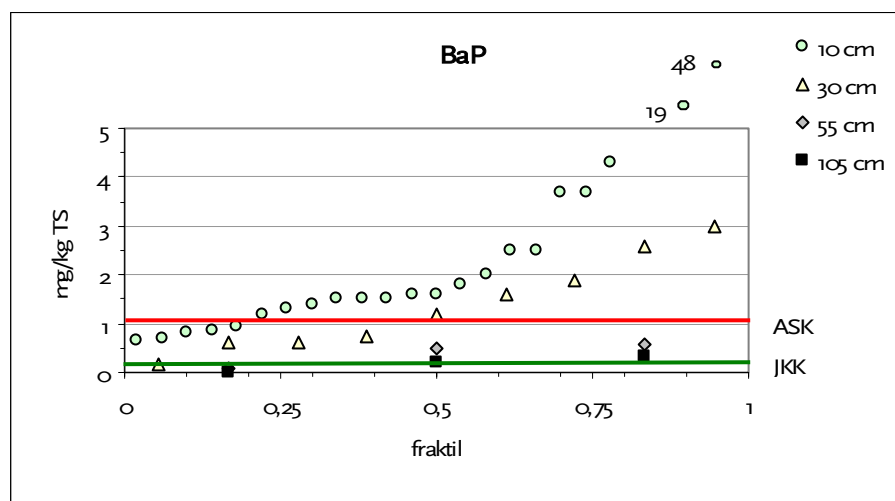
Som det fremgår af tabel 10.2 og figur 10.6, overskrider BaP JKK i alle prøverne. Indholdet af BaP, DiBaH_A og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 10.4 og afsnit 15.5. De høje værdier er fundet i forskellige felter. Det er i figur 10.6 tydeligt at der er tale om en to-toppet fordeling - én top med værdier omkring 1,1 mg/kg og én top med høje værdier og stor spredning.

BaP-dataene er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. BaP-koncentrationerne ligger på samme niveau i henholdsvis 10 og 30 cm's dybde, mens de er signifikant lavere ($p < 0,05$) i 55 og 105 cm's dybde, jf. tabel 10.7.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
BaP data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,129
0,3 og 0,55 m	0,021
0,1 og 0,55 m	0,011
0,1 og 1,05 m	0,011

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 10.7 WILCOXON RANK TEST FOR BaP I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for BaP in different depths



FIGUR 10.6 FRAKTILOTT FOR BaP – TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
QUANTILE PLOT FOR BaP – TEST AREA G - BØLLINGSVEJ

Andre bemærkninger

De høje målinger for BaP er fundet i flere forskellige felter.

Parameter	Dybde	Antal data	Fraktiler						max	gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	6	0,66	0,68	0,75	0,91	1,3	1,7	2,0	1,1	0,1	100	1	
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	6	2,9	3,6	4,4	5,3	7,7	9,5	10	6,1	1,5	100	15	
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	6	5,6	7,1	9,2	11	16	20	21	13				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			34			71		(20)***	50		
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	2	i.p.						150		25.000			
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	2	77			110			150		250.000			
Pesticider														
Sum af pesticider, mg/kg TS	0,1	2	i.p.			0,02			0,3		0,1/0,5‡			
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	2	67			100			140					
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	2	190			460			720					
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	2	2,9			6,5			10		(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

‡ DK: Parathion 0,1 mg /kg TS, DDT+ DDE 0,5 mg/kg TS /18/.

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 10.5 OVERSIGT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL G - BØLLINGSVEJ

Overview of results - other organic parameters. Test area G - Bøllingsvej

Som det ses af tabel 10.5, viser analyserne for et udvidet antal PAH nogenlunde samme forureningsniveau som i tabel 10.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 10.6.

Der er fundet PCB i én af de to analyserede prøver, og et lavt indhold af phthalater. Der er fundet et mindre indhold af DDD og DDE (nedbrydningsprodukt af DDT) i én af to prøver.

Dioxinindholdet, målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er lavt, svarende til det tyske baggrunds niveau for landbrugsjord (omkring 1- 5 ng I-TEQ/kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 10.6 er der beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, se afsnit 15.3.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler						max	Gns.
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9			
Forhold mellem udvalgte PAH											
Forhold BaP/Sum af 7 MST	0,1	6	0,16			0,17				0,23	0,18
Forhold DiBahA/Sum af 7 MST	0,1	6	0,02			0,03				0,04	0,03
Forhold B(ghi)P/BaP	0,1	6	0,42			0,69				0,86	0,69
Forhold Coronen/BaP	0,1	6	0,06			0,08				0,14	0,09
Forhold sum af alkylphen./phen.	0,1	6	0,03			0,04				0,18	0,07
Forhold Reten/DiBahA	0,1	6	0,02			0,08				4,50	0,81
Dioxiner											
Forhold PCDF/PCDF	0,1	2	0,19			0,28				0,36	0,28

gns.: gennemsnit

TABEL 10.6 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL G - BØLLINGSVEJ
Assessment of PAH composition. Test area G - Bøllingsvej

10.4 GEOSTATISTISK VURDERING

Den geostatistiske analyse omfatter parametrene bly, cadmium, kobber, zink, benzo(a)pyren (BaP), dibenz(a,h)anthracen (DiBahA) og sum af PAH i 0,1 m u. t. Foruden de 25 prøvepunkter i testareal G (Bøllingsvej, Teglovnvej, Skolegade og Valdemarsgade) omfatter analysen 15 punkter i testareal F (Sct. Knudsgade). De to områder er sammenhængende, jf. figur 2.3.

Q-Q-plottene for de logaritmisk transformerede værdier for de syv parametre er vist i figur 10.7. Resultaterne af Shapiro Wilk test er vist i tabel 10.7. Fordelingen af værdierne for bly, kobber BaP, DiBahA og sum af PAH er alle signifikant forskellige fra en normalfordeling ($p < 0,01$). Afvigelsen for PAH skyldes to prøvepunkter (B1017 og B1024) med ekstreme værdier (sum af PAH på henholdsvis 320 og 130 mg/kg TS) som antages at være punktkilder. De to prøvepunkter vurderes at repræsentere såkaldte hot-spots og er derfor udeladt af den resterende del af analysen.

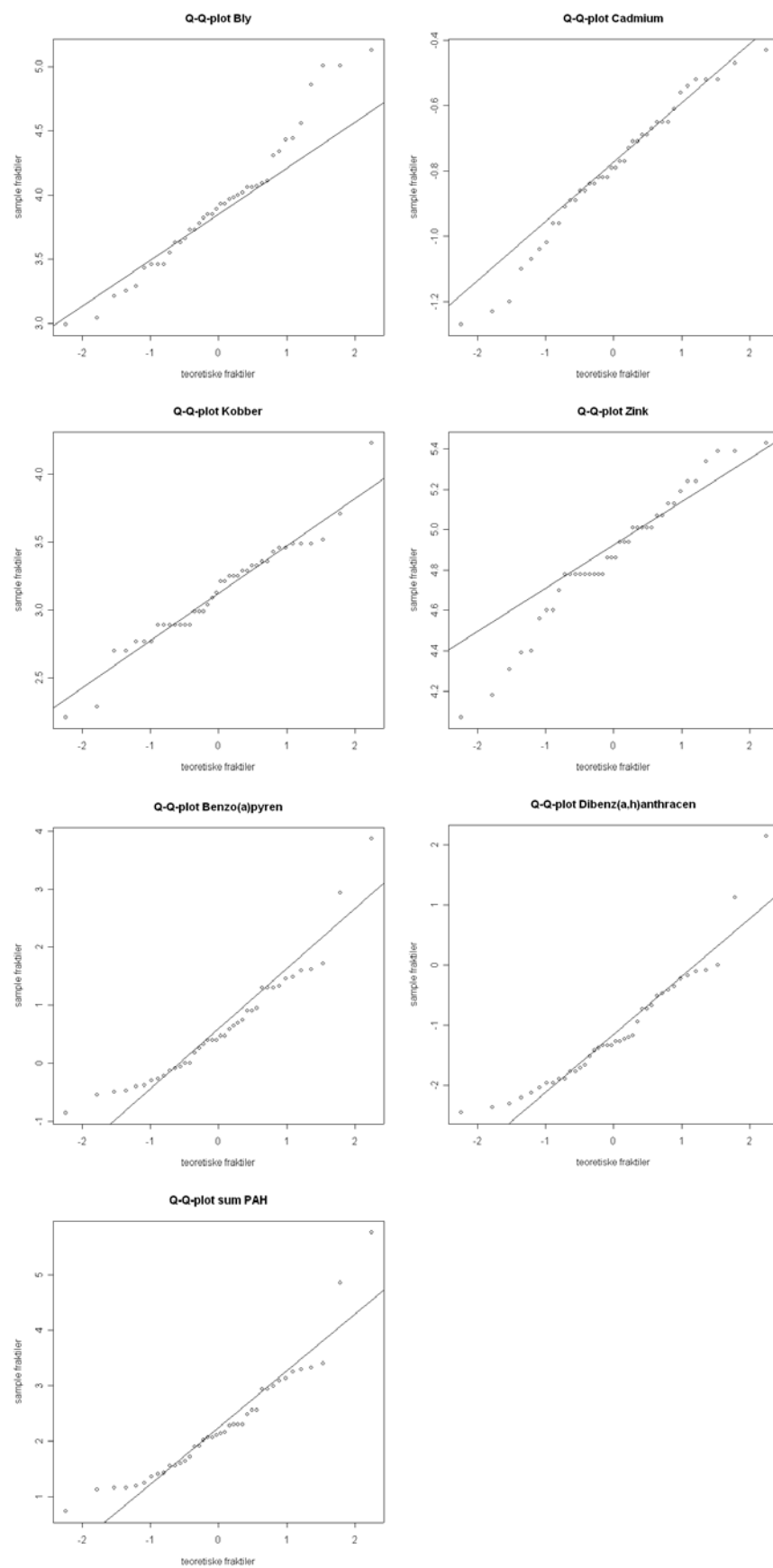
	Dybde, m	Shapiro-Wilk(p)
Bly	0,1	0,008
Cadmium	0,1	0,69
Kobber	0,1	0,02
Zink	0,1	0,61
Benzo(a)pyren	0,1	0,006
Bly*	0,1	0,64*
Benzo(a)pyren*	0,1	0,39*
Dibenz(a,h)anthracen*	0,1	0,26*
Sum af PAH*	0,1	0,18*

*Afvigende punkter (outliers) er udeladt af estimatet.

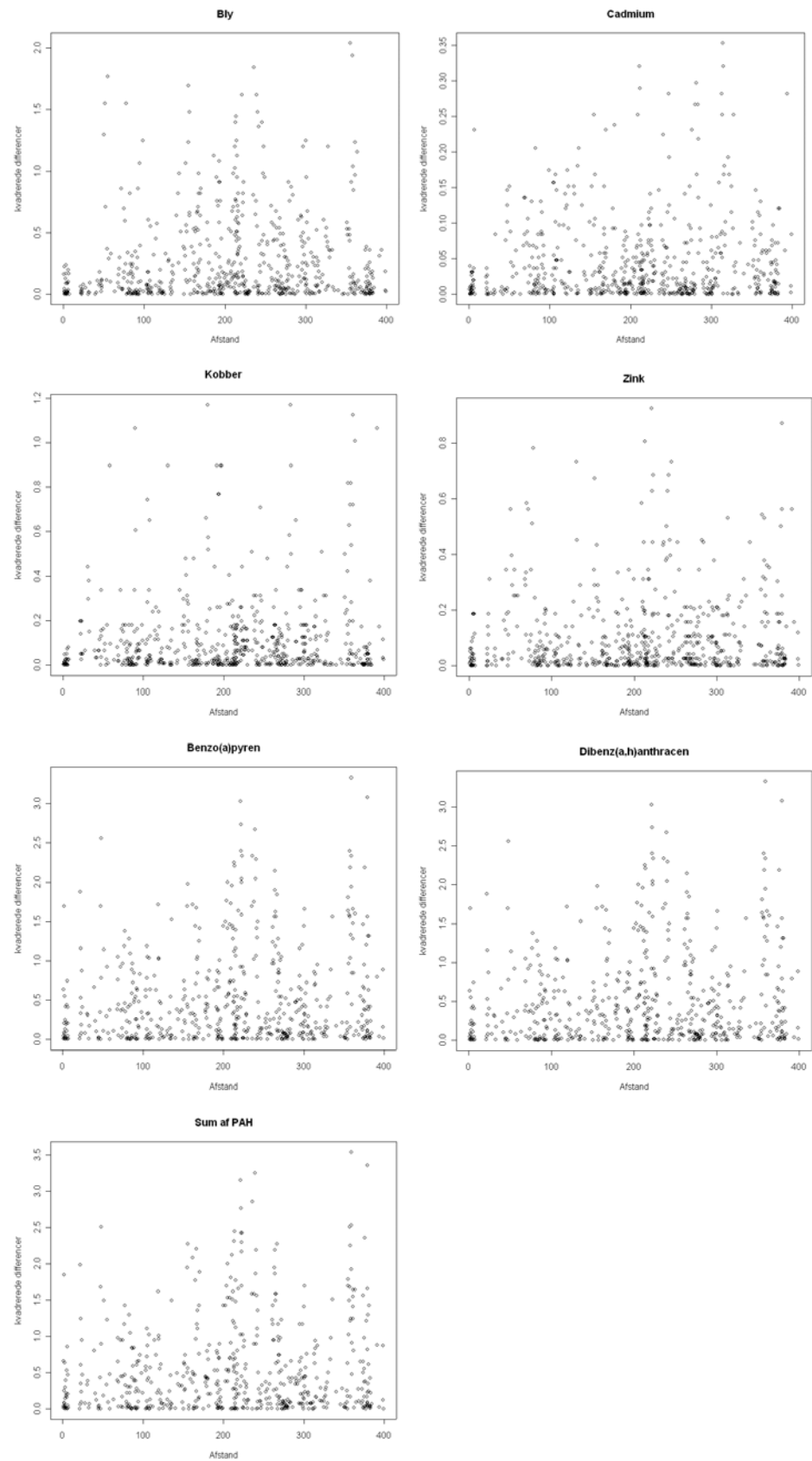
Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 10.7 SHAPIRO-WILK TEST-UDFALD FOR LOGARITMETRANSFORMEREDE DATA
Shapiro Wilk test for log transformed data

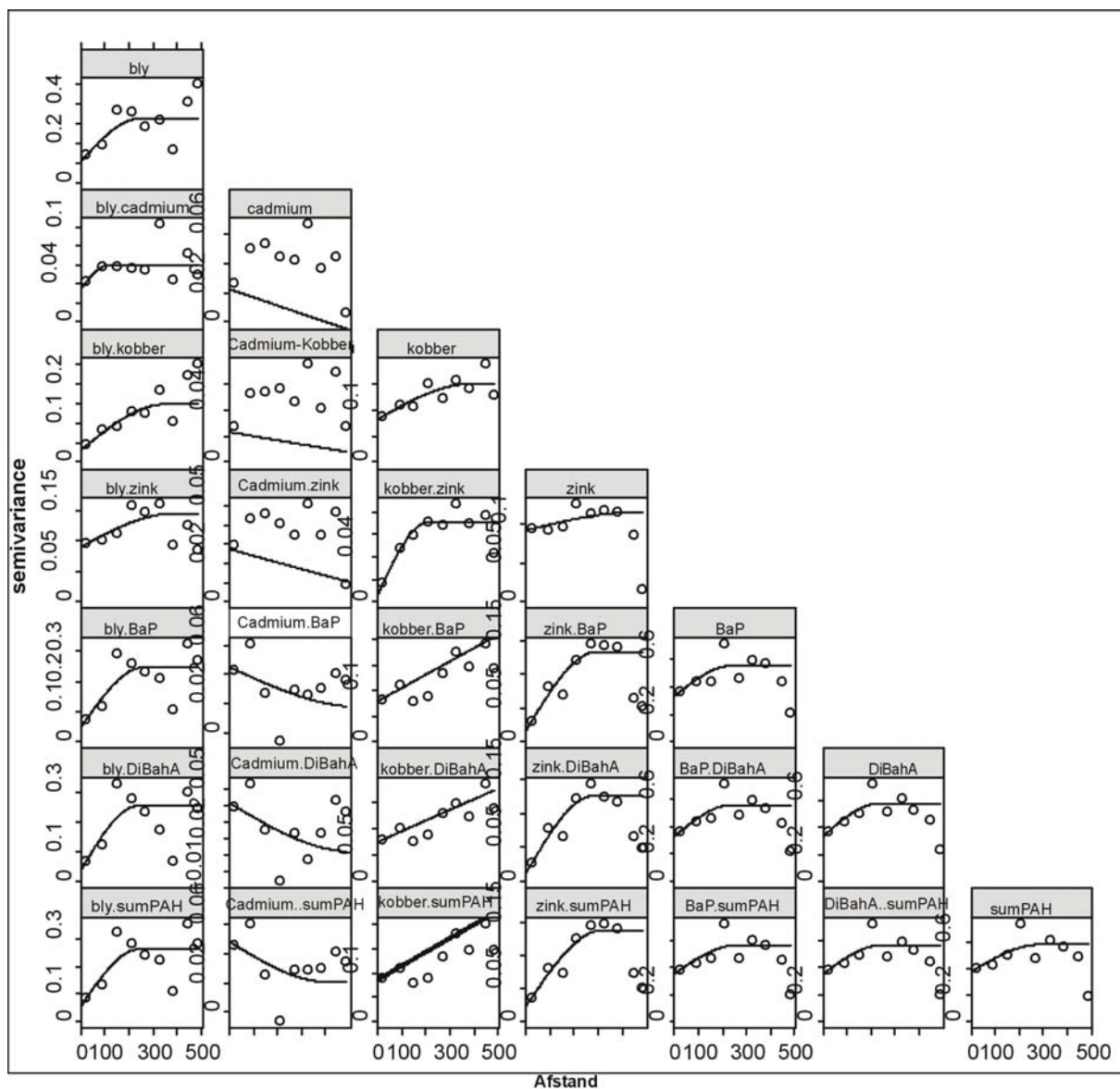
Q-Q-plottet for bly viser et afvigende forløb i den øvre ende. Dette skyldes høje koncentrationer i B1015-B1018. Disse værdier er beliggende inden for kort afstand og kan repræsentere en punktkilde, men kan imidlertid ikke kategoriseres som afvigende punkter.



FIGUR 10.7 Q-Q-PLOT FOR Pb, Cd, Cu, Zn, BaP, DIBENZ(AH)ANTHRACEN OG PAH
Q-Q plot for Pb, Cd, Cu, Zn, BaP, dibenz(ah)anthracene and PAH

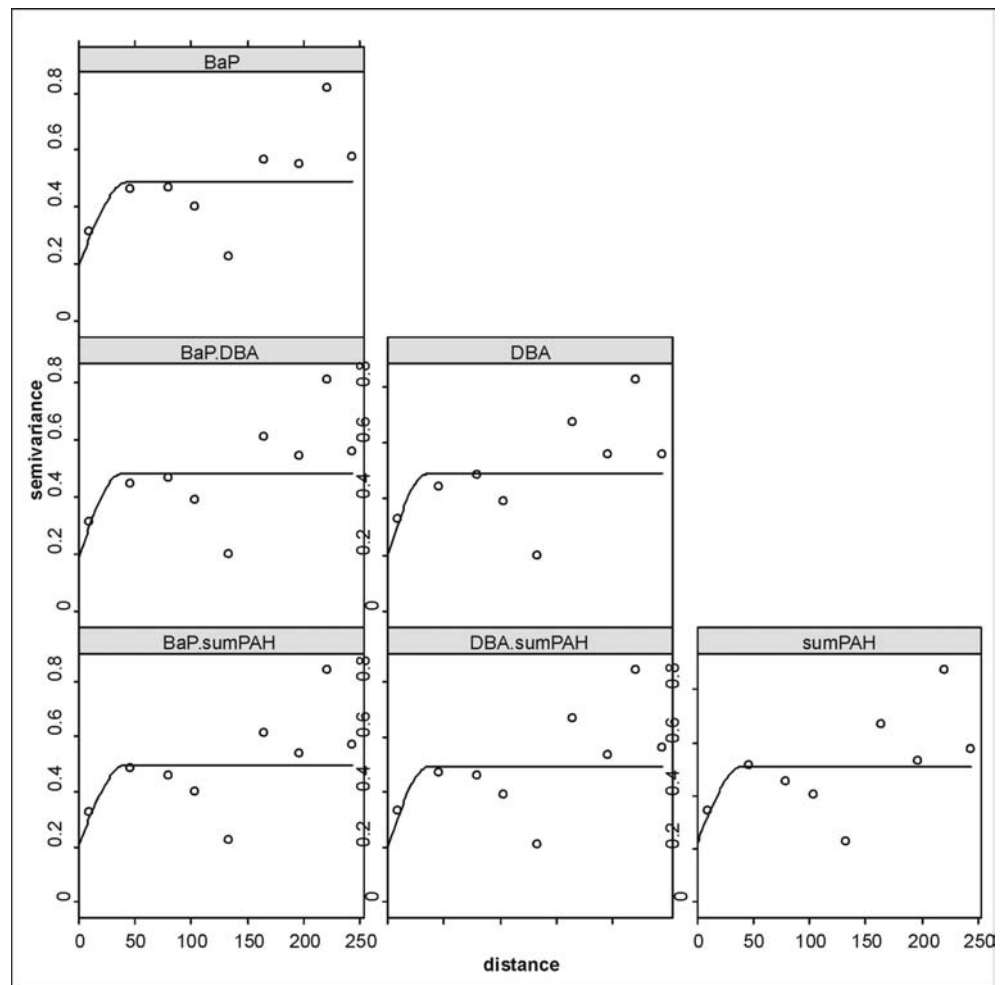


FIGUR 10.8 SCATTERPLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREDE DIFFERENCER IMELLEM DE LOGARITMETRANSFORMEREDE VÆRDIER FOR PÅRVESE PRØVEPUNKTER
Scatter plot of distance and squared differences between log transformed pair wise data



BaP: benzo(a)pyren; DiBahA: dibenz(a,h)anthracen)

FIGUR 10.9 SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSVARIOGRAMMER FOR Pb, Cd, Cu, Zn, BAP, DIBENZ(AH)ANTHRACEN OG PAH
Semivariograms and cross variograms for Pb, Cd, Cu, Zn, BaP, dibenz(ah)anthracene and PAH



FIGUR 10.10 SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSVARIOGRAMMER FOR BaP, DIBENZ(A,H)ANTHRACEN (DBA) OG PAH
Semivariograms and cross variograms for BaP, dibenz(a,h)anthracene (DBA) and sum of PAH

I figur 10.8 er et scatterplot af afstanden versus de kvadrerede differencer imellem parvise prøvepunkter inden for en afstand af 400 m vist. Spearmans Rank korrelationen for afstanden og differencer er signifikant for PAH ($p < 0,05$).

Semivariogrammer og krydssemivariogrammer for de syv parametre er vist i figur 10.9. Den spatielle relation imellem prøvepunkterne er ikke entydig for bly, og især ikke for cadmium. For bly er der reelt kun tre estimerede semivarianser inden for det estimerede range, som ikke entydigt viser en voksende relation. For cadmium kan en sådan relation slet ikke defineres.

Den antydede spatielle relation for PAH i figur 10.10 kan også forekomme mistænksom. Der er i figur 10.10 fokuseret på PAH inden for afstandsintervallet fra 0 - 250 m, med i alt 8 lags. Antallet af prøvepar i hvert lag er henholdsvis 78, 44, 86, 52, 86, 98, 144 og 34. Det må konkluderes, at en evt. spatiel relation imellem prøvepunkterne findes på en anden geografisk skala end den, der her er undersøgt.

Koncentrationsniveauer og konfidensintervaller for cadmium, benzo(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og sum af PAH er på basis af de normalfordelte logaritmisk transformerede parameterværdier i nedenstående tabel 10.8 (eksklusiv data fra

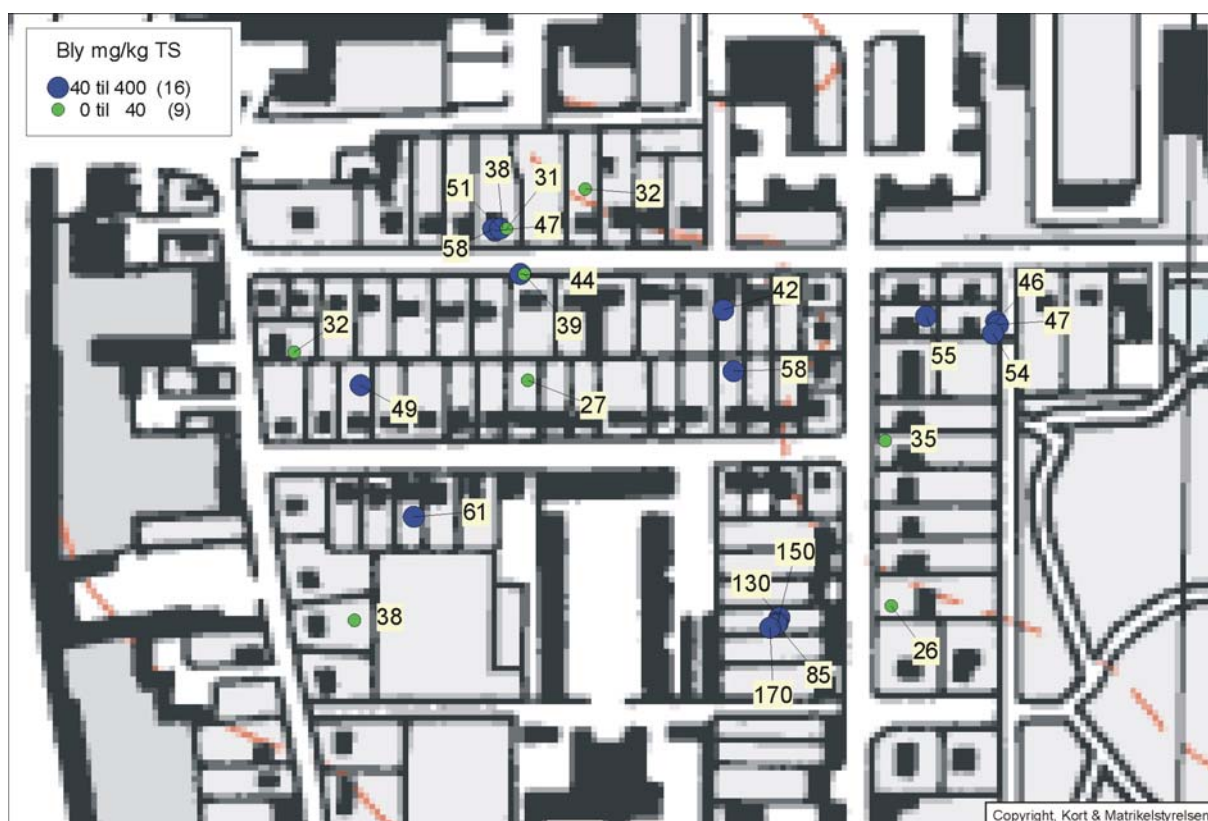
testareal F - Sct. Knudsgade og de to afvigende punkter 1024 og 1017) estimeret under ét.

Hvis der antages at de afvigende blykoncentrationer i B1015-B1018 er et hotspot og disse udelades fra beregning er blydata tilnærmelsesvis lognormalfordelte og blykoncentrationen i testarealet kan også estimeres.

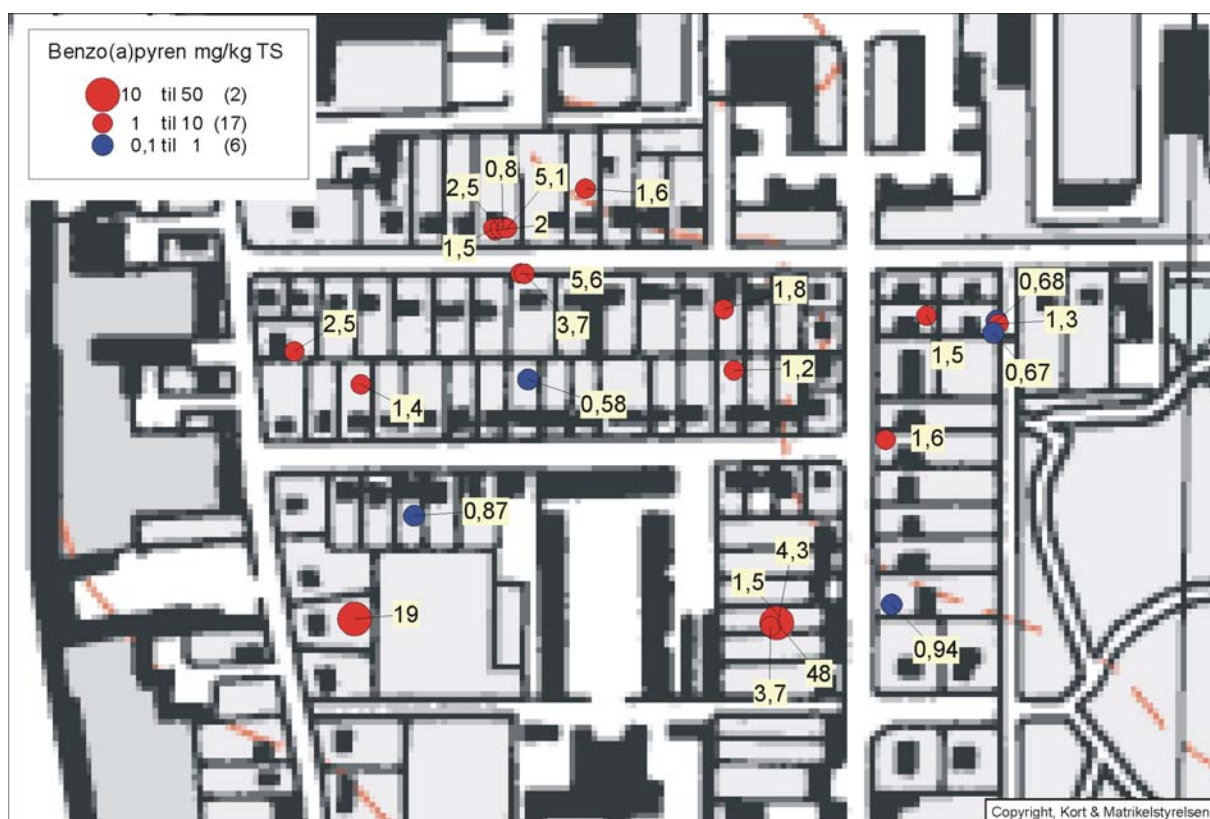
	Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området er større end JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly	0,1	44	39 - 59	0,64	1,00
Cadmium.	0,1	0,45	0,41 - 0,56	0,31	1,00
Benzo(a)pyren	0,1	1,7	1,3 - 3,2	1,00	0,22
Dibenz(a,h)anthracen	0,1	0,29	0,22 - 0,56	0,95	0,97
Sum af PAH	0,1	8,9	6,6 - 18	1,00	0,78

TABEL 10.8 ESTIMAT OG 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR FORURENINGS-NIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK. TESTAREAL G - BØLLINGSVEJ
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration level higher than soil quality and lower than the soil intervention limit. Test area G - Bøllingsvej

I figur 10.11 og 10.12 vises kort over de aktuelle målinger for henholdsvis bly og BaP i 0,1 m's dybde.



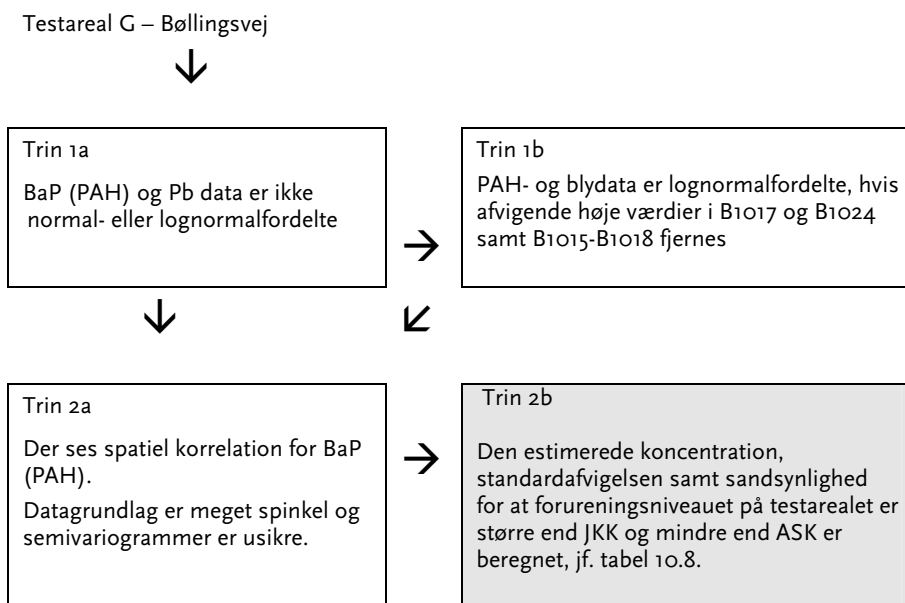
FIGUR 10.11 KORT OVER BLYMÅLINGER I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL G - BØLLINGSVEJ
Map of lead levels in 0.1 m's depth. Test area G - Bøllingsvej



FIGUR 10.12 KORT OVER BAP MÅLINGER I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL G - BØLLINGSVEJ
Map of BaP levels in 0.1 m's depth. Test area G – Bøllingsvej

10.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 10.13 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.



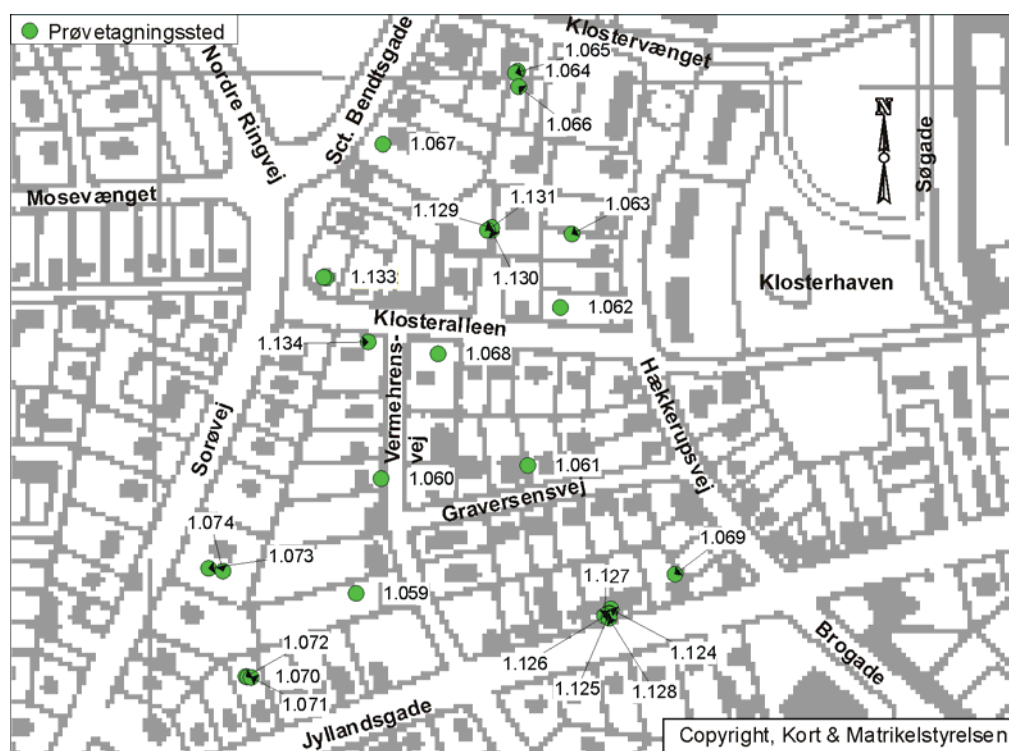
FIGUR 10.13 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL G – BØLLINGSVEJ
Summary concerning data treatment Test area G – Bøllingsvej

11 Testareal H – Sorøvej m.fl.

11.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Testareal H er et ældre boligområde etableret i 1940'erne, bestående af større murstensvillaer med tegltag. Der er typisk ca. 20 m til en asfalteret vej med hastighedsbegrænsning på 50 – 60 km/t (nogle få ejendomme grænser op til en vej med en hastighedsbegrænsning på 60 – 80 km/t). Det er kontrolleret, at der ikke forekommer prøvetagningslokaliteter, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkilder /7, 14/.

Arealet afgrænses af Sorøvej, Klostersvænget, Hækkerupsvej og Jyllandsgade og udgør ca. 0,06 km², jf. figur 11.1.



FIGUR 11.1 OVERSIGTSAREAL OVER TESTAREAL H – SORØVEJ
Overview of test area H – Sorøvej

11.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i januar og februar 2003. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 11.1.

Der er udtaget prøver fra 27 prøvetagningspunkter fordelt på 15 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, ler, muldet eller sandet med lidt kalksten. Fyldlaget er kun gennemboret i én af tre borer til 1 m u. t., hvor der

er truffet ler og sand i 0,55 m's dybde. Terrænkote varierer fra +37,5 m DNN til +45,2 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 11.1, 11.2 og 11.8. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 11.3, 11.4 og 11.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

11.3 DESKRIPTIV STATISTIK

I tabel 11.1, 11.2 og 11.8 angives en oversigt over analyseresultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data, er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	max					
Arsen	0,1	10	2,3	2,5	2,6	2,7	3,3	3,8	4,0	3,0	20		20	
	0,3	0												
	0,55	0												
	1,05	0												
Bly	0,1	27	14	16	24	28	39	57	78	33	40	26	400	
	0,3	11	16	20	22	25	33	42	50	29		18		
	0,55	4	6,2			15			20	14				
	1,05	4	5,9			7,2			64	21		25		
Cadmium	0,1	27	0,34	0,40	0,48	0,56	0,67	0,70	0,77	0,56	0,5	70	5	
	0,3	11	0,44	0,49	0,51	0,57	0,60	0,68	0,70	0,56		82		
	0,55	4	0,20	0,31	0,47	0,59	0,63	0,64	0,65	0,51		75		
	1,05	4	0,36	0,44	0,56	0,64	0,68	0,73	0,77	0,60		75		
Chrom	0,1	27	6,1	6,5	7,3	7,8	9,3	11	13	8,4	500		1000	
	0,3	11	6,1	6,4	7,1	7,6	8,1	10	14	8,2				
	0,55	4	3,4			5,7			12	6,7				
	1,05	4	3,8			6,5			8,7	6,4				
Kobber	0,1	27	12	14	14	22	26	39	77	24	500		1000	
	0,3	11	12	13	15	16	27	29	54	22				
	0,55	4	6,0			13			23	14				
	1,05	4	6,4			7,5			30	13				
Kviksølv	0,1	9	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,11	0,14	0,07	1		3	
	0,3	0												
	0,55	0												
	1,05	0												
Nikkel	0,1	27	5,9	6,3	7,0	7,6	8,1	9,7	11	7,8	30		30	
	0,3	11	6,6	6,6	6,8	7,1	7,5	9,3	11	7,6				
	0,55	4	3,8			6,3			12	7,1				
	1,05	4	4,4			6,7			10	6,9				
Zink	0,1	27	45	51	56	74	82	89	110	71	500		1000	
	0,3	11	47	50	53	58	65	69	73	59				
	0,55	4	23			42			47	38				
	1,05	4	23			29			56	34				

i.p.: ikke påvist gns: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 11.1 OVERSICHT OVER METALRESULTATER. TESTAREAL H - SORØVEJ (MG/KG TS)
Overview of metal results. Test area - H - Sorøvej (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Totalkulbrinter	0,1													
	0,3													
	0,55													
	1,05													
BaP	0,1	27	0,06	0,11	0,13	0,23	0,64	1,3	27	1,4	0,1	92	1	19
	0,3	11	0,06	0,08	0,13	0,34	0,55	1,2	1,7	0,48		82		18
	0,55	3	0,01			0,07			0,08	0,05				
	1,05	3	0,01			0,27			0,74	0,34		67		
DiBahA	0,1	27	0,01	0,02	0,03	0,03	0,11	0,21	3,3	0,19	0,1	26	1	4
	0,3	11	0,01	0,01	0,02	0,04	0,10	0,17	0,31	0,08		27		
	0,55	3	i.p.			0,01			0,01	0,01				
	1,05	3	i.p.			0,06			0,13	0,06		33		
Sum af PAH	0,1	27	0,30	0,61	0,73	1,2	3,4	7,4	120	6,7	1,5	44	15	4
	0,3	11	0,29	0,46	0,63	1,7	3,0	5,6	10	2,6		55		
	0,55	3	0,06			0,36			0,48	0,30				
	1,05	3	0,02			1,6			3,7	1,8		67		

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit



Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 11.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE TESTAREAL H – SORØVEJ (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area H – Sorøvej (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 11.1 og 11.2, er der konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly i ca. 26 % af prøverne. Overskridelser af cadmium ses i flere af prøverne (70%). Desuden ses det, at indholdet af PAH, herunder af benzo(a)pyren (BaP) er højt og overskrider JKK i de fleste af prøverne (92%). Medianværdierne er dog mindre end afskæringskriterierne (ASK), men flere prøver overskrider ASK.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelinger er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 11.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Kun resultaterne for zink og cadmium fra 10 og 30 cm's dybde og bly fra 30 cm's dybde er normalfordelte. De logaritme-transformerede blydata afviger dog ikke fra en normal fordeling ($p=0,42$ i Shapiro Wilk test). Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes derfor en t-test for zink og cadmium. For de andre parametre anvendes en Wilcoxon Rank Sum test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	27	0,0034	1,18	1,27
	0,3	11	0,22	0,6	1,09
Cadmium	0,1	27	0,47	-0,86	-0,12
	0,3	11	0,75	-0,30	0,39
Kobber	0,1	27	0,000014	7,5	2,44
	0,3	11	0,0026	0,60	1,09
Kviksølv	0,1	9	0,0082	3,33	1,90
Zink	0,1	27	0,39	-0,5	0,3
	0,3	11	0,93	-1,15	0,17
BaP	0,1	27	0,000000001	26,53	5,13
	0,3	11	0,0063	2,21	1,66

* for en normalfordeling er værdien 0

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.

Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 11.3 OVERSICHT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL H - SORØVEJ
Overview of the statistical analysis. Test area H- Sorøvej

Korrelation imellem parametre

I tabel 11.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Dette er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt, at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A. Dette er ikke udført for testareal H.

Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Der ses rimelig korrelation imellem Pb og Cu, men ingen eller kun tvivlsom korrelation imellem de andre parametre, herunder organisk indhold (glødetab). Der ses en rimelig korrelation for kviksølv og organisk indhold, Pb og Cd men der er kun få målinger.

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	0,55	1,00						
Cd	0,55	0,51	1,00					
Cu	0,55	0,77	0,45	1,00				
Hg	0,80	0,88	0,73	0,64	1,00			
Zn	0,32	0,62	0,54	0,63	0,47	1,00		
BaP	0,12	0,42	0,19	0,23	0,65	0,14	1,00	
PAH	0,12	0,42	0,2	0,25	0,61	0,14	1,00	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser). Negativ værdi (én parameter aftager, én vokser)

> 0,87

God korrelation

0,5 - 0,71

Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87

Rimelig korrelation

< 0,5

Ingen korrelation

TABEL 11.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsen ligger omkring baggrunds niveauet for landområder (3 - 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen prøver overskrider JKK.

Bly

Blyniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (10 - 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Kun i nogle få prøver i alle dybder overskrider JKK, jf. tabel 11.1 og figur 11.2. Blydataene er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire forskellige dybder er sammenlignet ved en Wilcoxon Rank

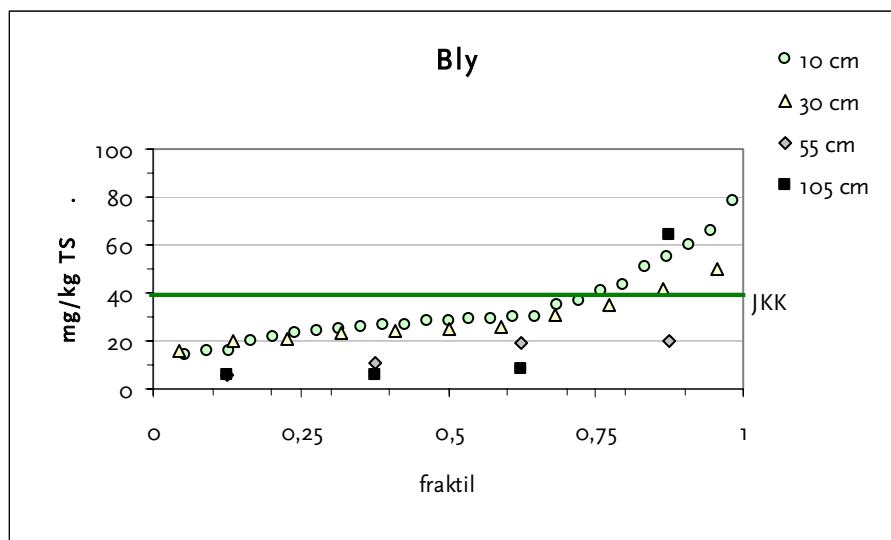
test. Koncentrationsniveauet i 0,3 m u. t. er ved et signifikansniveau (p) på 0,05 forskelligt fra koncentrationerne i 0,55 m u. t., jf. tabel 11.5. I de andre niveauer er forskellene ikke fundet signifikante, da der kun er få data og stor spredning.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,33
0,3 og 0,55 m	0,008
0,55 og 1,05 m	0,33
0,1 og 0,55 m	0,09

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 11.5 WILCOXON RANK SUM TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank Sum test for Pb in different depths

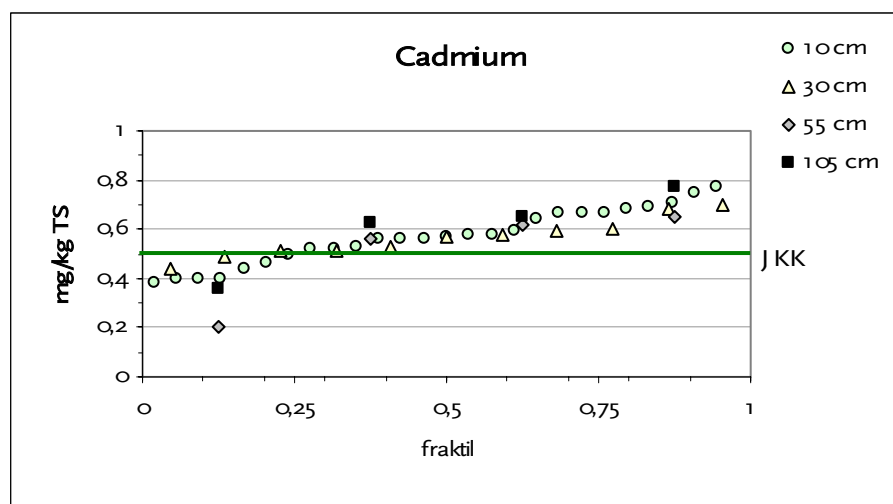
På figur 11.2 ses en tendens til, at blyindholdet falder i henholdsvis 0,5 og 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter.



FIGUR 11.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL H – SORØVEJ
Quantile plot for lead – Test area H – Sorøvej

Cadmium

JKK er overskredet i ca. 70 - 82% af jordprøverne, og koncentrationsniveauet ligger over baggrundsniveauet for landområder (0,13 - 0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Der er tilsyneladende ingen tendens til ændringer i dybden, jf. figur 11.3. DMU har tidligere konstateret regionale forskelle i tungmetalniveauerne, ligesom der er observeret et højere cadmiumniveau i Ringsted området /21,22/.



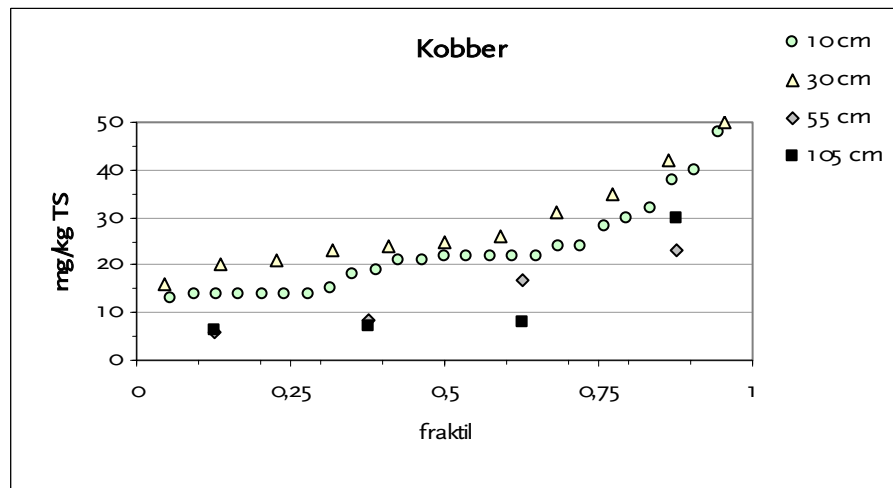
FIGUR 11.3 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – TESTAREAL H – SORØVEJ
Quantile plot for cadmium – Test area H – Sorøvej

Chrom

Chromniveauet er omkring 6 – 8 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (6,4 - 17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er højere end baggrundsniveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses lavere værdier i henholdsvis 55 og 105 cm's dybde, jf. figur 11.4.



FIGUR 11.4 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL H – SORØVEJ
Quantile plot for copper – Test area H – Sorøvej

Kviksølv

Kviksølvniveauet er relativt lavt, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK, jf. tabel 11.1.

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 8 - 10 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

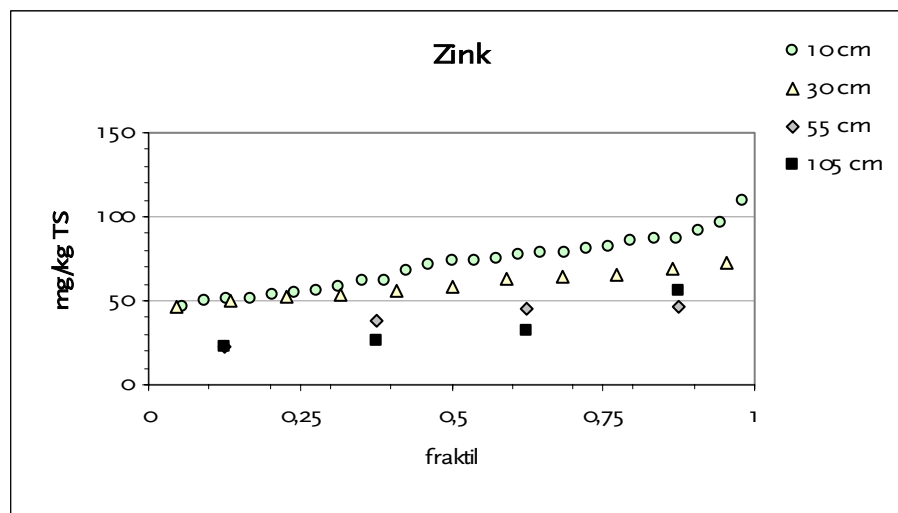
Zinkniveauet er omkring 30 - 70 mg/kg TS, hvilket er højere end baggrunds-niveauet for landområder (18 - 43 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 11.1 og figur 11.5, er indholdet af Zn i alle prøver mindre end JKK. Zinkdataene er normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved en t-test. Forskellen mellem niveauerne i henholdsvis 0,1, 0,3 og 0,55 m u. t. er signifikant ved et signifikansniveau (p) på 0,05, mens der ikke er fundet signifikante forskelle mellem dataene fra henholdsvis 0,55 og 1,05 m u. t., jf. tabel 11.6.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	t-test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,004
0,3 og 0,55 m	0,013
0,55 og 1,05 m	0,34
0,1 og 1,05 m	0,0056

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 11.6 WILCOXON RANK TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank Sum test for Zn in different depths

Figur 11.5 indikerer derimod en faldende tendens med dybden.



FIGUR 11.5 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL H – SORØVEJ
Quantile plot for zinc – Test area H - Sorøvej

Totalkulbrinter

Der er ikke målt for totalkulbrinter i testareal H.

PAH

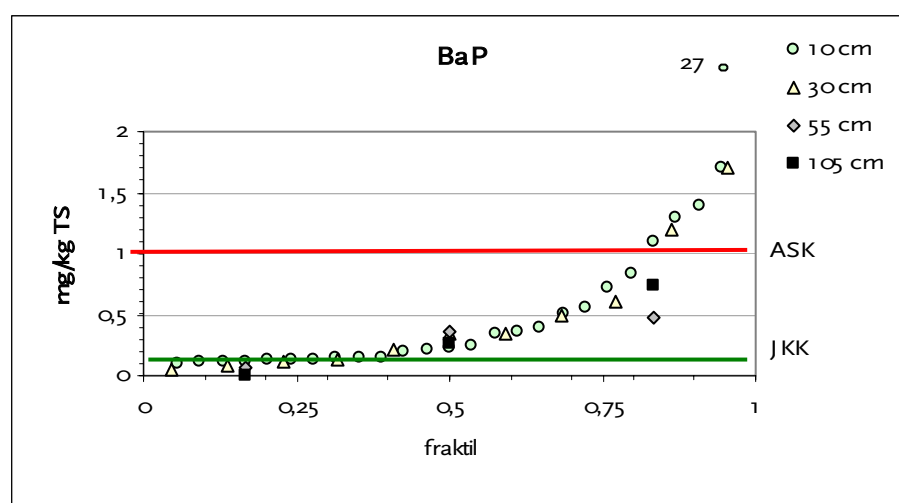
Som det fremgår af tabel 11.2 og figur 11.6, overskrider BaP JKK i tilnærmelsesvis alle prøverne. Indholdet af BaP, DiBaH₄ og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 11.4 og afsnit 15.5. Desuden findes kun få værdier, som overskrider ASK og disse er hovedsagelig fundet i én felt (evt. en punktkilde).

BaP-dataene er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i de fire dybder er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum Test. BaP-koncentrationerne er ikke fundet forskellige i de forskellige dybder, da der kun er få data og stor spredning, jf. tabel 11.7.

Nulhypotesen: Fordeling er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
BaP data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,3 m	0,51
0,3 og 0,55 m	0,44
0,1 og 1,05 m	0,50

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 11.7 WILCOXON RANK TEST FOR BAP I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank test for BaP in different depths



FIGUR 11.6 FRAKTILPLOT FOR BAP – TESTAREAL H – SORØVEJ
 QUANTILE PLOT FOR BAP – TEST AREA H - SORØVEJ

Andre bemærkninger

De høje målinger for BaP er hovedsagelig fundet i én felt.

Parameter	Dybde	Antal data	Fraktiler						gns	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	max					
	m												
PAH													
BaP, mg/kg TS	0,1	6	0,06	0,06	0,07	0,12	0,54	0,71	0,76	0,30	0,1	50	1
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	6	0,37	0,39	0,42	0,75	2,8	3,8	4,2	1,6	1,5	33	15
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	6	0,71	0,77	0,84	1,5	5,5	8,0	9,4	3,4			
PCB													
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			i.p.			i.p.		(20)***		
Phthalater													
DEHP, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			i.p.			i.p.		25.000		
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			i.p.			i.p.		250.000		
Dioxiner													
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1												
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1												
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1										(40)**		

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrundsniveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 11.8 OVERSIGT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL H - SORØVEJ
Overview of results - other organic parameters. Test area H - Sorøvej

Som det ses af tabel 11.8, viser analyserne for et udvidet antal PAH et lidt lavere forureningsniveau end der ses i tabel 11.2, men der er kun analyseret få prøver ved den udvidede teknik for mange PAH. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 11.9.

Der er ikke fundet PCB eller phthalater i de 2 prøver sendt til analyse. Der er ikke målt for pesticider eller dioxiner.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 11.9 er der beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, se afsnit 15.3.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9			
Forhold mellem udvalgte PAH											
Forhold BaP/Sum af 7 MST	0,1	6	0,15			0,16				0,22	0,17
Forhold DiBahA/Sum af 7 MST	0,1	6	0,02			0,03				0,03	0,03
Forhold B(ghi)P/BaP	0,1	6	0,83			0,87				1,07	0,92
Forhold Coronen/BaP	0,1	6	0,08			0,17				0,18	0,15
Forhold sum af alkylphen./phen.	0,1	6	0,03			0,11				0,19	0,11
Forhold Reten/DiBahA	0,1	6	0,06			0,17				0,25	0,16
Dioxiner											
Forhold PCDF/PCDF	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

gns.: gennemsnit

TABEL 11.8 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSETNING. TESTAREAL H – SORØVEJ
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area H – Sorøvej

11.4 GEOSTATISTISK VURDERING

Den geostatistiske analyse omfatter stofferne bly, cadmium, kobber, zink, benzo(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og sum af PAH i 0,1 m u. t.

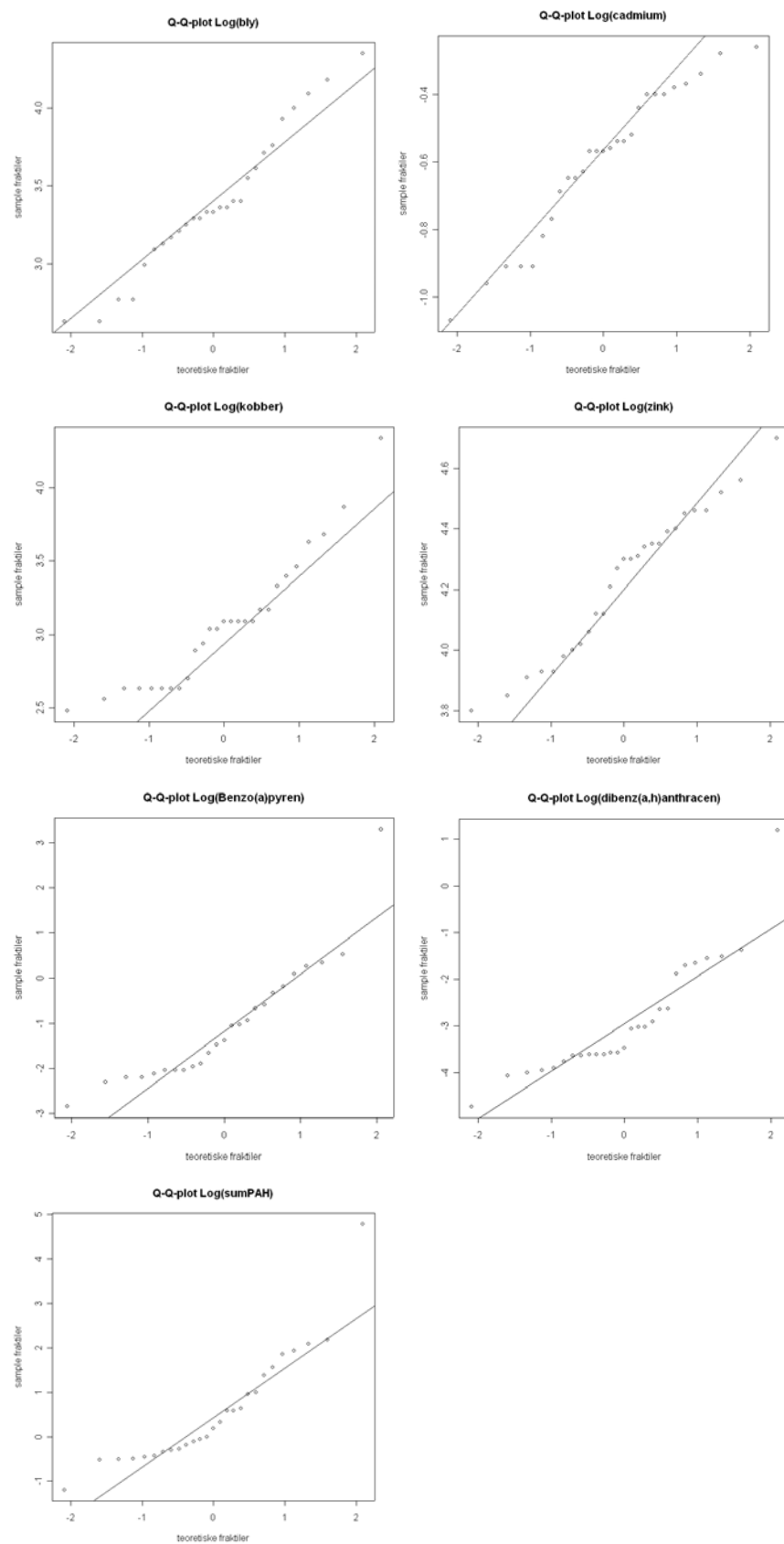
Tungmetaller

Q-Q-plottene for de undersøgte parametre er vist i figur 11.7. Fordelinger for bly, cadmium og zink er i pæn overensstemmelse med det forventede lineære forløb for normalfordelte parametre. Shapiro-Wilk test sandsynligheden for de logaritme-transformerede bly-, cadmium- og zinkdata giver henholdsvis $p=0,44$, $p=0,20$ og $p=0,41$, dvs. data er lognormalfordelte.

Kobber er imidlertid signifikant forskelligt fra normalfordelingen i en Shapiro-Wilk test, både som utransformerede og logaritme-transformerede parametre, med $p<0,05$. Q-Q-plottet for kobber antyder en tre-toppet fordeling. Figur 11.8 viser en tematisering af de punktvisse kobbermålinger i testområdet, med farveangivelser svarende til de antydende toppe i Q-Q-plottet. Der er en forholdsvis tydelig tendens til gruppering af kobbermålingerne i forhold til koncentrationerne. Afvigelserne fra normalfordelingen kan derfor skyldes den geografiske variation og dermed en regionaliseret fordeling.

Scatterplot af afstanden imellem prøvepunkter og de kvadrerede differencer imellem de transformerede værdier for alle parvise punkter er vist i figur 11.9. Der er generelt en voksende relation imellem disse to størrelser for alle metallerne. Spearmans rank korrelation er anvendt som en mere formel test af korrelationen, og er i alle fire tilfælde signifikant ($p<0,00005$).

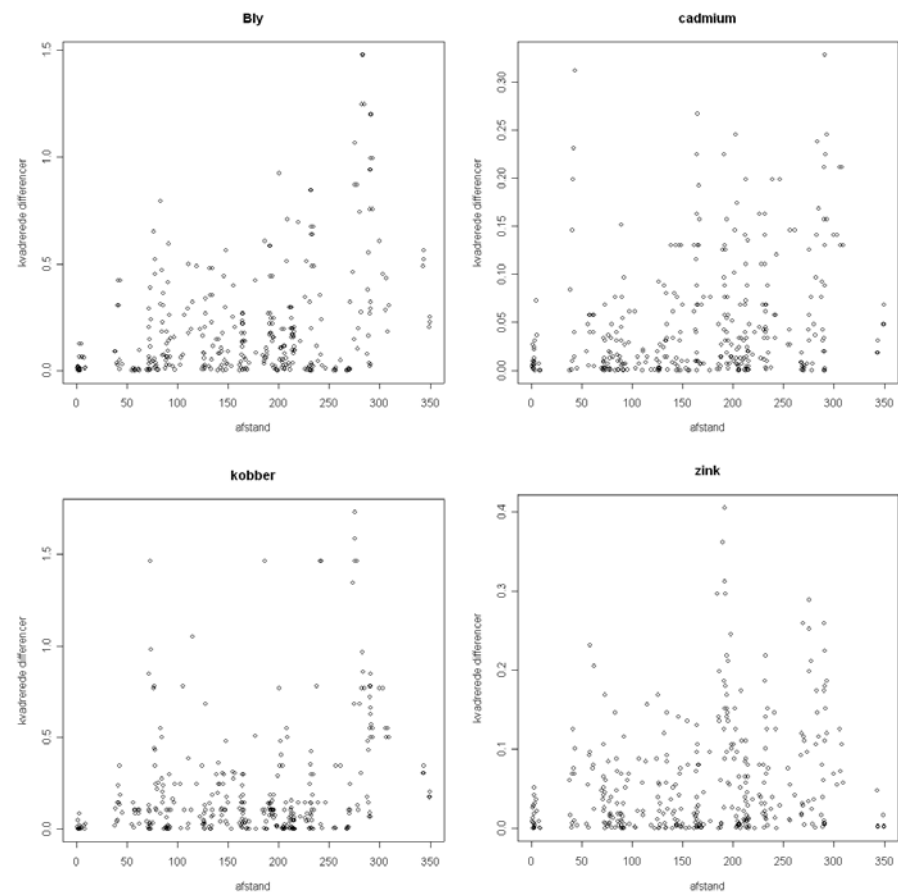
Semivariogrammer og krydssemivariogrammer for metallerne er vist i figur 11.10.



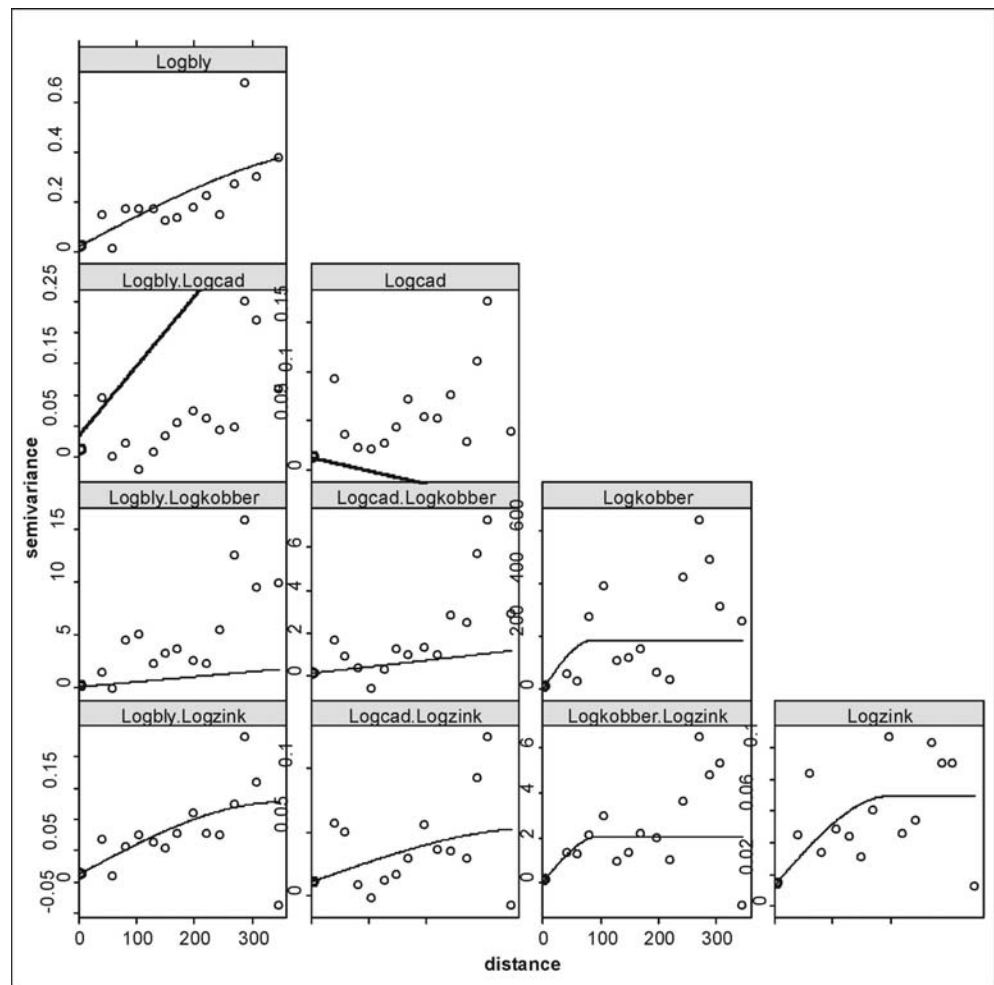
FIGUR 11.7 Q-Q-PLOT FOR DE LOGARITME-TRANSFORMEREDE DATA (0,1 M U. T.)
Q-Q-plot for de log transformed parameters in 0.1 m's depth



FIGUR 11.8 KORT OVER KOBBERDATA I 0,1 M'S DYBDE. TESTAREAL H - SORØVEJ
Map of copper measurements in 0.1 m's depth. Test area H - Sorøvej

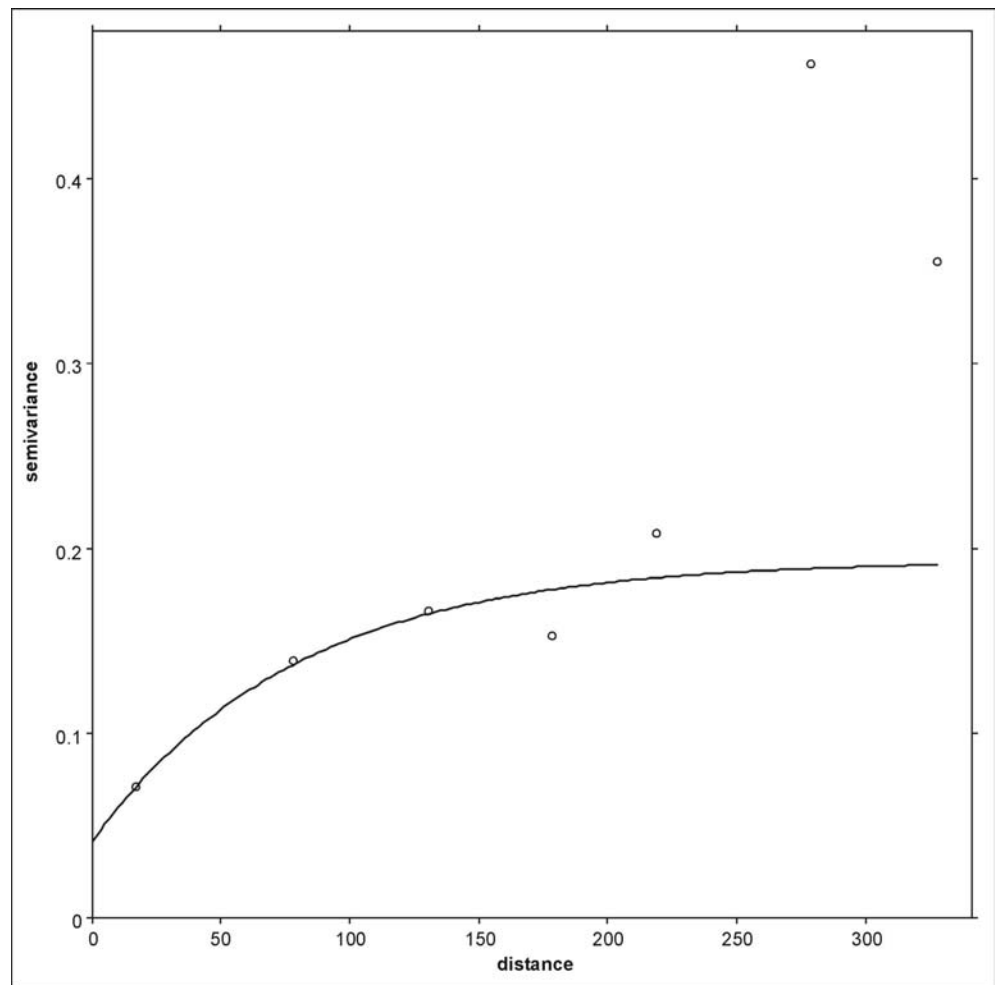


FIGUR 11.9 SCATTERPLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENCER IMELLEM DE TRANSFORMEREDE PARAMETRE FOR ALLE PARVISE PRØVEPUNKTER
Scatter plot of distance and squared difference between log transformed pair wise data



FIGUR 11.10 SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSSEMIVARIOGRAMMER FOR BLY, CADMIUM, KOBBER OG ZINK
Semivariogram and cross variograms for lead, cadmium, copper and zinc

Variogrammet for bly viser umiddelbart en pænt voksende relation imellem afstand og semivarianser. Der er imidlertid i variogrammet for bly en tilsyneladende systematisk afvigelse fra modellen i afstandsintervallet fra ca. 100 – 300 m, hvor semivarianserne generelt er lavere end modellinien. Tilsvarende er der en tendens til, at semivarianserne ligger højere i intervallet fra 0 - 100 m. De største blykoncentrationer findes i de nordligste punkter og de laveste værdier i den sydligste del af testarealet. Variogrammet er til en vis grad et resultat af disse ekstremværdier i udkantsområderne, som giver anledning til uønskede randeffekter. Variogrammet skal ikke afspejle dette tilfældige variationsmønster i randområdet, men modellere den spatielle relation imellem parvise punkter ind på testarealet. Det er især væsentligt, at der er god overensstemmelse imellem modellen (angivet ved linien) og semivarianserne mellem punkterne med kort indbyrdes afstand (0-50 m).

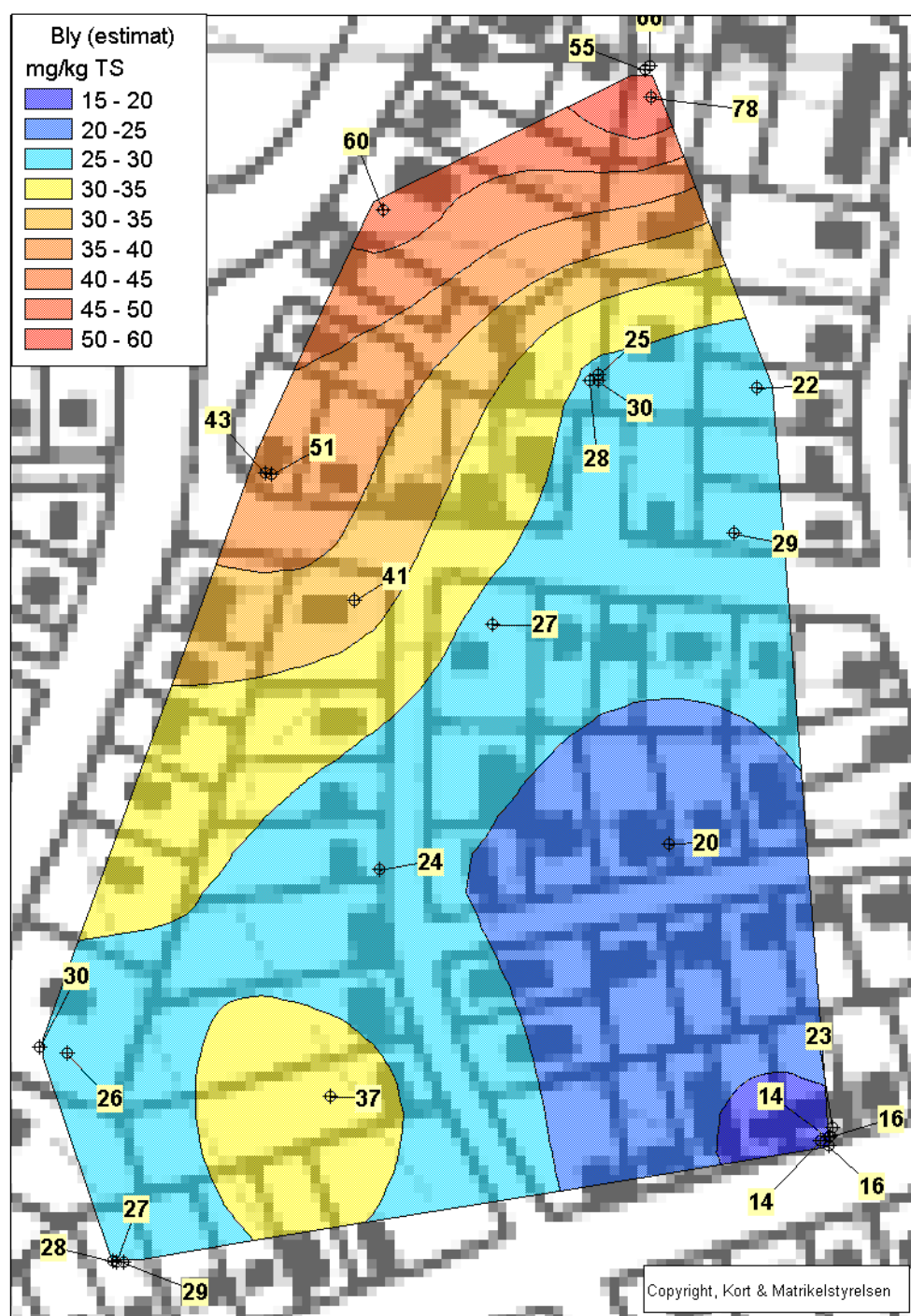


FIGUR 11.11 SEMIVARIOGRAMMODEL FOR BLY [LN(Pb)]. (EKSPONENTIEL MODEL; NUGGET = 0,041, SILL ~0,2, RANGE~200 M)
Semivariogram for log transformed lead (exponential model; nugget = 0.041, sill~0.2 and range~200 m.

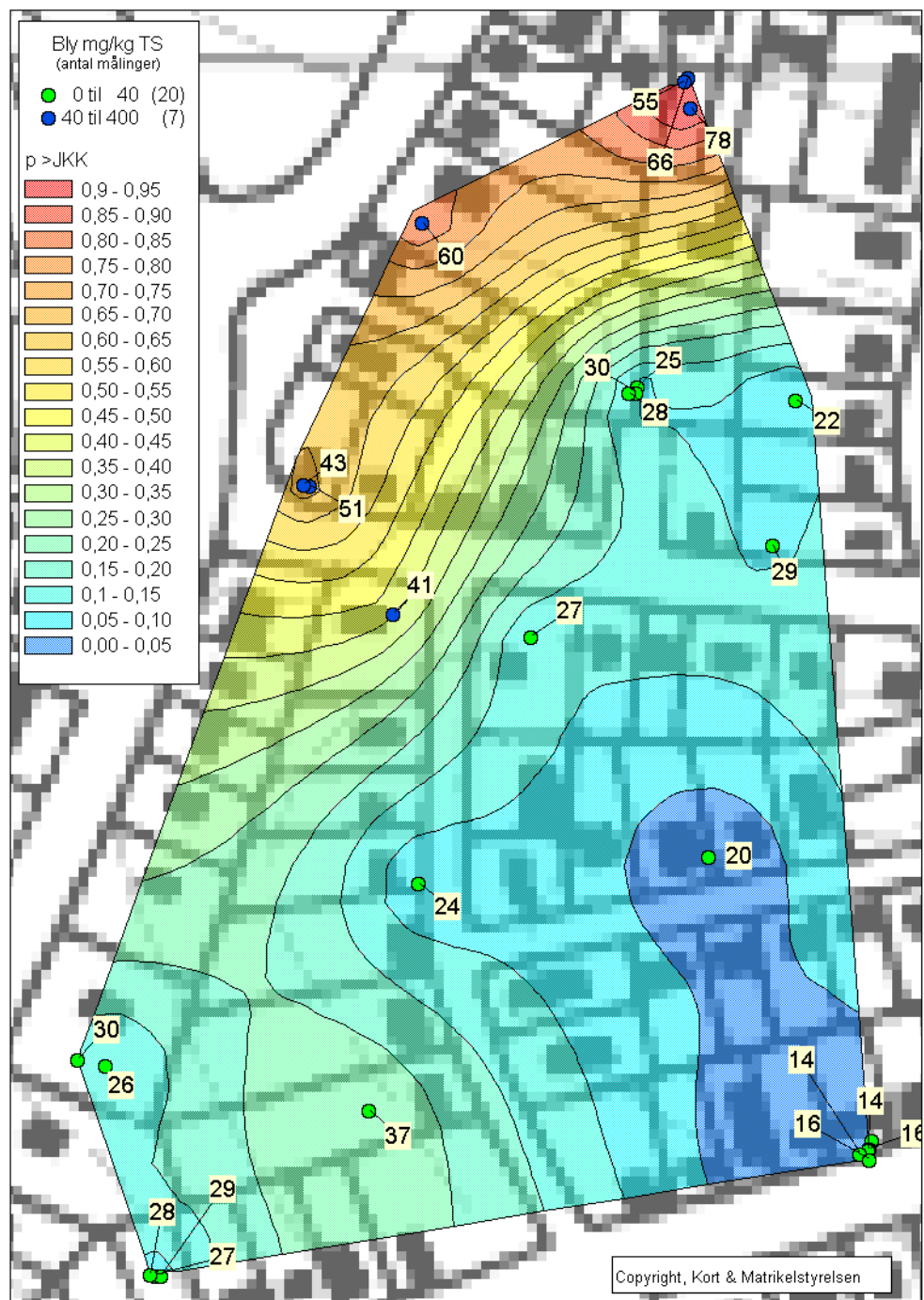
Variogrammet i figur 11.11 er resultatet af en særskilt variogramanalyse og modellering for bly. Variogrammet er vist med et gennemsnitligt lag på 50 m, hvor semivariogrampunkterne konvergerer pænt med modellen (antal par i hvert lag er henholdsvis 33, 63, 52, 64, 77, 48 og 11). Modellen er en eksponentiel model med nugget på 0,041. Sill og Range er ikke veldefineret i en eksponentiel model, men kan på grundlag af variogrammet vurderes visuelt til et niveau på henholdsvis 0,2 og 200 m. Den spatielle korrelation inden for afstandsområdet 0 - 200 m bestyrkes af, at Spearmans rank korrelationen imellem afstand og kvadrerede differencer er signifikant større end 0 ($p < 0,0005$).

Variogrammet for bly er anvendt til at estimere koncentrationsniveauet for vilkårlige punkter i planen ved hjælp af ordinær kriging, jf. figur 11.12. Standardafvigelsen for dette estimat beregnes ligeledes ved kriging. I standardafvigelsen er indeholdt såvel den naturgivne variation, der grundlæggende skyldes jordmediets heterogenitet, måleusikkerhed i forbindelse med prøvetagning og kemiske analyser m.v. samt et usikkerhedsbidrag fra krigingsestimatet, der afhænger af afstanden til de målte prøvepunkter i planen og den modellerede afstandsrelation. Den estimerede koncentration og standardafvigelse er anvendt til at beregne sandsynligheden for, at en prøve udtaget et givet sted i planen er større end JKK. I estimatet indgår de nævnte

usikkerhedsbidrag. Denne estimerede sandsynlighed er med de målte blykoncentrationer vist i figur 11.13.



FIGUR 11.12 ESTIMAT FOR KONCENTRATION AF BLY (BLYKONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Estimate for lead concentration (Actual measurement is shown)



FIGUR 11.13 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER STØRRE END JKK.
(BLYKONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Probability for a sample a given position to exceed soil guidance level for lead (Actual measurement is shown)

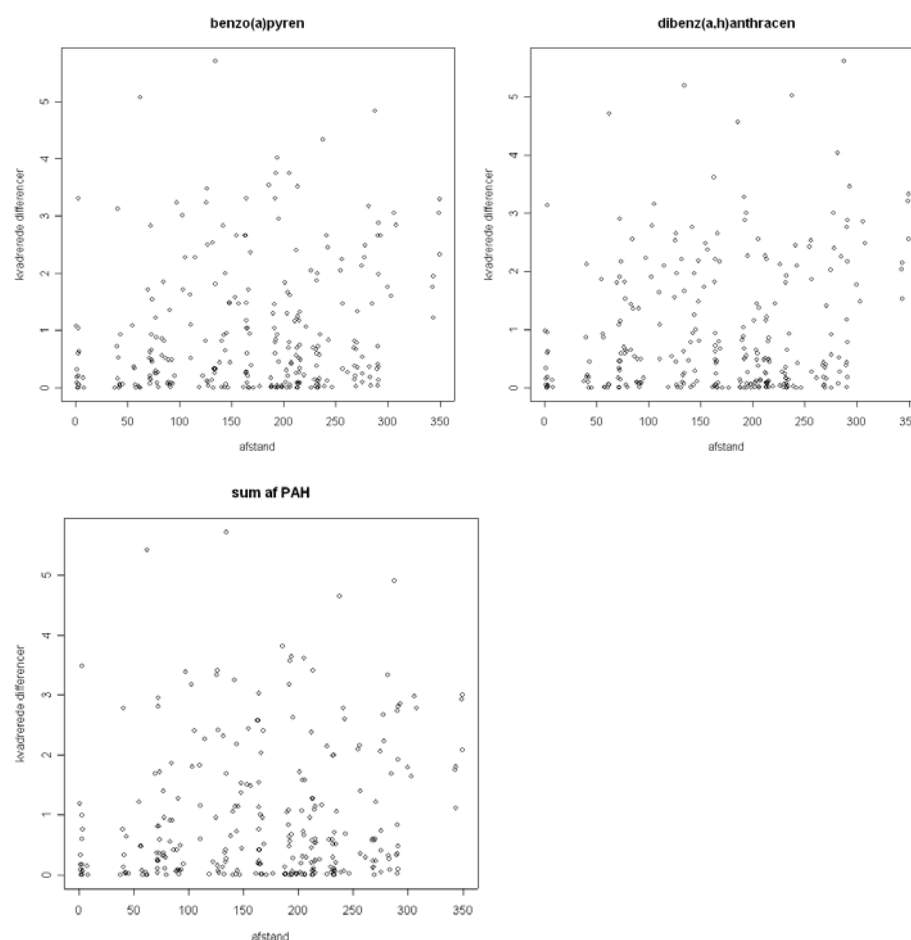
Analogt kan sandsynligheden for, at en prøve udtaget et givet sted vil have en koncentration, der er *mindre* end ASK beregnes. Denne er ikke afbildet, idet den generelt er meget tæt på 1 i hele testområdet.

PAH

BaP, dibenz(ah)anthracen (DiBahA) og sum af PAH som logaritme-transformerede parametre er signifikant forskellige fra normalfordelingen i Shapiro-Wilk test ($p < 0,01$). Det er tydeligt, at afvigelsen her skyldes en enkelt ekstrem måling, nemlig målingen i prøvepunkt B1064 med sum af PAH på 120 mg/kg TS. Dette prøvepunkt udelades derfor af analysen.

Scatterplot af afstand versus kvadrerede differencer for PAH - BaP, dibenz(a,h)anthracen og sum af PAH - er vist i figur 11.14. Disse viser i lighed med plottene for metallerne en generelt voksende relation imellem afstande og kvadrerede differencer.

En simpel og mere formel test af dette udsagn bekræftes af at Spearmans Rank korrelationen for alle tre PAH-parametre er signifikant større end 0 ($p < 0,05$).

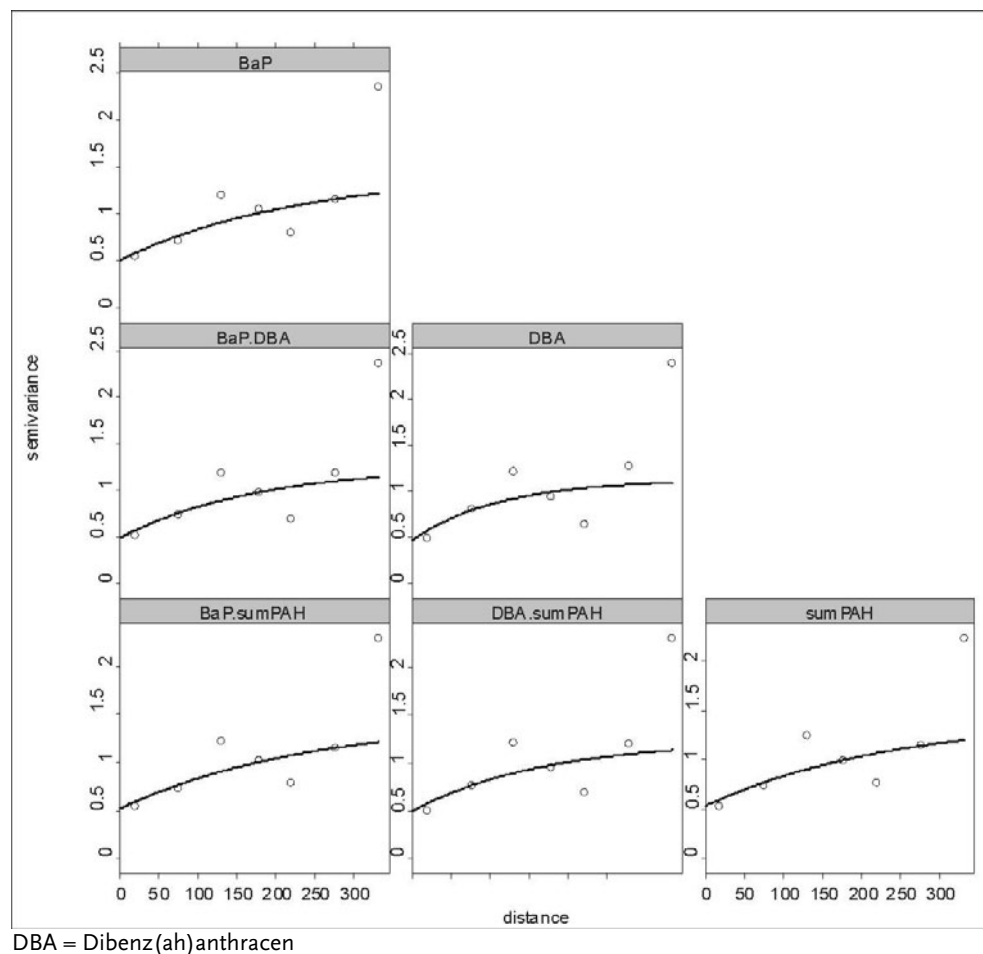


FIGUR 11.14 SCATTERPLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENCER IMELLEM DE TRANSFORMEREDE PARAMETRE FOR ALLE PARVISE PRØVEPUNKTER
Scatter plot of distance and squared difference between log transformed pair wise data

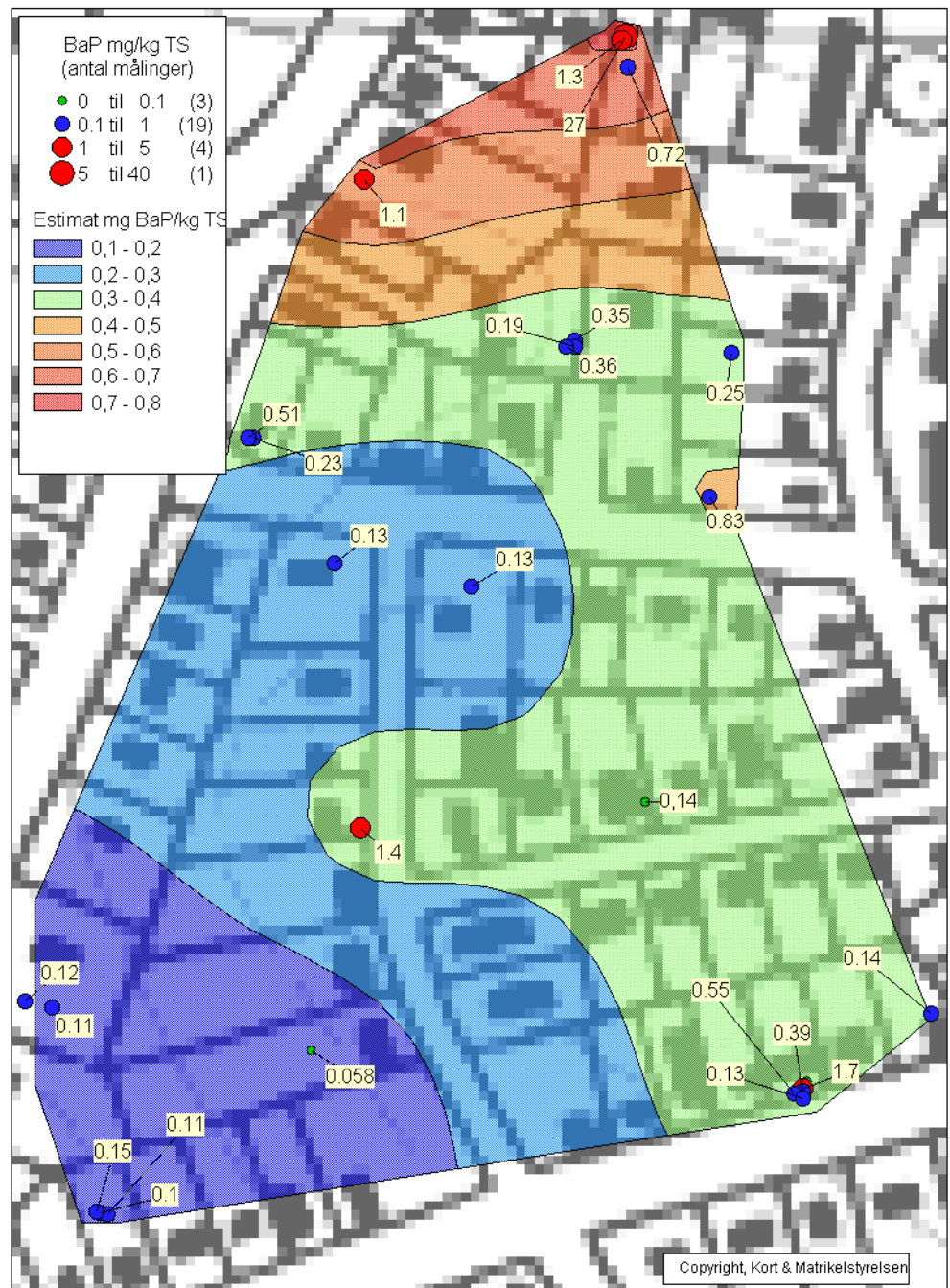
Semivariogrammerne er vist i figur 11.15. Variogrammerne er vist med et gennemsnitligt lag på 50, hvor semivariogrampunkterne konvergerer pænt med modellen (antal prøvepar i hvert lag er henholdsvis 52, 98, 78, 98, 132, 76 og 18). Bemærk, at nugget er stor i forhold til sill (og er ikke veldefineret, da der er anvendt en eksponentiel model).

Cokriging kunne desværre ikke anvendes på grund af numeriske konflikter i krigingsprocessen. Disse konflikter kan især opstå i forbindelse med tætte punkter med forskellige værdier /33/.

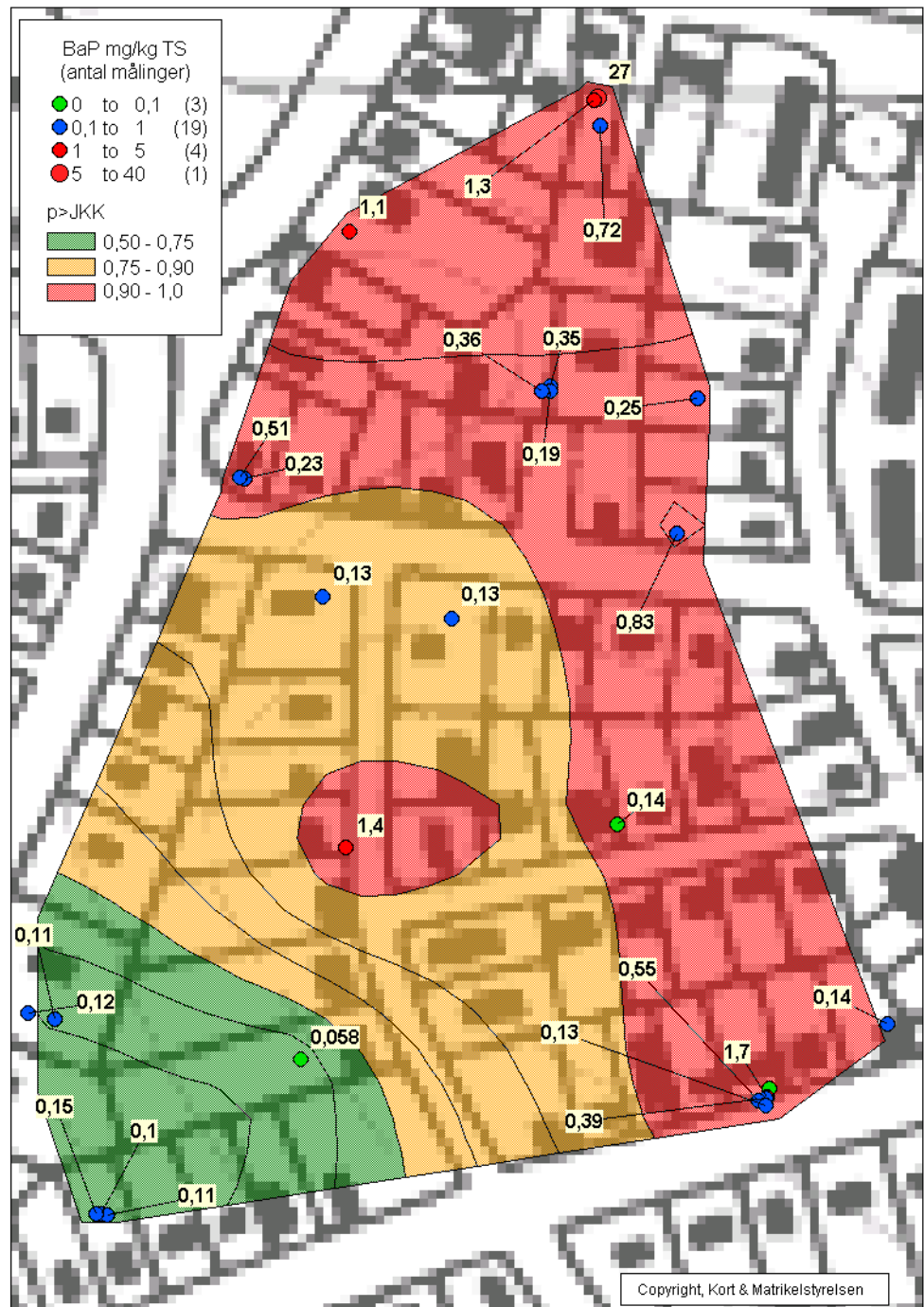
Monovariabel ordinær kriging er mindre følsom over for sådanne konflikter (de optræder formentlig sjældnere). Denne teknik er i stedet anvendt til estimering af koncentrationsniveauet for vilkårlige punkter i testområdet. Det estimerede koncentrationsniveau for benzo(a)pyren er vist i figur 11.16. Sandsynligheden for overskridelse af JKK for benzo(a)pyren for en prøve udtaget et vilkårligt sted i planen er afbildet i figur 11.17. Den estimerede sandsynlighed for at udtage en prøve med et koncentrationsniveau, der er mindre end ASK er generelt større end 0,95, men er ikke afbildet.



FIGUR 11.15 SEMIVARIOGRAMMER OG KRYDSSEMIVARIOGRAMMER FOR BaP, DiBaH og SUM AF PAH
Semivariogram and cross variograms for BaP, DiBaH and sum of PAH



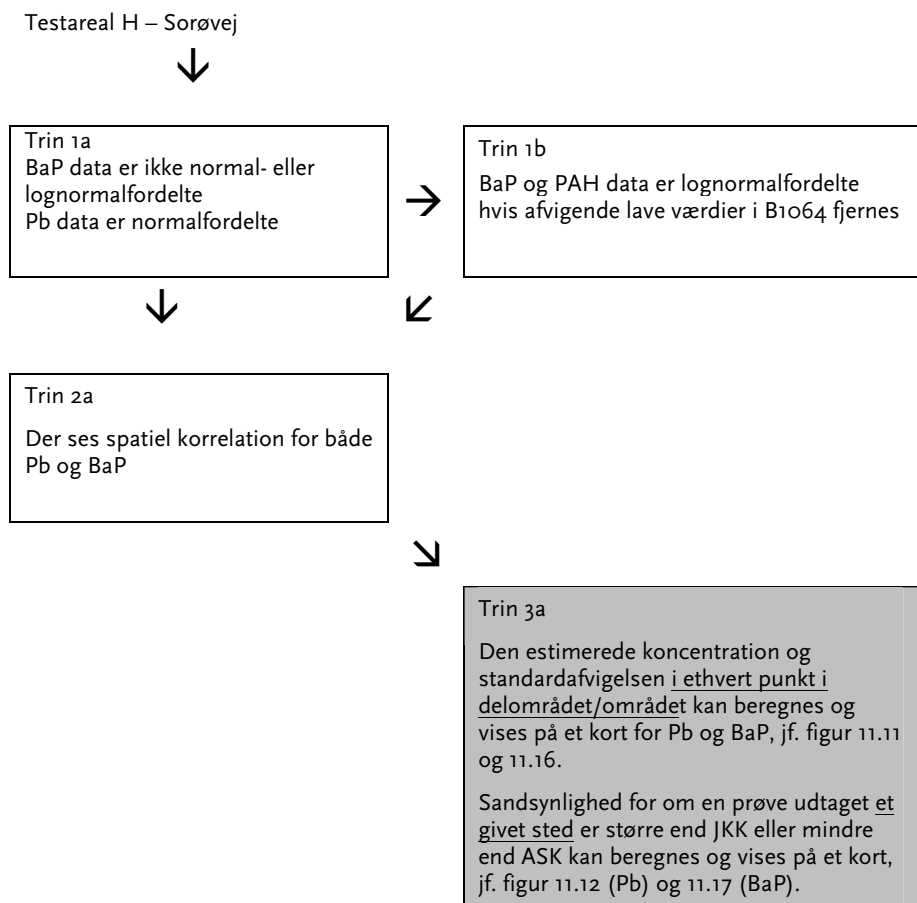
FIGUR 11.16 ESTIMAT FOR BAP-KONCENTRATIONEN. TESTAREAL H- SORØVEJ (BAP-KONCENTRATION I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Estimate for BaP concentration Test area H - Sorøvej (Actual measurements are shown)



FIGUR 11.17 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER STØRRE END JKK. BAP-KONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Probability for a sample a given position to exceed soil guidance level for BaP. Actual measurement is shown) Test area H - Sorøvej

11.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 11.18 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.



FIGUR 11.18 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL H – SORØVEJ
Summary concerning data treatment Test area H - Sorøvej

12 Testareal I- Søndervang

12.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Testareal I er et boligområde etableret i 1950'erne, bestående af murstensvillaer, pudsede eller malede med tegl- eller eternittag. Der er typisk ca. 5-20 m til en asfalteret vej med hastighedsbegrænsning på 30 – 50 km/t (nogle få ejendomme er beliggende ca. 100 m fra jernbanen). Det er kontrolleret, at der ikke forekommer prøvetagningslokaliteter, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkilder /7, 14/.

Testarealet afgrænses af Søndervang, Søndre Parkvej og Hybenvej og udgør ca. 0,12 km², jf. figur 12.1.



FIGUR 12.1 OVERSIGTSAREAL OVER TESTAREAL I – SØNDERVANG
Overview of test area I – Søndervang

12.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i januar og februar 2003. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 12.1.

Der er udtaget prøver fra 36 prøvetagningspunkter opdelt på 21 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, ler, muldet eller sandet med lidt kalksten. Fyldlaget er kun gennemboret i én af tre boringer til 1 m u. t., hvor der

er truffet ler og sand i 1,05 m's dybde. Terrænkoten varierer fra +32 m DNN til +47 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 12.1-12.8. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 12.3, 12.4 og 12.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

12.3 DESKRIPTIV STATISTIK

I tabel 11.1, 11.2 og 11.8 angives en oversigt over analyseresultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data, er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
Arsen	0,1	10	3,0	3,1	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	3,5	20		20	20	
	0,3	0													
	0,55	0													
	1,05	0													
Bly	0,1	40	15	17	20	22	24	27	40	23	40		400		
	0,3	8	16	17	17	24	29	32	34	24					
	0,55	3	6,9			10			16	11					
	1,05	3	5,6			6,6			9,7	7,3					
Cadmium	0,1	40	0,42	0,46	0,48	0,51	0,55	0,58	0,74	0,5	0,5	50	5		
	0,3	8	0,44	0,48	0,49	0,52	0,58	0,77	0,83	0,6		63			
	0,55	3	0,35			0,39			0,65	0,5		33			
	1,05	3	0,07			0,45			0,67	0,4		33			
Chrom	0,1	40	6,7	9,8	11	12	13	14	20	12	500		1000		
	0,3	8	12	12	12	13	13	14	14	13					
	0,55	3	7,9			12			13	11					
	1,05	3	5,8			8,2			20	11					
Kobber	0,1	40	10	12	14	15	18	21	28	16	500		1000		
	0,3	8	12	13	14	15	21	22	25	17					
	0,55	3	7,4			9,1			15	11					
	1,05	3	6,3			6,3			7,0	6,5					
Kviksølv	0,1	10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,10	0,06	1		3		
	0,3	0													
	0,55	0													
	1,05	0													
Nikkel	0,1	40	4,6	8,3	8,8	9,6	10	11	12	9,5	30		30		
	0,3	8	8,8	9,4	9,8	10	11	11	11	10					
	0,55	3	7,8	8,1	8,7	9,5	9,7	9,7	9,8	9,0					
	1,05	3	6,3	6,7	7,4	8,5	9,8	11	11	8,6					
Zink	0,1	40	53	58	63	71	85	120	170	81	500		1000		
	0,3	8	56	58	61	72	93	120	120	81					
	0,55	3	30			45			57	44					
	1,05	3	27			29			37	31					

i.p.: ikke påvist gns: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 12.1 OVERSIGT OVER METALRESULTATER. TESTAREAL I - SØNDERVANG (MG/KG TS)
Overview of metal results. Test area I – Søndervang (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Totalkulbrinter	0,1	3	i.p.			10			22		100			
	0,3													
	0,55													
	1,05													
BaP	0,1	40	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,09	3,0	0,13	0,1	10	1	2,5
	0,3	8	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04				
	0,55	3	i.p.			i.p.			0,01	0,01				
	1,05	3	i.p.			i.p.			i.p.	0,00				
DiBahA	0,1	40	i.p.	i.p.	i.p.	0,01	0,01	0,02	0,54	0,02	0,1	5	1	
	0,3	8	i.p.	i.p.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01				
	0,55	3	i.p.			i.p.			i.p.					
	1,05	3	i.p.			i.p.			i.p.					
Sum af PAH	0,1	40	0,07	0,09	0,14	0,20	0,29	0,50	14	0,65	1,5	5	15	
	0,3	8	0,06	0,13	0,16	0,20	0,25	0,29	0,35	0,20				
	0,55	3	i.p.			0,01			0,07	0,02				
	1,05	3	i.p.			i.p.			0,01					

i.p.: ikke påvist	gns. : gennemsnit
	Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
	Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 12.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE TESTAREAL I – SØNDERVANG (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area I – Søndervang (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 12.1 og 12.2, er der ikke konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly og kun konstateret få overskridelser af BaP og sum af PAH, som findes i tre felter. I flere prøver ses dog mindre overskridelser af cadmium.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordeling er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 12.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. De fleste af parametre er ikke normalfordelte. Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes en Wilcoxon Rank Sum test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	40	0,00085	3,75	1,45
	0,3	8	0,39	-1,55	0,26
Cadmium	0,1	40	0,0018	4,65	1,5
	0,3	8	0,016	0,62	1,39
Kobber	0,1	40	0,003	1,38	1,15
	0,3	8	0,12	-0,99	0,79
Kviksølv	0,1	10	0,0002	7,23	2,58
Zink	0,1	40	0,000008	1,89	1,52
	0,3	8	0,051	-0,71	0,96
BaP	0,1	40	0,000000001	36	5,98
	0,3	8	0,96	0,95	-0,13

* for en normalfordeling er værdien 0

 Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordeling er **ikke** en normal fordeling

- analysen ikke udført

TABEL 12.3 OVERSICHT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL I - SØNDERVANG
Overview of the statistical analysis. Test area I - Søndervang

Korrelation imellem parametre

I tabel 12.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Dette er ikke opfyldt for en del af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A. Dette er ikke udført for testareal I.

Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH, se også afsnit 15.5. Der er rimelig korrelation imellem Pb og Zn, men tvivlsom eller ingen korrelation imellem de andre parametre herunder organisk indhold (glødetab).

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	-0,08	1,00						
Cd	0,03	0,3	1,00					
Cu	0,38	0,32	0,43	1,00				
Hg	0,27	0,16	-0,51	0,58	1,00			
Zn	-0,29	0,72	0,27	0,18	0,02	1,00		
BaP	0,34	-0,13	-0,09	-0,15	0,70	-0,16	1,00	
PAH	0,34	-0,13	-0,09	-0,16	0,72	-0,16	1,00	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser) Negativ værdi (en parametre aftager, en vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 12.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsen ligger omkring baggrunds niveauet for landområder (3 - 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen prøver overskrider JKK.

Bly

Som det fremgår af tabel 12.1 og figur 12.2, er blyniveauet højere end baggrunds niveauet for landområder (10 - 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men JKK overskrides ikke. Blydata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i henholdsvis 0,1 og 0,55 m u. t. er sammenlignet ved en Wilcoxon Rank test.

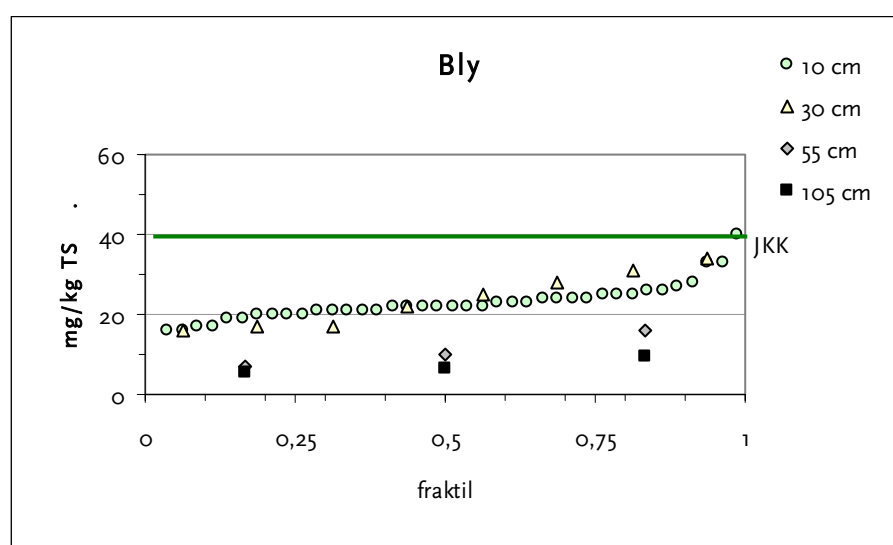
Koncentrationsniveauerne er ikke forskellige ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 12.5.

Nulhypotesen: Fordeling er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Pb data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,55 m	0,453

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 12.5 WILCOXON RANK SUM TEST FOR Pb I FORSKELLIGE DYBDER
Wilcoxon Rank Sum test for Pb in different depths

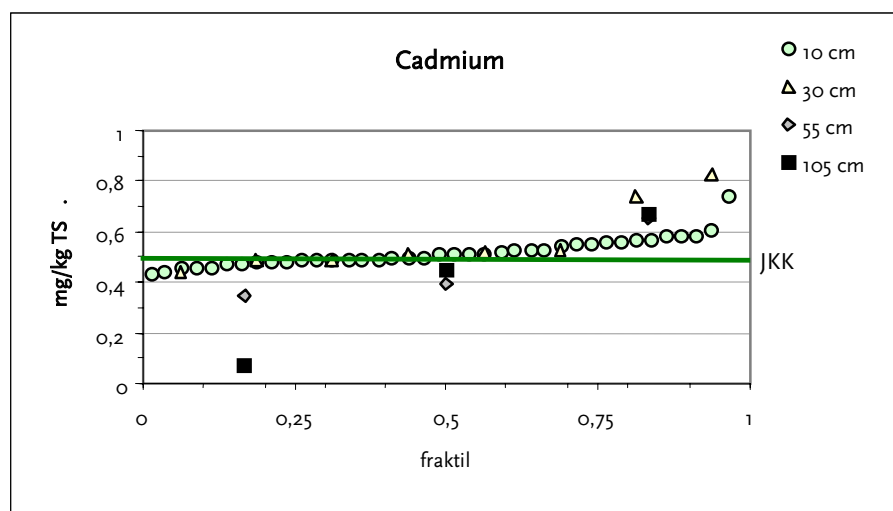
På figur 12.2 ses en tendens til at blyindholdet falder i henholdsvis 0,5 og 1 m's dybde, dog er der kun målt i få punkter.



FIGUR 12.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL I – SØNDERVANG
Quantile plot for lead – Test area I – Søndervang

Cadmium

JKK er overskredet i flere af jordprøverne (ca. 33-63%) og koncentrationsniveauet ligger over baggrundsniveauet for landområder (0,13 - 0,22 mg/kg TS) jf. tabel 2.1. Der er tilsyneladende ingen tendens til ændringer i dybden, jf. figur 12.3. DMU har tidligere konstateret regional forskel i tungmetalniveauerne og et højere cadmiumniveau er observeret i Ringstedområdet /21,22/.



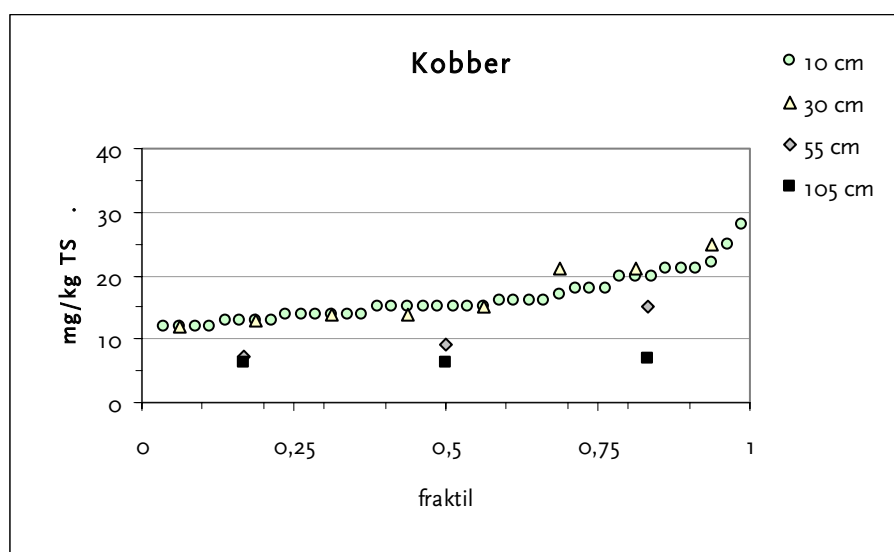
FIGUR 12.3 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – TESTAREAL I – SØNDERVANG
Quantile plot for cadmium – Test area I – Søndervang

Chrom

Chromniveauet er omkring 6 – 12 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 -17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

Kobberniveauet er højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der ses lavere værdier i henholdsvis 30 og 55 cm's dybde, jf. figur 12.4.



FIGUR 12.4 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL I – SØNDERVANG
Quantile plot for copper – Test area I - Søndervang

Kviksølv

Kviksølvniveauet er relativt lavt, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK, jf. tabel 12.1.

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 8 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

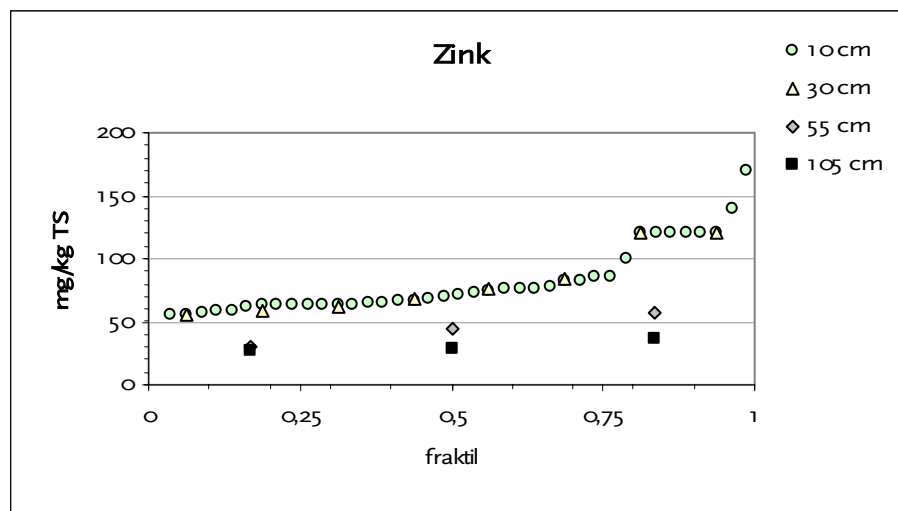
Zinkniveau er omkring 30 - 74 mg/kg TS som er højere end baggrunds niveauet for landområder (18 - 43 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 11.1 og figur 11.5, er indholdet af Zn mindre end JKK i alle prøver. Zinkdata er ikke normalfordelte, og koncentrationsniveauerne i henholdsvis 0,1, 0,55 og 1,05 m u. t. er sammenlignet ved Wilcoxon Rank Sum test. Forskel imellem niveauerne i henholdsvis 0,1 og 0,55 eller 1,05 m u. t. er ikke signifikant ved et signifikansniveau (p) på 0,05, jf. tabel 12.6.

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme	Wilcoxon Rank Sum test
Zn data sammenlignes i følgende to dybder, m	P-værdi
0,1 og 0,55 m	0,11
0,1 og 1,05 m	0,08

Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 12.6 WILCOXON RANK TEST FOR ZN I FORSKELLIGE DYBDER.
Wilcoxon Rank Sum test for Zn in different depths

Figur 12.5 indikerer derimod en faldende tendens med dybden.



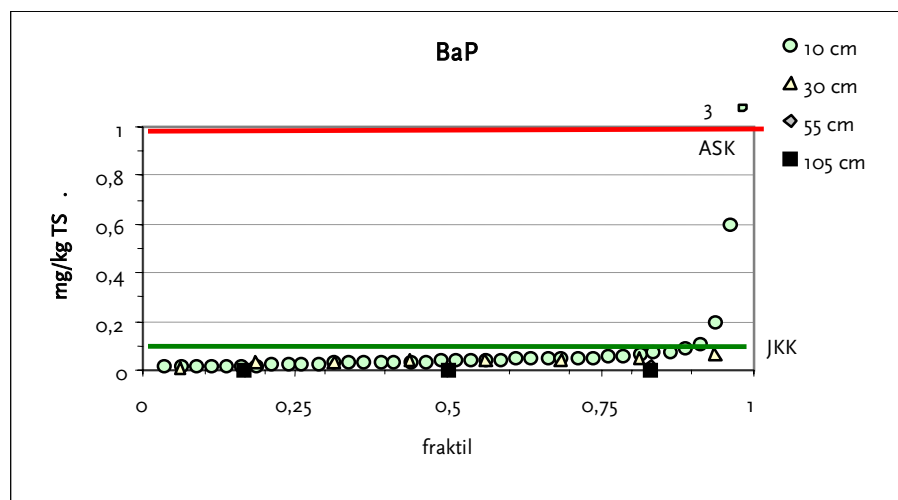
FIGUR 12.5 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL H – SORØVEJ
Quantile plot for zinc – Test area H - Sorøvej

Totalkulbrinter

Der er kun fundet lave indhold af totalkulbrinter som ligger under JKK og som beskrives som uidentificerede kulbrinter med kogepunkt i området 280 °C - 400 °C.

PAH

Som det fremgår af tabel 12.2 og figur 12.6, ses ingen overskridelser af JKK undtagen i 3 prøver, heraf én som desuden overskrider ASK. Indhold af BaP, DiBaH og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 12.4 og afsnit 15.5.



FIGUR 12.6 FRAKTILPLOT FOR BaP – TESTAREAL I – SØNDERVANG
Quantile plot for BaP – Test area I - Søndervang

Andre bemærkninger

De høje målinger for BaP er hovedsagelig fundet i tre forskellige felter.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	6	0,02			0,06			0,49	0,13	0,1	33	1	
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	6	0,11			0,31			2,3	0,71	1,5	17	15	
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	6	0,23			0,61			4,4	1,4				
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			i.p.			i.p.		(20)***			
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			90			180		25.000			
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			90			180		250.000			
Pesticider														
Sum af pesticider, mg/kg TS	0,1	1				i.p.					0,1/0,5#			
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	2	49			53			57	53				
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	2	110			180			250	180				
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	2	1,4			1,5			1,6	1,5	(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

0,5 mg/kg TS for DDT+DDE og 0,1 mg /kg TS for parathion

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 12.5 OVERSICHT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL I – SØNDERVANG
Overview of results - other organic parameters. Test area I – Søndervang

Som det ses af tabel 12.5, viser analyserne for et udvidet antal PAH lidt lavere forureningsniveau for PAH end i tabel 12.2, men der er kun analyseret få prøver ved den udvidede teknik for mange PAH. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 12.6.

Der er ikke fundet PCB eller pesticider i de analyserede prøver. Der er fundet lavt indhold af DEHP.

Dioxinindholdet målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er lavt svarende til det tyske baggrundsniveau for landbrugsjord (omkring 1- 5 ng ITE /kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 12.6 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, og er vurderet i afsnit 15.3.

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler						max	gns.
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9		
Forhold mellem udvalgte PAH										
Forhold BaP/Sum af 7 MST	0,1	6	0,13			0,17			0,21	0,17
Forhold DiBahA/Sum af 7 MST	0,1	6	0,02			0,03			0,04	0,03
Forhold B(ghi)P/BaP	0,1	6	0,64			0,90			1,43	1,00
Forhold Coronen/BaP	0,1	6	0,10			0,19			0,36	0,21
Forhold sum af alkylphen./phen.	0,1	6	0,10			0,26			0,74	0,34
Forhold Reten/DiBahA	0,1	6	0,03			0,12			0,15	0,10
Dioxiner										
Forhold PCDF/PCDF	0,1	2	0,23			0,35			0,46	0,35

gns.: gennemsnit

TABEL 12.6 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSETNING. TESTAREAL I – SØNDERVANG
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area I – Søndervang

12.4 GEOSTATISTISK VURDERING

Den geostatistiske analyse omfatter prøvepunkter fra 0,1 mut. Der er fundet overskridelser af JKK for cadmium og sum af PAH, herunder benzo(a)pyren (BaP), dibenz(a,h)anthracen (DiBahA). Cadmiumindholdet skyldes en høj baggrundsniveau i Ringsted område og er ikke yderligere behandlet. Her er kun præsenteret den geostatistiske analyse for benzo(a)pyren.

Bly

Der er dog antaget, at blyfordelingen over området er ensartet og koncentrationer og konfidensintervaller for hele området under et er estimeret. Estimatet og konfidensintervallet sammen med en vurdering af sandsynligheden for at, området som helhed overskrider JKK, men ikke ASK er angivet i tabel 12.7

Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området overskrider JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly 0,1	22	21-27	0,001	1,00

TABEL 12.7 ESTIMAT OG 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR OMRÅDET HAR FORURENINGSNIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK FOR TESTAREAL I - SØNDERVANG

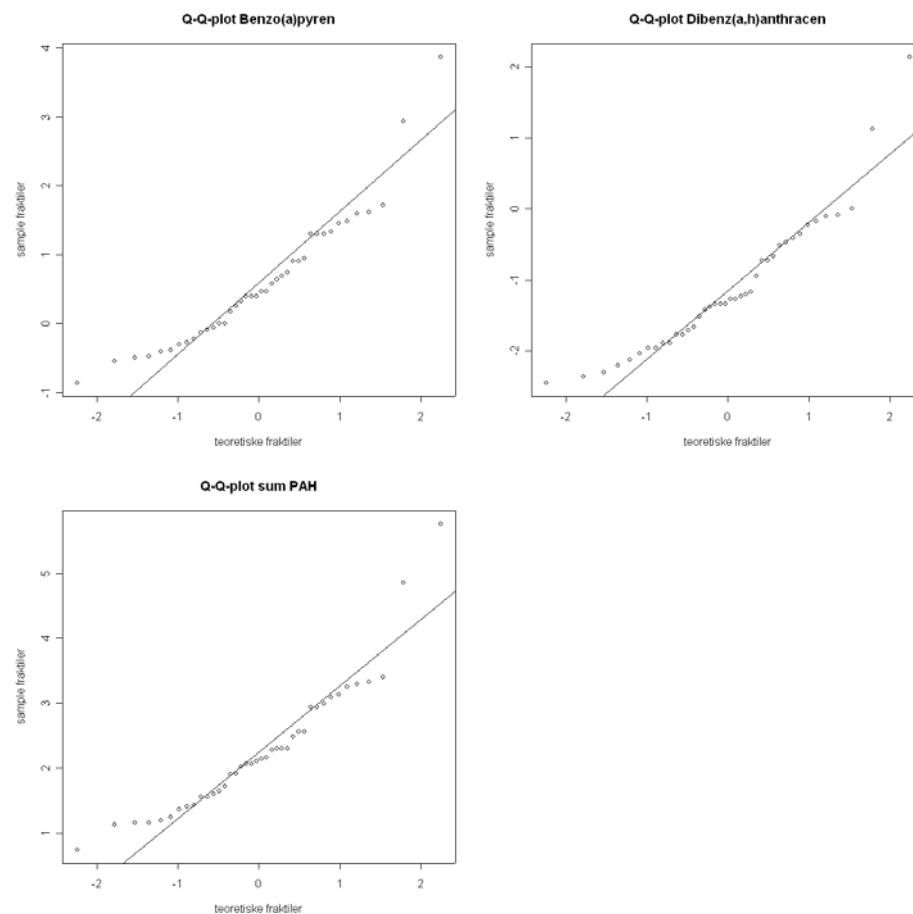
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration higher than the soil quality and lower than the soil intervention limit in for test area I - Søndervang

BaP

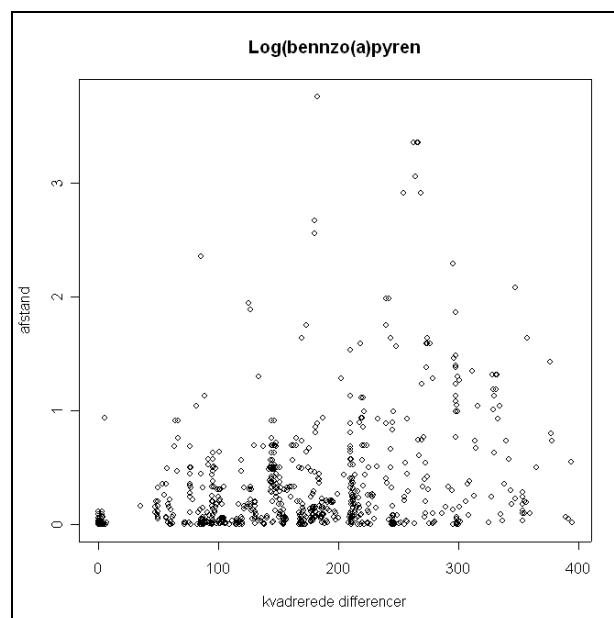
Q-Q-plottene for de logaritme-transformerede parametre, BaP, DiBahA og sum af PAH er vist i figur 12.7. Der kan identificeres to høje afvigende værdier. Disse giver anledning til en signifikant afvigelse fra normalfordelingen i et Shapiro-Wilk test ($p < 0,00001$). De to outliers, B1036 og B1037, er lokaliseret i randen af testarealet og udeladt i den præsenterede analyse.

Scatterplot af afstanden imellem parvise prøvepunkter og kvadrerede differenser imellem de logaritme-transformerede parameter er vist i figur 12.8. Spearmans rank korrelationen imellem disse er signifikant ($p < 0,00001$) og indikerer, at der inden for testarealet er en vis spatiel korrelation.

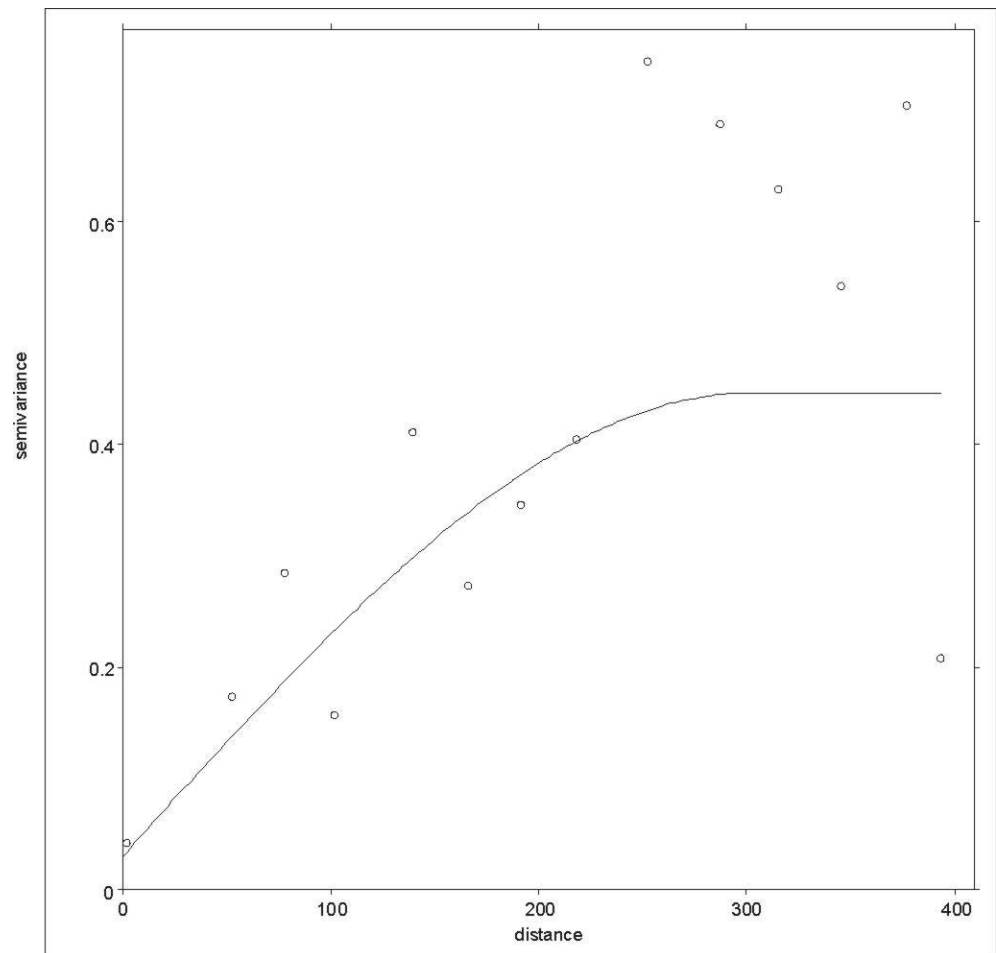
Semivariogrammet for benzo(a)pyren er vist i figur 12.9. Variogrammet viser en overbevisende tilpasning til modellen. Antallet af prøvepunkter i de 8 lags er 52, 24, 53, 80, 92, 95, 60 og 91. Variogrammodellen er kun tilpasset variogrammet i afstandsintervallet fra 0 - 250 m, selvom den er vist for alle prøvepar i testarealet. Den tilpassede sfæriske model har en estimeret range på 300 m samt nugget og sill på henholdsvis 0,03 og 0,42.



FIGUR 12.7 Q-Q-PLOT FOR DE LOGARITMISK TRANSFORMEREDE PARAMETRE FOR KONCENTRATIONEN AF BENZO(A) PYREN, DIBENZ(A,H)ANTHRACEN OG SUM AF PAH
Q-Q plot for the log transformed content of BaP, dibenz(ah)anthracene and sum of PAH

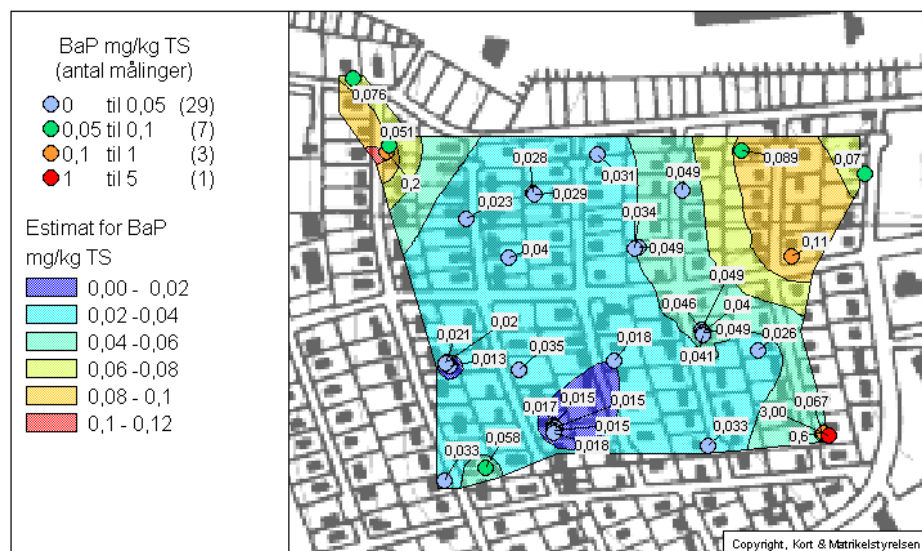


FIGUR 12.8 SCATTERPLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENSER IMELLEM PARVISE PRØVEPUNKTER.
Scatter plot of distance against squared difference between pair wise data point

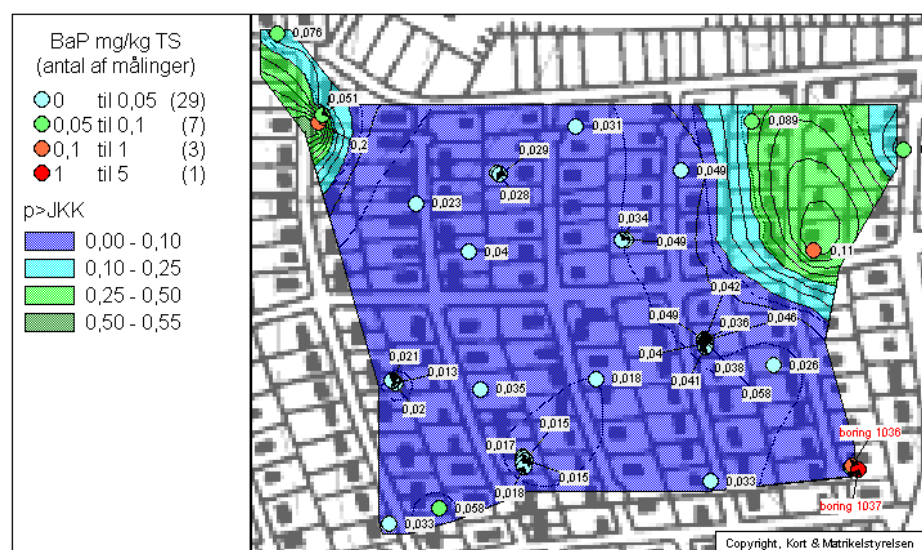


FIGUR 12.9 SEMIVARIOGRAM OG MODEL FOR AFSTANDSRELATIONEN FOR LOG(BaP). (SFÆRISK MODEL, RANGE:300 M, NUGGET: 0,03; SILL: 0,42)
Semivariogram and model for distance for Log BaP. Spherical model, nugget = 0.03, sill = 0.42, range = 300 m

Modellen er anvendt til at estimere koncentrationsniveau og standardafvigelse. Det estimerede koncentrationsniveau for benzo(a)pyren er vist i figur 12.10. Sandsynligheden for overskridelse af JKK for benzo(a)pyren for en prøve udtaget et vilkårligt sted i planen er afbildet i figur 12.5. Den estimerede sandsynlighed for at udtage en prøve med et koncentrationsniveau, der er mindre end ASK er generelt større end 0,95 og er ikke afbildet.



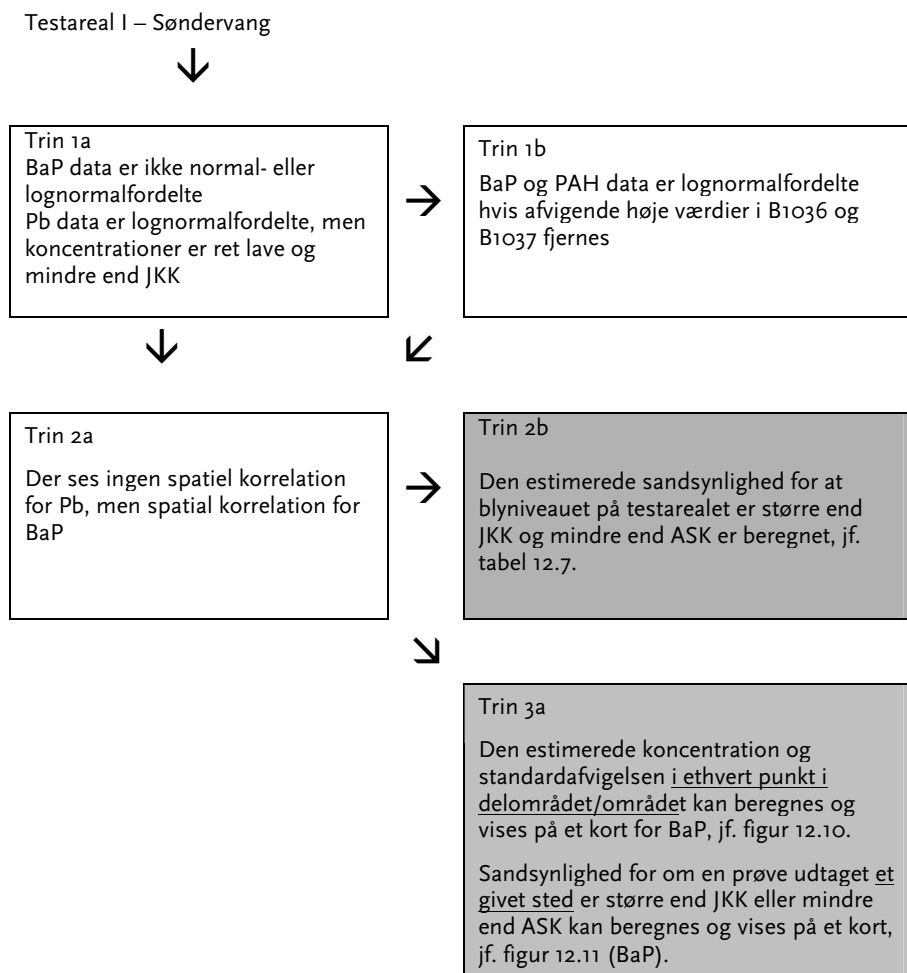
FIGUR 12.10 ESTIMAT FOR BAP-KONCENTRATIONEN I ET GIVET PRØVEPUNKT (AKTUELLE MÅLINGER ER ANGIVET EKSAKT) TESTAREAL I - SØNDERVANG
Estimation of BaP concentration a given position (Actual measurements are shown). Test area I - Søndervang



FIGUR 12.11 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER STØRRE END JKK. (BAP-KONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Probability for a sample a given position to exceed soil guidance level for BaP (Actual measurements are shown)

12.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 12.13 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.



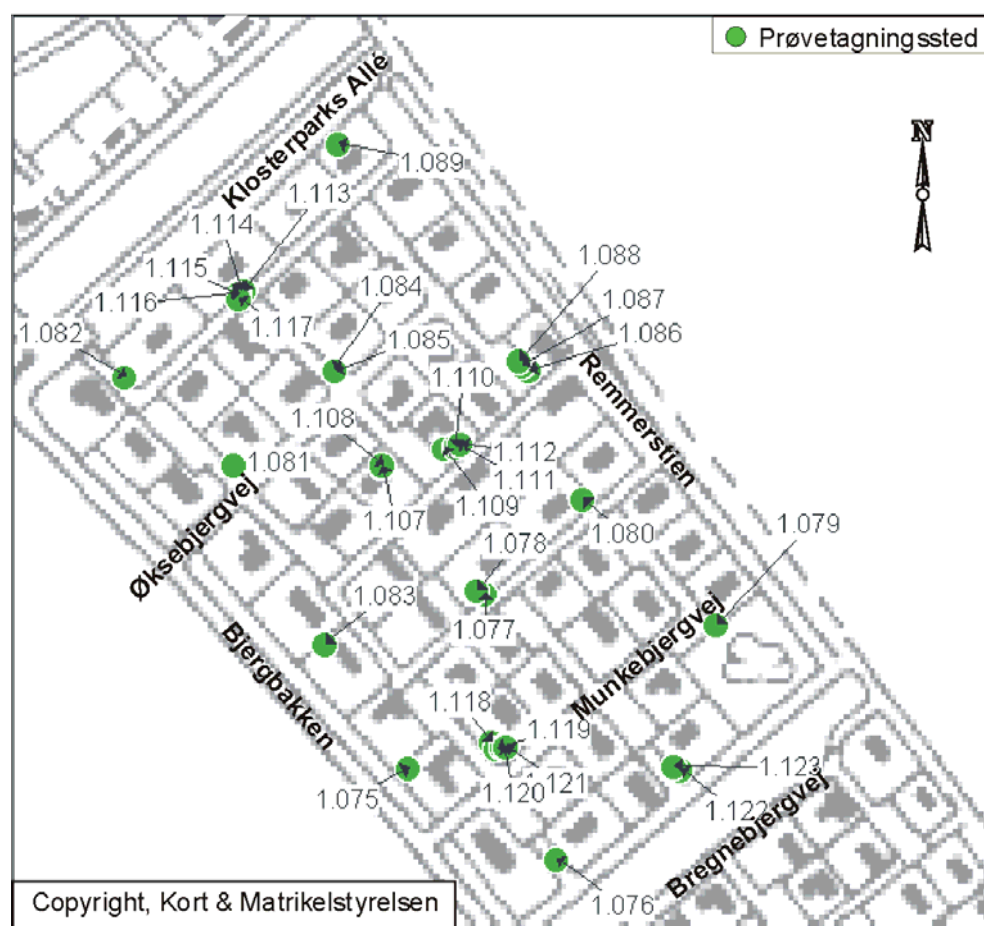
FIGUR 12.13 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL I – SØNDERVANG
Summary concerning data treatment Test area I - Søndervang

13 Testareal J – Bjergbakken

13.1 HISTORISK REDEGØRELSE OG AREALAFGRÆNSNING

Testareal J er et nyere boligområde bestående af to-etages murstensvillaer med betontegltag opført fra 1980'erne. Husene har haver. Der er typisk ca. 5 – 50 m til asfaltvej med lokaltrafik eller cykelsti (hastighedsbegrænsning på mindre end 50 km/h). Der forekommer ikke prøvetagningslokaliteter, hvor der er oplysninger eller mistanke om punktkilder /7, 14/.

Arealet afgrænses af Klosterparkens Allé, Øksebjergvej og Bjergbakken, og udgør i alt ca. 0,09 km². jf. figur 13.1.



FIGUR 13.1 OVERSIGTSAREAL OVER TESTAREAL J – BJERGBAKKEN
Overview of test area J – Bjergbakken

13.2 PRØVETAGNING OG RESULTATER

Jordbunden er beskrevet sammen med feltobservationer i forbindelse med prøvetagningen. Prøverne er udtaget i januar og februar 2003. Prøvetagningspunkterne er indtegnet på figur 13.1.

Der er udtaget prøver fra 32 prøvetagningspunkter opdelt på 16 felter.

Jordbunden er hovedsagelig beskrevet som fyld, ler, muldet eller sandet med lidt kalksten. Fyldlaget er i alle 3 boringer gennemboret 1 m u. t., hvor der er truffet ler. Terrænkoten varierer fra +40 m DNN til +49 m DNN.

Resultaterne for de kemiske analyser er samlet i et Excel regneark på en CD-ROM. En oversigt over resultaterne er gengivet i tabellerne 13.1-13.9. Resultaterne er behandlet og evalueret i afsnit 13.3, 13.4 og 13.5.

Feltobservationerne har ikke indikeret, at der er andre kilder til jordforurening end de diffuse belastninger fra bymæssige aktiviteter, herunder arealanvendelsen.

13.3 DESKRIPTIV STATISTIK

I tabel 13.1, 13.2 og 13.9 angives en oversigt over analyseresultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
Arsen	0,1	25	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	2,9	20			20	
	0,3	7	2,1	2,3	2,4	3,2	3,6	6,0	9,5	3,8				20	
	0,55	0													
	1,05	0													
Bly	0,1	32	12	13	14	16	17	18	22	16	40			400	
	0,3	14	5,8	7,5	8,7	14	16	19	46	15		7			
	0,55	3	11			17			17	15					
	1,05	3	5,0			7,2			12	8,1					
Cadmium	0,1	32	0,28	0,32	0,34	0,38	0,41	0,45	0,61	0,39	0,5	9		5	
	0,3	14	0,24	0,27	0,32	0,39	0,41	0,46	0,61	0,38		7			
	0,55	3	0,36			0,45			0,58	0,46		33			
	1,05	3	0,32			0,58			0,59	0,50		67			
Chrom	0,1	32	7,2	7,4	8,6	9,4	10	12	44	11	500			1000	
	0,3	14	5,7	5,9	6,8	8,2	10	11	14	8,5					
	0,55	3	7,9			10			11	9,6					
	1,05	3	5,2			9,7			13	9,3					
Kobber	0,1	32	6,6	8,2	8,8	9,7	11	12	18	9,9	500			1000	
	0,3	14	4,4	5,1	5,5	6,7	7,9	9,7	15	7,3					
	0,55	3	6,0			6,9			8,0	7,0					
	1,05	3	5,1			6,0			14	8,4					
Kviksølv	0,1	25	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,12	0,05	1			3	
	0,3	7	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04					
	0,55	0													
	1,05	0													
Nikkel	0,1	32	5,6	5,9	7,0	7,6	8,5	8,9	11	7,7	30			30	
	0,3	14	5,1	5,3	6,1	7,0	8,4	9,0	12	7,3					
	0,55	3	6,7			9,2			11	9,0					
	1,05	3	5,6			9,2			11	8,6					
Zink	0,1	32	36	39	42	48	54	58	110	50	500			1000	
	0,3	14	24	27	28	39	49	53	56	39					
	0,55	3	33			41			56	43					
	1,05	3	23			30			42	32					

i.p.: ikke påvist gns: gennemsnit
 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.
 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 13.1 OVERSIGT OVER METALRESULTATER. TESTAREAL - J - BJERGBAKKEN (MG/KG TS)
Overview of metal results. Test area - J - Bjergbakken (mg/kg dw)

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Totalkulbrinter	0,1	0									100			
	0,3	0												
	0,55	0												
	1,05	0												
BaP	0,1	32	i.p.	0,01	0,02	0,04	0,06	0,12	0,28	0,06	0,1	13	1	
	0,3	14	0,01	0,01	0,01	0,05	0,08	0,16	0,32	0,07		14		
	0,55	3	0,01			0,03			0,15	0,06		33		
	1,05	3	i.p.			i.p.			i.p.					
DiBahA	0,1	32	i.p.	i.p.	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,02	0,1		1	
	0,3	14	i.p.	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,07	0,02				
	0,55	3	i.p.			0,01			0,02	0,01				
	1,05	3	i.p.			i.p.			i.p.					
Sum af PAH	0,1	32	0,06	0,08	0,10	0,25	0,37	0,69	1,7	0,35	1,5	3	15	
	0,3	14	0,03	0,05	0,07	0,27	0,41	0,85	1,8	0,39		7		
	0,55	3	0,04			0,17			0,73	0,31				
	1,05	3	i.p.			i.p.			0,01					

	i.p.: ikke påvist	gns. : gennemsnit
	Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.	
	Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.	

TABEL 13.2 OVERSICHT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE TESTAREAL J – BJERGBAKKEN (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Test area J –Bjergbakken (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 13.1 og 13.2, er der ikke konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly. Overskridelser af cadmium ses i flere af prøverne. Desuden ses, at PAH, herunder benzo(a)pyren (BaP) viser mindre overskridelser af JKK i nogle få prøver. Der er ikke overskridelser af ASK.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordeling er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 13.3 angives en oversigt over de statistiske analyser af fordelinger. Største del af resultaterne fra 10 cm's dybde er ikke normalfordelte. Ved sammenligning af medianværdier fra forskellige dybder anvendes derfor en Wilcoxon Rank Sum test.

	Dybde, m	Antal observationer	Shapiro-Wilk p-værdi	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	32	0,052	1,08	0,48
	0,3	14	0,34	8,38	2,64
Cadmium	0,1	32	0,01	2,19	1,25
	0,3	14	0,36	1,50	0,62
Kobber	0,1	32	0,0005	6,54	1,90
	0,3	14	0,156	4,31	1,88
Kviksølv	0,1	25	0,0000007	7,66	2,74
Zink	0,1	32	0,000001	13,77	3,13
	0,3	14	0,082	-1,52	0,08
BaP	0,1	32	0,000004	5,29	2,22
	0,3	14	0,002	5,41	2,23

* for en normalfordeling er værdien 0

Signifikant ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.

Fordelingen er **ikke** en normalfordeling

TABEL 13.3 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. TESTAREAL J - BJERGBAKKEN
Overview of the statistical analysis. Test area J- Bjergbakken

Korrelation imellem parametre

I tabel 13.4 vises Pearsons korrelation imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af korrelationen forudsætter, at dataene er normalfordelte. Dette er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A. Dette er ikke udført for testareal J.

Der er god korrelation imellem BaP og sum af PAH se også afsnit 15.5. Der ses ingen eller kun tvivlsom korrelation imellem de fleste parametre, herunder organisk indhold (glødetab).

	Glødetab	Pb	Cd	Cu	Hg	Zn	BaP	PAH
Glødetab	1,00							
Pb	0,18	1,00						
Cd	0,02	0,26	1,00					
Cu	0,05	0,14	-0,10	1,00				
Hg	-0,18	-0,24	0,20	0,11	1,00			
Zn	0,00	0,03	0,36	0,10	0,61	1,00		
BaP	0,31	0,2	0,25	-0,11	-0,06	0,31	1,00	
PAH	0,30	0,19	0,23	-0,11	-0,06	0,31	1,00	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser) Negativ værdi (én parameter aftager, én vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 13.4 KORRELATION IMELLEM ORGANISK INDHOLD, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE

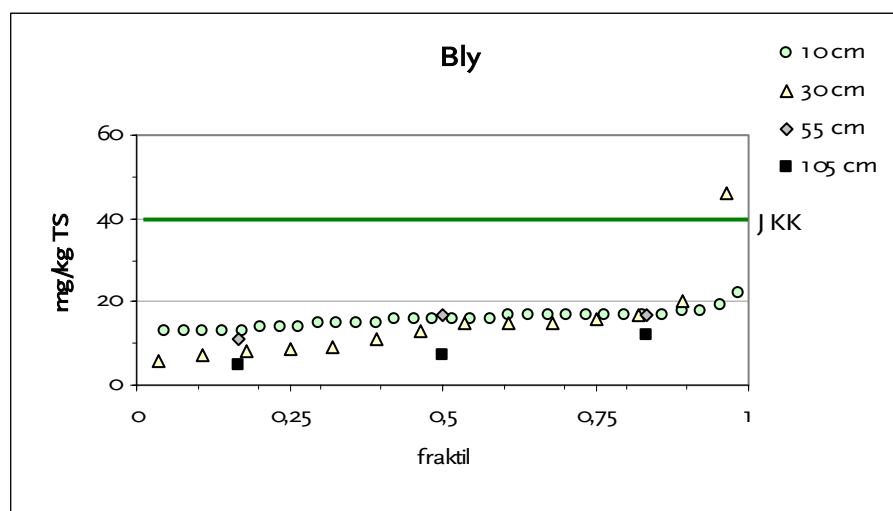
Correlation between organic content, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Arsen

Arsen ligger omkring baggrundsniveauet for landområder (3 - 4 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen prøver overskrider JKK.

Bly

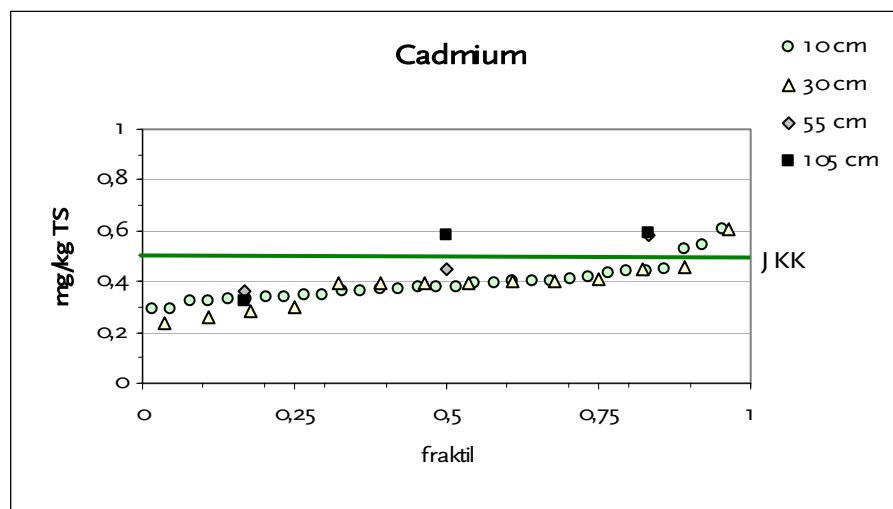
Som det fremgår af tabel 13.1 og figur 13.2, er blyniveauet højere end baggrundsniveauet for landområder (10 - 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men kun én prøve overskrider JKK.



FIGUR 13.2 FRAKTILPLOT FOR BLY – TESTAREAL I – BJERGBAKKEN
Quantile plot for lead – Test area I – Bjergbakken

Cadmium

Cadmiumniveauet ligger over baggrundsniveauet for landområder (0,13 - 0,22 mg/kg TS) jf. tabel 2.1, men JKK er kun overskredet i nogle få jordprøver. Der er muligvis en tendens til højere indhold i dybden, jf. figur 13.3. DMU har tidligere konstateret regional forskel i tungmetalniveauerne og et højere cadmiumniveau er observeret i Ringstedområdet /21,22/.



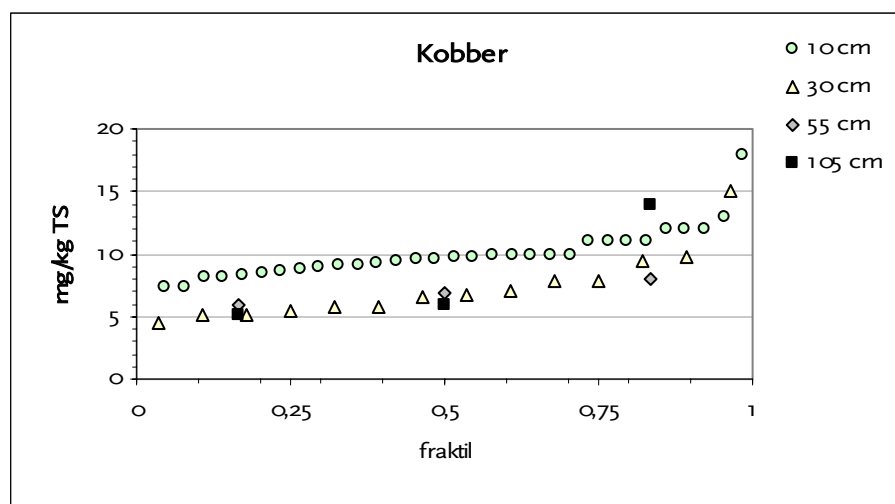
FIGUR 13.3 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – TESTAREAL I – BJERGBAKKEN
Quantile plot for cadmium – Test area I – Bjergbakken

Chrom

Chromniveauet er omkring 8 – 10 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrundsniveauet for landområder (6,4 -17 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Kobber

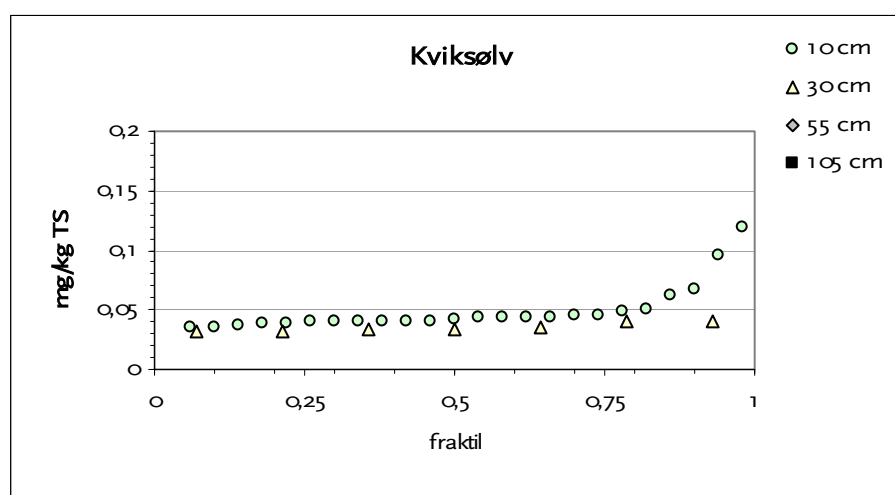
Kobberniveauet er omkring baggrundsniveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK, jf. figur 13.4.



FIGUR 13.4 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – TESTAREAL I – BJERGBAKKEN
Quantile plot for copper – Test area I - Bjergbakken

Kviksølv

Kviksølvniveauet er lavt og svarende til baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK, jf. tabel 13.1 og figur 13.5.



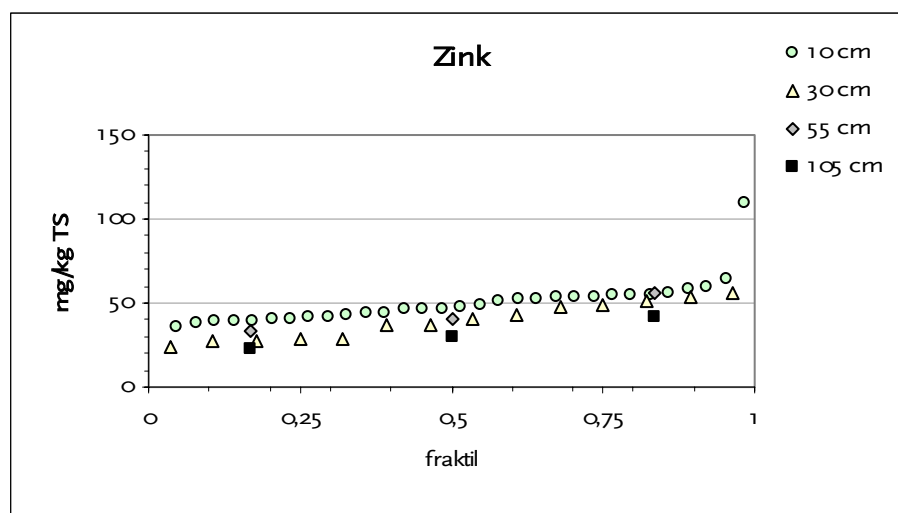
FIGUR 13.5 FRAKTILPLOT FOR KVIKSØLV – TESTAREAL I – BJERGBAKKEN
Quantile plot for mercury – Test area I - Bjergbakken

Nikkel

Nikkelniveauet er omkring 7 - 9 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Ingen jordprøver overskrider JKK.

Zink

Zinkniveau er omkring 30 - 50 mg/kg TS som er omkring baggrunds niveauet for landområder (18 - 43 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 13.1 og figur 13.6, er indholdet af Zn mindre end JKK i alle prøver. Figur 13.6 indikerer derimod en faldende tendens med dybden.



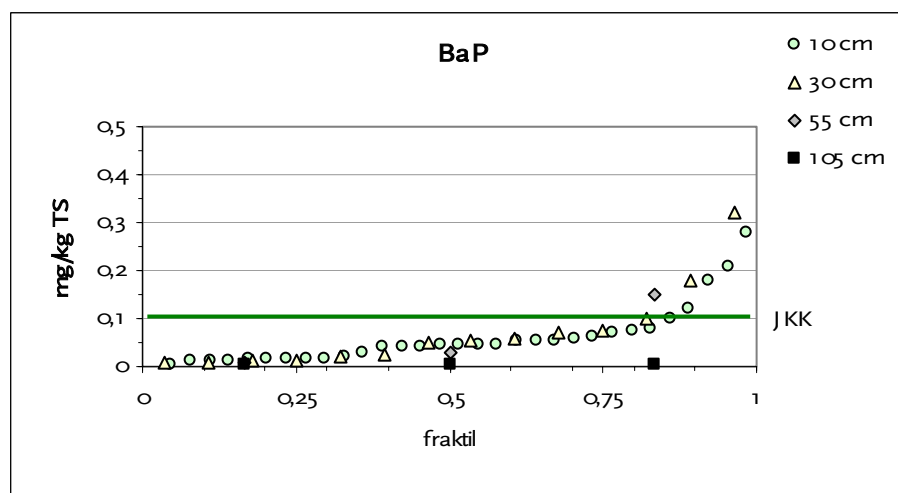
FIGUR 13.6 FRAKTILPLOT FOR ZINK – TESTAREAL I – BJERGBAKKEN
Quantile plot for zinc – Test area I - Bjergbakken

Totalkulbrinter

Der er ikke målt for totalkulbrinter i testareal H.

PAH

Som det fremgår af tabel 13.2 og figur 13.7, overskrider BaP JKK i nogle få prøverne. Indhold af BaP, DiBaH₄ og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 15.4 og afsnit 15.5.



FIGUR 13.7 FRAKTILPLOT FOR BaP – TESTAREAL I – BJERGBAKKEN
Quantile plot for BaP – Test area I - Bjergbakken

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data	ASK	% data
	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9				>JKK		>ASK
PAH														
BaP, mg/kg TS	0,1	6	0,02			0,05			0,08	0,05	0,1		1	
Sum af 7 MST, mg/kg TS	0,1	6	0,11			0,26			0,43	0,28	1,5		15	
Sum af 16 EPA, mg/kg TS	0,1	6	0,22			0,51			0,93	0,58	(1,5)		(15)	
PCB														
Sum af PCB, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			i.p.			i.p.		(20)***			
Phthalater														
DEHP, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			60			120		25.000			
Sum af Phthalater, µg/kg TS	0,1	2	i.p.			60			120		250.000			
Pesticider														
Sum af pesticider, mg/kg TS	0,1	2	i.p.			i.p.			i.p.		0,1/ 0,5****			
Dioxiner														
Sum af PCDF, ng/kg TS	0,1	2	26			32			38	32				
Sum af PCDD, ng/kg TS	0,1	2	91			130			170	130				
ITE(NATO/CCMS) ng/kg TS*	0,1	2	1,1			1,1			1,1	4,5	(40)**			

* ITE (NATO/CCMS) betyder internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrunds niveau 5 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS), grænseniveau ved dyrkning af afgrøder 40 ng/kg TS ITE (NATO/CCMS)/25,26,28/

*** Holland /26/

0,5 mg/kg TS for DDT+DDE og 0,1 mg /kg TS for parathion

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 13.5 OVERSIGT OVER RESULTATER - ØVRIGE ORGANISKE FORURENINGER. TESTAREAL J - BJERGBAKKEN

Overview of results - other organic parameters. Test area J - Bjergbakken

Som det ses af tabel 13.5, viser analyserne for et udvidet antal PAH samme forureningsniveau for PAH som i tabel 13.2. Analyserne anvendes til at vurdere PAH-sammensætningen, jf. tabel 13.6.

Der er ikke fundet PCB eller pesticider i de analyserede prøver. Der er fundet lavt indhold af DEHP.

Dioxinindholdet målt som internationale toksicitetsækvivalenter, defineret af NATO/CCMS – ITE (NATO/CCMS), er lavt svarende til det tyske baggrunds niveau for landbrugsjord (omkring 1- 5 ng ITE /kg TS) /25/.

PAH- og dioxinsammensætning

I tabel 13.6 er beregnet er række forhold mellem udvalgte enkeltparametre, som indgår i PAH- og dioxinsammensætningen. Disse forhold er anvendt til at vurdere, om forureningen har forskellig karakter (sammensætning) i forskellige byområder, se afsnit 15.3.

Parameter	Dybde m	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9		
Forhold mellem udvalgte PAH										
Forhold BaP/Sum af 7 MST	0,1	6	0,15			0,18			0,19	0,18
Forhold DiBahA/Sum af 7 MST	0,1	6	0,03			0,03			0,04	0,03
Forhold B(ghi)P/BaP	0,1	6	0,74			0,89			1,05	0,87
Forhold Coronen/BaP	0,1	6	0,12			0,18			0,33	0,19
Forhold sum af alkylphen./phen.	0,1	6	0,05			0,21			0,54	0,22
Forhold Reten/DiBahA	0,1	6	0,04			0,06			0,13	0,07
Dioxiner										
Forhold PCDF/PCDF	0,1	2	0,22			0,26			0,29	0,26

gns.: gennemsnit

TABEL 13.6 VURDERING AF PAH- OG DIOXINSAMMENSÆTNING. TESTAREAL J – BJERGBAKKEN
Assessment of PAH and dioxin composition. Test area J – Bjergbakken

13.4 GEOSTATISTISK VURDERING

Der er påvist overskridelser af jordkvalitetskriteriet for PAH og cadmium (høj regional baggrundsniveau). For PAH er det især benzo(a)pyren der er den kritiske parameter.

Bly

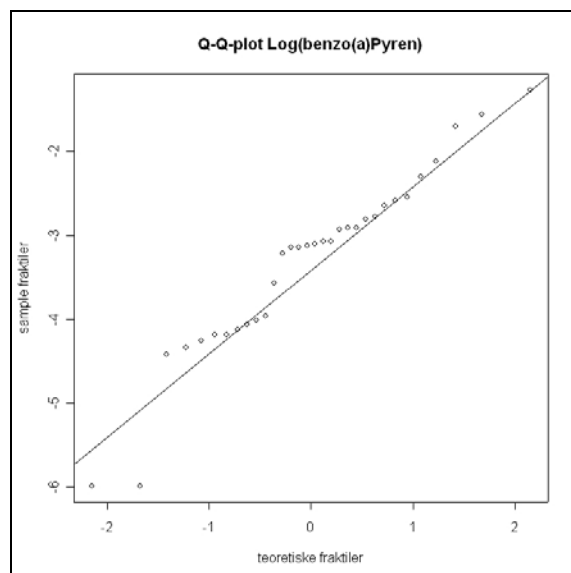
Der er dog antaget, at blyfordelingen over området er ensartet og koncentrationer og konfidensintervaller for hele området under et er estimeret. Estimatet og konfidensintervallet sammen med en vurdering af sandsynligheden for at, området som helhed overskrider JKK, men ikke ASK er angivet i tabel 13.7

Dybde, m	Estimat mg/kg TS	95% konfidensinterval mg/kg TS	Sandsynlighed for at niveauerne i området overskrider JKK >JKK	Sandsynlighed for at niveauerne i området er mindre end ASK <ASK
Bly 0,1	16	15 - 18	0,0000001	1,00

TABEL 13.7 ESTIMAT OG 95% KONFIDENSINTERVAL SAMT SANDSYNLIGHED FOR OMRÅDET HAR FORURENINGSNIVEAUERNE I OMRÅDET I FORHOLD TIL JKK OG ASK FOR TESTAREAL J - BJERGBAKKEN

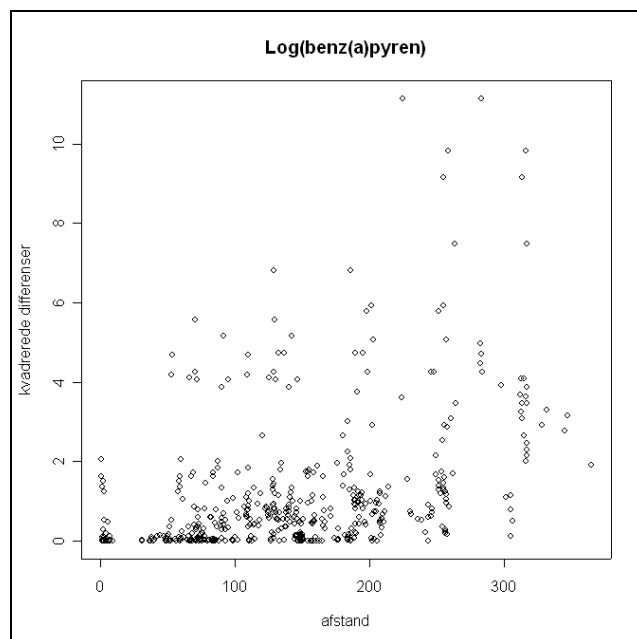
Estimate and 95 % confidence limits for concentrations as well as estimate for probability that the area has a concentration higher than the soil quality and lower than the soil intervention limit in for test area J - Bjergbakken

Fordelingen af de logaritmisk transformerede benzo(a)pyren koncentrationer er vist i figur 13.8. Der er to outliers i den nederste del af plottet. De to lave værdier skyldes to prøvepunkter, hvor BaP-koncentrationen er under detektionsgrænsen og er derfor kun tildelt en værdi på det halve af denne. Afvigelsen giver imidlertid ikke anledning til en signifikant forskellig fordeling fra normalfordelingen i en Shapiro-Wilk test ($p=0,10$).



FIGUR 13.8 Q-Q-PLOT AF DE LOGARITMISK TRANSFORMEREDE BAP KONCENTRATIONERS FORDELING I FORHOLD TIL NORMALFORDELINGEN
Q-Q plot of log transformed BaP data.

Scatterplot af afstande versus de kvadrerede differenser imellem de logaritmsk transformerede koncentrationer er vist i figur 13.9. Plottet viser en forholdsvis entydig korrelation i intervallet fra 0 til 250 m. Spearmans rank korrelationen imellem afstande og kvadrerede differenser er i dette interval signifikant med $p < 10^{-10}$.



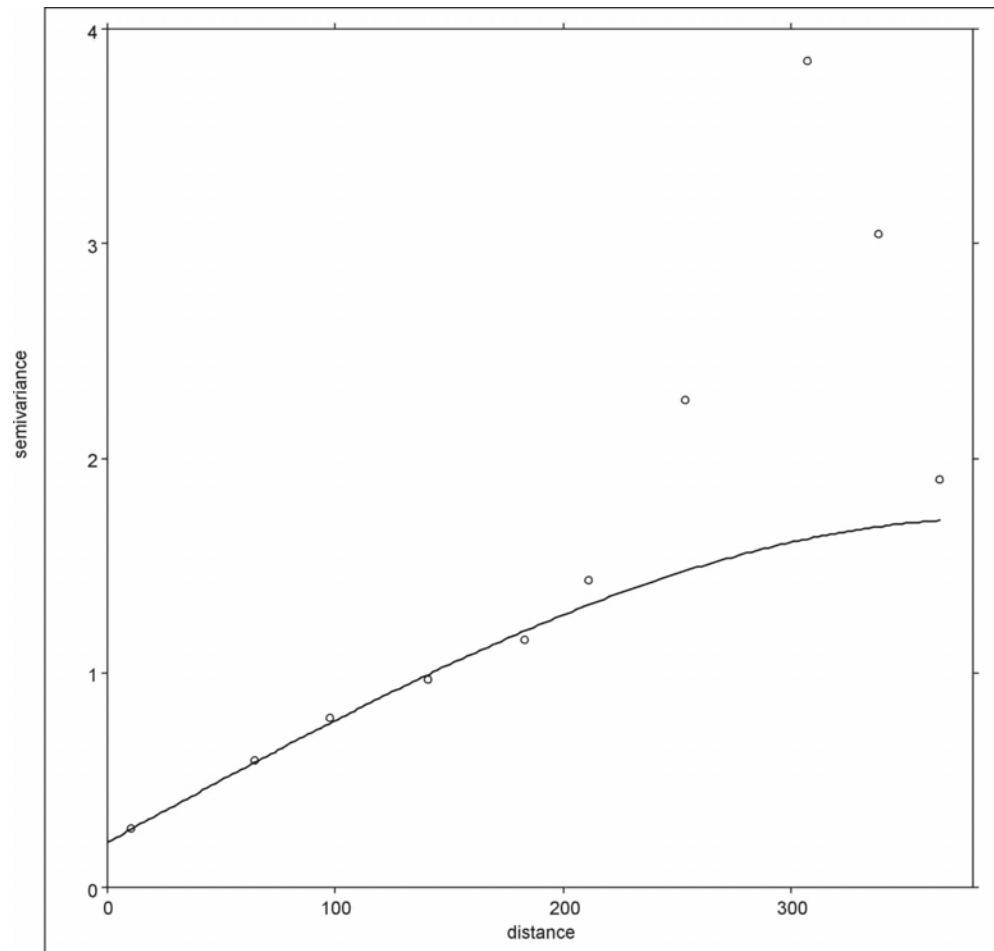
FIGUR. 13.9 SCATTERPLOT AF AFSTAND VERSUS KVADREREDE DIFFERENSER IMELLEM DE LOGARITMISK TRANSFORMEREDE BAP KONCENTRATIONER FOR ALLE PARVISE PRØVEPUNKTER
Scatter plot of distance against squared difference for the log transformed BaP pair wise data

Semivariogrammet og den tilpassede model er vist i figur 13.10. Modellen er en sfærisk model med nugget og sill på henholdsvis 0,21 og 1,51. Range er estimeret til 389 m. Semivarianserne viser god overensstemmelse med modellen i de første to tredjedele af range. Antallet af prøvepar i de første 6 lags er i gennemsnit 70,

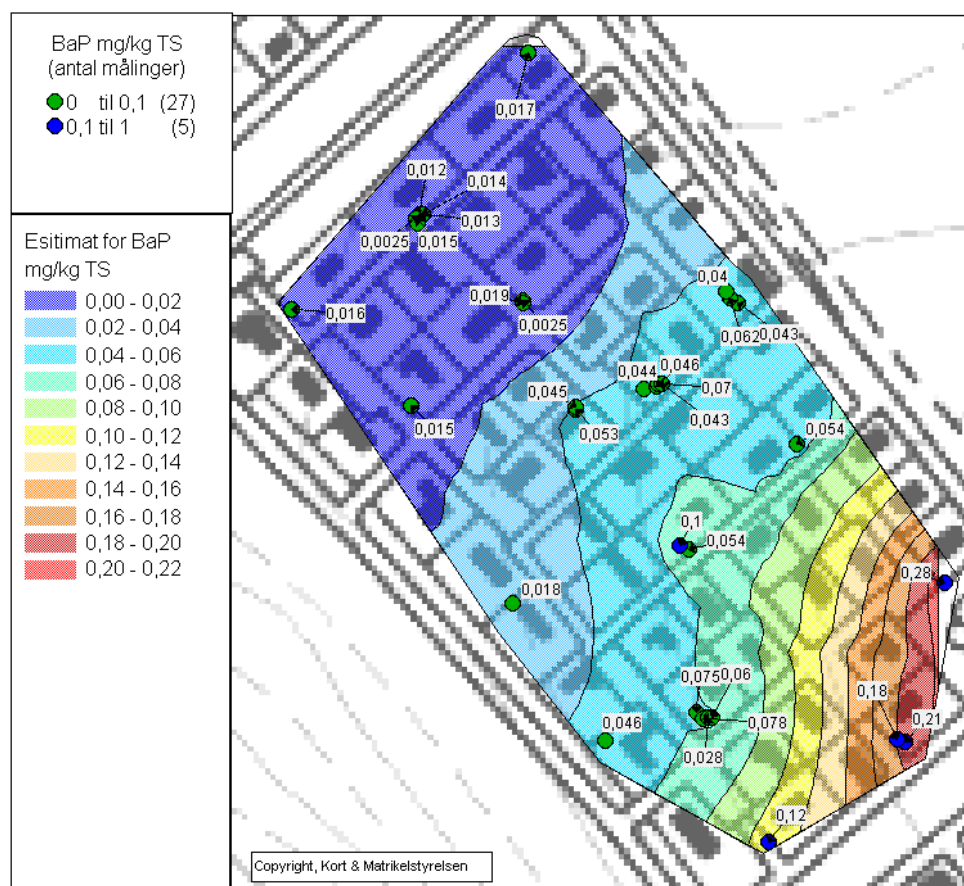
mens det i de sidste 4 er på gennemsnitlig 18. Dette hænger sammen med at range er af samme størrelsesorden som de maksimale afstande i testarealet.

Den estimerede koncentration for BaP er vist i figur 13.11. Ved estimeringen er der taget højde for usikkerheden med hensyn til den faktiske størrelse for range ved kun at medtage punkter inden for en afstand af 200 m, hvor modellen viser en god tilpasning. Den estimerede sandsynlighed for at udtage en prøve med et større indhold end JKK er vist i figur 13.12.

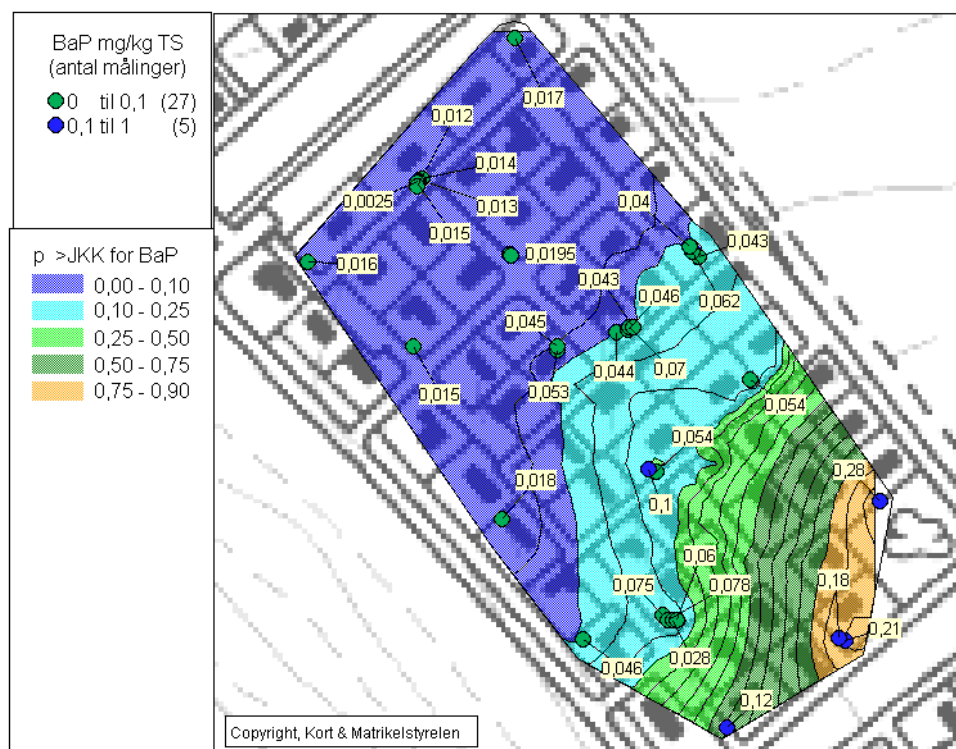
Analogt kan en sandsynligheden for at udtage en prøve, der er mindre end ASK beregnes. Denne er ikke vist, men er tæt på 1 i hele testarealet.



FIGUR 13.10 SEMIVARIOGRAM FOR BaP MED DEN TILPASSEDE SFÆRISKE MODEL. NUGGET=0,21, SILL=1,51 OG RANGE = 390 M
Semivariogram for BaP fitted with a spherical model. Nugget = 0.21, sill = 1.51, range = 389 m



FIGUR 13.11 ESTIMAT FOR BaP KONCENTRATION I ET GIVET PUNKT. (BaP-KONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET EKSAKT)
Estimation of BaP concentration in a given position (Actual measurements are shown)



FIGUR 13.12 SANDSYNLIGHEDEN FOR AT EN PRØVE UDTAGET ET GIVET STED ER STØRRE END JKK. (BAP-KONCENTRATIONEN I PRØVEPUNKTERNE ER ANGIVET)
Probability for a sample a given position to exceed soil guidance level for BaP (Actual measurements are shown).

13.5 KONKLUSION VEDRØRENDE DATABEHANDLING

I figur 13.13 opsummeres databehandlingen, jf. flowdiagram i figur 2.9.

Testareal J – Kosteråsen



Trin 1a
BaP data er lognormalfordelte
Pb data er lognormalfordelte, men
ret lave og mindre end JKK



Trin 2a
Der ses spatial korrelation for BaP
Data grundlaget er for spinkel for
en spatiel analyse af
blyfordelingen.



Trin 2b
Den estimerede sandsynlighed for at
blyniveauet på testarealet er større end
JKK og mindre end ASK er beregnet, jf.
tabel 13.7.



Trin 3a
Den estimerede koncentration og
standardafvigelsen i ethvert punkt i
delområdet/området kan beregnes og
vises på et kort for BaP, jf. figur 13.11.
Sandsynlighed for om en prøve udtaget et
givet sted er større end JKK eller mindre
end ASK kan beregnes og vises på et kort,
jf. figur 13.12 (BaP).

FIGUR 13.13 SAMMENFATNING OVER DATABEHANDLING TESTAREAL J – BJERGBAKKEN
Summary concerning data treatment Test area J - Bjergbakken

14 Tidligere undersøgelser

14.1 ØSTERBRO

Østerbro var området uden for København, hvor datidens rigmænd igennem tiden havde opført villaer med haver. Helt frem til midten af 1800-tallet var størstedelen af Østerbro dog ubebygget /4/.

Fra 1860 er der i det indre Østerbro etableret boligbebyggelse i form af etageejendomme og denne er fortsat op gennem 1920'erne og 1930'erne /4/. Østerbro er desuden præget af industriudvikling, både i form af større industri-virksomheder i industrikvarterer, og som baggårdsvirksomheder i områder med boligbebyggelse.

I 1998 fortog Københavns Kommune en undersøgelse af diffus jordforurening på Østerbro /34/. Prøverne er udtaget i et net på ca. 100 m x 100 m og området omfatter et areal på 1 km². Der er udtaget 138 prøver svarende til en tæthed på 138 pkt./km². Data for bly og PAH fra denne undersøgelse er tidligere behandlet ved geostatistisk analyse i /3, 35/.

Tungmetallerne er analyseret ved ICP-metoden og PAH ved GC-MS-SIM. Prøverne er udtaget med håndbor eller karteringsspyd som et sammenstik af 5 enkeltprøver 0,1 og 0,5 m u. t., udført inden for et område på ca. 1 m².

Deskriptiv statistik for tungmetaller og PAH

I tabel 14.1 og 14.2 angives en oversigt over analyseresultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
Bly	0,1	138	i.p.	16	31	64	120	180	740	87	40	60	400	3
	0,5	136	i.p.	13	23	54	100	200	700	84		61		3
Cadmium	0,1	138	i.p.	i.p.	0,19	0,33	0,54	0,81	2,0	0,41	0,5	29	5	
	0,5	136	i.p.	i.p.	i.p.	0,23	0,36	0,57	0,82	0,27		17		
Chrom	0,1	138	i.p.	6,6	8,9	11	15	18	100	13	500		1000	
	0,5	136	i.p.	6,6	8,3	10	14	17	67	12				
Kobber	0,1	138	i.p.	7,6	15	29	47	65	520	39	500	1	1000	
	0,5	136	i.p.	7,6	13	26	38	66	550	38		1		
Kviksølv	0,1	138	i.p.	i.p.	i.p.	0,06	0,15	0,31	0,6	0,12	1		3	
	0,5	136	i.p.	i.p.	i.p.	0,08	0,19	0,45	1,7	0,16		1		
Nikkel	0,1	138	i.p.	6,0	7,7	9,6	12	14	29	10	30		30	
	0,5	136	i.p.	5,5	7,2	8,9	11	14	28	9,4				
Zink	0,1	138	i.p.	27	57	93	180	290	1300	150	500	5	1000	1
	0,5	136	i.p.	18	39	71	140	220	540	100		1		

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK - Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 14.1 OVERSIGT OVER RESULTATER - METALLER. ØSTERBRO (MG/KG TS)
Overview of results – metals Østerbro (mg/kg dw)

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler					max	gns.	JKK	% data >JKK	ASK	% data >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9						
BaP*	0,1	138	i.p.	0,14	0,28	0,48	1,1	2,1	95	1,6	0,1	91	1	29
	0,5	136	i.p.	0,07	0,16	0,40	0,93	2,1	58	1,5		85		24
DiBahA	0,1	138	i.p.	i.p.	i.p.	0,07	0,14	0,24	13		0,1	34	1	1
	0,5	136	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	0,12	0,24	16			30		4
Sum af PAH	0,1	138	0,14	0,79	1,6	2,8	6,1	12	440	8,2	1,5	76	15	7
	0,5	136	0,1	0,40	0,90	2,1	5,2	12	330	8,4		60		7

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK - Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 14.2 OVERSIGT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. ØSTERBRO (MG/KG TS).
Overview of results – organics Østerbro (mg/kg dw).

Som det ses af tabel 14.1 og 14.2, er der konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly og PAH, herunder benzo(a)pyren (BaP) i mere end 50% af prøverne (se 0,5 fraktil – medianværdi). Forureningen ses både 0,1 m u. t. og 0,5 m u. t.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne for den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests for at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelinger er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 14.3 angives en oversigt over den statistiske analyse af fordelingen. Fordelingen er også vurderet ud fra Q-Q normal plots, som ikke er vist her. Dataene er ikke normalfordelte, hvilket også ses af værdierne for topstøjhed og skævhed jf. tabel 14.3.

	Dybde	Antal observationer	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	138	19	3,6
	0,5	136	13	3
Cadmium	0,1	138	4	1,65
	0,5	136	-0,11	0,79
Kobber	0,1	138	47	6,4
	0,5	136	44	5,9
Kviksølv	0,1	138	2,5	1,65
	0,5	136	16	3,3
Zink	0,1	138	15	3,3
	0,5	136	6	2,1
BaP	0,1	138	134	11,5
	0,5	136	82	8,7

* en normalfordeling har en værdi på 0

TABEL 14.3 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGER. ØSTERBRO
Overview of the statistical analysis. Østerbro

Korrelation imellem parametre

I tabel 14.4 vises korrelation imellem flere af parametrene for prøver fra 0,1 m u. t. Bemærk, at beregningen af Pearsons korrelation forudsætter, at dataene er normalfordelte. Denne er ikke opfyldt for flere af parametrene, og det er derfor muligt at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A.

Der ses kun tvivlsom korrelation imellem de fleste af parametrene.

	Pb	Cd	Cu	Zn	BaP	PAH
Pb	1,00					
Cd	0,31	1,00				
Cu	0,26	0,31	1,00			
Zn	0,32	0,67	0,47	1,00		
BaP	0,21	0,05	-0,01	0,34	1,00	
PAH	0,17	0,06	-0,01	0,31	0,99	1,00

- ikke beregnet

Positiv værdi (begge parametre vokser). Negativ værdi (én parametre aftager, én vokser)

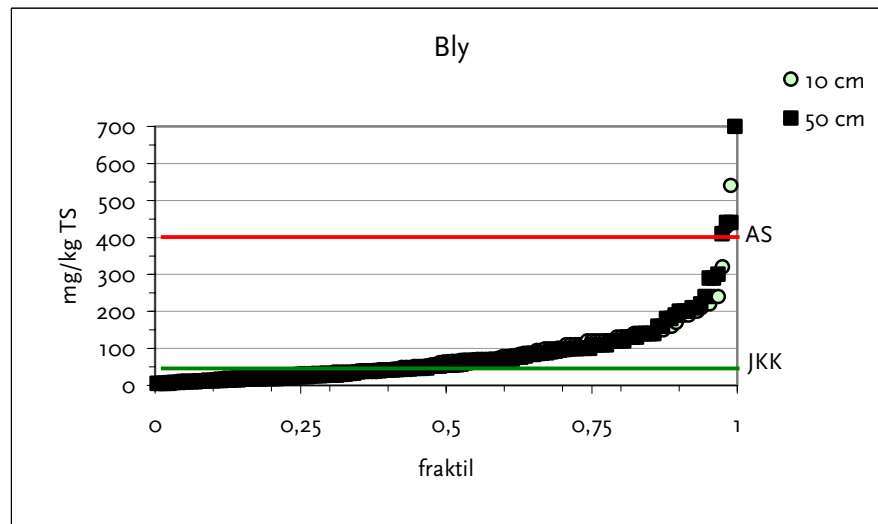
> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation

0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 14.4 KORRELATION IMELLEM Pb, Cd, Cu, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between Pb, Cd, Cu, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Bly

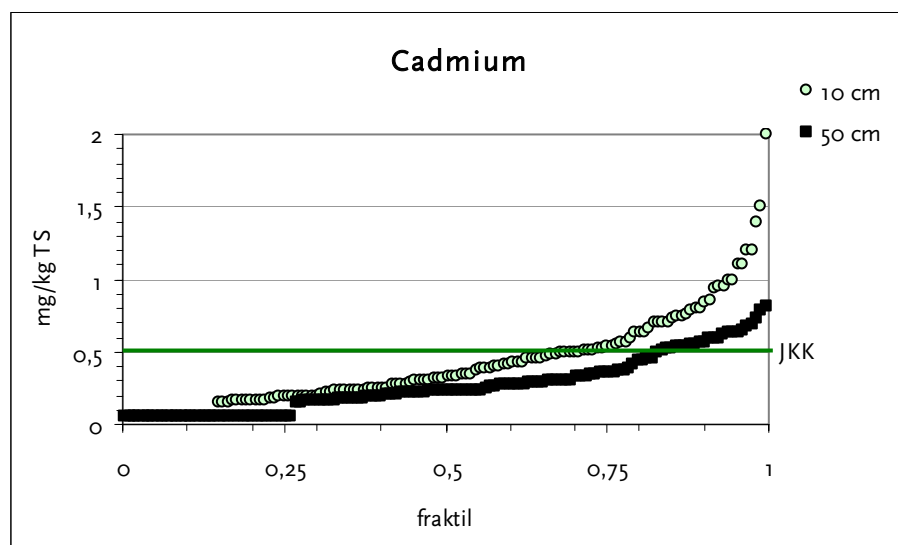
Blyniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 14.1 og figur 14.1, overskrideres JKK i mere end 50% af prøverne, og der ses ingen tendens til at blyindholdet falder i 0,5 m's dybde. En Wilcoxon Rank Sum test ($p = 0,021$) viser derimod, at blyniveauet i 0,1 m's dybde er signifikant højere end blyniveauet i 0,5 m's dybde.



FIGUR 14.1 FRAKTILPLOT FOR BLY – ØSTERBRO
Quantile plot for lead – Østerbro

Cadmium

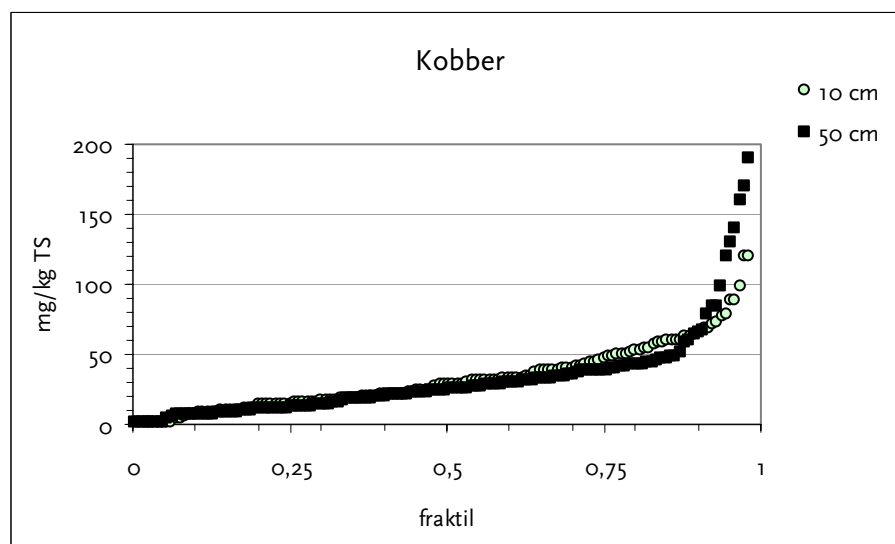
Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), og JKK er overskredet i ca. 25% af prøverne. En Wilcoxon Rank Sum test ($p=0,006$) viser at koncentrationerne er lavere i 0,5 m's dybde end i 0,1 m's dybde. Tendensen kan ses i figur 14.2.



FIGUR 14.2 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – ØSTERBRO
Quantile plot for cadmium – Østerbro

Kobber

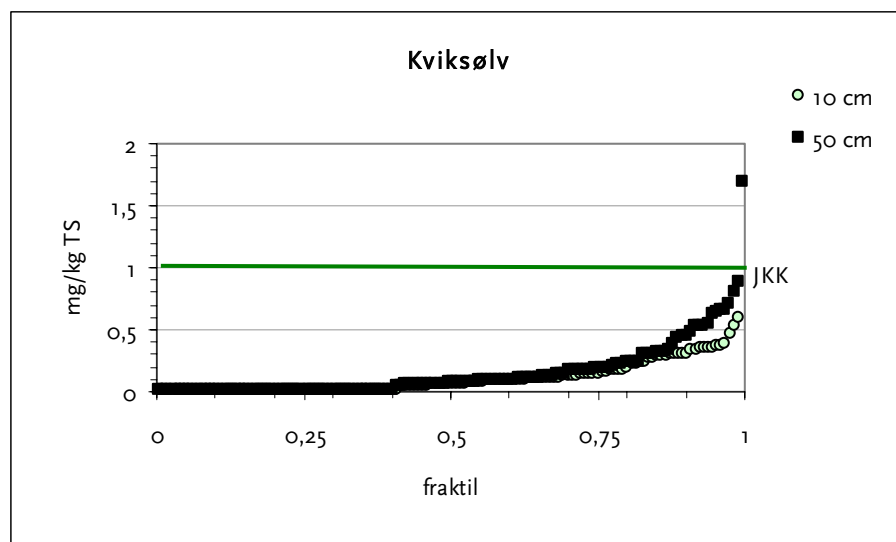
Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider JKK. Der er ingen signifikante (Wilcoxon Rank Sum test, $p=0,29$) forskelle i koncentrationsniveauer i 0,1 og 0,5 m's dybde, jf. figur 14.3.



FIGUR 14.3 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – ØSTERBRO
Quantile plot for copper – Østerbro

Kviksølv

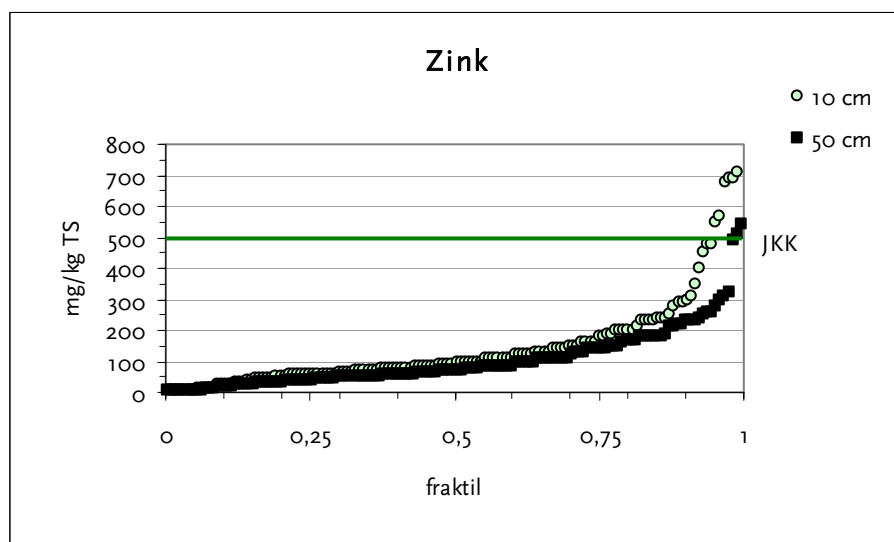
For ca. 50 % af prøverne er kviksølvniveauet på samme niveau som baggrundsniveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Resten ligger på et lidt højere niveau. Der er kun målt overskridelser af JKK i en enkelt prøve, jf. figur 14.4. Der ses kun en svaj tendens til højere koncentrationer i dybden, jf. figur 14.4.



FIGUR 14.4 FRAKTILPLOT FOR KVIKSØLV – ØSTERBRO
Quantile plot for mercury – Østerbro

Zink

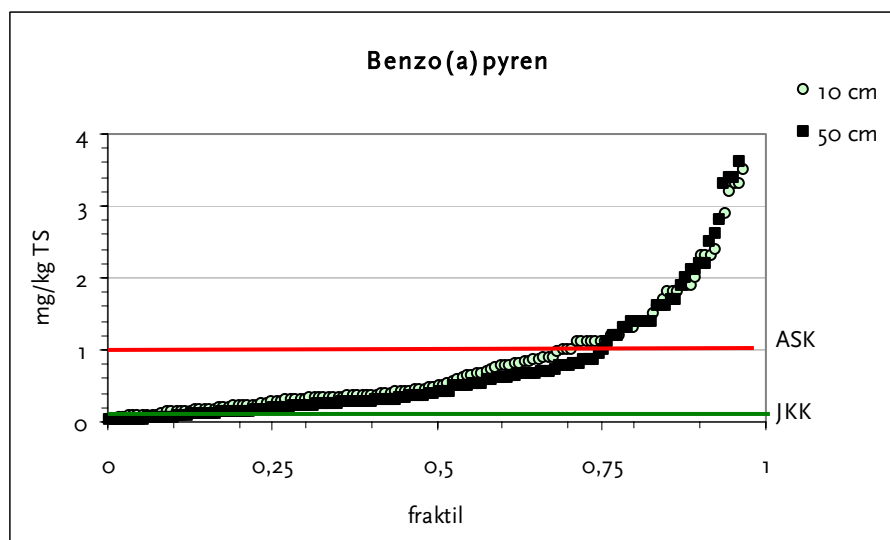
Zinkniveauet er højere end baggrundsniveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 14.1 og figur 14.5, ses ingen væsentlig overskridelse af JKK. En Wilcoxon Rank Sum test ($p = 0,001$) viser at koncentrationerne er lavere i 0,5 m's dybde end 0,1 m's dybde. Tendensen kan ses i figur 14.5.



FIGUR 14.5 FRAKTILPLOT FOR ZINK – ØSTERBRO
Quantile plot for zinc – Østerbro

PAH

Som det fremgår af tabel 14.2 og figur 14.6, overskrider BaP JKK i flere af prøverne. Indholdet af BaP og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 14.4 og afsnit 15.5. Der er ingen signifikante (Wilcoxon Rank Sum test, $p=0,086$) forskelle i koncentrationsniveauet i 0,1 og 0,5 m's dybde, jf. figur 14.6.



FIGUR 14.6 FRAKTILPLOT FOR BAP – ØSTERBRO
Quantile plot for benzo(a)pyren – Østerbro

Andre bemærkninger

De anviste fraktilplots kan kun illustrere nogle få overordnede tendenser, da dataene ikke er opdelt på mindre delområder. Desuden kan der ved de individuelle målepunkter være faldende eller stigende koncentrationer med dybden.

Geostatistik

De tidligere geostatistiske analyser beskrevet i /3/ og /35/ har kun kunnet lade sig gennemføre, fordi der i forbindelse med fase 1 af nærværende projekt /2/ er

udtaget yderligere prøver med kort indbyrdes afstand i to områder. Uden disse målinger ville man ikke have kunnet bestemme “nugget” og “range” for semivariogrammet og dermed beskrive det spatielle forhold imellem punkterne.

Imidlertid er der fortsat få data med kort indbyrdes afstand. Den matematiske model, der er valgt til beskrivelse af det eksperimentelle semivariogram, er dermed meget følsom over for de få prøvepar med kort lagafstande, dvs. der kan fås forskellige resultater for range, sill og nugget.

Med forbehold for den mangelfulde datatæthed er der foretaget en beregning af sandsynlighed for, om koncentrationen i en jordprøve udtaget et givet sted er større end JKK eller mindre end ASK, jf. bilag C.

14.2 BRØNSHØJ

Brønshøj og Husum var indtil ca. 1901 landbrugsområder, men fra 1901 er der opført boligbebyggelse. Mange af de store boligkvarterer blev dog først opført i 1940'erne og 1950'erne /4/.

Boligområderne i disse forstæder er præget af etagebebyggelse og villakvarterer. Industriområder er for de flestes vedkommende lokaliseret i særskilte områder væk fra boligbebyggelse.

I 1998 foretog Københavns Kommune en undersøgelse af diffus jordforurening i Brønshøj og Husum /36/, hvor der er anvendt samme strategi som for Østerbro (jf. afsnit 14.1). Prøverne er udtaget i net på ca. 100 m x 100 m over et areal på 0,95 km². Der er udtaget 106 prøver, svarende til en tæthed på 110 pkt. /km². Tungmetallerne er analyseret ved ICP-metoden og PAH ved GC-MS-SIM. Prøverne er med håndbor eller karteringsspyd udtaget som et sammenstik af 5 enkeltprøver inden for et område på ca. 1 m² 0,1 og 0,5 m u. t.

Deskriptiv statistik for tungmetaller og PAH

I tabel 14.5 og 14.6 angives en oversigt over resultaterne. I henhold til beskrivelsen i afsnit 2.11 angives kun en gennemsnitsværdi, såfremt 85% af resultaterne er over detektionsgrænsen. Ved beregning af gennemsnit, hvor mindre end 15% af dataene er under detektionsgrænsen, anvendes - hvor intet er påvist - en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen. Gennemsnittet vises, selv om forudsætningen om en normalfordeling ikke nødvendigvis er opfyldt. Ved mindre end 7 data er der kun vist minimum, medianværdi og maksimum, samt eventuelt gennemsnit. Ved fraktilværdier under detektionsgrænsen anvendes betegnelsen i.p. (ikke påvist).

Parameter	Dybde	Antal data	Fraktiler							max	gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
	m		min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
Bly	0,1	102	14	32	36	50	66	91	940	64	40	68	400	1	
	0,5	103	2	14	16	21	30	44	240	28		14			
Cadmium	0,1	102	i.p.	0,23	0,32	0,4	0,5	0,59	1,5	0,41	0,5	23	5		
	0,5	103	i.p.	i.p.	i.p.	0,17	0,23	0,33	1,7			3			
Chrom	0,1	102	6,8	12	14	15	16	18	78	16	500		1000		
	0,5	103	2,4	13	14	15	18	22	26	16					
Kobber	0,1	102	10	15	19	25	34	51	130	30	500		1000		
	0,5	103	3,9	7,2	10	13	19	27	480	21					
Kviksølv	0,1	102	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	0,05	0,14		1		3		
	0,5	103	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	0,19						
Nikkel	0,1	102	3,8	7,9	9,2	11	12	14	18	11	30		30		
	0,5	103	3,6	6,6	8,2	9,9	13	17	36	11		1		1	
Zink	0,1	102	51	83	100	140	210	290	730	170	500	2	1000		
	0,5	103	15	38	45	62	99	140	1200	89		1		1	

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 14.5 OVERSICHT OVER RESULTATER - METALLER. BRØNSHØJ - HUSUM (MG/KG TS)
Overview of results – metals). Brønshøj - Husum (mg/kg dw)

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler						max	gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
				0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
BaP*	0,1	103	i.p.	0,12	0,21	0,46	1,0	1,5	5,6	0,76	0,1	94	1	10	
	0,5	102	i.p.	i.p.	0,03	0,11	0,32	0,76	3,5	0,31		51		6	
DiBahA*	0,1	103	i.p.	i.p.	i.p.	0,05	0,10	0,14	0,30		0,1	24	1		
	0,5	102	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	0,07	0,26			30			
Sum af PAH*	0,1	103	0,12	0,71	1,2	2,6	5,2	8,3	26	4,2	1,5	72	15	5	
	0,5	102	0,12	0,12	0,18	0,64	1,6	3,7	23	1,7		28		1	

i.p.: ikke påvist

gns.: gennemsnit

 Overskridelse af JKK – Jordkvalitetskriteriet /18/.

 Overskridelse af ASK – Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 14.6 OVERSICHT OVER RESULTATER - ORGANISKE PARAMETRE. BRØNSHØJ - HUSUM (MG/KG TS)
Overview of results – organics. Brønshøj - Husum (mg/kg dw)

Som det ses af tabel 14.5 og 14.6, er der konstateret overskridelser af jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly og PAH, herunder benzo(a)pyren (BaP), i mere end 50% af prøverne (se 0,5 fraktil – medianværdi). Forureningen ses både 0,1 m u. t. og 0,5 m u. t.

Datafordelingen

Af hensyn til forudsætningerne i den efterfølgende statistiske databehandling, er der foretaget forskellige tests til at vurdere, hvorvidt resultaterne for de forurenede prøver er normalfordelte. En mere detaljeret beskrivelse af teknikker til vurdering af datafordelingen er angivet i afsnit 2.11 og bilag A.

I tabel 14.7 angives en oversigt over den statistiske analyse af fordelingen for de ikke transformerede data i forskellige dybder. Fordelingen er også vurderet ud fra Q-Q normal plots, som ikke er vist her. Dataene er ikke normalfordelte.

	Dybde m	Antal observationer	Topstejlhed (Kurtosis)*	Skævhed (Skewness)*
Bly	0,1	103	85	8,9
	0,5	102	49	6,2
Cadmium	0,1	103	10	2
	0,5	102	38	5
Kobber	0,1	103	13	3
	0,5	102	91	9,3
Kviksølv	0,1	103	11	3,2
	0,5	102	53	
Zink	0,1	103	9	2,5
	0,5	102	53	6,9
BaP	0,1	103	11	2,9
	0,5	102	15	3,7

* en normalfordeling har en værdi på 0

TABEL 14.7 OVERSIGT OVER DEN STATISTISKE ANALYSE AF FORDELINGEN. BRØNSHØJ - HUSUM
Overview of the statistical analysis. Brønshøj - Husum

Korrelation imellem parametre

I tabel 14.8 vises korrelationen imellem flere af parametrene i 2 - 10 cm's dybde. Bemærk, at beregningen af Pearsons korrelation forudsætter, at dataene er normalfordelte. Dette er ikke opfyldt for en del af parametrene, og det er derfor muligt, at en sammenligning af de logaritme-transformerede data vil vise en bedre sammenhæng, jf. bilag A.

Der ses en rimelig korrelation imellem zink og cadmium, men tvivlsom eller ingen korrelation for de fleste andre parametre.

	Pb	Cd	Cu	Zn	BaP	PAH
Pb	1,00					
Cd	0,67	1,00				
Cu	0,53	0,53	1,00			
Zn	0,66	0,75	0,52	1,00		
BaP	0,01	0,11	0,09	0,2	1,00	
PAH	0,01	0,11	0,10	0,18	0,99	1,00

- ikke beregnet

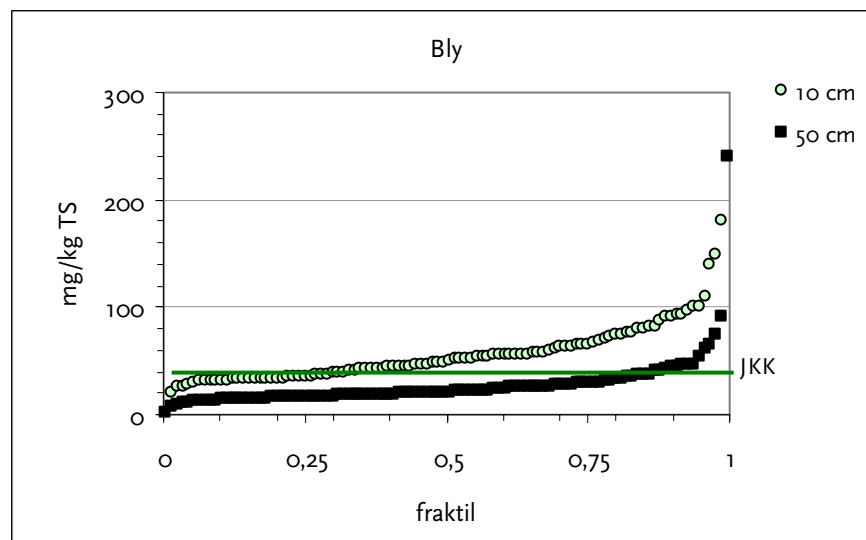
Positiv værdi (begge parametre vokser). Negativ værdi (én parametre aftager, én vokser)

> 0,87 God korrelation 0,5 - 0,71 Tvivlsom korrelation
0,71 - 0,87 Rimelig korrelation < 0,5 Ingen korrelation

TABEL 14.8 KORRELATION IMELLEM Pb, Cd, Cu, Zn, BaP OG PAH I 10 CM'S DYBDE
Correlation between Pb, Cd, Cu, Zn, BaP and PAH in 10 cm's depth

Bly

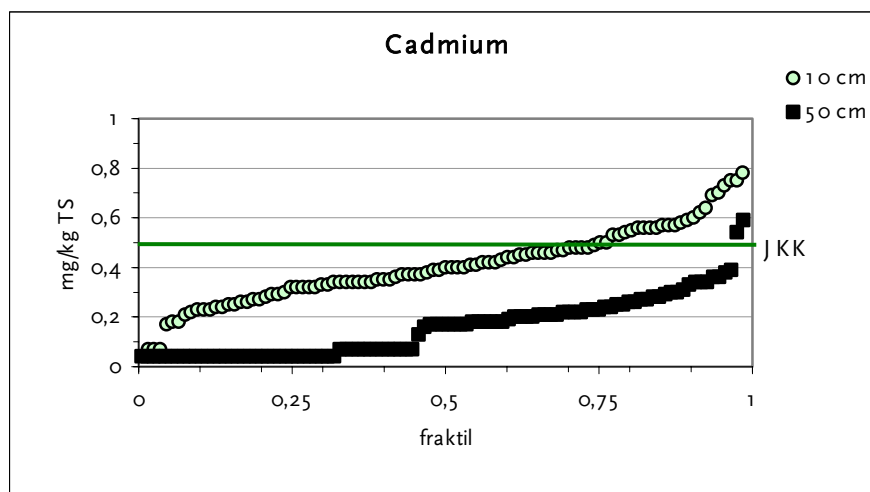
Blyniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Som det fremgår af tabel 14.4 og figur 14.7, overskrides JKK i ca. 50% af prøverne, hvorimod der ses i 0,5 m's dybde et signifikant lavere indhold (Wilcoxon Rank Sum test; $p = 0,000$).



FIGUR 14.7 FRAKTILPLOT FOR BLY – BRØNSHØJ-HUSUM
Quantile plot for lead – Brønshøj-Husum

Cadmium

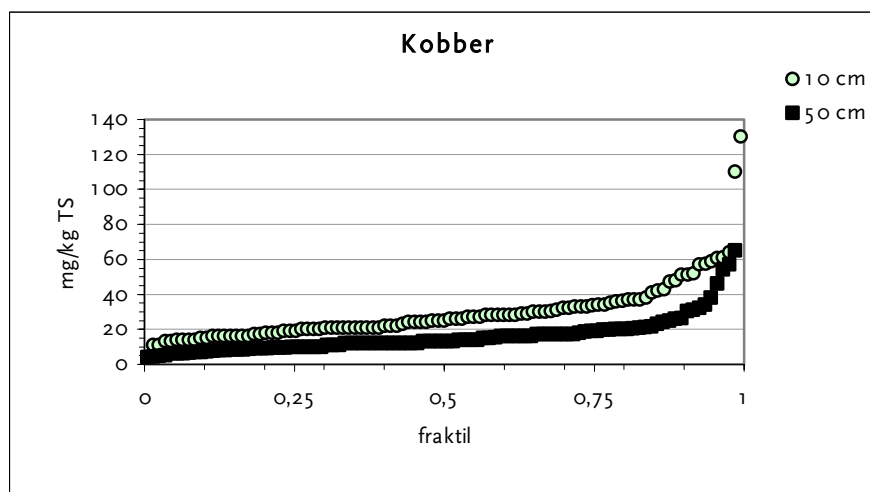
Koncentrationsniveauet ligger over baggrunds niveauet for landområder (0,13–0,22 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), ligesom JKK er overskredet i ca. 25% af jordprøverne (ca. 25%). I 0,5 m's dybde er der dog et signifikant lavere indhold (Wilcoxon Rank Sum test; $p = 0,000$), jf. figur 14.8.



FIGUR 14.8 FRAKTILPLOT FOR CADMIUM – BRØNSHØJ-HUSUM
Quantile plot for cadmium – Brønshøj-Husum

Kobber

Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (5,6 - 9 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men ingen jordprøver overskrider dog JKK. I 0,5 m's dybde er der et signifikant lavere indhold (Wilcoxon Rank Sum test; $p = 0,000$), jf. figur 14.9.



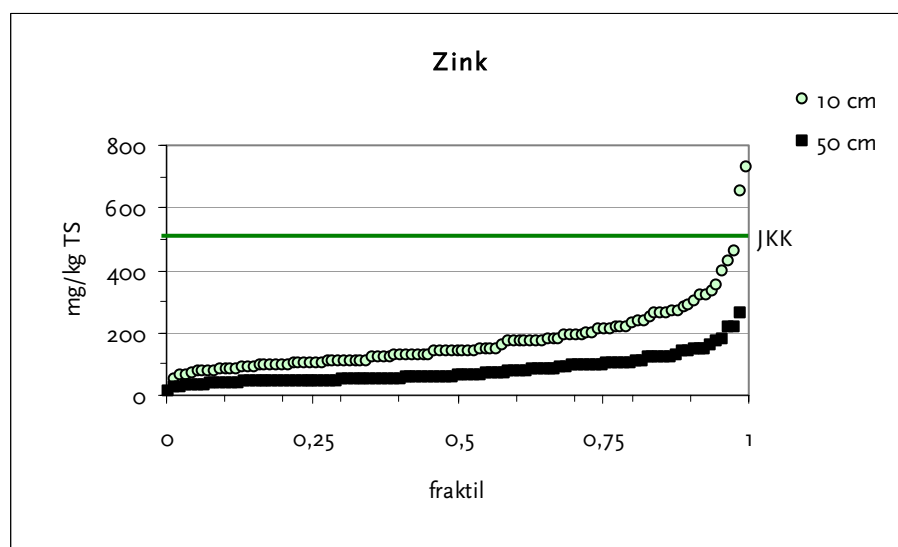
FIGUR 14.9 FRAKTILPLOT FOR KOBBER – BRØNSHØJ-HUSUM
Quantile plot for copper – Brønshøj-Husum

Kviksølv

Kviksølvniveauet er på samme niveau som baggrunds niveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 2.1). Der er ikke jf. tabel 14.4. målt overskridelser af JKK.

Zink

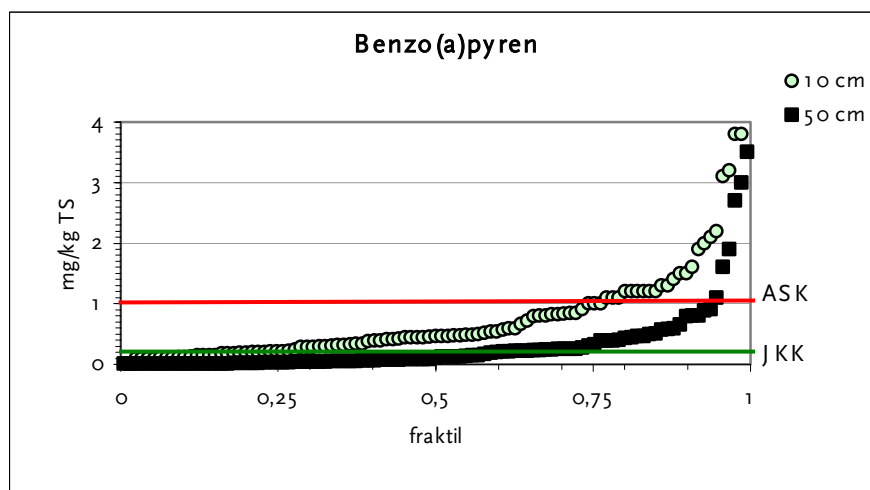
Zinkniveauet er væsentligt højere end baggrunds niveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 2.1), men der ses ingen væsentlig overskridelse af JKK. I 0,5 m's dybde, jf. figur 14.10 er der et signifikant lavere indhold (Wilcoxon Rank Sum test; $p = 0,000$).



FIGUR 14.10 FRAKTILPLOT FOR ZINK – BRØNSHØJ-HUSUM
Quantile plot for zinc – Brønshøj-Husum

PAH

Som det fremgår af tabel 14.5 og figur 14.12, overskrider BaP JKK i ca. 90% af prøverne fra 0,1 m's dybde. Ligeledes ses overskridelse af ASK i ca. 25% af prøverne fra 0,1 m's dybde. Indholdet af BaP og sum af PAH er direkte korreleret, jf. tabel 14.7 og afsnit 15.5. I 0,5 m's dybde, jf. figur 14.11 er der et signifikant lavere indhold (Wilcoxon Rank Sum test; $p = 0,000$).



FIGUR 14.11 FRAKTILPLOT FOR BAP – BRØNSHØJ - HUSUM
Quantile plot for benzo(a)pyrene – Brønshøj - Husum

Andre bemærkninger

Det er ikke muligt at gennemføre geostatistisk analyse, idet der kun er udtaget prøver med 100 m's afstand.

14.3 GRØNDAL

I Grøndals-området i Vanløse er der i årene 1915 - 1930 opført både etagebebyggelse og villakvarterer.

I 1997 foretog Københavns Kommune en undersøgelse af jordforurening fra trafik i Grøndals-området /37/, hvor der er målt bly ved ICP-metoden og PAH ved GC-MS-SIM. Der er analyseret prøver fra 0 - 10 cm's dybde udtaget som blandeprøver af 5 delprøver fra hvert prøvetagningspunkt inden for et areal af 1 m². Prøverne er udtaget for hver 100 m langs vej i en afstand af 0 (i praksis 0 - 11 m), 40, 80 og 120 m fra vejkant. Det er tilstræbt at undgå placering af prøvetagningspunkter tæt ved andre trafikerede veje. Disse data inddrages i nærværende rapport om kulturlaget, da prøverne er udtaget prøver i et boligområde. Det vurderes, at prøverne udtaget 40 - 120 m fra vej bør være repræsentative for boligområdet.

Deskriptiv statistik for bly og PAH

I tabel 14.9 angives en oversigt over resultaterne for samtlige afstande fra vejen.

Parameter	Dybde m	Antal data	Fraktiler							gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
			min	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	Max					
Bly	0,1	75	20	51	61	81	100	140	660	95	40	96	400	1
BaP	0,1	37	0,14	0,24	0,35	0,62	1,0	2,4	9,4	1,1	0,1	100	1	24
DiBahA	0,1	37	i.p.	i.p.	0,06	0,1	0,14	0,25	0,5	0,12	0,1	45	1	
Sum af PAH	0,1	37	0,76	1,3	1,8	3,1	5,2	12	48	5,6	1,5	97	15	14

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit

Overskridelse af JKK - Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK - Afskæringskriteriet /18/.

TABEL 14.9 OVERSIGT OVER ALLE RESULTATER – BLY OG PAH. GRØNDAL OMRÅDET (MG/KG TS)
Overview of all results – lead and PAH. Grøndal (mg/kg dw)

Parameter	Dybde	Antal data	min	Fraktiler						Max	gns.	JKK	% >JKK	ASK	% >ASK
Afstand fra veje	m			0,1	0,25	0,5	0,75	0,9							
Bly	< 11 m	0,1	16	57	68	89	110	140	160	660	140	40	100	400	6
	> 11 m	0,1	59	20	49	57	74	95	130	260	82		95		
BaP*	< 11 m	0,1	16	0,33	0,39	0,57	0,77	0,94	1,2	3,0	0,88	0,1	100	1	13
	> 11 m	0,1	21	0,14	0,18	0,3	0,44	1,1	2,6	9,4	1,2		100		33

i.p.: ikke påvist gns.: gennemsnit



Overskridelse af JKK - Jordkvalitetskriteriet /18/.

Overskridelse af ASK - Afskæringskriteriet /18/.

* Gennemsnitsberegninger er udført med en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen for prøver, hvor intet er påvist, jf. afsnit 2.10.

TABEL 14.10 OVERSIGT OVER RESULTATER – BLY OG PAH. GRØNDALS-OMRÅDET (MG/KG TS).
Overview of results – lead and PAH. Grøndal (mg/kg dw).

I tabel 14.10 er dataene opdelt i to grupper; prøver udtaget tæt på vejen (<11 m) og prøver udtaget på afstand fra vejen (>11 m).

Data for prøver udtaget tæt på (<11 m) og langt fra (>11 m) vejen er testet for at vurdere, om medianværdierne er signifikant forskellige i en Wilcoxon Rank Sum test. Mens blykoncentrationerne (110 og 74 mg/kg TS) er forskellige ved et signifikansniveau på 0,05 ($p = 0,0002$), er dette ikke tilfældet for benzo(a)pyren koncentrationerne (0,77 og 0,44 mg/kg TS, $p = 0,1$). Det er ligeledes i undersøgelsen fra 1997 vurderet, om jordforureningen er forskellig, hvis der er høj bebyggelse tæt på vejen, da en sådan bygning formodes at reducere forureningsbelastningen fra vejen. Ved Wilcoxon Rank Sum testen er der fundet forskelle ($p = 0,0004$) i blyniveauet (median 60 mg/kg TS, $n = 30$) i jorden bag højt byggeri i forhold til bag lavt byggeri (median 88 mg/kg TS, $n = 27$). Forskellene i BaP-niveauer (0,62 mg/kg TS, $n = 6$ og 0,32 mg/kg TS, $n = 12$) er derimod ikke signifikante ($p = 0,063$). Om forskellen skyldes, at høje bebyggelser beskytter mod immission til arealer bag bebyggelse fra trafikken eller at bly-belastningen er forskellig i de forskellige delområder (bebyggelsesalder og -art er forskellig) kan ikke afgøres på det foreliggende datagrundlag.

15 Diffus jordforurening på tværs

På grundlag af undersøgelsesresultaterne for diffus jordforurening i kulturlaget og den efterfølgende databehandling foretages der i dette afsnit en karakterisering af diffus jordforurening i byområder.

Erfaringsopsamlingen er baseret på følgende områder:

København

A	1600 – 1760	Nyboder
B	1870 – 1890	Kartoffelrækkerne
C	1913 – 1930	Guldbergs Plads
Amager (valseværk) 1930		Amager /42/
Østerbro	1920	/34/
Grøndal	1920	/37/
Brønshøj	1940	/36/
D	1950'erne	Banefløjen
E	1960'erne	Tingbjerg
R	1850'erne	Østre Anlæg – referenceområde

Ringsted

F	1880'erne	Sct. Knudsgade
G	1920'erne	Bøllingsvej
H	1940'erne.	Sorøvej
I	1950'erne	Søndervang
J	1980'erne	Bjergbakken

Det skal bemærkes, at der ved tungmetalanalyse af prøver fra testarealer i København er anvendt både EDXRF- og ICP-teknikker, mens der i Ringsted kun er analyseret med ICP. Forskellen mellem disse målinger er beskrevet i afsnit 16.4. For arsen, chrom og nikkel vises målinger med ICP teknikken i de efterfølgende oversigtsfigurer.

Resultaterne fra fase II-datarapporter om henholdsvis trafik og industri er desuden anvendt som et sammenligningsgrundlag /42, 43/. Datarapporten om områder med nedfald fra industrier omfatter blandt andet resultaterne fra et boligområde, etableret i 1930'erne og beliggende omkring et tidligere valseværk på Amager /42/.

Desuden er resultaterne fra de tidligere områdeundersøgelser i København medtaget i figurerne. Ved disse undersøgelser er der ved tungmetalanalyse anvendt ICP-teknikker og arbejdet er udført af et andet laboratorium end i nærværende undersøgelse /34, 36, 37/.

15.1 KARAKTERISERING AF DIFFUS JORDFORURENING: TUNGMETALLER

Tidligere undersøgelser af baggrunds niveauer

I fase 1 /1/ er opsummeret danske referenceniveauer for udvalgte tungmetaller i landbrugsjorder (0 - 25 cm), som er fremkommet i forbindelse med en

omfattende undersøgelse udført af Danmarks Miljøundersøgelser /21, 22/. Disse niveauer er vist i tabel 15.1.

	Landområder			Jordkvalitets- kriterier, /18/	Afskærings- kriterier /18/
	Sandjorde /19, 20/	Lerjorde /19, 20/	Alle jorde /19, 20/ mg/kg TS		
As	2,6	4,1	3,3	20	20
Pb	10,5	12,1	11,3	40	400
Cd	0,13	0,22	0,16	0,5	5
Cr	6,4	17,1	9,9	500	1000
Cu	5,6	9,0	7,0	500	1000
Hg	0,03	0,06	0,04	1	3
Zn	18,4	43,3	26,8	500	1000
Ni	2,9	9,6	5,0	30	30

TABEL 15.1 MEDIANVÆRDIER FOR TUNGMETALKONCENTRATIONER I DANSKE JORDER SAMT JKK OG ASK /18, 21, 22/
Median values for heavy metals in different Danish soil types and soil guidance and interventions levels

DMU har konstateret regionale forskelle inden for tungmetaller i Danmark, og især i Ringsted-området er der bemærket et højere cadmiumniveau /21/. Da jordkvalitetskriteriet for cadmium er tæt på baggrundsniveauet, er det vigtigt at notere, at cadmiumniveauet generelt er højere på øerne, dvs. Fyn, Sjælland, Lolland/Falster, end i Jylland.

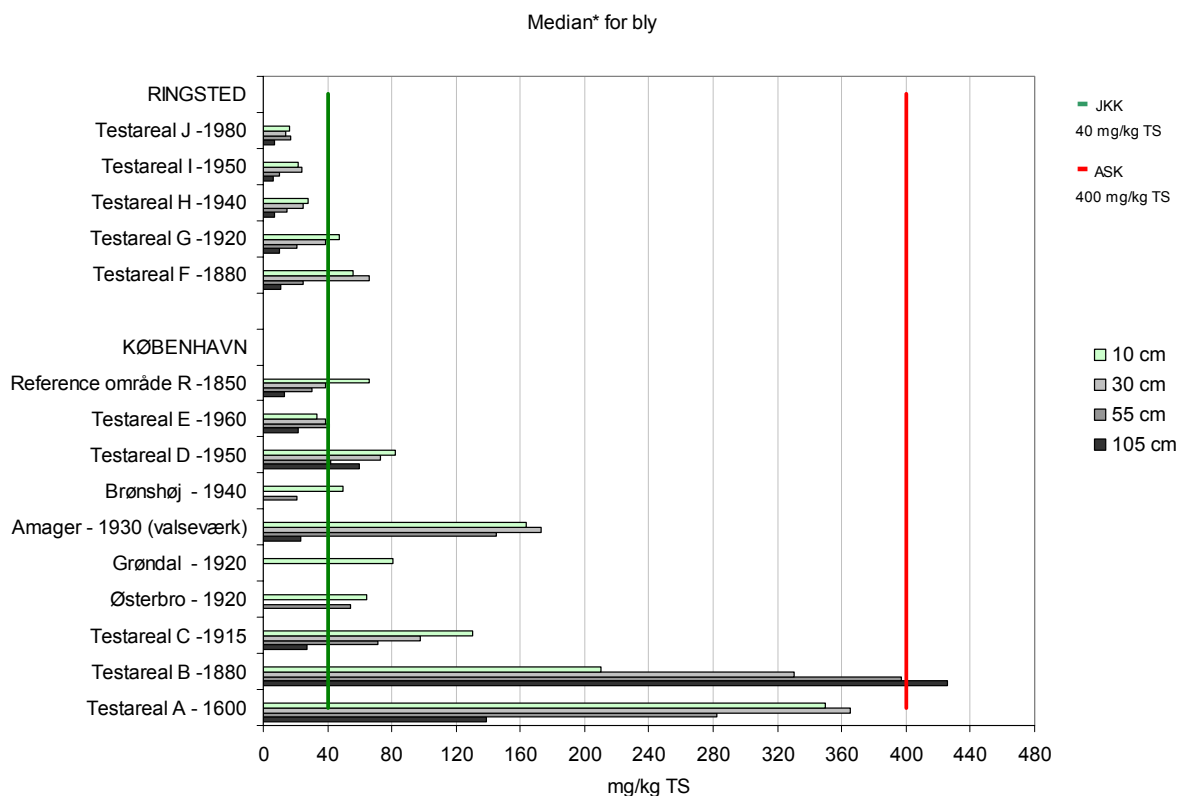
Arsen

Arsenniveauet er på alle testarealer typisk 2,7 – 6,4 mg/kg TS, dvs. omkring baggrundsniveauet for landområder (3 – 4 mg/kg TS, jf. tabel 15.1). Jordkvalitetskriteriet (JKK) og afskæringskriteriet (ASK) er på 20 mg/kg TS og ingen jordprøver viser overskridelser af disse kvalitetskriterier. Der ses ingen tendens til forskelle i koncentrationerne i jorden i forhold til boligområdets alder, ligesom der heller ikke ses forskelle mellem niveauerne i København og Ringsted. Der ses ingen tendens til faldende koncentrationer med dybden.

Bly

Blyniveauet er på alle testarealer væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (10 – 12 mg/kg TS, jf. tabel 15.1). JKK overskrides på flere af testarealerne, og der ses en tendens til, at jordforureningen kan relateres til et boligområdes alder, dvs. at de ældste områder er mest forurenede. I de ældste boligområder i København, etableret før 1900-tallet, ses også overskridelser af afskæringskriterierne (ASK) for medianværdier for bly. Som det tydeligt ses i figur 15.1, er jordforureningen højest i København. I Ringsted ses ingen overskridelser af JKK i boligområder etableret efter 1940. Da figur 15.1 viser medianværdier, kan der i de yngre områder dog være enkelte målinger, som overskrider JKK eller ASK.

Data fra de forskellige testarealer er testet med Wilcoxon Rank Sum test, og de fleste arealer er fundet signifikant forskellige fra hinanden, dvs. i forhold til alder for etablering af boligbebyggelse, jf. tabel 15.2. Dataanalysen af de 10 testarealer har dog vist, at der findes stor spredning i koncentrationsintervallerne på de enkelte testarealer. Der kan i en bydel ofte forekomme ejendomme eller områder, hvor der er foretaget jordudskiftning, som kan medføre overraskende lave målinger. Ligeledes kan der forekomme overraskende høje målinger, som antages at stamme fra punktkildeforureninger, men disse påvirker ikke medianværdierne som vist i figur 15.1.



* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.1 OVERSIGT OVER BLY OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of lead and housing areas according to age and history

Det bemærkes, at blyniveauet i Østre Anlæg (referenceområdet) er signifikant lavere end i de nærliggende testarealer A og B, men på niveau med de ældste boligområder i Ringsted. I de ældste områder ses ingen tendens til faldende koncentrationer i dybden - tværtimod ses i nogle områder stigende koncentrationer – der findes altså jordforurening i dybden, som tilsyneladende er af ældre oprindelse. I de yngre områder ses en tendens til faldende koncentrationer med dybden. I de ældste boligområder i København fra før 1915 findes det forurenede kulturlag til mindst 1 m's dybde. Kulturlaget er mindre i de nyere boligområder (efter 1915). I Ringsted findes det forurenede kulturlag i de ældre områder (før 1920) og til mindst 50 cm's dybde.

Boligområdet omkring et tidligere produktionsanlæg (valseværk) på Amager viser et lidt forhøjet niveau i forhold til den aldersmæssige rækkefølge vist i figur 15.1

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme Pb data i 0,1 m's dybde sammenlignes parvis for følgende testarealer		Wilcoxon Rank Sum test P-værdi
Testareal A	Testareal B	0,086 (0,045 ved en t-test)
Testareal B	Testareal C	0,002
Testareal C	Testareal D	0,004
Testareal D	Testareal E	0,000
Østerbro	Brønshøj	0,25
Amager valseværk	Testareal D	0,000
Testareal D	Testareal R	0,012
Testareal D	Testareal I	0,000
Testareal F	Testareal G	0,002
Testareal G	Testareal H	0,000
Testareal H	Testareal I	0,000
Testareal I	Testareal J	0,000

 Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes.
Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

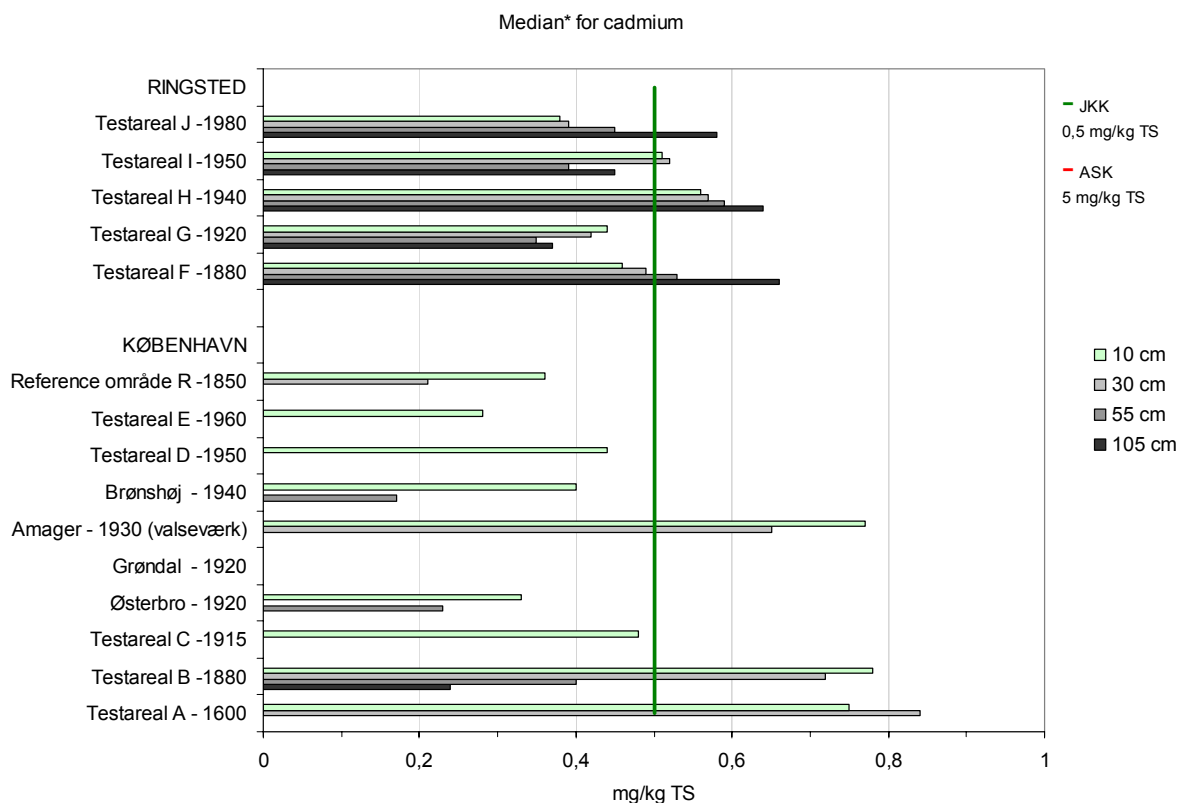
TABEL 15.2 WILCOXON RANK TEST FOR Pb I FORSKELLIGE TESTAREALER
Wilcoxon Rank test for Pb in different test areas

Cadmium

På alle testarealer ligger koncentrationsniveauet over baggrundsniveauet for landområder (0,13-0,22 mg/kg TS, jf. tabel 15.1).

I de ældste (og mest blyforurenede byområder) i København ses også forurening med cadmium, som overskrider JKK, jf. figur 15.2. I Ringsted er cadmium-indholdet forholdsvis højt, og omkring JKK i alle dybder. Der ses ingen overskridelser af ASK.

Det er tydeligt, at cadmiumforureningen i København er tilknyttet den diffuse jordforurening og kan relateres til boligområdets alder, mens den i Ringsted er tilknyttet jordarten. I København ses ingen overskridelser i boligområder opført efter 1920, og de forurenede arealer i de ældre områder viser en tendens til faldende koncentrationer i dybden – dog er der kun få målinger i testarealer i København. Boligområdet omkring et tidligere produktionsanlæg (valseværk) på Amager viser et lidt forhøjet niveau i forhold til den aldersmæssige rækkefølge vist i figur 15.2.

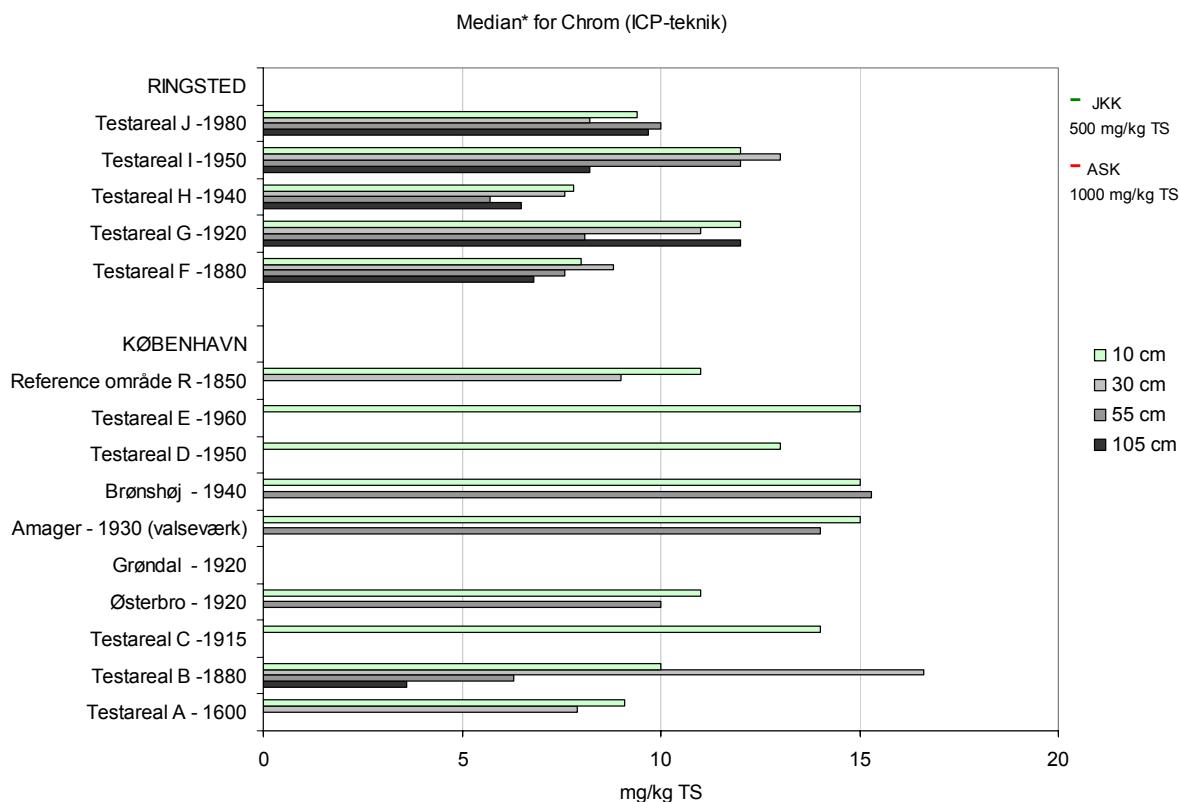


* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.2 OVERSIGT OVER CADMIUM OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of cadmium and housing areas according to age and history

Chrom

Chromniveauet er omkring 9 – 15 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (6,4 -17 mg/kg TS, jf. tabel 15.1). Ingen jordprøver overskrider JKK eller ASK, jf. figur 15.3. Der ses ingen tendens til forskelle i koncentrationerne i forhold til boligområdets alder, ligesom der heller ikke ses forskelle mellem niveauerne i København og Ringsted. Der ses ingen tendens til faldende koncentrationer med dybden.



* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

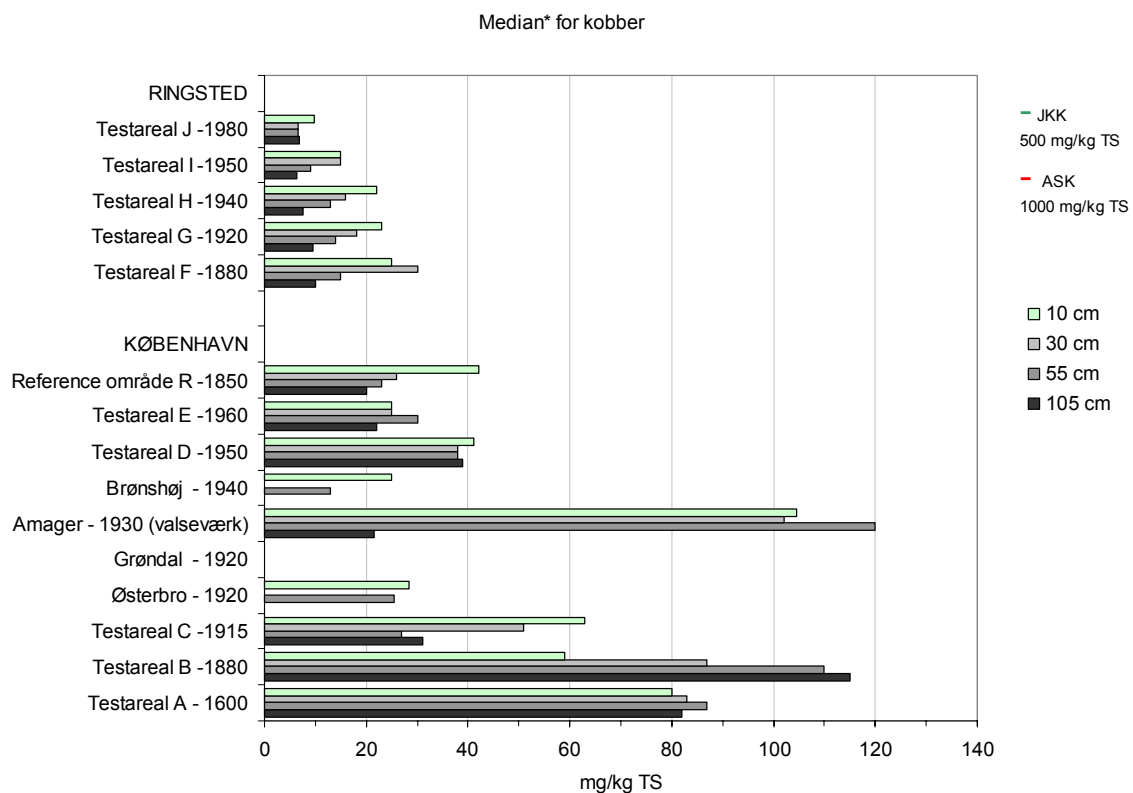
FIGUR 15.3 OVERSIGT OVER CHROM OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of chromium and housing areas according to age and history

Kobber

Kobberniveauet er væsentligt højere end baggrundsniveauet for landområder (5,6-9 mg/kg TS, jf. tabel 15.1), men ingen jordprøver overskrider JKK eller ASK.

Det ses af figur 15.4 en tendens til, at jordforureningen kan relateres til et boligområdes alder, dvs. at de ældste områder er mest forurenede, og jordforureningen generelt er højere i København end i Ringsted.

Som for bly ses ingen tendens til faldende koncentrationer i dybden i de ældste områder i København - tværtimod ses i nogle områder stigende koncentrationer. I de yngre områder ses derimod en tendens til faldende koncentrationer med dybden. Boligområdet omkring et tidligere produktionsanlæg (valseværk) på Amager viser et væsentligt forhøjet niveau i forhold til den aldersmæssige rækkefølge vist i figur 15.4.



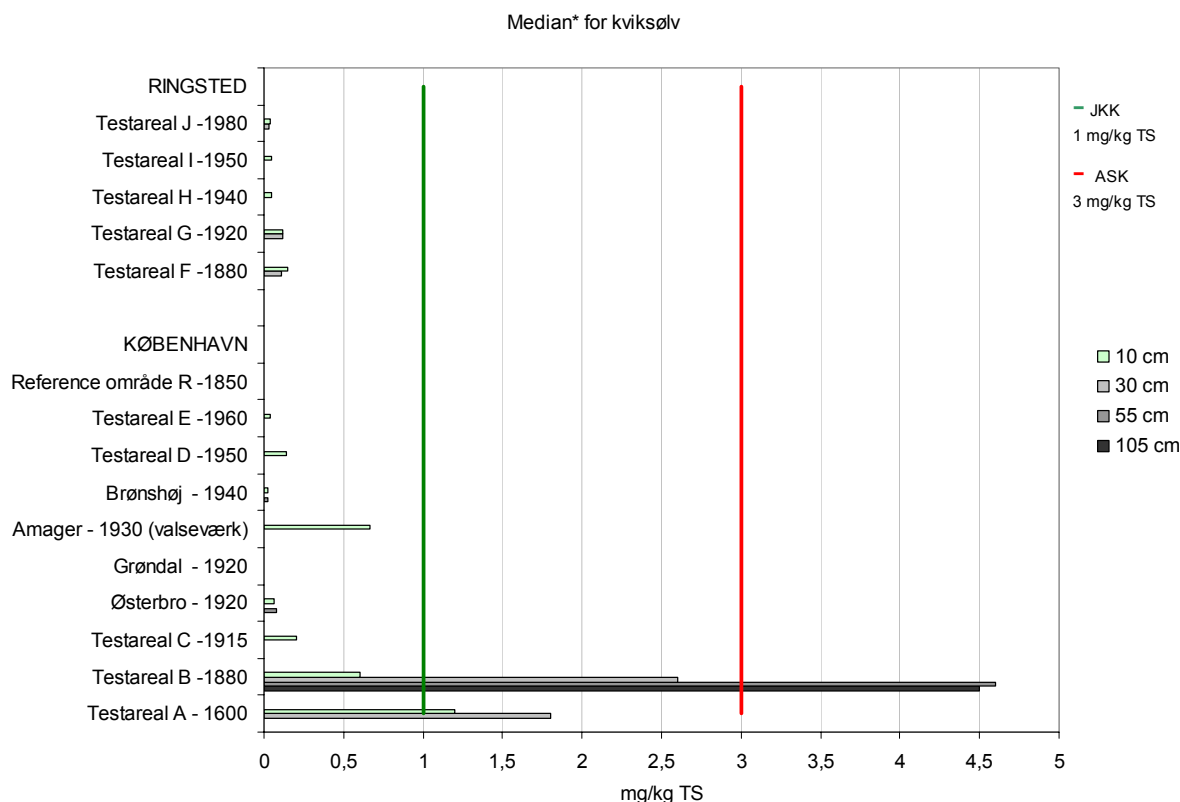
* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.4 OVERSICHT OVER KOBBER OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of copper and housing areas according to age and history

Kviksølv

Kviksølvniveauet er generelt lavt og omkring baggrundsniveauet for landområder (0,03 - 0,06 mg/kg TS, jf. tabel 15.1). Jordkvalitetskriteriet er kun overskredet i de to ældste arealer i København, testareal A – Nyboder og testareal B – Kartoffelrækkerne, jf. figur 15.5. Især testareal B er interessant, idet kviksølvindholdet her stiger i dybden og ASK overskrides i henholdsvis 0,5 og 1,05 m's dybde. Metallisk kviksølv blev tidligere anvendt til mange formål, og er en tung væske, som kan nedsive i jordprofilen.

Datamængden er for lille til at kunne vurdere, om der en eventuel forskel mellem København og Ringsted.



* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.5 OVERSIGT OVER KVIKSØLV OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of mercury and housing areas according to age and history

Nikkel

Nikkelniveauet er typisk 8 - 13 mg/kg TS, hvilket svarer til baggrunds niveauet for landområder (2,9 - 9,6 mg/kg TS, jf. tabel 15.1). Jordkvalitetskriteriet og afskæringskriteriet overskrides ikke.

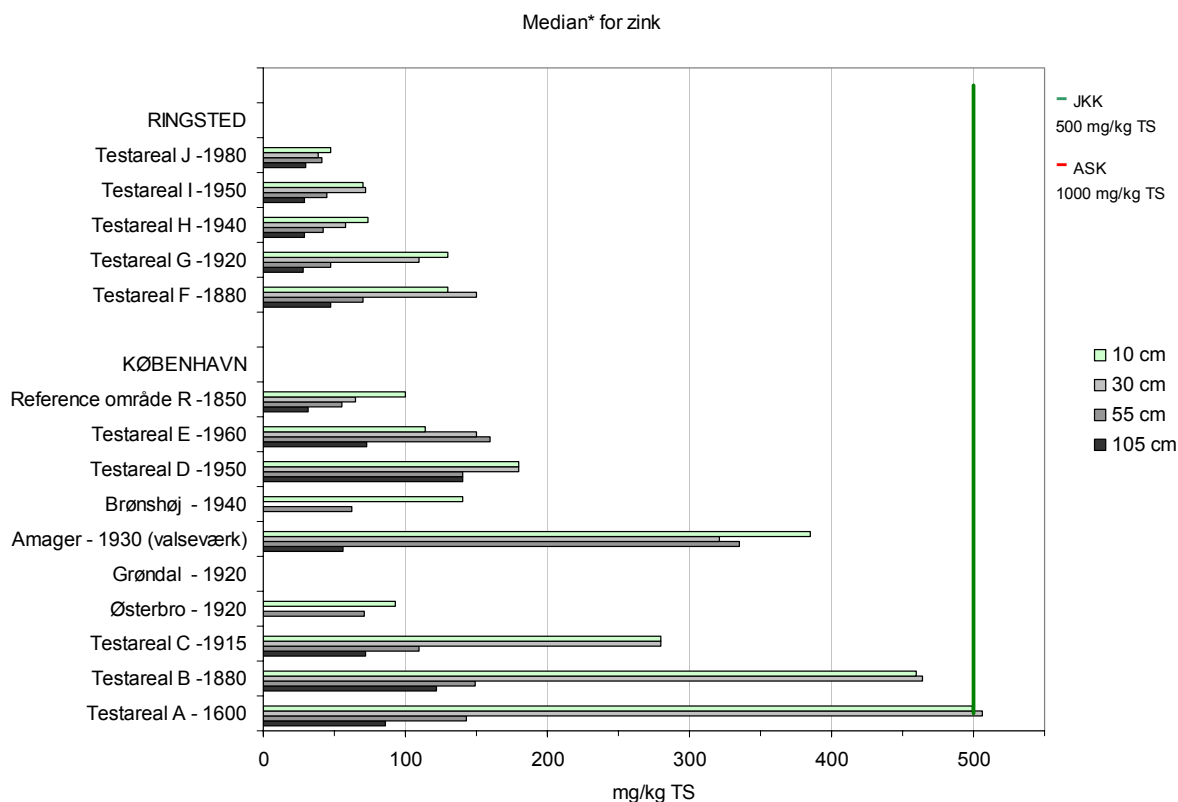
Zink

På alle testarealer er zinkniveauet højere end baggrunds niveauet for landområder (18 - 45 mg/kg TS, jf. tabel 15.1). JKK er kun overskredet på det ældste boligområde i København. ASK overskrides ikke.

Der ses en tendens til, at jordforureningen kan relateres til et boligområdes alder, dvs. at de ældste områder er mest forurenede.

Det fremgår tydeligt, at jordforureningen er højere i København end i Ringsted.

På alle områder ses en tendens til faldende koncentrationer med dybden, altså en tendens til at zink i høj grad findes i det øverste jordlag 0,1 - 0,3 m u. t. Boligområdet omkring et tidligere produktionsanlæg (valseværk) på Amager viser et lidt forhøjet niveau i forhold til den aldersmæssige rækkefølge vist i figur 15.6.



* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.6 OVERSIGT OVER ZINK OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of zinc and housing areas according to age and history

15.2 KARAKTERISERING AF DIFFUS JORDFORURENING: OLIE OG PAH

Tidligere undersøgelser af baggrundsniveauer

Som redegjort for i fase 1 rapporten /1/ findes der ingen som for metallerne tilsvarende landsdækkende undersøgelse af baggrundsniveauer for organiske forureningsstoffer i dansk jord. På baggrund af indsamlet litteratur blev der i stedet for skønnet et referenceniveau for en række organiske parametre i danske jorder, jf. tabel 15.3. Der blev ikke skønnet noget referenceniveau for olie, idet olie normalt konstateres i forbindelse med spild ved punktkilder samt i vejvand og rabatjord. Desuden vurderes det, at lave indhold af olie vil nedbrydes, dog evt. med en restforurening af tungere kulbrinter såsom PAH.

	Land- områder	Byområder	Jordkvalitets- kriterier, /18/ mg/kg TS	Afskærings kriterier /18/
Oliekulbrinter (C_5 - C_{35})			100	
PAH - sum af 7 PAH	0,06- 0,6	0,6- 20	1,5	15
BaP	0,01	0,01-1	0,1	1

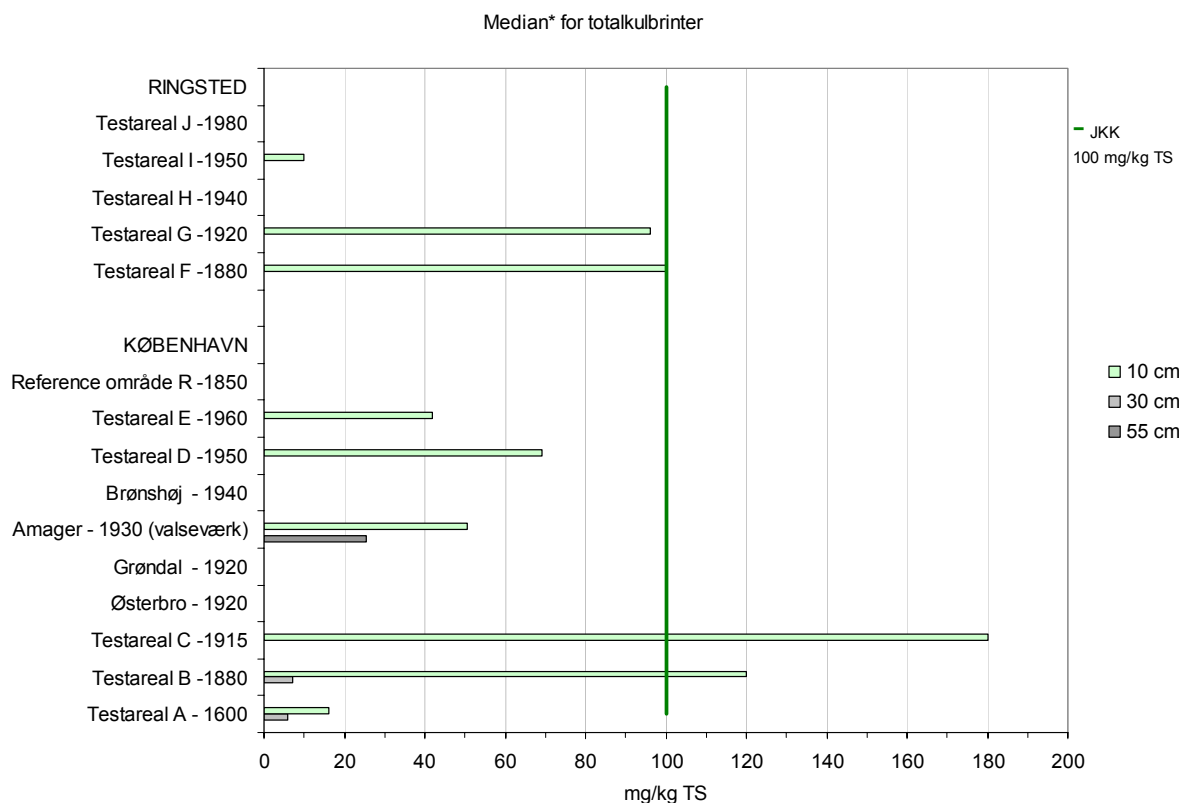
TABEL 15.3 SKØNNED E REFERENCENIVEAUER FOR ORGANISKE STOFFER I JORD /1/
Estimated reference levels for organic pollutants in rural and urban soils

Olie

Som det ses af figur 15.7, er der på enkelte testarealer konstateret overskridelser af JKK. Der er fundet indhold af olieculbrinter i 66% af de analyserede jordprøver (57 prøver). I 21% af jordprøverne er der fundet en overskridelse på

op til 2 gange JKK (JKK er 100 mg/kg TS). Ved fund af kulbrinter i jorden er disse i 84% af tilfældene beskrevet som kulbrinter med et kogepunktsinterval som tjære/asfalt. I 5% af prøverne er det vurderet, at der er tale om naturlige kulbrinter, men indholdet i disse prøver er mindre end jordkvalitetskriteriet på 100 mg/kg TS. Ca. 11% af prøverne beskrives som indeholdende uidentificerede kulbrinter, men indholdet i disse prøver har med kun én undtagelse ligeledes været mindre end jordkvalitetskriteriet på 100 mg/kg TS.

Der er for få data til at vurdere aldersmæssige forhold eller om der er forskel mellem København og Ringsted. Ligeledes kan der ikke vurderes om der er en faldende tendens ned igennem jordprofilen.

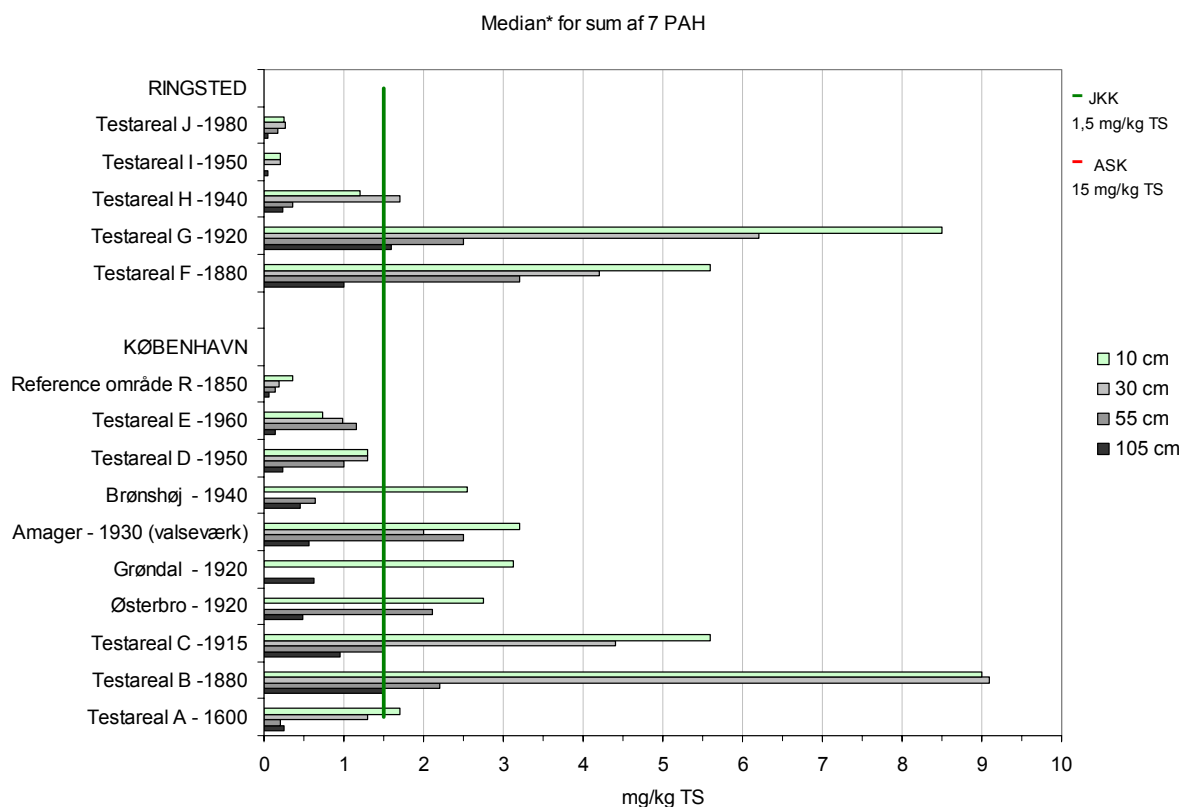


* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.7 OVERSICHT OVER TOTALKULBRINTER OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of hydrocarbons and housing areas according to age and history

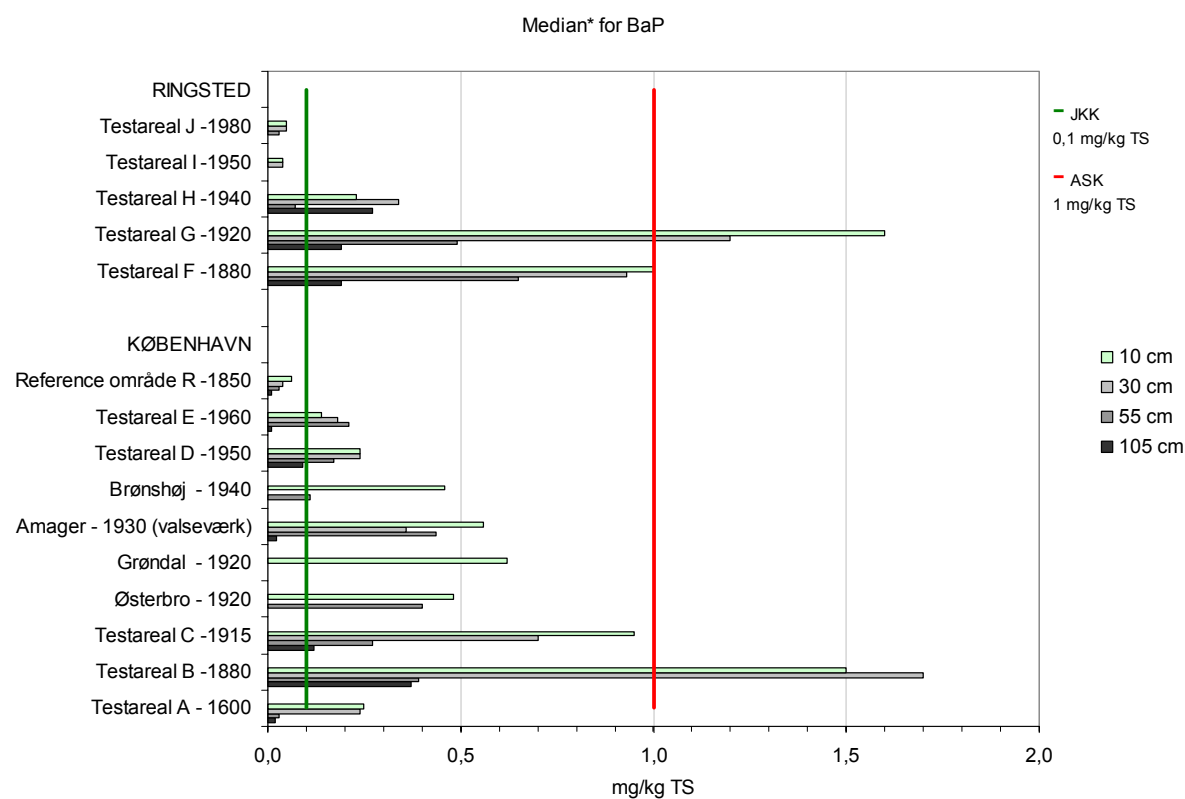
PAH

Som det fremgår af figur 15.8, 15.9 og 15.10, overskrider sum af PAH, BaP og dibenz(ah)anthracen (DiBahA) JKK i flere af prøverne. JKK for BaP er overskredet i forhold til medianværdien i alle boligområder i København, mens der fra 1950 ikke ses overskridelser i Ringsted. I de ældste boligområder i København og Ringsted, dvs. dem der er etableret før 1920, ses ofte overskridelse af afskæringskriterierne (ASK) for medianværdier for BaP. Da figur 15.9 viser medianværdier, kan der i de yngre områder dog forekomme enkelte målinger, som overskrider JKK eller ASK. Indhold af BaP, DiBahA og sum af PAH er direkte korreleret, jf. afsnit 15.5. Ved lave indhold af PAH, er det altid BaP, som medfører overskridelse af JKK.



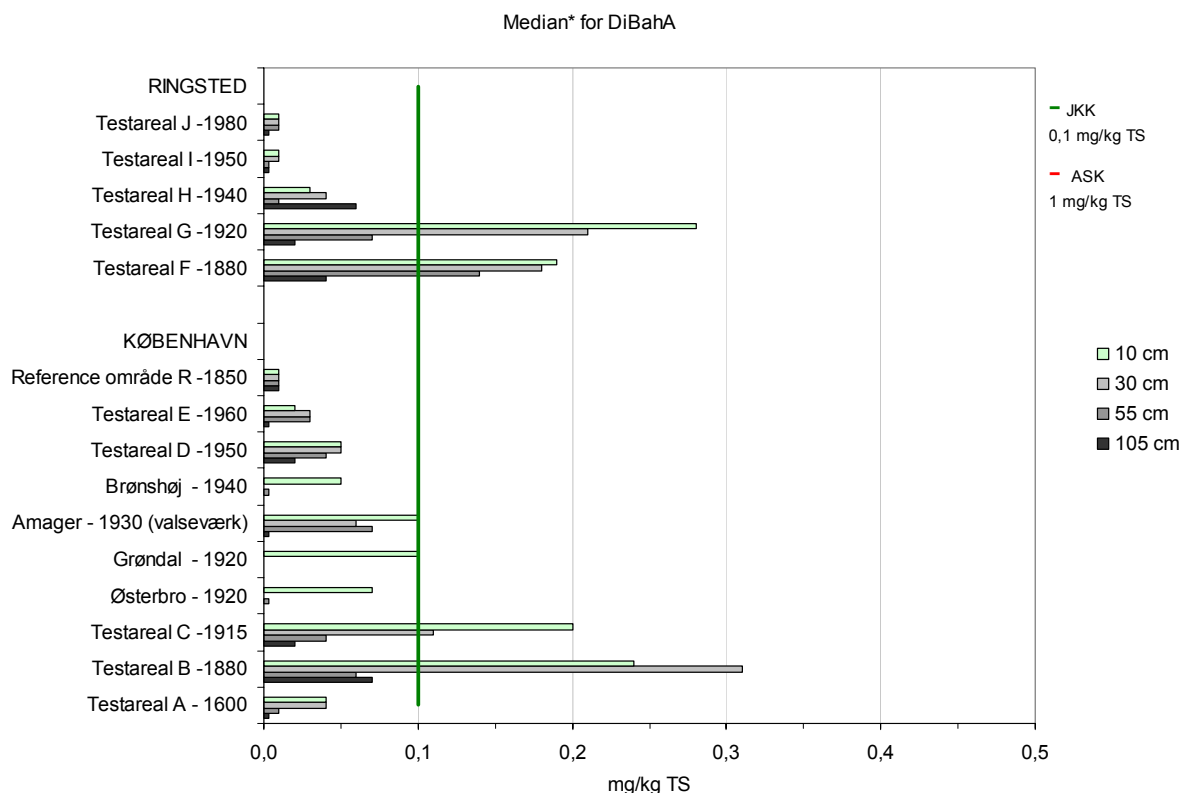
* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.8 OVERSICHT OVER SUM AF 7 PAH OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of sum of 7 PAH and housing areas according to age and history



* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.9 OVERSICHT OVER BAP OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of benzo(a)pyrene and housing areas according to age and history



* Medianværdi betyder, at 50% af datapunkter er højere end den angivne værdi.

FIGUR 15.10 OVERSIGT OVER DIBENZ(AH)ANTHRACEN OG BOLIGOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of dibenz(ah)anthracene and housing areas according to age and history

I både Ringsted og København er PAH-indholdet tilsyneladende afhængigt af alder for byudviklingen. Medianværdierne for de ældste arealer fra før 1920 er mere end 5 mg/kg TS. Undtagelsen er testareal A - Nyboder, som viser en lavere PAH-belastning end de øvrige områder i København, der er etableret før 1940. Desuden er PAH-niveauet for referenceområde R (Østre Anlæg) signifikant lavere end de nærliggende testarealer A og B. Boligområdet omkring en tidligere produktionsanlæg (valseværk) på Amager har et BaP-niveau, som svarer til tidspunkt for etablering, jf. figur 15.9. Dataene fra de forskellige testarealer er testet ved Wilcoxon Rank Sum test, og de fleste arealer er fundet signifikant forskellige fra hinanden, jf. tabel 15.4. Dataanalysen af de 10 testarealer har dog vist, at der findes stor spredning i koncentrationsintervallerne på de enkelte testarealer. Der kan i de enkelte bydele forekomme ejendomme eller områder, hvor der er foretaget jordudskiftning, som medfører overraskende lave målinger. Ligeledes kan der findes overraskende høje målinger, som antages at stamme fra punktkildeforureninger.

På alle områder ses en tendens til faldende koncentrationer med dybden – forureningen er altså højst i det øverste jordlag. I de ældre boligområder (fra før 1950) i København og Ringsted findes det forurenede kulturlag til mindst 0,5 -1 m's dybde, men kulturlaget er typisk mindre i de nyere boligområder (efter 1950).

Nulhypotesen: Fordelingen er den samme		Wilcoxon Rank Sum test
BaP data i 0,1 m's dybde sammenlignes parvis for følgende testarealer		P-værdi
Testareal A	Testareal B	1,00 (B er højere end A, P=0,000)
Testareal B	Testareal C	0,087
Testareal C	Testareal D	0,001
Testareal D	Testareal E	0,014
Østerbro	Brønshøj	0,32
Valseværk	Testareal D	0,000
Valseværk	Brønshøj	0,100
Testareal A	Testareal R	0,027
Testareal A	Testareal F	1,00 (F er højere end A, P=0,000)
Testareal B	Testareal G	0,434
Testareal F	Testareal G	0,758
Testareal G	Testareal H	0,000
Testareal H	Testareal I	0,000
Testareal I	Testareal J	0,627

 Signifikant ved en en-halet test ($p < 0,05$). Nulhypotesen forkastes. Fordeling 1 er højere end fordeling 2.

TABEL 15.4 WILCOXON RANK TEST FOR BAP PÅ FORSKELLIGE TESTAREALER
Wilcoxon Rank test for Pb in different test areas

Ved sammenligning af figurerne 15.1, 15.4 og 15.6 med 15.8 og 15.9 ses det tydeligt, at forholdene mellem de forskellige byområder i København og Ringsted er anderledes for PAH og BaP end for Pb, Cu og Zn. Kort sagt ses der i de ældste områder i Ringsted forholdsvis høje indhold af PAH og BaP, som kan sammenlignes med niveauet i København. Tungmetalniveauerne er derimod generelt væsentligt mindre i Ringsted end i København. Dette kan skyldes, at diffus jordforurening med PAH skyldes en belastning tilknyttet boliganvendelse f.eks. boligopvarmning. Det er tydeligt, at PAH-niveauet i testareal A – Nyboder er forholdsvis lavt i forhold til de andre testarealer, men der er ikke fremkommet nogen forklaring på fænomenet.

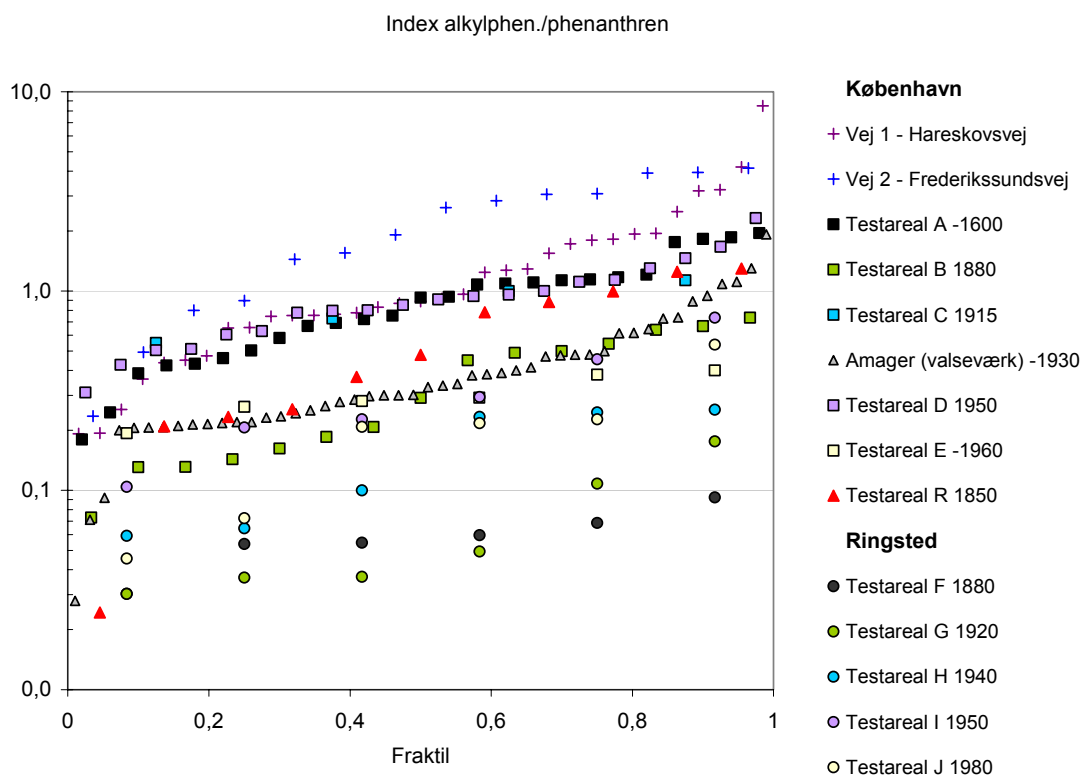
15.3 PAH-SAMMENSETNING

Med det formål at vurdere PAH-sammensætningen i forhold til PAH-kilden er der analyseret en række PAH, ligesom det relative forhold mellem de enkelte PAH er analyseret for hvert testareal. Der er som nævnt i /16/ peget på visse PAH-forbindelser og indikatorer, som kan benyttes til vurdering af kildeoprindelsen.

Kilder til diffus jordforurening med PAH kan være olieprodukter, sediment fra spildevand (ofte olieprodukter), produkter indeholdende kultjære samt atmosfærisk nedfald fra forbrænding af fossilt brændsel (kul, koks og olie) samt emission fra trafik. I ældre jordforureninger er de lettere methylerede PAH, som karakteriserer olieprodukter, ofte nedbrudt, men der findes også relativt stabile methylerede 3 – 4-ringede PAH-forbindelser. Endvidere er reten (7-isopropyl-1-methyl-phenanthren) en specifik indikator for afbrænding af nåletræ, og coronen, anthanthren og benzo(ghi)perylene dannes i forbrændingsmotorer /16/. For at kunne sammenligne disse indikatorer på de 10 testarealer med forskellig PAH-belastninger er indholdet normaliseret i forhold til BaP-, DiBaA- eller phenanthren-indholdet. De fire følgende indeks har vist forskelle for de 10 testarealer og i sammenligning med data fra datarapporter om diffus jordforurening og trafik /43/.

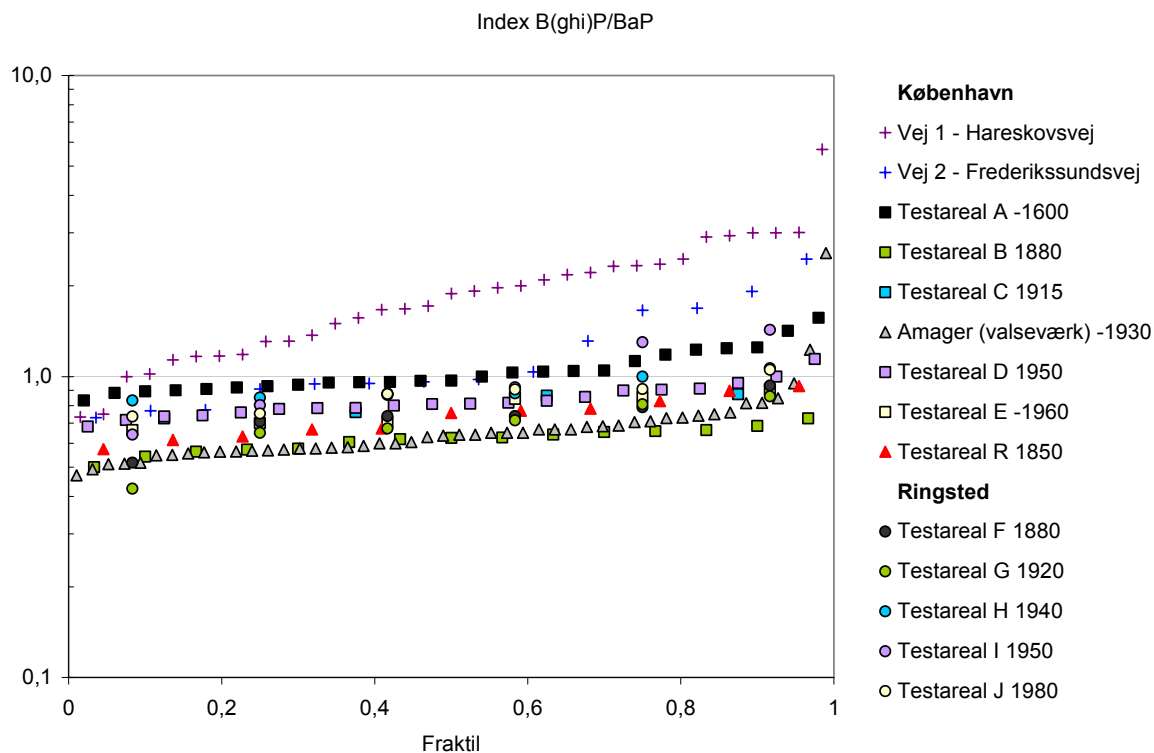
- Alkylphenanthrener/Phenanthren (Alkylphen/Phen) Høj ved emission fra trafikken
- Benzo(ghi)perylene/Benzo(a)pyren (BghiP/BaP) Høj ved emission fra trafikken
- Coronen/Benzo(a)pyren (Coronen/BaP) Høj ved emission fra trafikken
- Reten/Dibenz(ah)anthracen (Reten/DiBahA) Høj ved forbrænding af nåletræ

I figur 15.11 – 15.14 ses fraktilplots af de fire indekser for prøver fra 0 - 10 cm's dybde. Dataene vises som et logfraktil-plot, idet der ses stor spredning i indeksene, som formentlig skyldes, at højere indhold af indikatorstof nemt kan sløres ved tilstedeværelse af andre PAH-kilder.



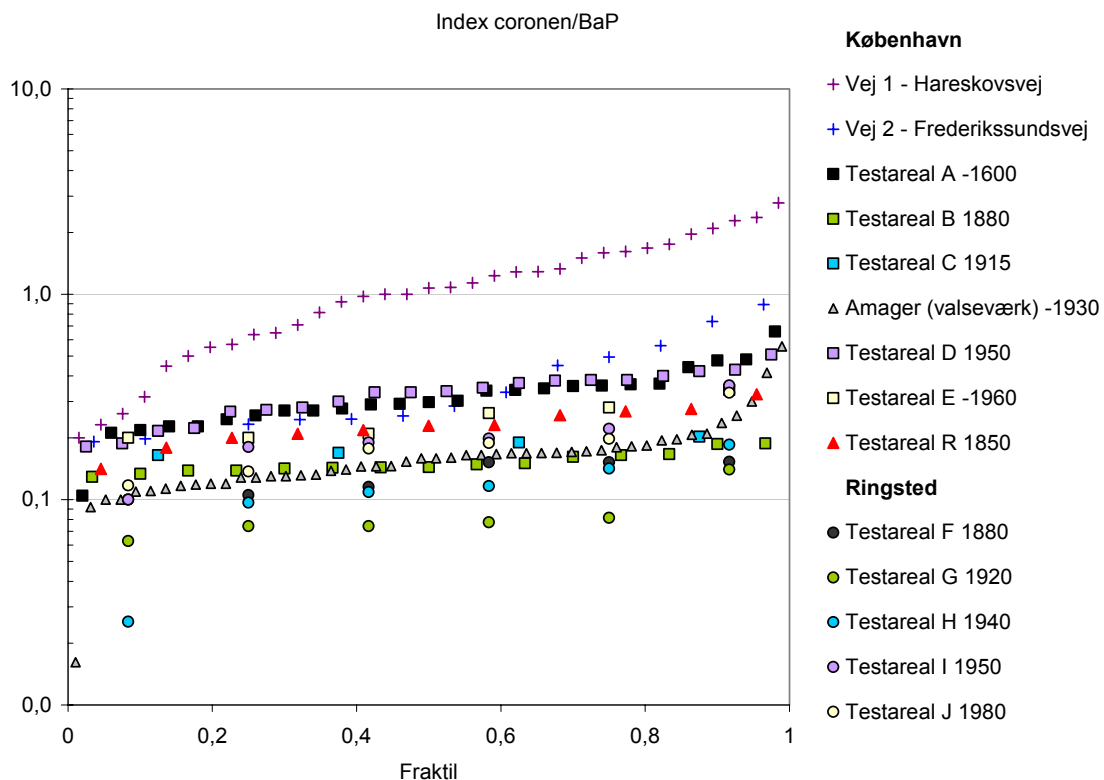
FIGUR 15.11 FORHOLD MELLEM ALKYLPHENANTHRENER OG PHENANTHREN
Relationship between Alkyl phenanthrenes and phenanthrene

Som det ses af figur 15.11 er indholdet af alkylphenanthrener i forhold til phenanthren højest for prøver udtaget langs Frederikssundsvej. Indekset er relativt højt for prøver langs Hareskovvej og for de ældre områder i København, dvs. testareal A og D (henholdsvis Nyboder og Banefløjen). I Ringsted ligger indekset fra alkylphenanthrener og phenanthren derimod lavt. Da alkylphenanthrener antages at stamme fra olieprodukter og dermed emission fra trafikken, kan figur 15.11 indikere, at der er en mindre belastning med PAH fra trafikken i Ringsted end i København.



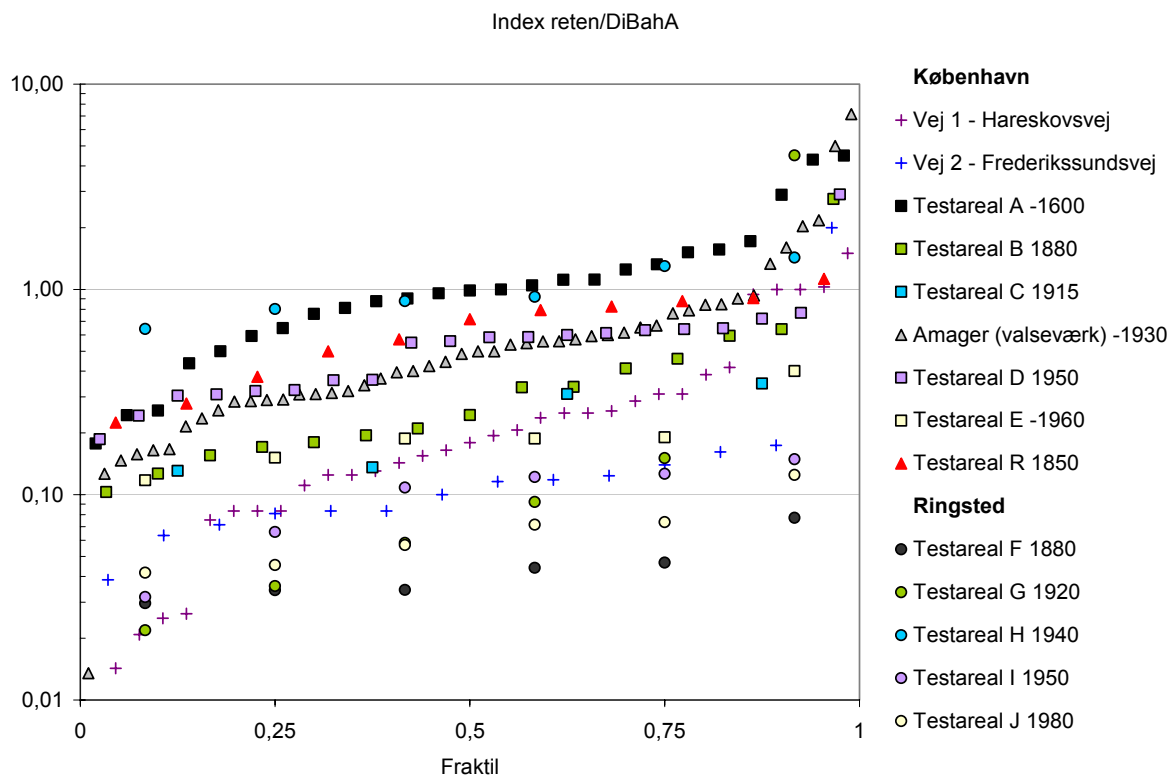
FIGUR 15.12 FORHOLD MELLEM BENZO(GHI)PERYLEN OG BaP
Relationship between benzo(ghi)perylene and BaP

I figur 15.12 ses derimod, at indekset fra benzo(ghi)perylene og BaP er højest for Hareskovvej, mens de andre testarealer viser nogenlunde ens forhold. Da indekset fra benzo(ghi)perylene og BaP også antages, at være højest ved emission fra trafikken, er der i figur 15.12 i modsætning til figur 15.11, ingen indikation af, at belastningen med PAH fra trafikken er mindre i Ringsted end i København.



FIGUR 15.13 FORHOLD MELLEM CORONEN OG BaP
Relationship between coronene and BaP

Indekset for coronen og BaP antages også at være højest ved emission fra trafikken. Indekset er højest for Hareskovvej og relativt højt for Frederikssundsvej og de ældre områder i København, dvs. testareal A og D (henholdsvis Nyboder og Banefløj), jf. figur 15.13. Testarealerne i Ringsted ligger derimod lavt, hvilket igen indikerer, at PAH-belastningen fra trafikken er mindre i Ringsted end i København.



FIGUR 15.14 FORHOLD MELLEM RETEN OG DIBENZ(AH)ANTHRACEN
Relationship between retene and dibenz(ah)anthracene

Figur 15.14 viser indekset for retene, en PAH som ses ved forbrænding af nåletræer og dibenz(ah)anthracen. De højeste værdier ses ved testarealerne A og H (Nybor og Ringsted - Sorøvej) efterfulgt af testareal R (Østre Anlæg). Det er tydeligt, at indekset er relativt lavt for prøver udtaget langs vej, samt øvrige boligområder i København og Ringsted.

Forklaringen menes at være tilknyttet boligopvarmning, men der mangler baggrundsplysninger om de tidligere anvendte former for boligopvarmning i de enkelte områder.

15.4 KARAKTERISERING AF DIFFUS JORDFORURENING: ØVRIGE ORGANISKE PARAMETRE

Tidligere undersøgelser af baggrunds niveauer

Som redegjort for i fase 1 rapporten /1/ findes der ingen som for metaller tilsvarende landsdækkende undersøgelse af baggrunds niveauer for organiske forureningsstoffer i dansk jord. Der findes imidlertid mange studier af fremmede organiske stoffer i sediment og spildevandsslam. DMU har i 2002 publiceret to rapporter /38, 39/, som indeholder resultater for baggrunds niveauer for diverse organiske stoffer i landbrugsjord, hvor der ikke er tilført slam.

Disse værdier er vist i tabel 15.5. Generelt er der for få data til at vurdere aldersmæssige forhold eller om der er forskel mellem København og Ringsted. Ligeledes kan der ikke vurderes om der er en faldende tendens ned igennem jordprofilen.

	Landområder	Byområder	Jord-kvalitetskriterier
Dioxin, ng ITE(NATO/CCMS)/kg TS*	0,2 – 0,9 /38/	1-3 /28, 38/	(40)**
Sum af Phthalater DEHP, µg/kg TS	20- 60 /39/ 10-30 /39/	1000/skøn/ 100 /skøn/	250.000 25.000
PCB, µg/kg TS	0,1 – 0,4 /39/	10-200 /27, 29/	(20)***

* ITE (NATO/CCMS): Internationale toksicitetsækvivalenter som defineret af NATO/CCMS.

** Tyskland, baggrundsniveau: 5 ng ITE (NATO/CCMS) /kg TS, Grænseniveau ved dyrkning af afgrøder: 40 ng ITE (NATO/CCMS) /kg TS/25/

*** Holland /26/

TABEL 15.5 SKØNNEDE REFERENCENIVEAUER FOR ORGANISKE STOFFER I JORD

Estimated reference levels for organic pollutants in rural and urban soils

PCB

Fra de 10 testarealer og referenceområder er analyseret 55 prøver for PCB-congenerne 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. I 52 af prøverne er der ikke påvist PCB (detektionsgrænsen er 5 µg/kg TS). Det højeste indhold er 481 µg/kg TS (congener 153 og 138 dominerer), som er fundet i en prøve fra 30 cm's dybde ved testareal A - Nyboder. Indholdet i de to andre prøver var henholdsvis 33 og 71 µg/kg TS.

På området omkring et tidligere valseværk på Amager /42/ er der analyseret 35 prøver, men der er kun påvist PCB i 7 af prøverne (detektionsgrænsen er 5 µg/kg TS). Der højeste indhold er 113 µg/kg TS (congener 153 og 138 dominerer) og indholdet i de andre 6 prøver var mellem 5 og 25 µg/kg TS.

Der er ikke noget dansk jordkvalitetskriterium for PCB, men kriteriet i Holland er 20 µg/kg TS for 7 congener /26/. I Bergen i Norge er der fundet 100–1000 µg/kg TS i jorden (10–100 gange den norske grænseværdi på 10 µg/kg TS) i forbindelse med en bygningsrenovation, hvor der tidligere er anvendt PCB-holdig fugemasse /29/. I Norge er baggrundskoncentrationen i jorden skønnet at være på 3–30 µg (7 PCB-congener)/kg TS /54/.

I /39/ er det noteret, at congener 138 er den mest hyppige congener i PCB-forurenede jord. I landbrugsjord tilført slam ses op til 500 µg PCB/kg TS.

Phthalater

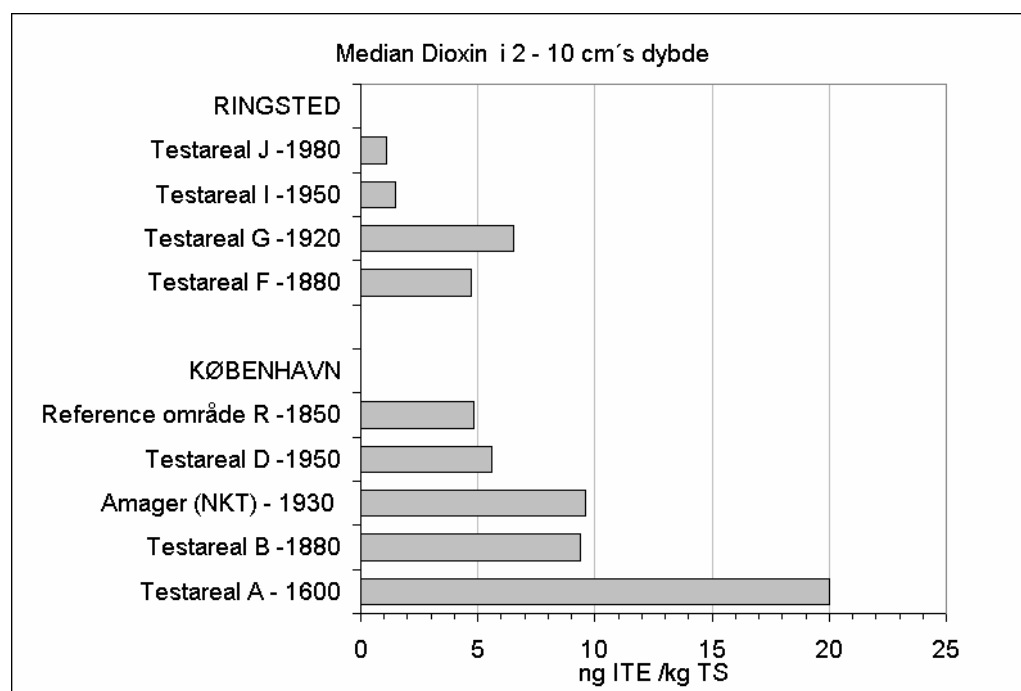
Fra de 10 testarealer og referenceområdet er analyseret 55 prøver for phthalater. Disse er fundet i 39 af prøverne. Det maksimale indhold for summen af 8 phthalater (Dimethylphthalat, Diethylphthalat, Di-n-butylphthalat, Butylbenzylphthalat, DEHA, DEHP, Di-iso-nonylphthalat og Di-n-octylphthalat) er 1334 µg/kg TS, heraf 710 µg DEHP/kg TS. De fleste af de 39 prøver har et indhold på 100 - 200 µg sum af phthalater /kg TS. På området omkring et tidligere valseværk på Amager er der analyseret 35 prøver, og der er påvist phthalater i 26 af prøverne /42/.

Ingen prøver overskrider de danske jordkvalitetskriterier på henholdsvis 250.000 og 25.000 µg/kg TS for summen af phthalater og DEHP /18/. DEHP efterfulgt af di-n-butylphthalat, di-iso-nonylphthalat, butylbenzylphthalat og dimethylphthalat dominerer.

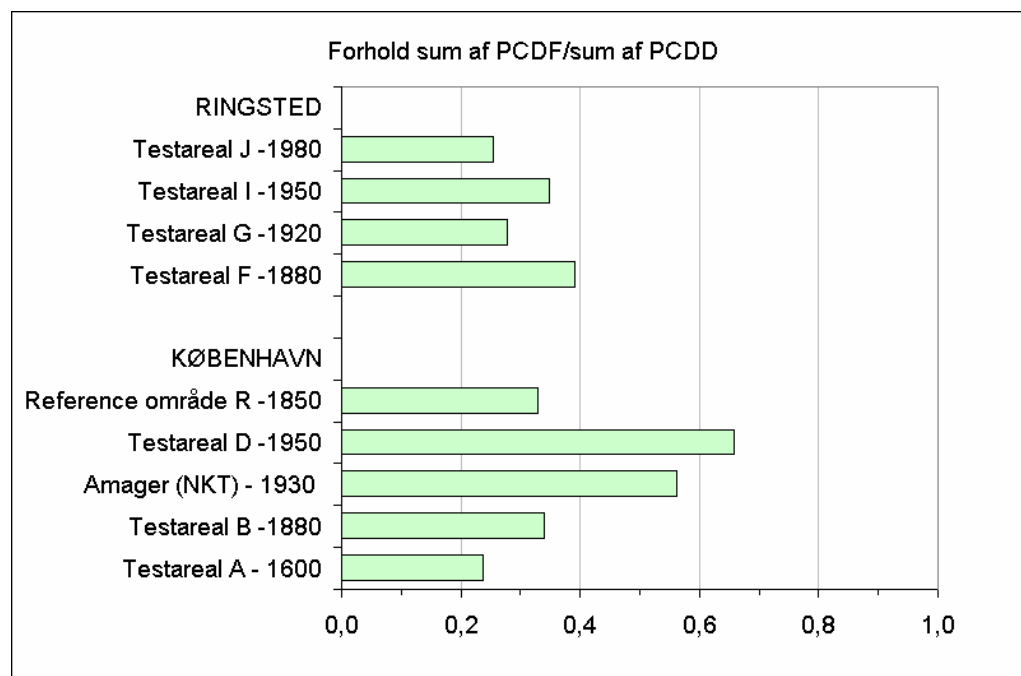
Dioxiner

23 prøver er analyseret for dioxiner og der er kun fundet lave indhold i alle prøver. Resultaterne er vist i figur 15.15. Der er ikke noget dansk jordkvalitetskriterium, men baggrundsniveauet i landbrugsjord er skønnet at være 2–5 ng

ITE¹/kg TS, og ca. 10 gange højere i byområder /25, 38/. I Tyskland er baggrundsniveauet i landbrugsområder omkring 1-5 ng ITE/kg TS og 10 – 30 ng ITE/kg TS i byområder /25, 28/. Grænseværdien for slam er 100 ng ITE/kg TS. Ved dyrkning af afgrøder i Tyskland skal indholdet i jorden være mindre end 40 ng ITE /kg TS og helst mindre end 5 ng ITE /kg TS /28/.



FIGUR 15.15 OVERSICHT OVER DIOXIN OG BYOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of dioxins and housing areas according to age and history



FIGUR 15.16 OVERSICHT OVER FORHOLD SUM AF PCDF/SUM AF PCDD OG BYOMRÅDER MED FORSKELLIG ALDER OG HISTORIK
Overview of relation sum of PCDF/sum of PCDD and housing areas according to age and history

¹ ITE Internationale toksicitetsækvivalenter (NATO/CCMS)

Som det ses af figur 15.15, er dioxinindholdet højest på testareal A (Nyboder), et areal, som har et forholdsvis lavt PAH-niveau. Forklaringen formodes at være opvarmning med brænde og de mange bybrande, der har hærget i København. Dele af Nyboder er nedbrændt flere gange i løbet af de sidste par århundreder. Der er for få data til at vurdere aldersmæssige forhold og hvorvidt der er en faldende tendens ned igennem jordprofilen. Tilsyneladende er der en tendens til lavere indhold i byjord i Ringsted end i København.

Dioxiner består af både polychlorerede dibenzofuraner (PCDF) og dibenzo-(p)dioxiner (PCDD). Med henblik på at belyse en evt. forskel i dioxinmønstre er forhold mellem disse to grupper opstillet grafisk i figur 15.16. Umiddelbart vurderes forskellen mellem testarealerne at være ubetydelig, da der på de enkelte testarealer ses store variationer.

Pesticider

I 6 prøver fra testarealer i boligområder i Ringsted er der analyseret for pesticider (Atrazin, DDT, DDE, DDD, Dichlobenil, Dieldrin, Lindan, Malathion, Parathion, Simazin). Der er i én af prøverne fundet DDT (samt DDE og DDD) med et indhold på 0,03 mg DDT+ DDE/kg TS. Herudover er der kun i én prøve fundet 0,03 mg Parathion/kg TS.

Omkring et tidligere valseværk på Amager er der analyseret 4 prøver for pesticider. Der er påvist DDT (samt DDE og DDD) i 3 af prøverne, hvor det højeste indhold er 0,26 mg DDT+ DDE/kg TS. Herudover er der kun i én prøve fundet 0,03 mg Parathion/kg TS.

De danske jordkvalitetskriterier er henholdsvis 0,5 mg DDT+DDE/kg TS og 0,1 mg Parathion/kg TS.

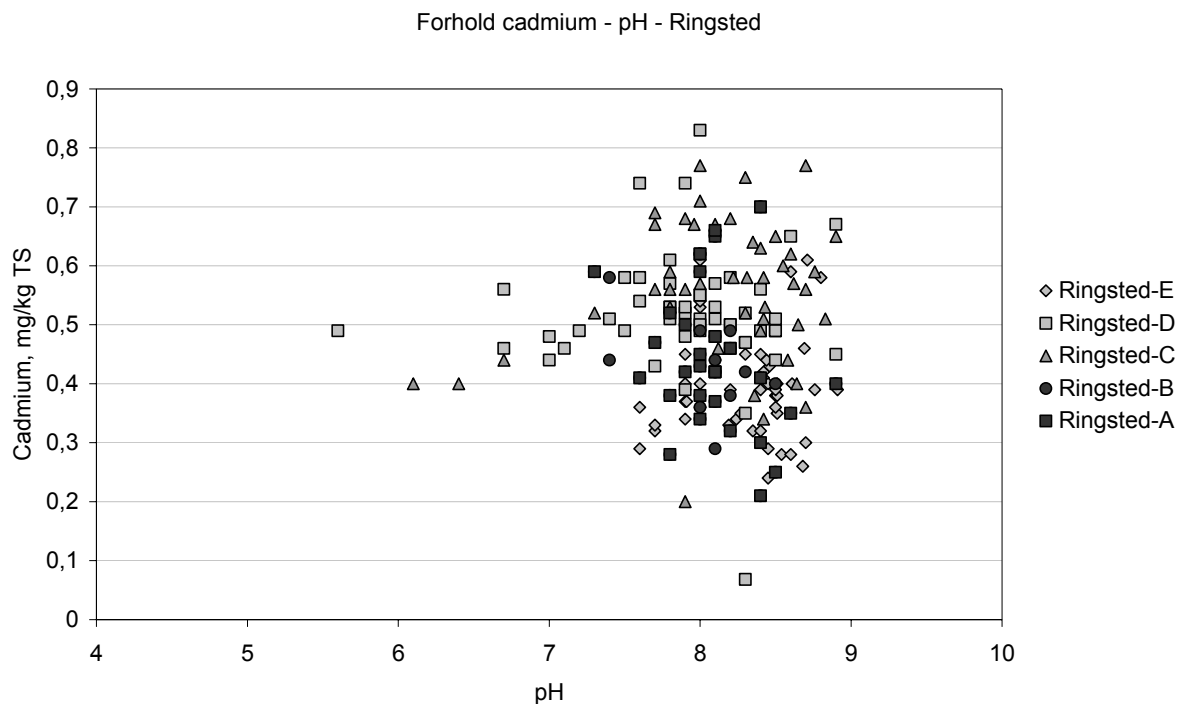
15.5 KORRELATION IMELLEM PARAMETRE

Korrelationen imellem de enkelte parametre er for hvert testareal beregnet. Ligeledes er der ved den geostatistiske databehandling anvendt en multivariate tilgang. Korrelationen imellem metallerne har typisk været 0,2 – 0,5, dvs. der er ingen eller kun tvivlsom korrelation.

Som vist i afsnit 15.1, er det især bly, zink, cadmium og BaP, som markerer sig med forhøjede værdier i områder med diffus jordforurening i byområder. Korrelationen imellem bly og de øvrige metaller har vist, at der er forskellige korrelationsforhold på de 10 testarealer. Der er derfor foretaget en overordnet analyse af alle data fra testarealer. Generelt ses dårlig korrelation imellem metallerne og PAH/BaP.

Cadmium og pH

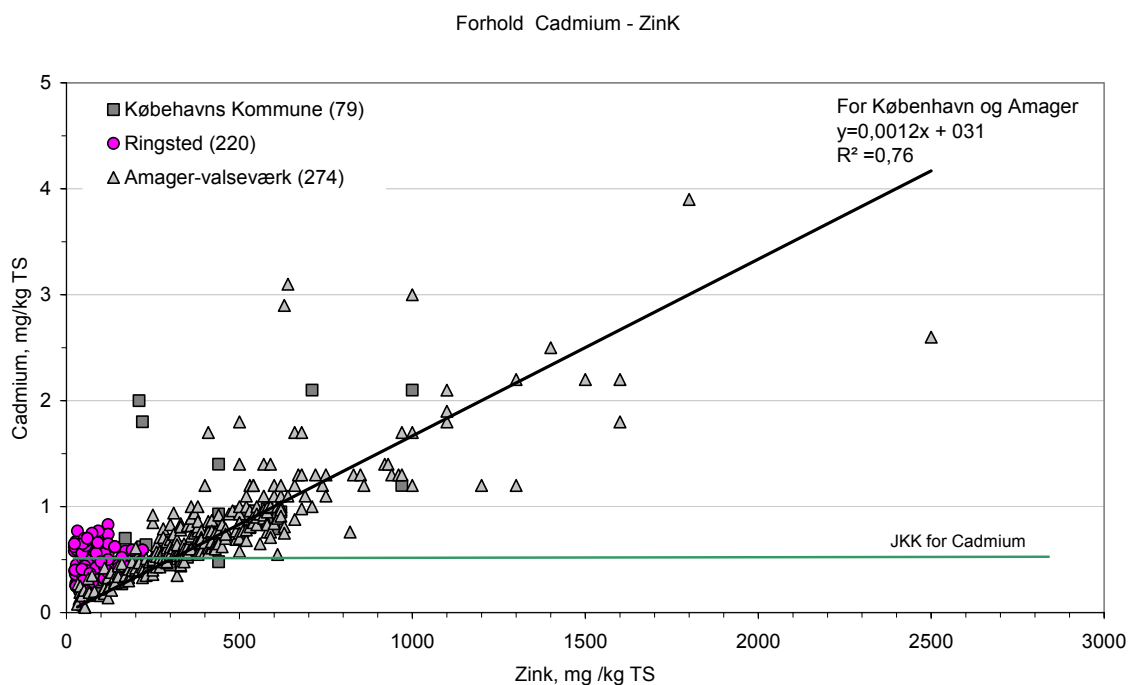
Da der tidligere i /23/ er fundet en sammenhæng imellem pH og cadmium i Ringsted, er der foretaget en undersøgelse af alle målinger fra Ringsted, jf. figur 15.17.



FIGUR 15.17 SAMMENHÆNG IMELLEM pH OG CADMIUMINDHOLD I RINGSTED
Relationship between pH and cadmium content in soils in Ringsted

Der er ikke konstateret sammenhæng imellem pH og cadmium-indhold i jordprøver fra Ringsted.

Cadmium og zink

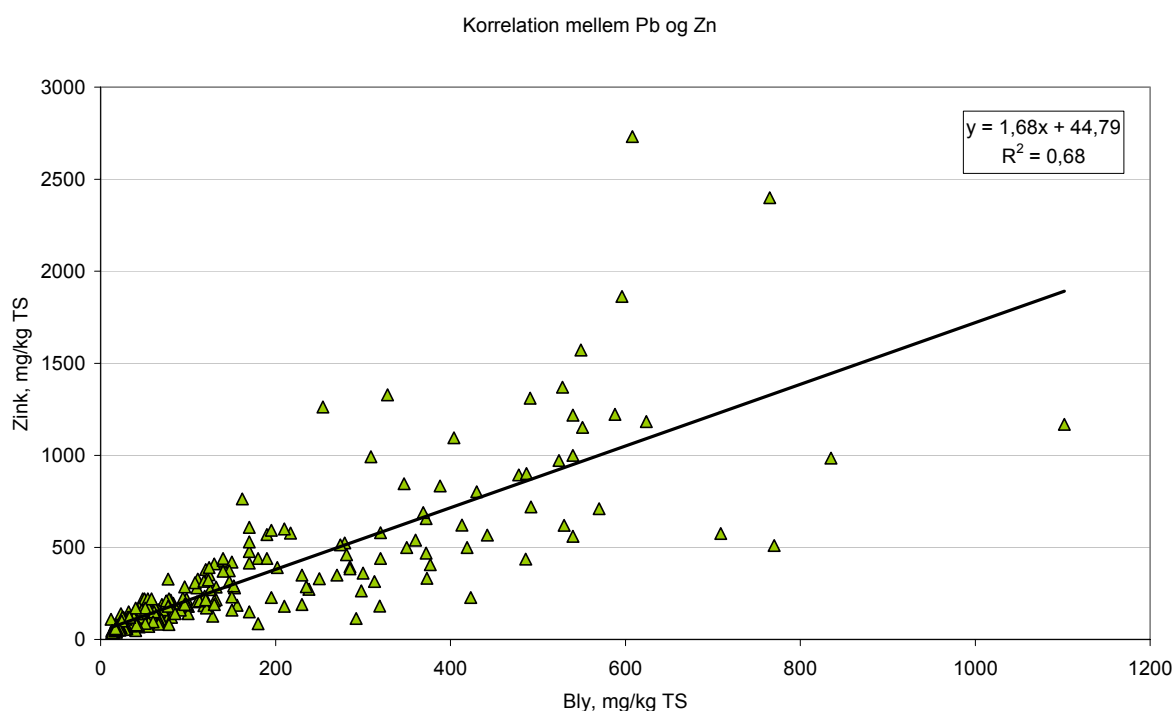


FIGUR 15.18 SAMMENHÆNG IMELLEM CADMIUM OG ZINK (ANTAL AF PRØVER ER VIST I PARENTES)
Relationship between cadmium and zinc (number of samples shown in parenthesis)

I figur 15.18 ses, at forklaringsgrad (R^2) for forholdet imellem cadmium og zink i alle prøver fra de 5 områder i København og Amager-valseværk er 0,76, dvs. at der er en god korrelation. Forklaringsgraden 0,53 for alene de 5 testarealer og referenceareal i København er mindre overbevisende. Prøverne fra Ringsted viser en forklaringsgraden 0,05 - dvs. der er ingen korrelation. Forholdet imellem zink og cadmium betyder, at der ved zinkindhold over 150 – 400 mg/kg TS kan forventes en overskridelse af JKK for cadmium på 0,5 mg /kg TS. Derimod ses i Ringsted et naturligt baggrundsniveau for cadmium, som ligger omkring JKK, og ikke er relateret til zinkindholdet.

Bly og zink

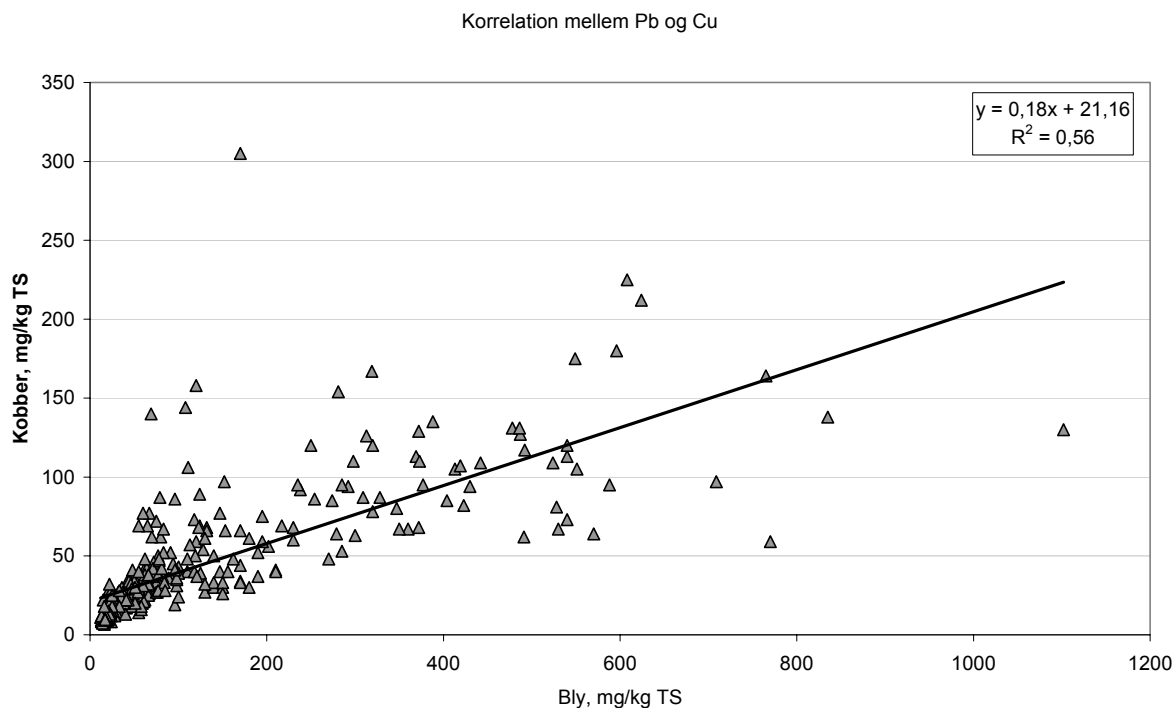
Som det ses af figur 15.19 er der en rimelig forklaringsgrad ($R^2 = 0,68$) for forholdet imellem bly og zink.



FIGUR 15.19 FORHOLD IMELLEM BLY OG ZINK
Relationship between lead and zinc

Bly og kobber

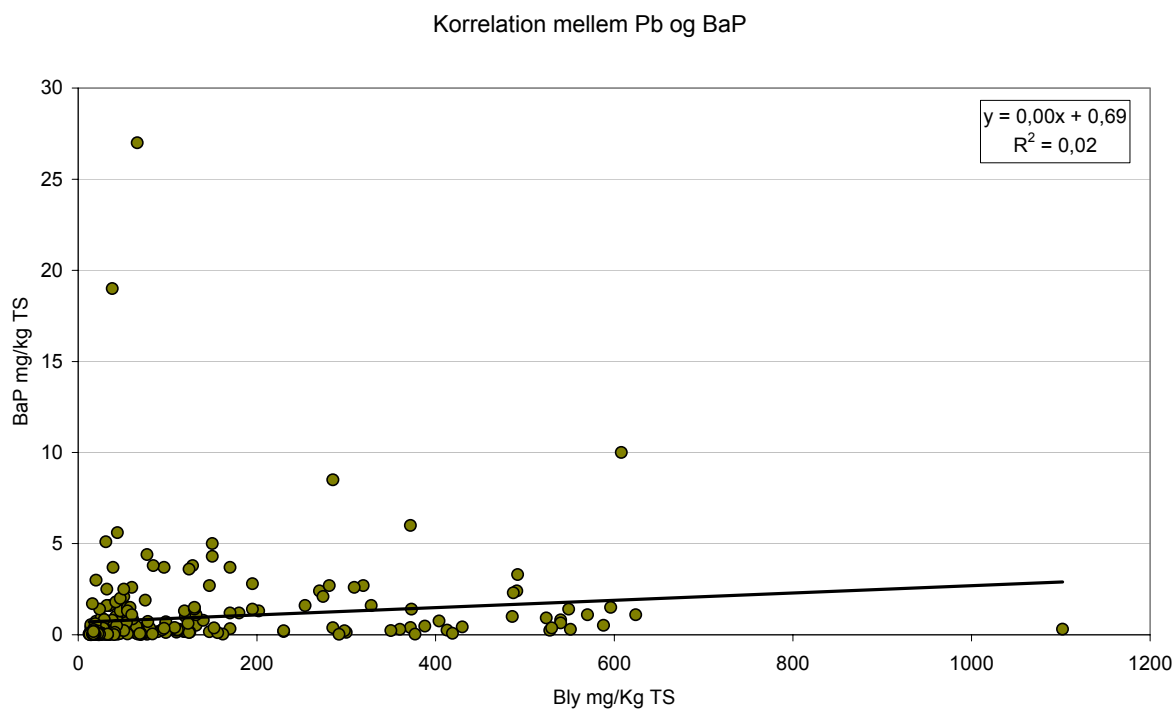
Figur 15.20 viser, at der for bly og kobber er en rimelig forklaringsgrad ($R^2 = 0,56$).



FIGUR 15.20 FORHOLD IMELLEM BLY OG KOBBER
Relationship between lead and copper

Bly, zink og BaP

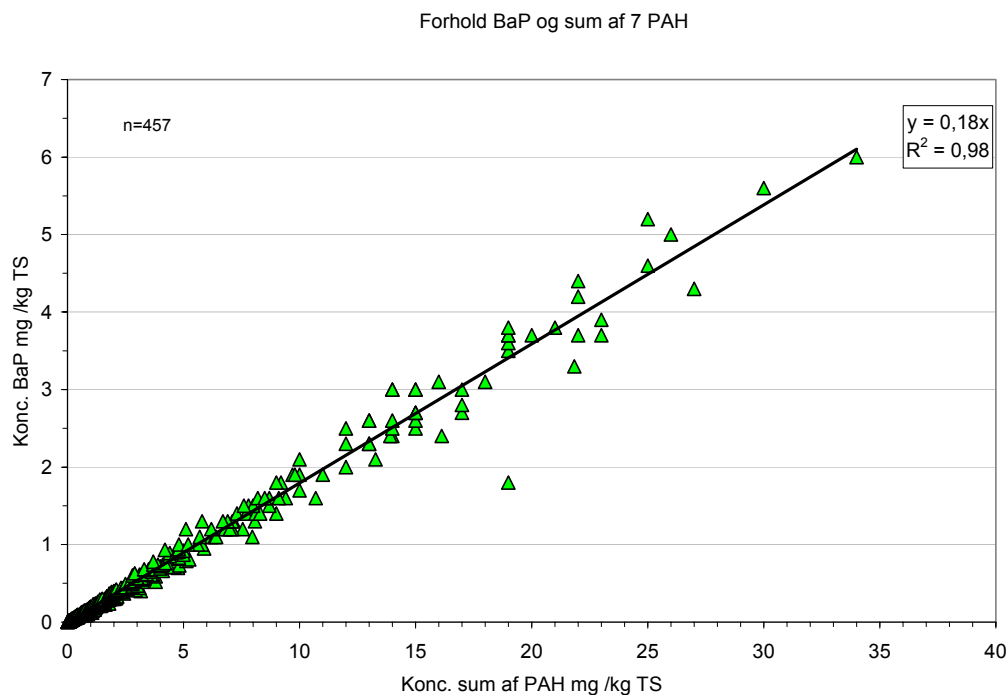
Som nævnt tidligere ses generelt ingen korrelation imellem metallerne og PAH/BaP, som illustreret for bly og BaP ($R^2 = 0,02$) i figur 5.21. En lignende plot ses for zink og BaP, men er ikke vist.



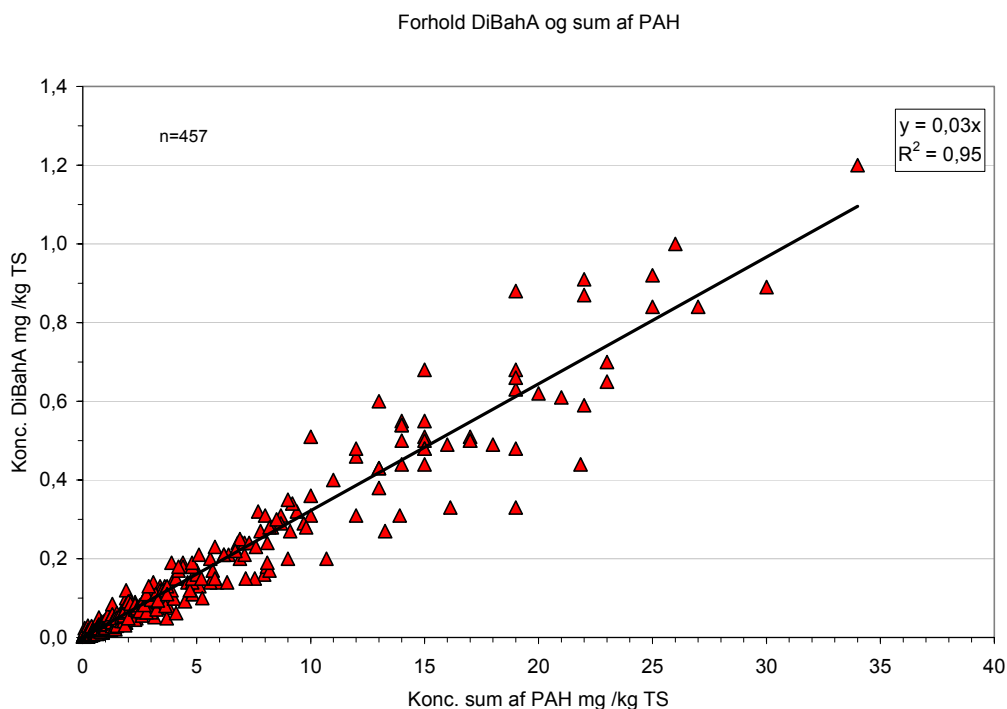
FIGUR 15.21 FORHOLD IMELLEM BLY OG BaP
Relationship between lead and benzo(a)pyrene

PAH, BaP og DiBahA

Som det ses af figur 15.22 og 15.23, udgør forholdet imellem benzo(a)pyren (BaP) og dibenz(ah)anthracen (DiBahA) henholdsvis ca. 15 - 20% og 2% af summen af 7 MST-PAH, og dette er stabilt i alle prøver ($R^2 = 0,98$). Dette betyder, at BaP er bestemmende for overskridelser af jordkvalitetskriteriet for PAH, idet JKK for BaP på 0,1 mg BaP/kg TS svarer til en koncentration af ca. 0,6 mg (sum af 7 PAH)/kg TS og 0,012 mg DiBahA/kg TS. Endvidere vil 0,1 mg DiBahA/kg TS svarer til en koncentration på ca. 5 mg (sum af 7 PAH)/kg TS.



FIGUR 15.22 FORHOLD BAP OG SUM AF 7 PAH
Relationship between BaP and sum of 7 PAH



FIGUR 15.23 FORHOLD DiBaH_A OG SUM AF 7 PAH
Relationship between dibenz(ah)anthracene and sum of 7 PAH

15.6 VARIATIONSMØNSTER – “NUGGET”

Den geostatistiske analyse er baseret på en analyse af varians for koncentrationer af prøvepunkter i forskellig afstand fra hinanden, og er forklaret i afsnit 2.12. Variansen mellem resultaterne for prøver udtaget tæt på hinanden kan aflæses som skæring af Y-aksen på semivariogrammet og betegnes “nugget”. Nugget er et udtryk for summen af jordmediets mikrovariation og måle-/analyseusikkerhed, der bidrager til usikkerheden på estimatet af koncentrationen i ethvert punkt, uanset om der er spatiel korrelation imellem punkter i større afstand. Den maksimale varians mellem resultaterne findes for prøver udtaget med stor indbyrdes afstand - denne værdi betegnes “sill”, jf. afsnit 2.12

Nugget og sill er bestemt for de områder, hvor der er fundet spatielle forhold, jf. afsnit 16.18. For eksempel sammenlignes variationsmønsteret i testareal G med testarealet I, er forskellen imellem nugget og sill relativt større i det lettere forurenede testareal I, men den absolutte værdi for nugget ca. 10 gange større i det mere forurenede testareal G.

Da den geostatistiske analyse er udført på logaritme-transformerede data, kan de aktuelle værdier ikke transformeres direkte til en værdi for varians. Størrelsen af nugget i forhold til sill kan dog sammenlignes og siger noget om variansen på de enkelte testarealer.

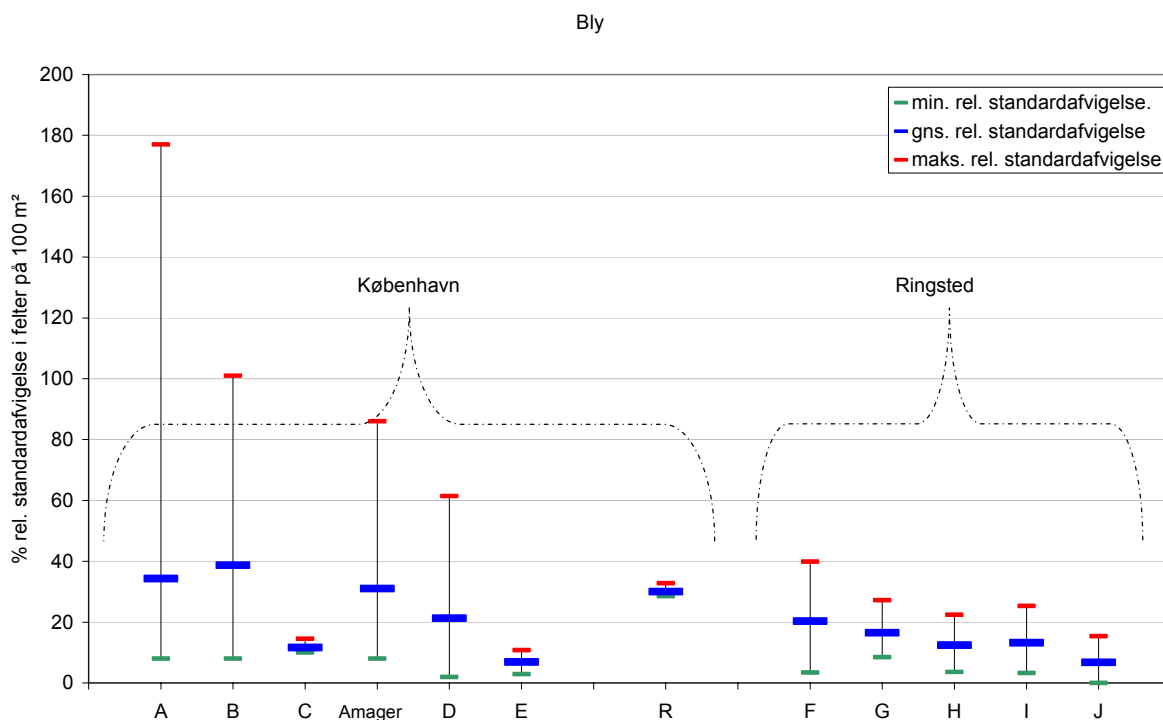
	Forhold nugget/sill	
	Bly	BaP
København		
Testareal D – 1950	0,47	0,35
Ringsted		
Testareal G – 1920	0,33	0,44
Testareal H – 1940	0,20	0,42
Testareal I – 1950		0,07
Testareal J – 1980		0,14

TABEL 15.6 FORHOLD IMELLEM NUGGET OG SILL
Relationship between nugget and sill

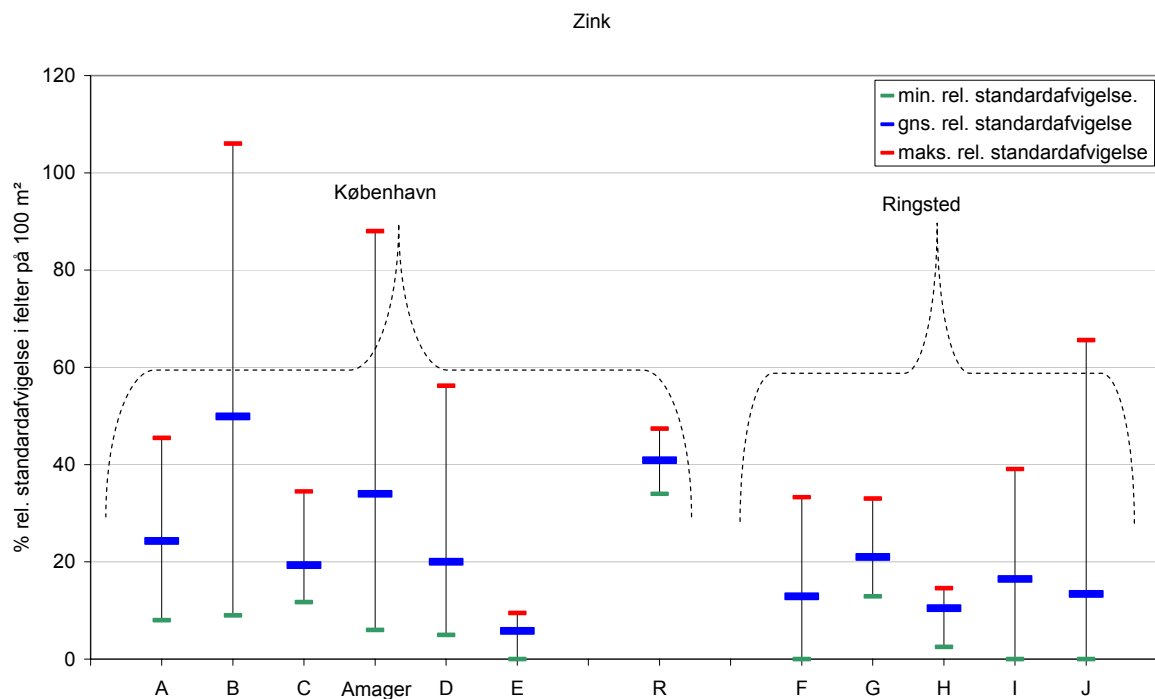
Som det ses af tabel 15.6, er mikrovariationen inden for kort afstand mindre end variansen for alle ukorrelerede målinger i de nyere områder i Ringsted (nugget/sill forhold er relativt mindre). Det vil sige at semivariogrammodellen for de nyere områder i Ringsted viser mindre “baggrundsstøj”.

Da jordprøverne er udtaget i felter på 100 m², kan der desuden beregnes den relative standardafvigelse for målinger i ethvert felt. I figur 15.23 – 15.25 vises minimum, maksimum og gennemsnit for den relative standardafvigelse i testarealerne. Det skal bemærkes, at der i nogle testområder (C, E, R, F og G), kun er udtaget få prøver fra samme felt.

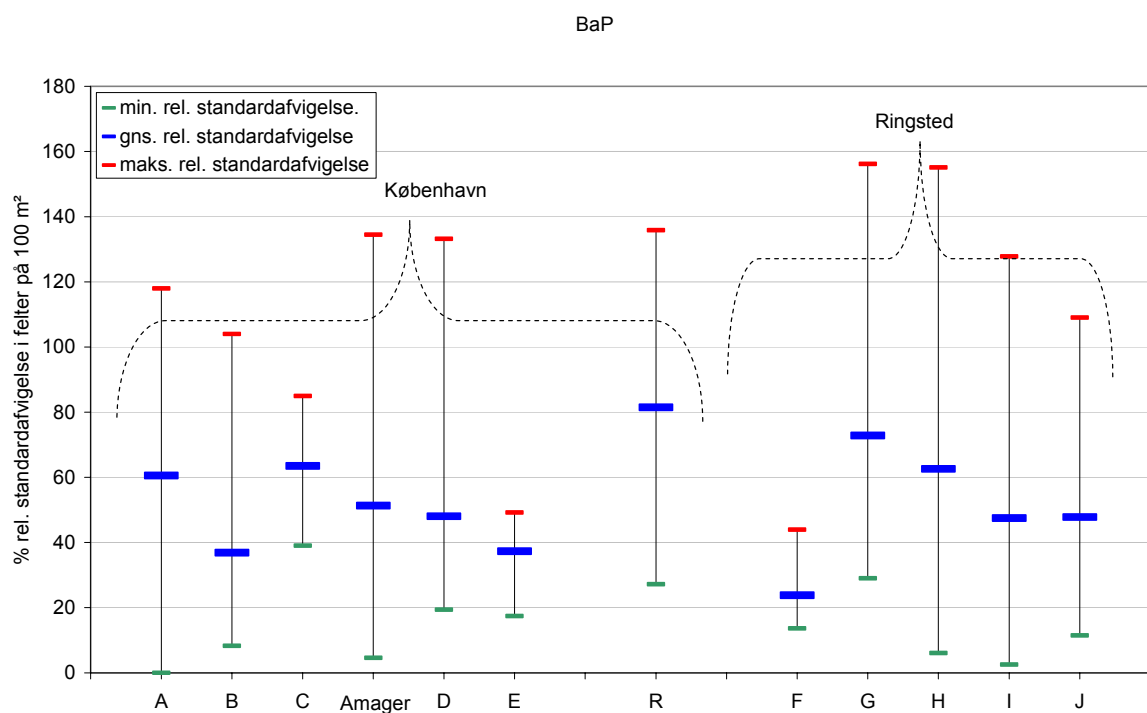
Som det fremgår af figur 15.24 – 15.25 ses der i de ældste områder i København en større spredning for bly og zink, mens i de nyere områder og arealer i Ringsted ses mindre spredning. Derimod ses der næppe forskel i spredningen af resultaterne for BaP i ældre og yngre områder i hverken København eller Ringsted. Den relative standardafvigelse for BaP er desuden generelt højere end for bly og zink, jf. figur 15.26.



Figur 15.24 Relativ standardafvigelse for blymålinger i enkelte felter af 100 m² fordelt over testarealer
Relative standard deviation for lead measurements from individual sampling units of 100 m² distributed across the test areas



Figur 15.25 Relativ standardafvigelse for zinkmålinger i enkelte felter af 100 m² fordelt over testarealer
Relative standard deviation for zinc measurements from individual sampling units of 100 m² distributed across the test areas.



Figur 15.26 Relativ standardafvigelse for BaP målinger i enkelte felter af 100 m² fordelt over testarealer
Relative standard deviation for BaP measurements from individual sampling units of 100 m² distributed across the test areas.

16 Erfaringer ved afprøvning af strategien

16.1 FORURENINGSMODEL

Som udgangspunkt var det antaget, at den diffuse jordforurening i de 10 testarealer havde sin oprindelse i en bidragsmodel, hvorved små tilfældige bidrag af forurenende stoffer og materiale er tilført kulturlaget igennem århundreder. Det var antaget, at den diffuse jordforurening ville udgøre en varierende og tilfældig belastning af topjorden. Det var også antaget, at nogle områder kunne være påvirket af trafikken (liniemodel) eller af punktkilder.

Som nævnt i kapitel 1 og 2, er der mange ligheder mellem bidragsmodellen og fyldjordsmodellen. Ved fyldjordsmodellen er der antaget en systematisk påfyldning af jord (evt. til større dybder), hvor der kan have indgået forurenede jordpartier, mens bidragsmodellen er baseret på små tilfældige bidrag til jordoverfladen, som opblandes i topjorden. Ved bidragsmodellen antages forureningen påført igennem mange år, måske århundreder, via deponering af og udvaskning fra byggemateriale og affaldsprodukter, nedfald af støv og emissioner (boligopvarmning, bybrande). Ved fyldjord kan der være tale om forurenede jord fra datidens punktkilder, som er blevet deponeret i forbindelse med anlægsarbejder på et tidligere og ukendt tidspunkt. Det skal noteres at strategien for bidragsmodellen og fyldjordsmodellen er sammenlignelige – ved fyldjordsmodel skal der blot vurderes muligheden for forurening til større dybde.

På alle testarealer er jorden beskrevet som kulturfylt i det øverste jordlag og ofte ned til 1 m's dybde. Undersøgelingsstrategien er dog den samme for begge modeller, men der vil i forbindelse med databehandling kunne skelnes mellem de to modeller. Ved fyldjordsmodellen, dvs. et opfyldt område forventes der stor heterogenitet inden for afstande af 10 - 50 m, som skyldes jordpartier af forskellig oprindelse. For eksempel forurenede læs kan have været påført fyldområdet som et jævnt lag spredt ud over arealet, hvor der evt. tilføjes flere lag lagt oven på hinanden. Alternativt kan forurenede læs have været tippet over en skrænt, hvor hver læs jord udgår en ny skrænt. Forureningsmønstre i fyldjord vil formentlig betyde, at der er behov for at undersøge diffus jordforurening på ejendomsniveau.

Imidlertid er der intet, som forhindrer, at et opfyldt område viser samme karakteristika som bidragsmodellen, dvs. et varierende og tilfældigt koncentrationsniveau i hele fyldlaget, eller at et opfyldt areal igennem tid udsættes for forureningsbidrag og opblanding, og bliver til kulturlag.

Generelt konkluderes det, at forureningsmønstret på de 10 testarealer er godt beskrevet ved hjælp af bidragsmodellen. Typisk er der observeret et tilfældigt mønster i områder med høj udnyttelsesgrad, en lang historie og evt. skiftende arealanvendelser, herunder til boligformål. I denne type områder ses ofte mindre delområder med lavere eller højere niveauer, som antages at repræsentere punktfureninger eller områder, hvor jorden er fjernet i forbindelse med renovering eller jordudskiftning. Bemærk, at selv om forureningsmønstret

beskrives som varierende og tilfældigt, kan der være en spatiel korrelation som indikerer, at punkter tæt på hinanden er mere ens end målinger foretaget i større afstand. Dette betyder, at koncentrationen i et punkt kan estimeres på grundlag af de nærliggende målinger.

Generelt ses de højeste forureningskoncentrationer i de ældste byområder, mens der kun ses små overskridelser af jordkvalitetskriterierne i de nyere boligområder.

Generelt ses, at forureningen er størst i det øverste jordlag (bidrag ovenfra), men godt kan fortsætte (eller stiger svagt) i dybden i de ældste områder, etableret på kulturlag. For de områder, hvor forurening findes i samme koncentrationsniveau i dybden, f.eks. i 0,5 m's dybde, kan der ikke skelnes, om området er etableret på forurennet fyld eller det er blevet forurennet under dannelsen af kulturlag.

I forbindelse med undersøgelsen er der ud over diffus jordforurening på nogle af testarealerne (testareal D, F og G) fundet tydelige tegn på mindre punktkilder.

Generelt er der ikke påvist en direkte påvirkning fra trafikken (f.eks. høje indhold af bly eller BaP i jordprøver udtaget tættest på trafikken), idet de fleste prøver er udtaget mindst 5 -10 m fra vej.

16.2 ANALYSEPARAMETRE

Analyseparametrene blev udvalgt på baggrund af erfaringsopsamlingen i fase I /1/, hvor der var identificeret følgende potentielle forureningsparametre:

- Arsen (As)
- Bly (Pb)
- Cadmium (Cd)
- Chrom (Cr)
- Kobber (Cu)
- Kviksølv (Hg)
- Nikkel (Ni)
- Zink (Zn)
- PAH - udvalgte polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH), herunder BaP (standardmetode for MST 7 PAH iht. JKK samt en udvidet pakke til vurdering af PAH-sammensætning)
- Totalkulbrinter, herunder olie (standardmetode inklusiv BTEX)
- Phthalater - udvalgte phthalater (analysepakke for 8 phthalater, herunder DEHP)
- PCB - udvalgte polychlorerede biphenyler (PCB) (analysepakke for 7 standard PCB; 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180)
- Pesticider - udvalgte persistente pesticider (Atrazin, DDT +DDE +DDD, Dichlorbenil, Dieldrin, Lindan, Malathion, Parathion, Simazin)
- Dioxiner - udvalgte dioxiner (standardpakke for 17 polychlorerede dibenzofuraner og dibenzodioxiner)

Tungmetaller, olie og PAH

Jordkvalitetskriterierne (JKK) for bly, sum af polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH) herunder benzo(a)pyren (BaP) overskrides hyppigt i det øverste jordlag (0 - 0,3 m under terræn, m u. t.). I de ældste byområder ses også overskridelse af afskæringskriterierne (ASK). Forureningsmønstret for bly og BaP er forskelligt, dvs. at forureningen formentlig stammer fra forskellige kilder. På nogle af testarealerne ses mindre overskridelser af JKK for totalkulbrinter (olie), cadmium, kviksølv og dibenz(a,h)anthracen (DiBahA).

Det har vist sig, at cadmium og kviksølv ofte er interessante forureningsparametre, idet der ses overskridelser af JKK i de ældre byområder og disse stoffer bør indgå i analyseprogrammet i større omfang end anvendt i testarealerne i København. Kviksølv er især vigtigt i ældre bydele. I byområder forhøjede indhold i forhold til "baggrundsniveauet for landområder" er fundet for kobber og zink. Generelt ses der ikke forhøjede indhold af arsen, nikkel og chrom.

Metallerne; bly, cadmium, kobber og zink er ofte i en vis grad korrelerede og viser forhøjede niveauer i forhold til baggrundsværdierne i landområder. Disse parametre kan derfor anvendes til at bekræfte forureningsspredningsmonstret.

Sum af MST 7 PAH er en vigtig parameter, idet især benzo(a)pyren er en hyppigt og særlig kritisk forureningsparameter. Ved at måle på alle 7 PAH kan det desuden kontrolleres, at der er overensstemmelse i koncentrationsniveau for BAP og DiBaH (dibenz(ah)anthracen), idet de enkelte PAH er direkte korrelerede – dvs. det kan kontrolleres at der ikke er fejl i analyseresultatet for eksempelvis BaP.

Analyse af flere PAH med henblik på en vurdering af PAH-sammensætning har indikeret interessante forhold, jf. afsnit 15.3, men disse forhold er ofte uklare, hvilket antagelig skyldes, at der er bidrag fra mange kilder. Vurdering af PAH-sammensætningen er især interessant i forbindelse med kildekarakterisering, men bidrager ikke synderligt til større sikkerhed vedrørende kortlægning af diffus jordforurening.

PCB

Generelt er der ikke påvist indhold af polychlorede biphenyler (PCB) i jordprøver fra boligområder (intet påvist i 90% af prøver).

Phthalater

Der er målt lavt indhold af phthalater, men der er ingen overskridelse af JKK (der er intet påvist i 30% af prøverne og kun én prøve har et indhold på mere end 1/250 af JKK).

Dioxin

Der er i alle jordprøver fundet lavt indhold af dioxiner (1 - 20 ng internationale toksicitetsækvivalenter (ITE)/kg TS), og niveauet er tilsyneladende forhøjet i de ældre bykerner i forhold til baggrundsniveauet for landområder. Der er ikke opstillet et dansk JKK for dioxin, hvorfor den sundhedsmæssige betydning ikke kan vurderes. Til orientering kan det nævnes, at baggrundsniveauet i landbrugs- og byområder i Tyskland er henholdsvis 1- 5 ng ITE/kg TS og 10 – 30 ng ITE/kg TS /25, 28/.

Pesticider

Pesticidindholdet (kun pesticider med lange nedbrydningstider) er analyseret i 10 jordprøver. Der er kun fundet lave indhold af DDT og parathion i 4 af de 10 prøver. JKK er ikke overskredet.

Konklusion vedrørende standardanalyseparametre

De væsentligste analyseparametre ved kortlægning af diffus jordforurening i byområder er bly og benzo(a)pyren (BaP). Supplerende analyser for andre tungmetaller (cadmium, kobber, zink) og sum af PAH vil medvirke til en bedre beskrivelse af forureningsfordeling over et areal, dvs. bedre beskrive og bekræfte

om vi har et ensartet forureningsniveau på arealet. Der er intet grundlag for at analysere for PCB, phthalater, dioxiner og pesticider.

Det konkluderes at der ingen grundlag er for at analysere for PCB, phthalater, dioxiner eller pesticider i diffus jordforurening i kulturlag.

16.3 MÅLETEKNIKKER

Måleteknikkerne blev udvalgt til at bestemme de ovennævnte analyseparametre med en detektionsgrænse svarende til mindst en 1/10 del af JKK, eller hvis der ikke findes JKK (PCB, dioxiner og visse pesticider) til 1/10 del af det forventede baggrunds niveau. Måleteknikker og detektionsgrænser er præsenteret i afsnit 2.6.

Et af delformålene ved de tekniske undersøgelser har været at få afprøvet feltteknikkerne med henblik på en optimering af analyseomkostningerne ved kortlægning af diffust forurenet jord, dvs. screening. I fase I blev der foretaget en evaluering af to feltteknikker; EDXRF for tungmetaller og immunoassay for PCB og PAH. EDXRF har en rimelig analysekvalitet og er forholdsvis billig, mens immunoassay er relativt dyr og kun niveauangivende /2/. EDXRF er derfor valgt som feltteknik ved nærværende undersøgelse.

I det følgende vurderes erfaringerne med denne feltteknik for tungmetallerne.

Vurdering af feltmålinger med EDXRF

Feltteknikken er afprøvet i fase 1 /2/ og er af økonomiske hensyn af interesse med henblik på at kunne øge antallet af analyser inden for et givet budget. Ved start af projektet i april 2002 var der en økonomisk fordel ved brugen af EDXRF, men den økonomiske fordel blev ved undersøgelserne i Ringsted i januar 2003 mindre attraktiv sammenlignet med de analytiske fordele ved brug af laboratorieanalyser. Dette udsagn uddybes nedenunder.

Som beskrevet i afsnit 2.10 er alle prøver fra København analyseret for As, Pb, Cr, Cu, Ni og Zn med en feltteknik (EDXRF), uden anden forbehandling end tørring. Tungmetalindholdet er herefter kontrolleret i ca. 10 – 20% af prøverne ved en akkrediteret ICP-analyseteknik, og er desuden analyseret for Cd og Hg.

Alle jordprøver udtaget i Ringsted er analyseret ved en akkrediteret ICP-analyseteknik for Pb, Cd, Cr, Cu, Ni og Zn. Et mindre antal prøver er analyseret for As og Hg.

EDXRF har i denne sammenhæng følgende ulemper:

- Høje detektionsgrænser
- Lave cadmiumniveauer f.eks. omkring JKK og ASK kan ikke måles

Desuden er der ved en feltanalyse yderligere en usikkerhed i forhold til laboratorieanalyser vedrørende sammenlignelighed med de akkrediterede laboratoriemetoder, dvs. genfinding - findes der samme mængde som i referencejord eller ved en akkrediteret analyse? Ligeledes er analyseusikkerhed (repeterbarhed og spredning mellem måleserier - fås det samme resultat ved gentagne analyser?) ofte større for feltmålemetoder.

Detektionsgrænserne ved EDXRF er væsentligt højere end ved ICP-teknikken, jf. tabel 2.4 og koncentrationsniveauerne for As, Cr og Ni i byjord er typisk omkring detektionsgrænsen for EDXRF-teknikken og på samme niveau som baggrunds niveauet i landområder. Det betyder, at EDXRF ikke kan bestemme

koncentrationsniveauet for As, Cr og Ni i byjord, da disse parametre sjældent er forhøjede og aldrig over JKK. Der kan heller ikke måles for cadmium med EDXRF, idet detektionsgrænsen er på samme niveau som for de andre metaller, dvs. over afskæringskriteriet for cadmium (5 mg/kg TS).

Ved en femdobbel bestemmelse på en jordprøve ved ICP og EDXRF fås god overensstemmelse for genfindning af metalindholdet ved EDXRF i forhold til målinger med ICP. Prøvens indhold af chrom og kobber var dog tæt på detektionsgrænserne for disse metaller.

	Bly	Chrom	Kobber	Nikkel	Zink
ICP mg/kg TS	134	11	36	12	205
EDXRF mg/kg TS	136	22	52	11	238
EDXRF Genfindning (%)	101	199	145	91	117
EDXRF Rel. std.afv. (%)	2,1	42,9	4,5	3,7	3
ICP Rel. std.afv. (%)	11,2	3,6	4,6	3,4	2,4
EDXRF, det. gr. mg/kg TS	5	10	5	5	5

TABEL 16.1 GENFINDING VED SAMMENLIGNING AF EDXRF OG ICP PÅ EN FORURENET JORDPRØVE
Comparison of yield for the analysis of a contaminated soil sample by EDXRF and ICP

Genfindingsresultaterne for en referencejord ved EDXRF er vist i tabel 16.2.

	Bly	Chrom	Kobber	Zink
Certificeret jord mg/kg TS	31,4	12,1	9,85	49,2
EDXRF, målte værdi, mg/kg TS	37	27	22	67
EDXRF, det. gr. mg/kg TS	5	10	5	5
Genfindning (%)	118	225	223	135
Rel. std.afv. (%)	9,0	26,8	14,5	3,2

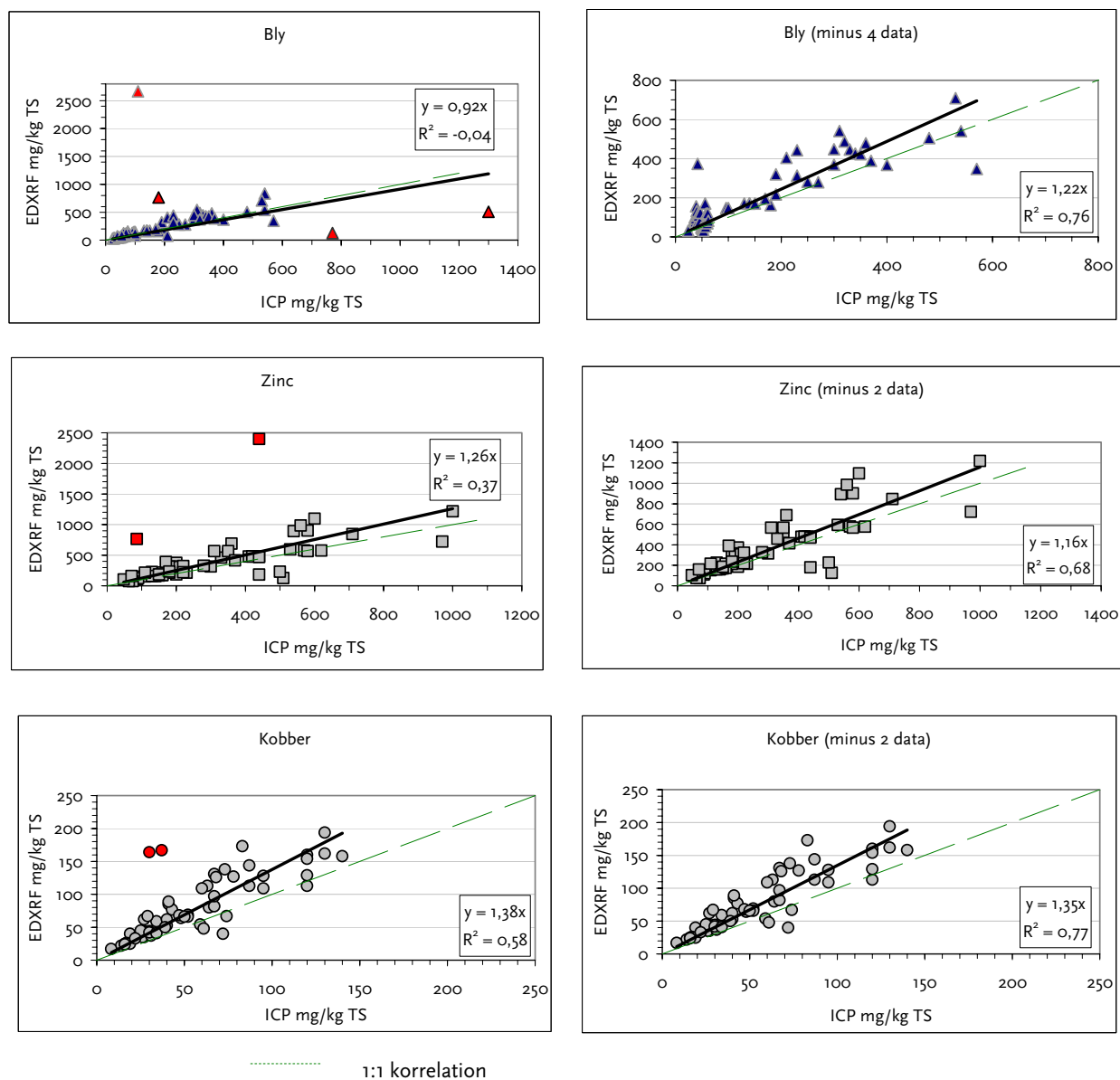
TABEL 16.2 RESULTATER FOR GENFINDING VED EDXRF MED CERTIFICERET JORD
Results for the analysis of reference soil EDXRF

Analyseusikkerheden ved EDXRF har for kontrolprøver målt med ICP ofte vist sig at være mindre end 10% for bly og zink. Måleteknikken for EDXRF betyder, at der ved beregning af prøvens indhold udarbejdes en tællestatistik, hvorved der kan estimeres en usikkerhed på hvert resultat. Dette er dog som minimum 5% af det rapporterede resultat. Usikkerheden på de enkelte prøver er ofte lav (5 - 20%), men kan være op til 150% på enkelte forurenede prøver. Analyseusikkerheden mellem måleserier er ikke undersøgt.

Ved sammenligning af alle data fra testarealerne, målt ved henholdsvis ICP og EDXRF, ses en relativ stor spredning (for bly og zink) med ekstreme værdier, "outliers", og med både højere og lavere værdier ved ICP i forhold til EDXRF (dvs. ingen entydig bias). Den geostatistiske databehandling bekræfter også relativ stor variation (heterogenitet) i målingerne af diffus jordforurening i byområder. Ved en nøjere analyse af dataene ses dog alligevel en generel tendens til lidt højere indhold ved målingerne med EDXRF (systematisk fejl, bias) end ICP, især for de forurenede prøver.

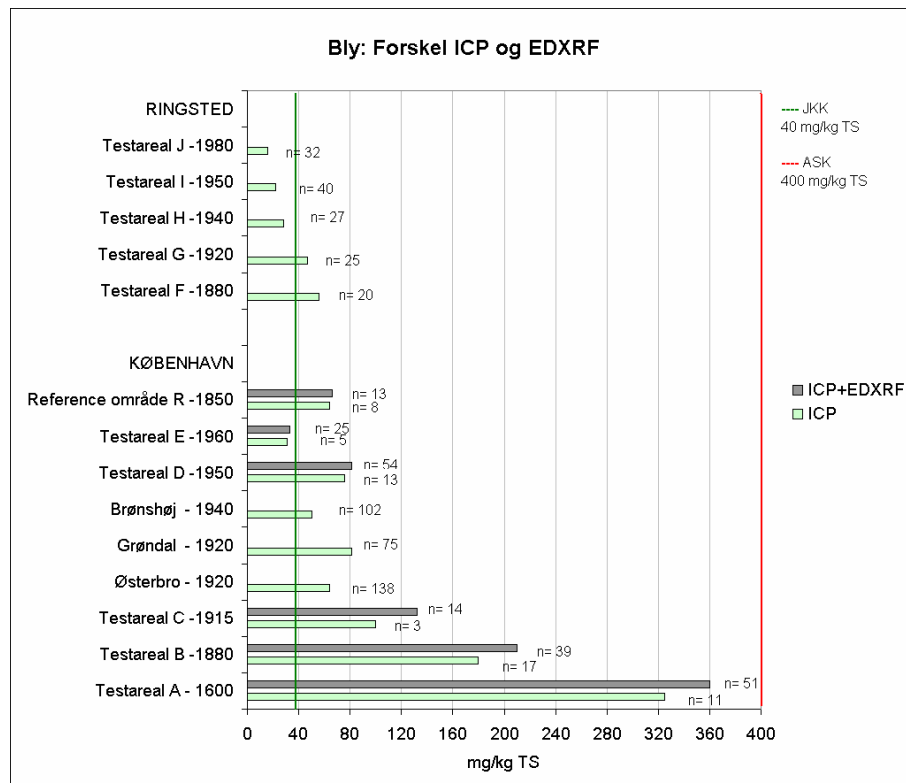
Da der ved EDXRF kun måles i et lille "vindue" på overfladen af jordprøven, mens der ved ICP udføres ekstraktion på 2 g jord, kan en forskel mellem de to

typer målinger forklares ved, at der ligger en påført forurening med tungmetaller på overfladen af jordpartiklerne. Tendensen for data fra København illustreres i figur 16.1. Hvis afvigende datapunkter fjernes ses, at EDXRF-målingerne typisk er ca. 25% højere end ICP-målinger, jf. regressionsligning.



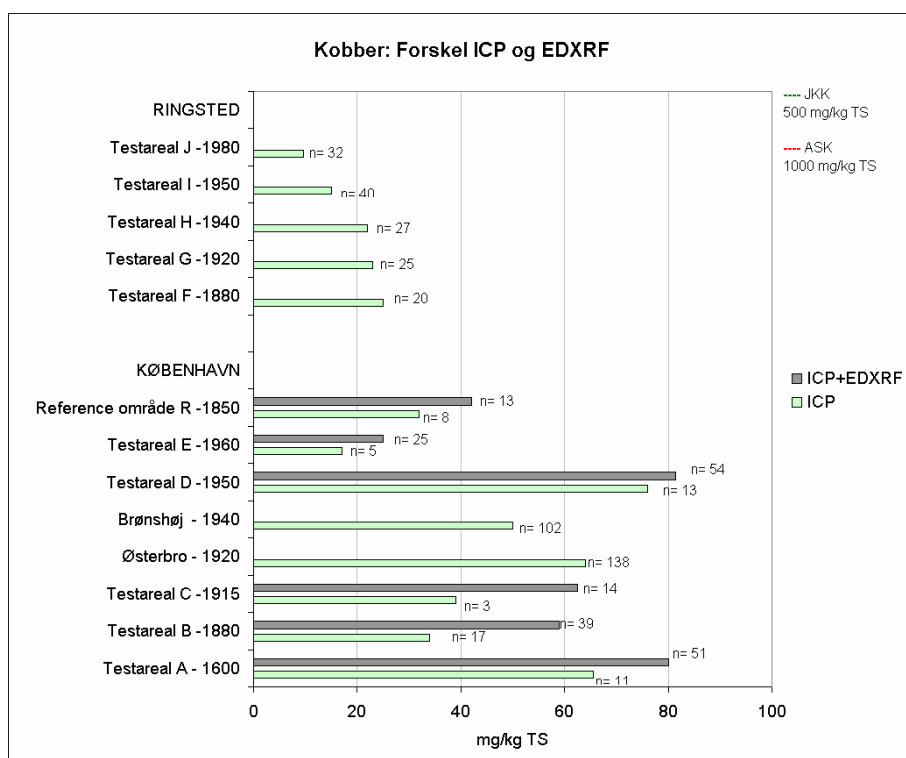
FIGUR 16.1 SAMMENLIGNING AF EDXRF OG ICP MÅLINGER FRA KØBENHAVN
Comparison of measurements by EDXRF and ICP from Copenhagen

I figur 16.2, 16.3 og 16.4 vises undersøgelsesdata for bly, kobber og zink for alle testområder i 10 cm's dybde, og for testområder i København vises både medianværdier med og uden EDXRF-resultater. Da der kun er målt på få prøver med ICP, vil der være en større usikkerhed m.h.t. den sande værdi. Figureerne illustrerer alligevel, at der tilsyneladende måles lidt højere værdier med EDXRF, men at det overordnede forureningsbillede er uændret. Dette betyder ikke, at EDXRF-teknikken er udelukket fra anvendelse ved undersøgelse af diffus jordforurening, men at teknikken har en række ulemper i forhold til laboratorieanalyser som f.eks. ICP.



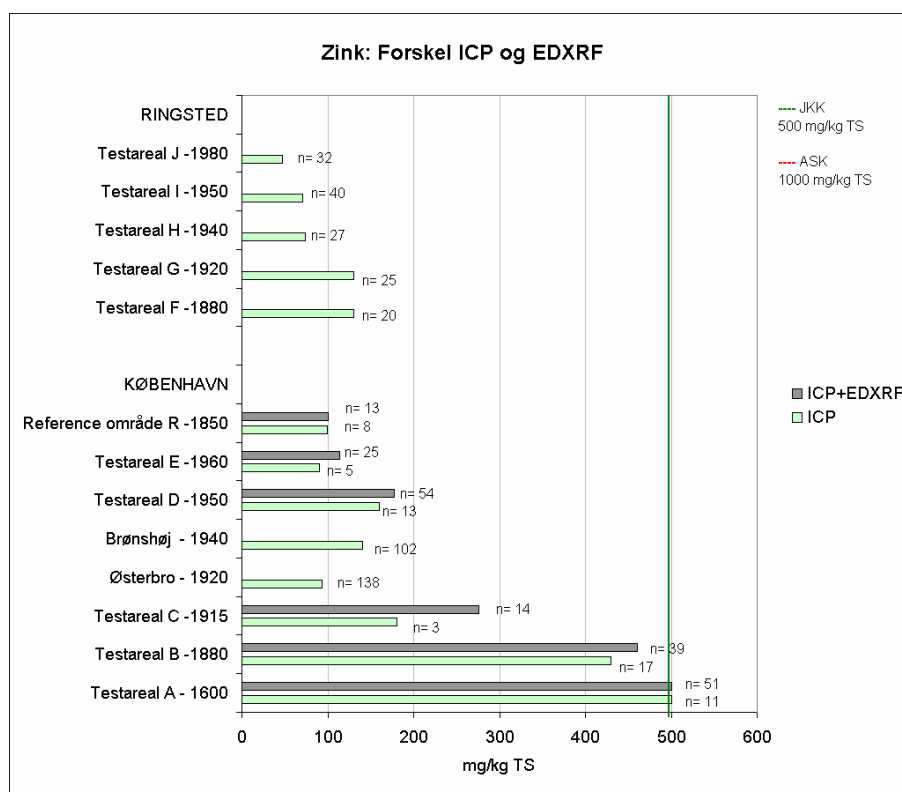
n= antal af målinger

FIGUR 16.2 OVERSICHT OVER BLYMÅLINGER I 10 CM'S DYBDE MED OG UDEN EDXRF-RESULTATER
Overview of measurements for lead with and without EDXRF results



n= antal af målinger

FIGUR 16.3 OVERSICHT OVER KOBBERMÅLINGER I 10 CM'S DYBDE MED OG UDEN EDXRF-RESULTATER
Overview of measurements for copper with and without EDXRF results



n= antal af målinger

FIGUR 16.4 OVERSICHT OVER ZINKMÅLINGER I 10 CM'S DYBDE MED OG UDEN EDXRF-RESULTATER
Overview of measurements for zinc with and without EDXRF results

Konklusion vedrørende anvendelse af feltteknikker

Erfaringerne fra afprøvningen af strategien fører til en anbefaling om anvendelse af laboratorieanalyser, såsom ICP eller AAS, i stedet for feltteknikken med røntgenfluorescens (EDXRF). Anvendelse af ICP eller AAS vil medføre lavere detektionsgrænser og sikrer sammenligneligheden med andre undersøgelser (bias undgås). Desuden kan der tilsyneladende også opnås en lavere analyseusikkerhed, idet det vurderes, at EDXRF er meget følsom over for mikroheterogenitet i jordmediet.

Hvis der endvidere ved anvendelse af en feltteknik ikke inden for samme budget kan opnås et væsentligt større antal analyser end ved laboratorieteknikker, er der ingen fordele ved anvendelse af feltteknikker til diffus jordforurening. Feltteknikkerne anvendes også til hurtig-screeninger, hvorved der kan leveres resultater, mens man er i felten. Prøvetagningsplanen kan således justeres løbende, hvilket dog ikke er relevant ved diffus jordforurening, da tidsplanen generelt ikke er stram.

Derfor konkluderes det, at der er en faglig begrundelse for at vælge laboratorieanalyse for tungmetaller, f.eks. ICP-analyser (hvor der analyseres 5 - 6 metaller i samme analysegang), idet detektionsgrænserne er lave, resultaterne er sammenlignelige med andre undersøgelser, cadmium indgår i analysepakken og analyseprisen ikke er væsentlig forskellig fra EDXRF/ feltmetoder. Den sidste begrundelse er imidlertid afhængig af markedspriserne for begge analysemetoder.

16.4 DESIGN AF FORSØGSPLAN

Der er ved andre områdeundersøgelser anvendt en afstand mellem prøvetagningspunkter på 100 m dvs. i et prøvetagningsnet på 100 x 100 m. For hver punkt udtages en blandeprøve som et sammenstik af 5 enkeltprøver udtaget inden for et område på ca. 1 m². Fordelen ved et regelmæssigt net af prøvetagningspunkter er, at man kan minimere usikkerheden for alle punkter (samme afstand mellem punkterne). Ulempen er, at man ikke kan beskrive variationen på en mindre skala end nettets maske, f.eks. 100 m.

Forsøgsplanen for undersøgelsen af diffus jordforurening og kulturlag har været baseret på tilfældige prøvetagningsfelter, jf. afsnit 2.7. Der er til vurdering af den lokale heterogenitet udtaget 1 - 5 enkeltprøver fra prøvetagningsfelter af 100 m² (10 x 10 m). På denne måde indsamles et vist antal prøver med kort indbyrdes afstand, og forureningsvariationen kan vurderes inden for kort afstand. Der er ikke anvendt softwareprogrammer til at genere disse tilfældigt, da der både er bygningsmæssige og forureningsmæssige (punktkilder) restriktioner vedrørende placering af prøvetagningsfelterne. Prøvetagningsfelterne er derfor placeret hvor der har været muligt, men med øje for, at der skabes forskellig indbyrdes afstand, samt at der tages højde for bygninger, veje, historik, punktkilder m.m.

Mens forsøgsplanen har vist sig velegnet ved vurdering af arealernes lokale heterogenitet, jf. afsnit 15.6, har den dog en ulempe. Ved lavt prøveantal (< 20 prøver) kan der skabes skævfordelinger, dvs. støj i databehandlingen, idet der tilfældigt er udtaget flere punkter tæt på hinanden i et område med lidt højere eller lavere indhold.

Prøvetagningstæthed og arealstørrelse

Databehandlingen har indikeret, at der skal være et vist minimum af punkter i et område med et sammenhængende forureningsmønster, før der kan foretages en geostatistisk databehandling. I forbindelse med databehandlingen skal der i hvert afstandsinterval være et vist antal datapar (data som sammenlignes parvis). Disse datapar anvendes til at beregne varians og den teoretiske semivariogram, der er en matematisk beskrivelse af arealets spatielle varians, som anvendes til at forudsige koncentrationsniveauer såvel som sandsynligheden for overskridelse af JKK m.v.

Det er antallet af datapar, der er afgørende for databehandlingen, og ikke nødvendigvis størrelsen af testområdet, dog skal undersøgelsesarealet have en vis størrelse. Der er behov for flere datapunkter, hvis der er et højt "støjniveau", dvs. at variansen ("nugget") inden for små afstande er højt. Udover et tilstrækkeligt antal punkter, skal arealet være stort nok til at randeffekter undgås, og datatætheden skal være tilstrækkelig i forhold til afstanden ("range") mellem de korrelerede datapar. Testarealerne har i den sammenhæng været for små, eller har manglet punkter. Dette gælder især testarealerne i de ældre bykerner. Det er bl.a. derfor, at undersøgelsesarealerne bør have en vis størrelse, f.eks. 0,2 – 1 km² og selvfølgelig en passende prøvetagningstæthed, jf. tabel 16.3. Ved et større undersøgelsesareal minimeres randeffekterne.

Baseret på erfaringer fra undersøgelsen kan det bemærkes, at "range" for den geostatistiske analyse typisk har en størrelsesorden på 200 til 400 m. Der vil typisk fastlægges en "lagafstand" (afstandsinterval) på 50 m, dvs. semivariogrammet defineres af 8 "lag". Inden for hvert afstandsinterval bør der mindst være 75 – 200 datapar. Da datapunkter sammenlignes parvis, bør der være mindst 25 (svarende til 625 datapar) – 40 (svarende til 1600 datapar) prøvetagningspunkter over arealet som helhed, dog er de nødvendige antal

prøvetagningspunkter for en tilfredsstillende geostatistiske analyse afhængig af områdets "støjniveau" – dvs. om der ses stor spredning i koncentrationer (inhomogenitet) inden for kort afstand.

Det har også vist sig, at der ikke kunne gennemføres geostatistisk analyse på de tidligere områdeundersøgelser, baseret på et net på 100 x 100 m, uden at udtage supplerende målinger inden for kort indbyrdes afstand, jf. afsnit 14.1 og /2, 33/.

Størrelsen af området har dog betydning for antallet af punkter, idet der ved et større område er højere sandsynlighed for delområder med andre forureningsmønstre, f.eks. stor spredning (variationsmønster) eller et andet korrelationsforhold mellem forureningskomponenterne. Hvis delområder ikke behandles hver for sig, er konklusionen for området som helhed behæftet med større usikkerhed end for delområderne, dvs. at konfidensintervallet for estimatet er stort, eller det kan være umuligt at gennemføre analysen.

Da prøvetagningstætheden både skal give en rimelig dækning af arealet samt belyse variationen inden for små afstande inden for arealer er der behov for flere prøvetagningspunkter end ved et standardnet. Ved et net på 100 m fås en prøvetagningstæthed på 100 pkt./km². Udtagning af f.eks. yderligere 100 prøver til at vurdere variationerne i punkter imellem disse punkter, medfører en prøvetagningstæthed på 200 pkt./km². Den nødvendige tæthed bør dog afklares i en indledende undersøgelsesfase på det aktuelle undersøgelsesareal. Alle punkter bør fordeles tilfældigt, men det skal dog sikres, at alle delområder, herunder randområder, har en rimelig dækning.

I nogle testområder har det efter den indledende databehandling været muligt at opdele området i sammenlignelige forurenede delområder. På denne måde er der opnået et mere sikkert estimat for forureningsniveauet.

I andre testområder har det ikke været muligt at udføre analysen, fordi der har været for få punktobservationer kombineret med et meget heterogent variationsmønster, jf. den sydlige del af testareal A - Nyboder.

Den geostatistiske databehandling har desuden belyst, at der på de fleste testarealer forekommer relativt store variationer inden for selv små afstande. Semivariogramernes "nugget effekt" (afskæring på Y-aksen) er et udtryk for mikrovariation (variation inden for få meter), som dels er et resultat af forureningsspredning kombineret med jordmediets heterogenitet, og dels i et vist omfang afspejler analyseusikkerheden.

Analyseusikkerheden kan forbedres ved at anvende laboratorieanalyse med lille analyseusikkerhed, jf. afsnit 16.3, men mikrovariationen betyder, at selv et øget antal prøver ikke nødvendigvis vil forbedre estimatet for forureningsniveauet. Disse enkelte bidrag til usikkerheder og variationen kan imidlertid ikke klart adskilles.

Et øget antal prøver vil dog hjælpe ved makroheterogeniteten, som ses, hvis der indgår delområder, hvor der er udskiftet jord, f.eks. ved gårdsaneringer. Denne type områder kræver dog et mere fintmasket undersøgelsesdesign kombineret med en meget detaljeret gennemgang af historikken i området, helt ned på ejendomsniveau. Undersøgelsen vil i et sådant tilfælde ligne en traditionel kortlægning af individuelle ejendomme.

Erfaringer fra afprøvningen af strategien fører til en anbefaling af en trinvis udvikling af undersøgelsesaktiviteterne for diffus jordforurening i byområder som anført nedenunder. Det forudsættes, at et område med en sammenhængende arealanvendelsesmæssig historik er udvalgt til undersøgelsen.

Fase 1 Indledende screening

Prøvetagning fra 9 punkter fordelt over 3 prøvetagningsfelter på ca. 100 m² til vurdering af forureningens heterogenitet (variation ved lille afstand) samt kontrol af standardanalyseparametre i forhold til forureningsforholdene. Desuden foretages en vurdering af kulturlagstykkelsen og jordforureningens vertikale fordeling ved en prøvetagning ned til 1 m's dybde. Der udtages prøver i 2 - 10 cm's dybde i alle prøvetagningspunkter, i mindst 50% af punkter i 25 - 30 cm's dybde, og i ca. 25% af punkter ved 45 - 55 og 95 - 105 cm's dybde. Ved stor variation i koncentrationsniveauet (heterogenitet) skal prøvetagningstætheden i fase 2 øges.

Fase 2 Dataindsamling

Prøvetagning i 2 - 30 cm's dybde i mindst 31 punkter (dvs. mindst 40 prøvetagningspunkter, inkl. fase I) med forskellig indbyrdes afstand. 40 prøvetagningspunkter svarer til en prøvetagningstæthed på 200 pkt. /km² på et areal på 0,2 km². Der udtages prøver i 2 - 10 cm's dybde i alle prøvetagningspunkter, i mindst 10 - 25% af punkter i 25 - 30 cm's dybde, og i ca. 10% af punkter ved 45 - 55 og 95 - 105 cm's dybde. Ved større arealer bør der udtages forholdsvis flere prøver. Der bør udtages et antal prøver i større dybder.

Fase 3

Evt. supplerende dataindsamling i delområder med afvigende karakteristik.

Enkeltprøver eller blandeprøver

I fase 1 /2/ er resultaterne for blandeprøve og enkeltprøver (stikprøver) sammenlignet i to delområder på Østerbro. Det blev konkluderet, at der hverken var fordele eller ulemper ved blanding af jordprøver i områder, hvor der forventes ensartet forureningsniveauer.

Ved afprøvningen af strategier for diffus jordforurening i fase 2 er alle jordprøver udtaget som enkelte punktprøver, men der er udtaget op til 5 punktprøver inden for felter på 100 m² (10 x 10 m). Formålet er at måle på forureningsvariationen (heterogenitet) inden for en kort afstand, hvilket er en vigtig del af den geostatistiske analyse.

Ved konkrete områdeundersøgelser blander man ofte 3 - 5 jordprøver, således at blandeprøven repræsenterer gennemsnittet for et større jordvolumen. Det ideale forhold vil være at analysere mange prøver som enkeltprøver og beregne gennemsnittet for de enkelte delområder og et samlet gennemsnit for alle delområder.

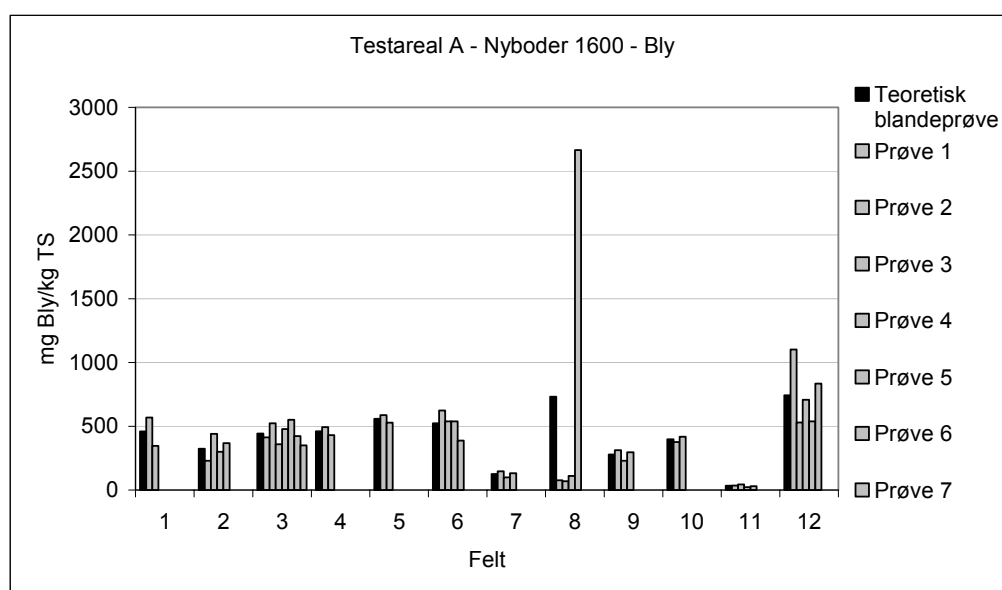
Hvis ikke alle prøver ønskes analyseret, kan der analyseres på blandeprøver. Anvendelse af blandeprøver til at beregne et gennemsnit er statistisk ligeså godt, idet en blandeprøve bare er en fysisk måde at lave et gennemsnit på. Derfor kunne man argumentere for, at hver punktmåling udtages som en blandeprøve af 3 - 5 sammenstik inden for 1 m² ved selve den geostatistiske analyse.

Der er dog en væsentlig ulempe, idet blandingsproceduren er meget besværlig og tidskrævende, når den udføres korrekt. Desuden bør den udføres på et laboratorium med henblik på at reducere risiko for kontaminering mellem

punktprøver med forskellige forureningsgrader. Dette medfører ekstra omkostninger. Hvis blanding ikke udføres grundigt (bl.a. er lerjord svær at blande) eller der sker krydskontaminering i blandingsbeholderen, et tilfældigt og misvisende resultat. Alternativet er, at analysere en enkelt tilfældig prøve udtaget fra den pågældende 1 m².

Spørgsmålet er derfor, om de ekstra omkostninger, der er ved at blande under kontrollerede forhold, giver fordele i forhold til at analysere på et øget antal af enkeltprøver.

I figur 16.5 og 16.6 er vist resultaterne for prøver udtaget i prøvetagningsfelter på 100 m² samt resultatet for gennemsnittet for feltet, dvs. den teoretiske blandeprøve. Figur 16.5 og 16.6 viser resultater for henholdsvis et meget forurenet testområde i den gamle bykerne i København og et uforurenat boligområde fra 1950'erne i Ringsted. I testareal A er der målt med både ICP og EDXRF, men i testareal I er kun målt med ICP.



FIGUR 16.5 SAMMENLIGNING AF BLANDEPRØVER OG ENKELTPRØVER - TESTAREAL A
Comparison of composite samples and individual samples- test area A.

Som det ses af figur 16.5 vil blanding af de enkelte prøver udjævne effekten af en enkelt høj eller lav værdi. For eksempel er der fundet en høj værdi i en prøve i felt 8 og dette betyder at gennemsnittet er højere end for gennemsnittet for felt 7. Men medianværdien for de to felter er nogenlunde ens og ét højt resultat for en blandeprøve i felt 8 vil sløre vurderingen af diffus jordforurening på testarealet som helhed. Altså vil det være bedre at måle på to eller flere enkeltprøver i felt 8 end at lave en blandingsprøve.

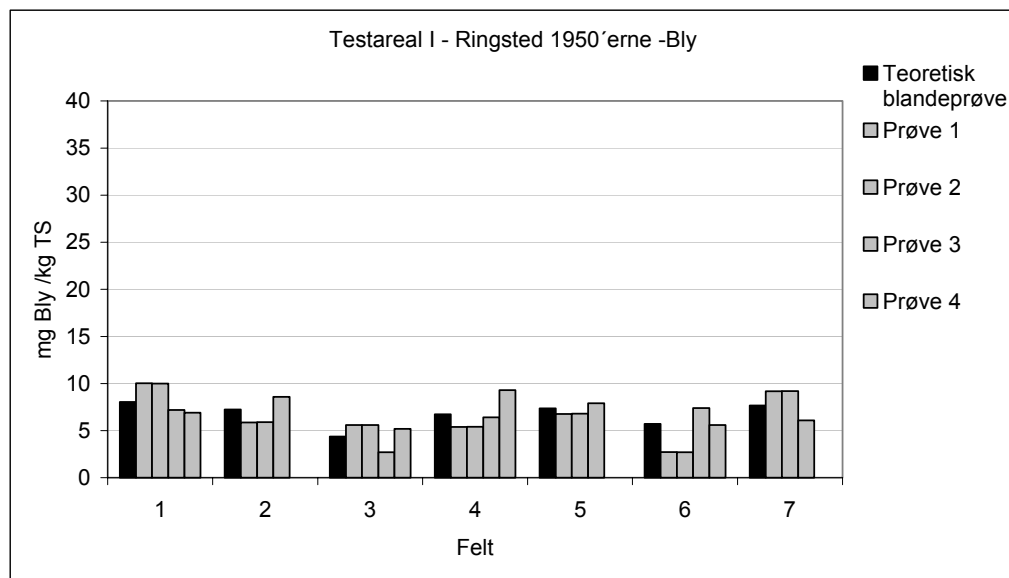
Hvis alle prøver er på samme niveau, jf. figur 16.6, er blandeprøven repræsentativ for alle jordprøver.

En anden måde at vurdere betydningen af blandingsprøver er at se, hvordan anvendelse af blandeprøver vil påvirke gennemsnitsberegningen for et areal. I. figur 16.7 – 16.10 er der vist den gennemsnitlige koncentration for arealet som helhed beregnet på basis af

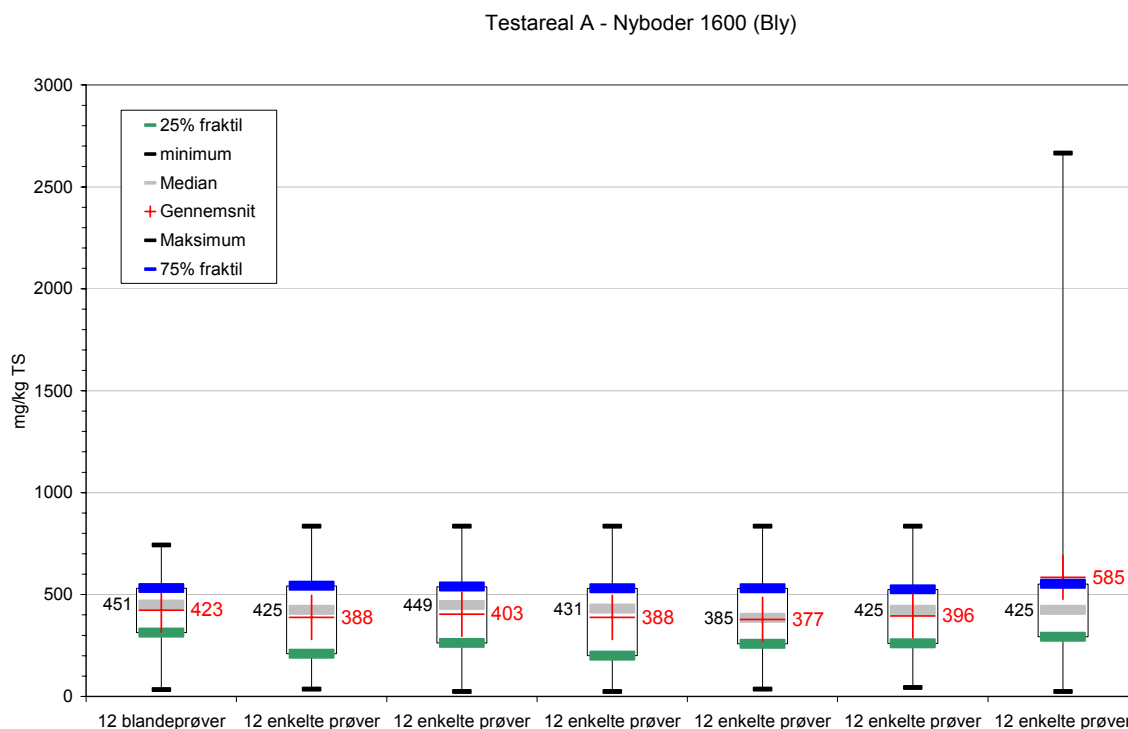
- en blandeprøve fra hver felt (dvs. alle resultater er anvendt i beregning)
- samt ved 6 tilfældige udvalg af en enkeltprøve fra hver felt

Ved de 6 tilfældige udvalg anvendes et mindre antal resultater svarende til udtagning og analyse af enkeltprøver i stedet for blandeprøver.

Der er ved hjælp af et “box and Whisker Plot” vist median, gennemsnit, minimum, maksimum samt 25 og 75% fraktil for arealet som helhed. Beregninger er foretaget for bly og BaP for henholdsvis et meget forurenet testområde i den gamle bykerne i København og et uforurenet boligområde fra 1950'erne i Ringsted.

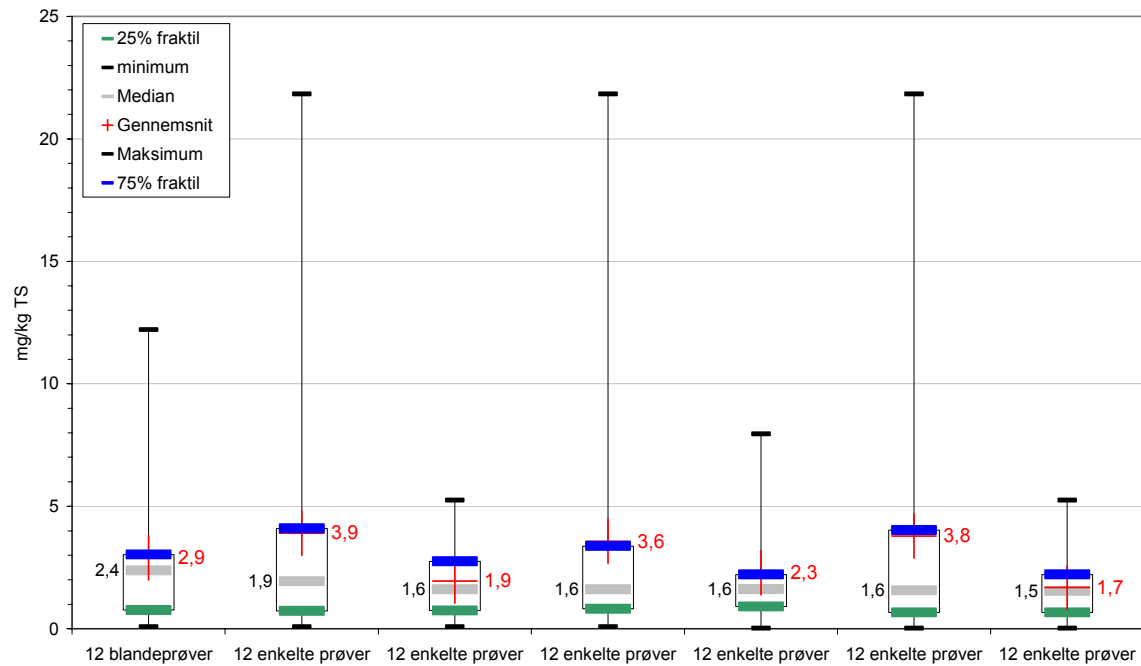


FIGUR 16.6 SAMMENLIGNING AF BLANDEPRØVER OG ENKELTPRØVER - TESTAREAL I
Comparison of composite samples and individual samples- test area I.



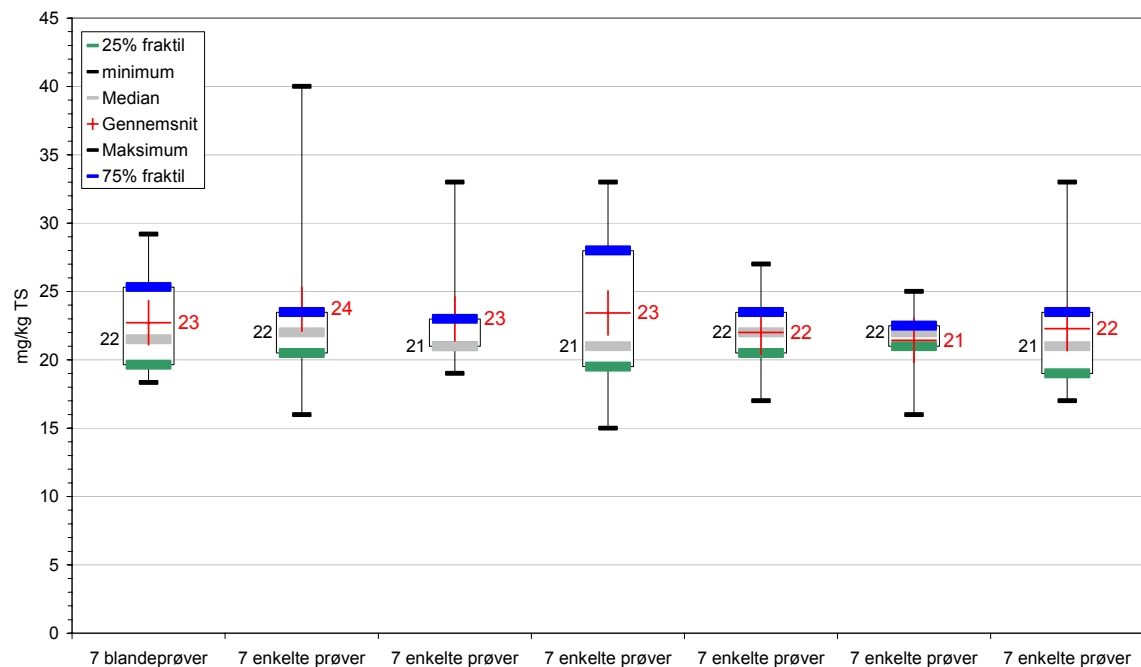
FIGUR 16.7 BEREGNING AF GENNEMSNIET MED BLANDE- OG ENKELTPRØVER - TESTAREAL A (BLY)
Calculations of mean using composite samples or individual samples - test area A (Lead).

Testareal A - Nyboder 1600 (BaP)

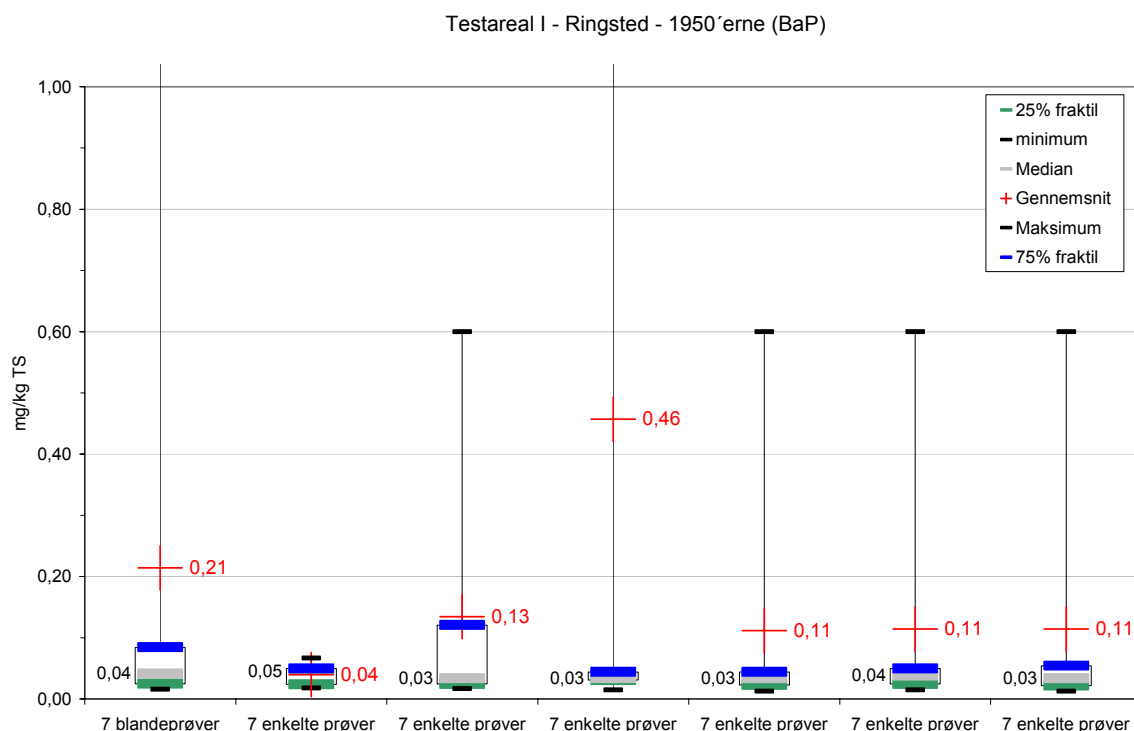


FIGUR 16.8 BEREGNING AF GENNEMSNIET MED BLANDE- OG ENKELTPRØVER -TESTAREAL A (BaP)
Calculations of mean using composite samples or individual samples - test area A (BaP).

Testareal I - Ringsted - 1950'erne (Bly)



FIGUR 16.9 BEREGNING AF GENNEMSNIET MED BLANDE- OG ENKELTPRØVER - TESTAREAL I (Bly)
Calculation of mean using composite samples or individual samples - test area I (Lead).



FIGUR 16.10 BEREGNING AF GENNEMSNIET MED BLANDE- OG ENKELTPRØVER - TESTAREAL I (BaP)
Calculation of mean using composite samples or individual samples - test area I (BaP)

I figur 16.7, 16.8, 16.9 og 16.10 ses, at medianværdierne for arealet (de sorte tal til venstre for bokserne) er nogenlunde konstante for både blandeprøver og enkeltprøver. I figur 16.7, 16.8 og 16.9 er gennemsnittet (rødt tal til højre for bokserne) og medianværdien, beregnet på grundlag af blandeprøverne, nogenlunde ens. Derimod er gennemsnittet for de enkelte prøver meget påvirket af, hvilken prøve, der er valgt, og kan ligge over 75% fraktilen. I figur 16.10, ses at gennemsnittet og medianværdien er meget forskellige for både blandeprøver og for enkeltprøver.

Konklusion vedrørende anvendelse af blandeprøver

Ved den anvendte strategi for kortlægning af diffus jordforening er man interesseret i at måle den spatielle korrelation, dvs. om prøver udtaget tæt på hinanden ligner hinanden mere end prøver udtaget på større afstand. Databehandlingen er baseret på målinger af variansen for prøver, som er udtaget tæt på hinanden.

Undersøgelser baseret på blandeprøver er mindre påvirket af et højt forureningsindhold i en enkeltprøve, men forureningsbilledet bliver sløret, idet man - hvis der måles på én blandeprøve - ikke kender størrelsen af variationen mellem punkterne med kort indbyrdes afstand på et delområde, jf. felt 8 i figur 16.5. Dette kan kun undgås ved, at der analyseres på flere prøver fra delområdet. Disse prøver kan selvfølgelig være blandeprøver, men prisen for blanding af prøverne bør være mindre end den tilsvarende pris for at analysere på endnu flere jordprøver.

Det vurderes derfor, at fordelene ved at blande prøver fra hvert enkelt prøvetagningspunkt (som reducerer variansen i målepunktet) ikke står mål med arbejdsindsats og risikoen for en mangelfuld blanding af blandeprøver.

Ved en geostatistisk forsøgsplan anbefales ikke blandingsprøver.

16.5 PRØVETAGNING I PRAKSIS

I de ældre bydele i København har det vist sig problematisk at finde egnede lokaliteter med bar jord til udtagning af prøver. Ofte har det været nødvendigt at udtage prøver i bede, hvor der er risiko for, at der er sket en udskiftning af jorden.

Erfaringen er, at arbejdet med besigtigelse og vurdering af prøvetagningsfelters egnethed skal prioriteres og at forsøgsplanen efterfølgende skal revideres.

16.6 DATABEHANDLING OG -PRÆSENTATION

Deskriptiv statistik

Som en del af projektet er der afprøvet forskellige former for datapræsentationer, bl.a. histogrammer og normal Q-Q plot samt logaritme- transformerede Q-Q-plots. Mens disse former for data-præsentationer illustrerer, hvorvidt data er normalfordelte, samt om der er tale om en flere toppet fordeling, er det ofte svært at skabe et visuelt indtryk af forureningsniveauer og sammenligne data fra forskellige områder. Til det formål er anvendt fraktilplots, som har den fordel, at de viser fordelingen af alle datapunkter, ligesom figurens udseende er uafhængigt af koncentrationsintervaller (som f.eks. ved histogrammer).

Resultaterne fra hvert enkelt testareal er præsenteret i tabelform ved følgende parametre: minimum, maksimum og gennemsnit samt 0,1 - 0,25 - 0,5 (median) - 0,75 og 0,9 fraktiler. Data fra de enkelte dybder er vist i samme tabel.

Overskridelse af henholdsvis JKK og ASK er vist med en markering, således at man f.eks. direkte kan aflæse om 90% af dataene er under eller over JKK, eller om forureningsniveauet stiger eller falder i dybden.

I afsnit 2.11 er der givet en detaljeret beskrivelse af databehandlingen og der er redegjort for datahåndtering ved et mindre antal data, og for prøver, hvor intet er påvist, også i forbindelse med beregning af gennemsnit og median m.fl.

Et af de problemer, der har været, er at der for metallerne er anvendt to forskellige analysemetoder med hver deres detektionsgrænser. For målinger omkring detektionsgrænserne har den ene metode ikke påvist noget, mens der ved den anden metode er målt et tal. Til statistisk databehandling og grafiske præsentationer er der anvendt en værdi, som svarer til det halve af detektionsgrænsen. Hvis der er mange prøver, hvor der ikke er påvist noget påvirkes gennemsnittet. Der er derfor anvendt en protokol vedrørende forudsætninger ved beregning af gennemsnit. Ligeledes er det problematisk i oversigtstabellerne at vise en værdi svarende til det halve af detektionsgrænsen (f.eks. 10 mg/kg TS for As med EDXRF), idet værdien opfattes som en målt værdi, eller at vise disse værdier sammen med målinger med en mere følsom teknik (2,3 mg As /kg TS med ICP).

Ved evalueringen af de forskellige karakteristika for diffus jordforurening på tværs af de 10 testarealer er resultaterne præsenteret som medianværdier, dvs. at 50% af dataene er mindre end medianværdien. Gennemsnittet vurderes ikke at være repræsentativt for så stort et areal som testarealerne, idet et gennemsnit i teorien kun kan anvendes til at beskrive data, der er normalfordelte. Hvis dataene

ikke er normalfordelte, fås en misvisende værdi, idet gennemsnittet alene svarer til en teoretisk blandeprøve, hvor der er blandet en lige mængde jord fra alle indsamlede jordprøver, dvs. en høj værdi kan have stor betydning. En medianværdi indikerer derimod, at 50% af prøverne har et indhold, som er lig eller mindre end medianværdien.

Endelig har den deskriptive statistik vist, at der sjældent findes normalfordelte data, men at data ofte tilnærmelsesvis kan beskrives som lognormalfordelte. Da databehandlingen forudsætter en normalfordeling af data, f.eks. ved beregning af et simpelt gennemsnit eller ved geostatistisk behandling, anvendes derfor logaritme-transformerede data.

Erfaringen fra projektet har vist, at det er muligt illustrativt at præsentere de deskriptive parametre for et givet areal.

Diskussionen vedrørende en sikker beskrivelse af koncentrationsniveauerne for et areal og sandsynligheden for overskridelse af JKK eller ASK er behandlet under afsnittet om geostatistik.

Geostatistik

Den geostatistiske analyse gør det muligt at estimere koncentrationerne over et område, samt usikkerheden af estimatet. Ligeledes kan sandsynligheden for, om jorden på et givet sted i området ligger over jordkvalitetskriteriet eller under afskæringskriteriet beregnes. Men det er dog ikke alle områder, der er egnet til en geostatistisk analyse – områder uden en fælles forureningshistorik dvs. forskellige forureningskilder og stor heterogenitet kræver en større detaljeringsgrad eventuel helt ned på ejendomsniveau.

I afsnit 2.12 og figur 2.9 er angivet et flowdiagram som viser de forskellige trin som gennemgås i forbindelse med en geostatistisk analyse. I tabel 16.3 er angivet en oversigt over prøvetagningstæthed og testarealernes størrelse samt hvilke trin, jf. figur 2.9 der er opnået for de 10 boligområder.

	København					Ringsted				
Etableringsalder	1600	1880	1915	1950	1960	1880	1920	1940	1950	1980
Testareal	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Størrelse af testareal, km ²	0,22	0,1	0,18	0,15	0,3	0,06	0,09	0,06	0,12	0,09
Antal pkt./km ²	190	220	61	340	53	250	270	430	290	350
Antal punkter	41	22	11	51	16	15	25	27	36	32
Opdeling i delområder	ja	nej	nej	nej	nej	nej*	nej*	nej	nej	nej
Trin 3a Spatiel korrelation Estimat i ethvert punkt	-	-	-	ja	-	-	-	ja (BaP)	ja (BaP)	ja (BaP)
Trin 2b Estimat for området som helhed.	ja (nord)	ja	ja		ja	ja	ja	ja (Pb)	ja (Pb)	ja (Pb)
Trin 1c	ja (syd)									

- ikke mulig at gennemføre på foreliggende datagrundlag, derfor kun trin 2b eller 1c.

* Data fra testareal F og G er behandlet samlet

TABEL 16.3 PRØVETAGNINGSTÆTHED OG DATABEHANDLING
Sampling density and data treatment

Som det ses af tabel 16.2, har det kun været muligt at vise en spatiel korrelation på enkelte testarealer med en høj prøvetagningstæthed. Erfaringen har vist, at udarbejdelsen af et eksperimentalt semivariogram er afhængig af et tilstrækkeligt antal punkter, især hvis heterogeniteten er høj. Erfaring har også vist, at arealet

skal være stort nok til at undgå randeffekter. Testarealerne har i den sammenhæng været for små, eller der har været for få punkter, især i testarealerne i de ældre bykerner.

16.7 BEREGNING AF SANDSYNLIGHED VED KORTLÆGNING

Et væsentligt resultat af den statistiske databehandling er sandsynligheden for, at:

1. Jordkvalitetskriteriet er overskredet.
2. Afskæringskriteriet ikke er overskredet.

Det vil sige, at man skal være sikker på disse forhold, før man kan tage en beslutning om kortlægning på Vidensniveau 2, og de videre tiltag.

Ad 1. Det er vigtigt at være sikker på, at der en vis sandsynlighed for, at jorden et givet sted i delområdet overskrider JKK, idet man ikke vil kortlægge på et ubegrundet grundlag.

Ad 2. Det er vigtigt at være sikker på, at der er en vis sandsynlighed for, at forureningsniveauet et givet sted i delområdet er mindre end afskæringskriteriet.

Det er nødvendigt med en administrativ beslutning om, hvilken grad af sandsynlighed der er nødvendigt ved disse to beslutninger i forbindelse med kortlægning af diffus jordforurening. Her skelnes mellem kortlægning på ejendomsniveau, hvor der indsamles data om en aktuel matrikel, og kortlægning af arealer med et fælles forureningsmønster.

Erfaringer ved beregning af sandsynlighed for henholdsvis overskridelse af JKK og overholdelse af ASK for de 10 testarealer, er for bly og BAP vist i tabel 16.4. Det er vigtigt at påpege, at beregning af sandsynlighed i ethvert punkt på grundlag af geostatistisk analyse er mere præcis end sandsynligheder beregnet på basis af den deskriptive statistik for de normal- eller lognormalfordelte data for arealet under ét.

Testareal	Sandsynlighed i forhold til JKK og ASK					
	Median 0,1 m u. t.	Bly >JKK >40 mg/kg TS	<ASK < 400 mg/kg TS	Median 0,1 m u. t.	BaP >JKK >0,1 mg/kg TS	<ASK < 1,0 mg/kg TS
	mg/kg TS	(p)*	(p)*	mg/kg TS	(p)*	(p)*
København						
Testareal A – 1600	350	1,00 kun det nordlige delområde	0,40 kun det nordlige delområde	0,25	0,98 kun det nordlige delområde	0,81 kun det nordlige delområde
Testareal B – 1880	210	1,00	0,80	1,5	1,00	0,19
Testareal C – 1915	130	0,94	0,90	0,95	0,80	0,50
Testareal D – 1950	82	0,75 - 1,00**	1,00	0,24	0,65 – 0,95**	0,15 – 0,95**
Testareal E – 1960	33	0,22	1,00	0,14	0,57	0,98
Ringsted						
Testareal F – 1880	56	0,72	1,00	0,72	0,99	0,33
Testareal G – 1920	47	0,64	1,00	1,6	1,00	0,22
Testareal H – 1940	28	0,05 – 0,95**	1,00	0,25	0,5 – 1,00**	0,95
Testareal I – 1950	22	<0,01	1,00	0,04	0 – 0,55**	1,00
Testareal J – 1980	16	<0,01	1,00	0,05	0 – 0,7**	0,98

* (p) sandsynlighed. F.eks. p = 1,00 betyder, at 100 % af punkterne vil overskride JKK eller være mindre end ASK

** Sandsynligheden kan i ethvert punkt beregnes på grundlag af den geostatistiske analyse. Her angives intervallet.

TABEL 16.4 OVERSIGT OVER SANDSYNLIGHEDEN FOR AT KONCENTRATIONSNIVEAUET I 0,1 M U. T. I TESTAREALERNE ER MERE END JKK OG MINDRE END ASK.
Overview of the probability that for concentration level in 0.1 m's depth is more than the soil quality criterion or less than intervention level

Erfaringen har vist, at den geostatistiske analyse er et godt værktøj til beskrivelse af forureningsmønstret og fordelingen over et areal. Når det lykkes at belyse en spatiel korrelation, kan koncentrationerne, konfidensintervaller samt sandsynligheden for overskridelser af jordkvalitetskriteriet og afskæringskriteriet beregnes.

Hvis en spatiel korrelation ikke kan belyses, kan den indledende databehandling i forbindelse med den geostatistiske analyse ofte indikere en rational opdeling i delområder, hvor det kan undersøges, om fordelingen er normal. Hvis fordelingen er normal (eller lognormal) kan koncentrationen, konfidensintervallet samt sandsynligheden for overskridelser af jordkvalitetskriteriet og afskæringskriteriet for delområdet som helhed estimeres.

16.8 COST-BENEFIT ANALYSE

Med udgangspunkt i testareal I - Ringsted, er der foretaget en cost-benefit analyse af undersøgelsesstrategien baseret på den geostatistiske undersøgelsesstrategi sammenlignet med en undersøgelse på ejendomsniveau, hvor der indsamles to blandeprøver bestående af 5 stikprøver i to dybder fra hver ejendom. Det skal bemærkes, at der ofte indsamles flere prøver end to blandeprøver fra hver ejendom og cost-benefit analysen er alene baseret på et overordnet skøn over prisniveauet med henblik på at sammenligne de to former for undersøgelser.

	Kortlægning af diffus jordforurening på arealer	Kortlægning af diffust jordforurening på ejendomsniveau
Teknikken	Tilfældig placering ca. 200 pkt. /km ² med afstand 30 – 300 m. Dog også felter med punkter med kort indbyrdes afstand (1-10 m). Prøverne udtages i 2-10, 20-30, 45-55 og 95 – 105 cm's dybde. Dog flest i 2-30 cm's dybde.	2 blandeprøver pr. ejendom i henholdsvis 0,1 og 0,5 m's dybde
Antal håndboringer	40 i 25 felter (der udtages yderligere 6 prøver i f. t. tabel 1)	625 i 125 felter
Antal matrikler undersøgte	25	125
Antal prøver til analyse	55	250
Prøvetagning og blanding	Tages som enkeltprøver	Der udtages 1250 jordprøver som blandes til 250 jordprøver i felten
Analyse	Alle prøver analyseres for metaller (ICP) og PAH (GC-MS)	Alle prøver analyseres for metaller (ICP) og PAH (GC-MS)
Databehandling og rapportering	Traditionel + geostatistisk analyse	Traditionel
Pris for planlægning, prøvetagning, materialer, indmåling m.v.	25.000	70.000
Pris for analyser	38.000	175.000
Pris for blanding af jordprøver på laboratoriet		(75.000)***
Pris for databehandling og rapportering	40.000	65.000*
Geostatistiske behandling	20.000	
I alt ekskl. moms	123.000	385.000**

* Databehandling og rapportering er væsentligt større ved en undersøgelse på ejendomsniveau med 5 gange så mange matrikler og prøver som ved den geostatistiske undersøgelse

** Der er tale om en minimumspris for undersøgelsen på ejendomsniveauet, da der ofte udtages mere end to prøver pr. ejendom

*** Blanding af jordprøverne på laboratoriet kan undlades eller der kan vælges at undlade at blande jordprøver.

TABEL 16.5 COST-BENEFIT ANALYSE AF DEN AFPRØVEDE UNDERSØGELSESTRATEGI SAMMENLIGNET MED EN UNDERSØGELSE PÅ EJENDOMSNIVEAU.

Cost-benefit analysis of the tested investigation strategy compared with a traditional investigation of each land plot.

Tabel 16.5 viser, at en undersøgelse på ejendomsniveau vil koste mindst 2- 3 gange så meget som ved den afprøvede undersøgelsesstrategi. Ved den afprøvede undersøgelsesstrategi vil man på mange arealer kunne afgøre om arealet skal kortlægges eller ej, jf. afsnit 16.8. For de arealer, hvor omfang af undersøgelsen viser sig at være utilstrækkeligt, vil man kunne prioritere hvilke delområder, der kræver en dyberegående analyse. De indsamlede data ved en geostatistiske undersøgelse kan altid anvendes, hvis undersøgelsen viser, at det alligevel er nødvendigt med en undersøgelse på ejendomsniveau i hele området eller i delområder.

17 Hypoteser

17.1 HYPOTESER

De fleste af de opstillede hypoteser er blevet bekræftet, idet de er baseret på forventninger til forureningsfordelingen i henhold til bidragsmodellen. Bidragsmodellen synes dermed yderligere bekræftet som egnet til at beskrive forureningsmønstret i de afgrænsede testarealer.

Der er opstillet følgende hypoteser om relationerne mellem den diffuse jordforurening og den bymæssige anvendelse af områderne.

Hypoteser	Konklusion
Hypoteser om undersøgelsesstrategien:	
1. Undersøgelsesstrategien (en statistisk sammenligning af prøvetagningsfelter og en visualisering af forureningsniveauerne over arealet) er en effektiv metode til at sikre et datagrundlag for kortlægning på Vidensniveau 2, dvs. en statistisk dokumentation for, at jordkvalitetskriterierne i topjord fra delområder er overskredet.	Ja, på flere af arealerne, men ikke alle. Arealer med stor heterogenitet, hvor der er foretaget diverse renovering og jordskiftning, kan formentlig kun kortlægges ved en traditionel undersøgelsesstrategi på ejendomsniveau.
2. Anvendelsen af feltteknikker forbedrer datagrundlaget for kortlægning på Vidensniveau 2.	Nej, ikke hvis den økonomiske fordel ved feltteknikker kun medfører, at der kun kan udføres 3 feltanalyser i stedet for 2 laboratorieanalyser. Da feltmålinger introducerer ekstra variationer i forhold til laboratorieanalyser, må der kompenseres ved, at der måles på væsentlig flere prøver, mindst 3-4 gange antallet af laboratorieprøver. Feltteknikkens fordele hvad angår hurtighed og fleksibilitet er ikke relevant ved undersøgelse af diffus jordforurening.
3. Dataindsamling baseret på den anvendte prøvetagningsplan (antal af prøvepunkter/km ²) giver et tilstrækkeligt grundlag for kortlægning på vidensniveau 2.	Ja, i de fleste tilfælde. Dvs. det vil kunne beregnes, om jorden på et givet sted med en vis sandsynlighed ligger over jordkvalitetskriteriet ved en undersøgelse af mindst 40 punkter med en tæthed på mindst 200 punkter/km ² . For nogle områder vil man kunne nøjes med færre punkter. Andre vil kræve flere og nogle vil kræve at man undersøger på ejendomsniveau, idet der er problemer med arealer med stor heterogenitet. Bemærk, at der vil fremkomme "grå arealer", hvor sandsynligheden for, at jordkvalitetskriteriet er overskredet, er f.eks. 50%. Der mangler en administrativ beslutning om, hvilken grad af sandsynlighed, der skal anvendes i forbindelse med kortlægninger af diffust forurenede arealer (ikke ejendomme).
4. Dataindsamling baseret på den anvendte prøvetagningsplan (antal af prøvepunkter/km ²) giver et tilstrækkeligt grundlag for indsats ved overskridelser af	Ja, i de fleste tilfælde. Dvs. det vil kunne beregnes, om jorden på et givet sted med en vis sandsynlighed ligger under afskæringskriteriet ved en undersøgelse af mindst 40 punkter med en

Hypoteser	Konklusion
afskæringskriterierne.	tæthed på mindst 200 punkter/km ² . For nogle områder vil man kunne nøjes med færre punkter. Andre vil kræve flere og nogle vil kræve at man undersøger på ejendomsniveau, idet der er problemer med arealer med stor heterogenitet. Der mangler en administrativ beslutning om, hvilken grad af sandsynlighed, der skal anvendes i forbindelse med kortlægninger af diffust forurenede arealer (ikke ejendomme).
5. Dataindsamling baseret på den anvendte analyseplan (parametervalg og analysemetode) giver et tilstrækkeligt grundlag for kortlægning på Vidensniveau 2.	Ja, de anvendte analyseparametre og laboratorieteknikker har været mere end tilstrækkelige.
Hypoteser om forureningsmodellen:	
6. Diffus jordforurening kan beskrives ved en bidragsmodel, idet der er et statistisk højere indhold af forureningskomponenter i kulturlag i forhold til referenceværdier for jord fra landområder.	Ja
7. Diffus jordforurening kan beskrives ved en bidragsmodel, når der er et varierende og tilfældigt indhold af forureningskomponenter i kulturlag over hele arealet, dvs. der er ingen tendens til højere indhold i bestemte retninger.	Ja
8. Forureningsniveauerne aftager med dybden i jordlaget.	Ja, på de fleste arealer undtagen de ældste.
9. De forurenede kulturlag findes til mere end 0,5 m i de ældste boligområder (>50 år).	Ja
10. De forurenede kulturlag findes til mindre end 0,5 m i de nyere boligområder (<50 år).	Ja
11. Forureningsniveauerne er forskellige for arealer med forskellig bymæssig alder og udnyttelsesgrad.	ja
12. Forureningsniveauer er højere i Københavns kommune end i provinsen.	Ja
Hypotese om arealspecifikke analyseparametre:	
13. Foruden tungmetaller og PAH findes olie (totalkulbrinter), dioxiner, PCB, phthalater og pesticider.	Ja, men kun på lavt niveau under danske eller udenlandske jordkvalitetskriterier.
14. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af benzo(a)pyren (BaP), dibenz(a,h)anthracen (DiBaA) og summen af MST 7 PAH.	Ja
15. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af bly og zink.	Der er rimelig sammenhæng ($R^2 = 0,68$).
16. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af cadmium og zink.	Der er tvivlsom sammenhæng for de 5 testarealer i København ($R^2 = 0,53$), men væsentlig bedre ved at der inddrages flere data fra område på Amager omkring valseværket ($R^2 = 0,76$).
17. Der er en sammenhæng mellem koncentrationerne af bly og summen af 7 PAH.	Nej, der er ingen sammenhæng ($R^2 = 0,02$)
18. De kritiske forureningsparametre er identiske med indikatorparametre fra andre undersøgelser, nemlig BaP og bly.	Ja (Men andre parametre er nyttige for at kunne karakterisere forurening og korrelere forureningsforhold over testarealet)

18 Ordforklaring

As	Arsen
AVJ	Amternes Videncenter for Jordforurening www.avjinfo.dk
BaP	Benzo(a)Pyren
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
Cu	Kobber
DDT	DichlorDiphenylTrichlorethan Chlorholdige pesticid
DEHP	Di(2-ethyl-hexyl)phthalat
Deposition	Engelsk ord for nedfald
DiBahA	Dibenz(a,h)Anthracen, se PAH
Diffus jordforurening	Diffus jordforurening er oprindeligt forårsaget af hændelser, der er relateret til en eller flere punktkilder, men hvor der er sket en spredning, opblanding eller fortynding, således at forholdet mellem kildestyrken og jordforureningen er blevet sløret
Diffus kilde	Diffuse forureningskilder er typisk industriafkast eller trafik, som medfører luftbåren forurening
Dioxiner	Dioxiner er en samlet betegnelse for de 75 forskellige PolyChlorede Dibenzo-p-Dioxiner (PCDD) og de 135 forskellige PolyChlorede DibenzoFuraner (PCDF)
EDXRF	Energi Dispersiv (X-ray) Røntgen Fluorescens: analysemetode for metaller
Forureningsmodel	Ofte kaldt en konceptuelle model fra den engelske betegnelse "conceptual pollution model" En beskrivelse af forurenings kilde, spredning/transport og fordeling i miljøet
GC	GasChromatografi: analysemetode for organiske forbindelser
GC-FID	GasChromatografi med Flamme Ionisations Detektor
GC-MS-SIM	GasChromatografi med MasseSpektrometri med Selektiv Ion Monitoring
Geostatistik	Geostatistik er anvendelse af statistik til at evaluere den rumlige fordeling af geokemiske data
gns.	Gennemsnit
Hydrocarbon	Kulbrinte

ICP	Induktivt (Coupled) Plasma: analysemetode for metaller
Konceptuel model	Fra den engelske betegnelse "conceptual site model - CSM" En beskrivelse af forurenings kilde, spredning/transport og fordeling i miljøet for den aktuelle lokalitet
Kriging	Kriging er en teknik til at interpolere mellem datapunkter, der forudsættes at dataene udgør en regionaliseret variabel - forskellige metoder kan anvendes til at vægte de enkelte dataværdier
Kvartil	1.kvartil svarer til 0,25 fraktil (25% af data), 2.kvartil til median og 3. kvartil er 0,75 fraktil (75% af data)
Kurtosis	Længden (størrelsen) af halen, hvor en normalfordeling har en værdi på 0 Se afsnit 2.11
Kulbrinte	Et stof bestående af kulstof og brint
Nedfald	Ofte betegnet deposition
Ni	Nikkel
Outliers	Afvigende målinger
P	Sandsynligheden (p) har en værdi mellem 0 og 1 Se afsnit 2.11
PAH	Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner omfatter et utal af kulbrinter(forbindelser som alene indeholder kulstof og brint), der består af to eller flere aromatiske ringe PAH kan være usubstituerede eller alkylsubstituerede.
Pb	Bly
PCB	PolyChlorBiphenyler
Persistente	ikke nedbrydelig
Phthalater	Phthalater er anvendt som plastblødgørere.
Q-Q plot	Data er plottet i forhold til fraktilerne i en normalfordeling. Dette svarer til at plotte data på normalfordelingspapir Se afsnit 2.11
R	Range ved den geostatistiske analyse Se afsnit 2.12
R	R er statistiske og grafiske værktøjer udviklet ved Bell Laboratories som "open source" og kan gratis downloades fra internettet, http://www.r-project.org/
R	Pearsons korrelationskoefficient indikerer, om der er et lineart forhold mellem to parametre, hvor en positiv værdi på 1 betyder et perfekt positivt lineart forhold (begge parametre vokser) og en negativ værdi på -1 betyder et perfekt negativt lineart forhold (en parametre aftager, mens den anden vokser) En værdi tæt på 0 betyder, at der ingen korrelation er imellem

	parametre
	Se afsnit 2.11
R ²	R ² , forklaringsgrad, Kvadrat af Pearsons korrelationskoefficient som angives ved regressionsanalyse og ved X-Y plots. Se afsnit 2.11
Shapiro Wilk (W)	Shapiro-Wilk test (W): Test til at vurdere om data er normalfordelte
	Se afsnit 2.11
Skewness	Afvigelse fra symmetri omkring gennemsnit, hvor en normalfordeling har en værdi på 0. Positive værdier indikerer en lang hale til højre og negative værdier indikerer en lang hale til venstre.
T-test	Anvendes til at undersøge, om to stikprøvers middelværdi er ens
	Se afsnit 2.11
ITE	International toksicitetsækvivalenter for en specifik dioxin, f.eks. TEQ ift. 2,3,7,8-TCDD- ækvivalenter, Sevesodioxin, 2,3,7,8-tetrachlor-dibenzo-p-dioxin)
UK	United Kingdom
USA-EPA	United States Environmental Protection Agency
Vidensniveau 2	Defineret i Jordforureningsloven ifm. kortlægning, hvor der er tilvejebragt et dokumentationsgrundlag, der gør, at det med høj grad af sikkerhed kan lægges til grund, at der på et areal er en jordforurening af en sådan art og koncentration, at forurening kan have skadelig virkning på mennesker og miljø
Wilcoxon Rank Sum Test	En non-parametrisk test til sammenligning af data. Anvendes hvis data ikke er normalfordelte. Se afsnit 2.11.
Zn	Zink
AAS	Atom Absorption Spektrometri, analysemetode for metaller

19 Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen. 2002. Miljøprojekt 663. Fase I. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Delrapport 1: Erfaringsopsamling og afklaring af kilder til diffus jordforurening. Miljøkontrollen. NIRAS.
- /2/ Miljøstyrelsen. 2002. Miljørapport 664. Fase I. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Delrapport 2: Afprøvning af feltmetoder ved undersøgelse af diffust forurenede jord. Miljøkontrollen. NIRAS.
- /3/ Miljøstyrelsen. 2002. Miljørapport 665. Fase I. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Delrapport 3: Indledende forslag til undersøgelsesstrategier for kortlægning af diffust forurenede arealer i byområder. Miljøkontrollen. NIRAS.
- /4/ Københavns Kommune. Miljøkontrollen. 1998. Eriksen, J.M. Arealanvendelse. Historiske kortlægning af arealanvendelse i København.
- /5/ Københavns kommunes Miljøoplysninger på grunde. Besøgt d. 21-08-2002. www.kbhbase.kk.dk
- /6/ Københavns Kommune. Miljøkontrollen. 1996. Eriksen, J.M. Lossepladser og opfyldning i København.. Historiske redegørelse for Københavns opfyldninger og lossepladser fra omkring århundredeskiftet til 1995.
- /7/ Vestsjællands Amt. 2003. Natur & Miljø.
- /8/ Wassard, E. 1990. Nørrevold, Østervold og Kastellet. Bind 10 København før og nu - og aldrig. Bramsen B. Palle Fogtdal. København
- /9/ Madsen, H.H. 1993. Østerbro. Bind 13 København før og nu - og aldrig. Bramsen B. Palle Fogtdal forlag A/S. København
- /10/ Harsløf, O. og Røssel, A. 1986. Kartoffelrækkerne. Udgivet af Husejerforeningen ved Østre Farimagsgade.
- /11/ Paludan, H, Lauridsen, J.T., Engberg, J. Knudsen, K. og Hansen, J. 1987. Københavnernes historie Fra Absalon til Weidekamp. Hans Reitzels forlag A/S København.
- /12/ Politikens forlag 1979 København hvornår skete det. Fra Absalon til nutid. Politikens Forlag sol.
- /13/ Københavns Kommune. 2002. Miljøkontrollen. Personlig kommunikation John M. Eriksen.
- /14/ Ringsted Kommunes Tekniskforvaltning 2002. Diverse kopier fra Kommuneplanen 2001-2002, uddrag af kommuneatlas: Byer og

bygninger 2000, Arp & Nielsen, Skov- og Naturstyrelsen og Byskabsanalyse: Ringsted.

- /15/ United States Environmental Protection Agency. 2000. Guidance for Data Quality Assessment. Practical Methods for Data analysis. EPA QA/G-9 QA00 Update EPA/600/R-96/084.
- /16/ Miljøstyrelsen. 2002. Miljøprojekt nr. 728. Kilder til jordforurening med tjære, herunder benzo(a)pyren i Danmark. NIRAS. DHI.
- /17/ [www.trimble.dk/ services /almanakken](http://www.trimble.dk/services/almanakken).
- /18/ Miljøstyrelsen. 2003. Liste over Kvalitetskriterier i relation til forurennet jord. Juli 2003. [www.mst.dk /affald, jord og rotter/jord](http://www.mst.dk/affald,jord%20og%20rotter/jord).
- /19/ NCC Danmark A/S Construction, Byg Øst. Møllegade – ” De gamles ny – Daginstitution. Forklassifikation af jord. 19.juni 2002. RGS 90.
- /20/ Københavns kommune. 2002. Miljøkontrollen. Orienterende forureningsundersøgelse ved Voldfløjen 13 – 21, Husum. August 2002.
- /21/ Jensen, J., Bak, J., og Larsen, M.M. (1996). Tungmetaller i danske jorder. Miljø- og Energiministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser.
- /22/ Miljø- og Energiministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser. (1996) Monitorering af tungmetaller i danske dyrkningsjorder. Prøvetagningen i 1992/93. Faglig rapport fra DMU, nr. 157, 1996.
- /23/ Ringsted Kommune. Undersøgelse af Diffus forurening med bly og Cadmium på Ringsted Kasserne 15. Oktober 2002. Dansk Miljørådgivning A/S.
- /24/ Rasmussen, D.; Sørensen, P. og Larsen, M.M. 1997. Cadmiumbalance for dansk landbrugsjord. Vand & jord. 2, 70-72.
- /25/ Hansen, E. 2002. Dioxin som muligt jordforureningsproblem i Danmark. side 41-50. ATV-møde om diffus jordforurening, d. 4. juni 2002.
- /26/ Visser, W.J.F. 1994. Contaminated land Policies in some industrialized countries. TCB R02 1993.
- /27/ Fiedler, H. Polychlorinated biphenyls (PCB): Safe management of PCBs and case studies. Proceedings of the sub regional awareness-raising workshop on persistent organic pollutants (POPS) Bangkok, Thailand 25-28 November 1997.
http://irptc.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/coverpgs/procovers.htm.
- /28/ Fiedler, H. Dioxin case study from Germany. Proceedings of the sub regional awareness-raising workshop on persistent organic pollutants (POPS) Puerto Iguazú. 1-3 april 1998.

http://irptc.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/coverpgs/procovers.htm.

- /29/ Undersøgelse av polyklorete bipfenyl(er)(PCB) i jorden i skolegården ved Skold skole. NGU rapport 99.049
<http://www.ngu.no/prosjekter/Jordforurensning/Bergen/Norsk/Rapporter/PCB-rapport.htm>.
- /30/ Gstat. 2003. Computer program for geostatistical modeling, prediction and simulation 1. juli 2003. www.gstat.org.
- /31/ Nielsen, A.A. (2000). Geostatistik og analyse af spatielle data. Lecture notes. Grundkursus.
<http://www.imm.dtu.dk/~aa/teaching.html>.
- /32/ Isaaks, E.H. & Srivastava, R.M. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press.
- /33/ Pebesma. E. 1999. Gstat user's manual 31. august 1999.
www.geog.uu.nl/gstat/manual/ .
- /34/ Københavns Kommune 1998. Miljøkontrollen. Undersøgelse af diffus jordforurening på Østerbro. Krüger.
- /35/ Lophaven, S. og Rootzen, H. 2002. Geostatistik. ATV-møde Diffus jordforurening juni 2002.
- /36/ Københavns Kommune 1998. Miljøkontrollen. Undersøgelse af diffus jordforurening i Brønshøj - Husum. Krüger.
- /37/ Københavns Kommune 1997. Miljøkontrollen. København. Grøndal området. Forureningsundersøgelse. Geoteknisk Institut.
- /38/ Miljøministeriet. DMU. 2002 Dioxin måleprogram. Statusrapport april 2002.
- /39/ Miljøministeriet. DMU. 2002. Vinkelsøe, J.; Thomsen, M.; Carlsen, L. & Johansen, E. Persistent organic pollutants in Soil, Sludge and Sediment. NERI Technical Report no. 402.
- /40/ Monitoring and Assessing Soil Quality in Great Britain. Survey model 6: Soils and Pollution. 2002. Technical report E1-063/TR.
- /41/ Environmental Agency. 1997. A review of dioxin Releases to Land and water in the UK. Research and Development publication 3.
- /42/ Miljøstyrelsen. 2003. Miljørapport. Fase II. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Delrapport 4: Diffus jordforurening og industri. Miljøkontrollen. NIRAS.
- /43/ Miljøstyrelsen. 2003. Miljørapport. Fase II. Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Delrapport 3: Diffus jordforurening og trafik. Miljøkontrollen. NIRAS.

- /44/ Miljøstyrelsen. 1998. Vejledning nr. 6. Oprydning på forurenede lokaliteter – Hovedbind.
- /45/ USA EPA 1996. Soil Screening Guidance: Users Guide. July 1996.
- /46/ Miljøkontrollen. 2001. Vestvolden ved Banefløjstien. Falkenberg A/S.
- /47/ Miljøkontrollen. 2001. Arkaderne 134, Brønshøj-Husum. GEO.
- /48/ Miljøkontrollen. 2001. Arkaderne 108, Brønshøj-Husum. GEO.
- /49/ Miljøkontrollen. 2001. Vingegavl 10, Brønshøj-Husum. GEO.
- /50/ Miljøkontrollen. 2001. Vingegavl 2, Brønshøj-Husum. GEO.
- /51/ Miljøkontrollen. 2001. Midtfløjen 3, Brønshøj-Husum. GEO.
- /52/ Miljøkontrollen. 2001. Gyngemosen ved Langhusvej, Brønshøj-Husum. Falkenberg A/S.
- /53/ Miljøkontrollen. 2001. Terrasserne 40, Brønshøj-Husum. GEO.
- /54/ Norwegian Pollution Control Authority SFT 1999. Report 99:06 Guidelines for the Risk Assessment of Contaminated Sites. TA-1691/1999. <http://www.sft.no/publikasjoner/luft/1691/ta1691.pdf>.
- /55/ Ottesen, R.T., Alexander, J. og de Lange, R. (1999). Jordforurening i Bergen- konsekvenser for helse og miljø. Norges Geologiske Undersøgelse. Årsrapport, side 10 – 11.

Deskriptiv statistisk analyse af
koncentrationen af bly, kobber, zink
samt PAH i jordprøver udtaget fra
Nyboder.

Deskriptiv statistisk analyse af koncentrationen af bly, kobber, zink samt PAH i jordprøver udtaget fra Nyboder.

Marts 2003



JSA-EnviroStat, v. Jens Strodl Andersen
Østre Allé 6B, 3250 Gilleleje
Internet: hjem.get2net.dk/jsa-envirostat
Email: jsa-envirostat@get2net.dk
Telefon: 48361787

1.1 Formål

Formålet med nærværende analyse er at belyse relationer/korrelationer mellem koncentrationen af Bly, Kobber, Zink, og PAH.

1.2 Analyse

I det følgende foretages en statistisk analyse af de beskrevne data. Først beskrives en række elementer der indgår i analysen. Beregning af: **“Skewness”** beskriver graden af symmetri, eller afvigelse fra symmetri i en fordeling. Skewness beregnes ud fra anden og tredje ordens momenter i fordelingen og en positiv værdi indikerer en lang hale til højre og negative værdier indikerer en lang hale til venstre. Værdier omkring 0 indikerer en næsten symmetrisk fordeling.

“Kurtosis” beskriver graden af "peakness", dvs. højden af fordelingen i forhold til bredden. En høj værdi indikerer at der er en høj top i centret af data og en lille værdi at der er en bred top i centret af data.

I forbindelse med normalfordelings fraktilplot (Q-Q-plot):

“U-form” af Q-Q-plottet indikerer at den ene fordeling er skæv i forhold til den anden.

“S-form” indikerer at fordelingen har længere haler end den anden. I forhold til normalfordelingen betyder det at hvis fordelingen i Q-Q-plottet bøjer ned til venstre og op til højre er halerne længere end normalfordelingens.

Til at test normalfordelings antagelser anvendes **Shapiro-Wilks** test (W) for normalitet. W er attraktiv fordi den har en simpel grafisk fortolkning. Man kan tænke på den som at approksimativt mål for korrelationen i et normalfordelingsplot.

Yderligere betragtes Kolmogorov-Smirnov (KS) der tester hypotesen at alle observationer stammer fra en normalfordeling mod alternativet at bare en af observationerne ikke kommer fra fordelingen. I normalfordelingstilfældet er (W) et stærkere test end (KS).

1.3 Ikke-transformerede data

Først indledes med deskriptiv statistik, jf. tabel A.1

	Bly	PAH	Kobber	Zink
Minimum	23	0,0025	8,2	55
1. Kvartil	136	0,79	53	242
Gennemsnit	389	2,69	84	554
Median	355	1,79	81	500
3. kvartil	516	2,96	110	826
Max:	2665	21,8	310	1370
Antal	50	50	50	50
Nedre konfidensgrænse:	275	1,45	70	446
Øvre konfidensgrænse	502	3,92	99	662
Skewness	3,9	3,71	1,8	0,59
Kurtosis	21,4	17,17	76,4	-0,76

Tabel A.1 Deskriptiv statistik

Det ses umiddelbart for Bly PAH og kobber at middelværdi og median er væsentligt forskellige samt at fordelingerne er højreskæve (lang højre hale, skewness er positiv, kurtosis stor). Dette er ikke tilfældet for Zink

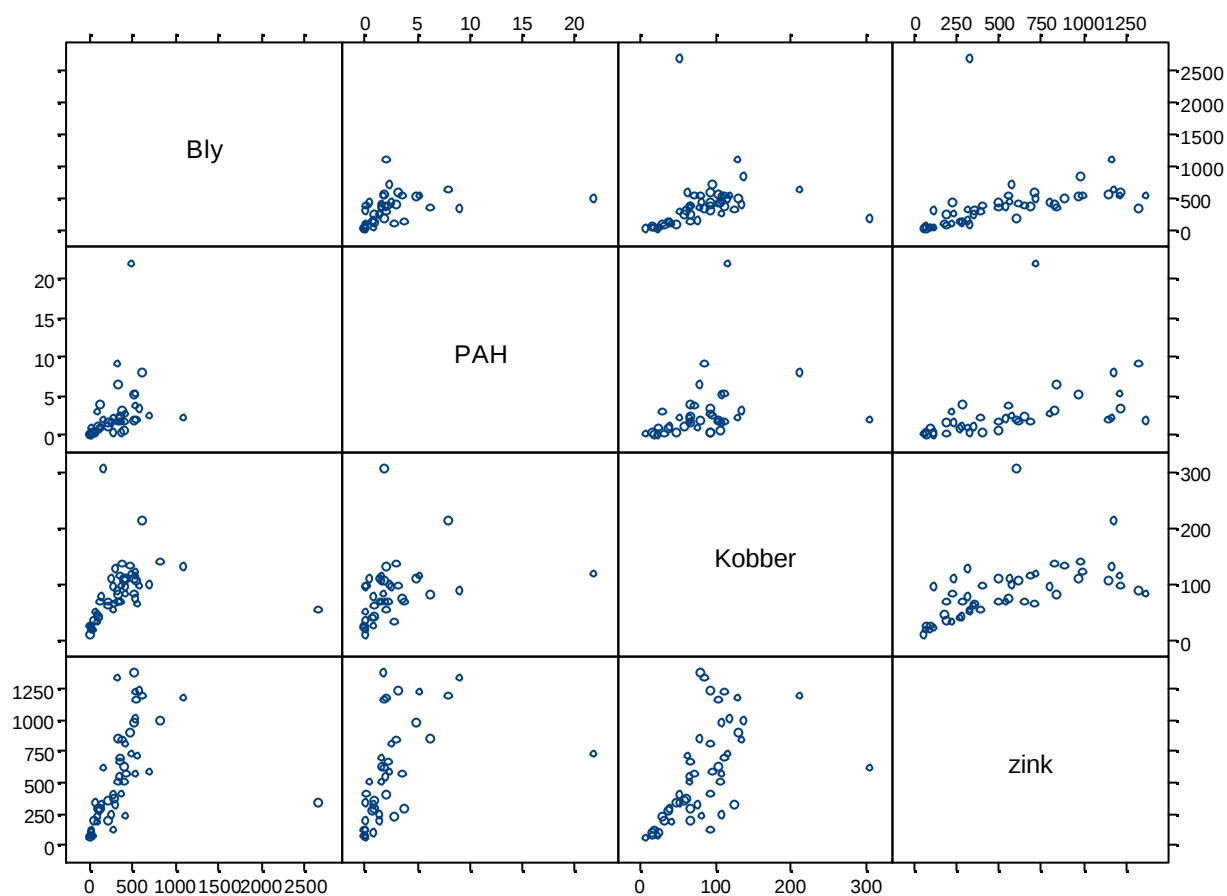
Korrelationen mellem de enkelte variable er vist i tabel A.2.

	Bly	PAH	Kobber	Zink
Bly	1,00	0,19	0,22	0,37
PAH	0,19	1,00	0,32	0,46
Kobber	0,22	0,32	1,00	0,55
Zink	0,37	0,46	0,55	1,00

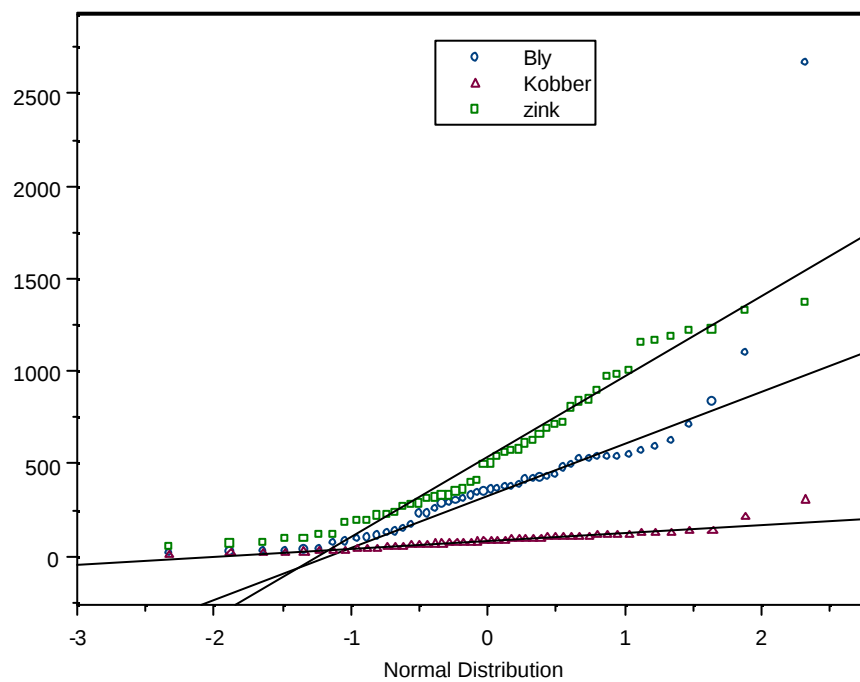
Tabel A.2 Korrelation

Illustreret grafisk i figur A.1, der ses størst korrelation mellem zink og kobber. Der ses enkelte afvigende værdier (outliers).

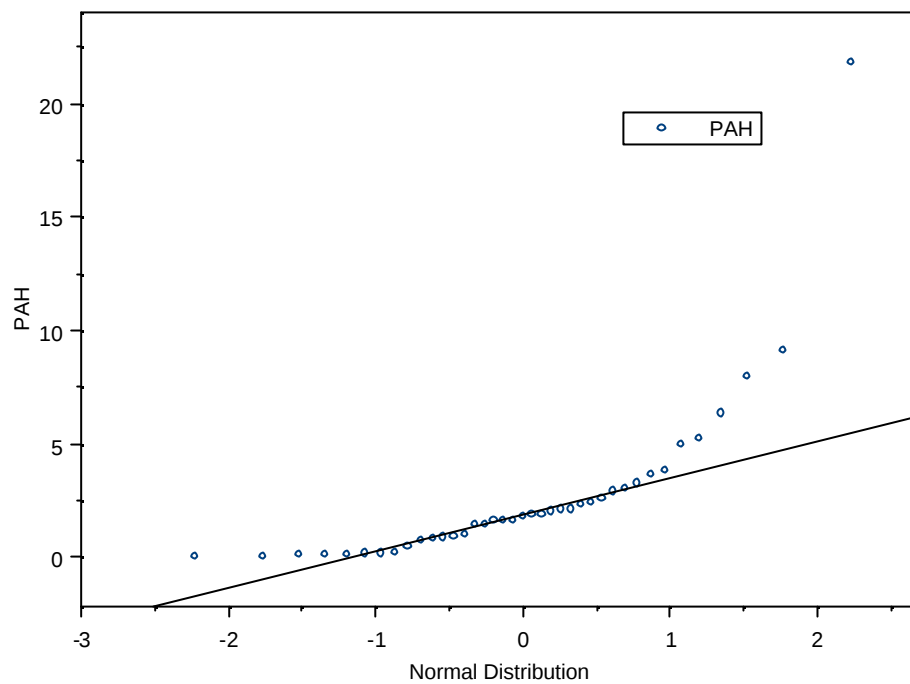
I figur A.2 og A.3 vises normalfordelings-fraktilplot. Der ses afvigelser fra normalfordelingen for alle 4 variable.



Figur A.1 Korrelationsplot

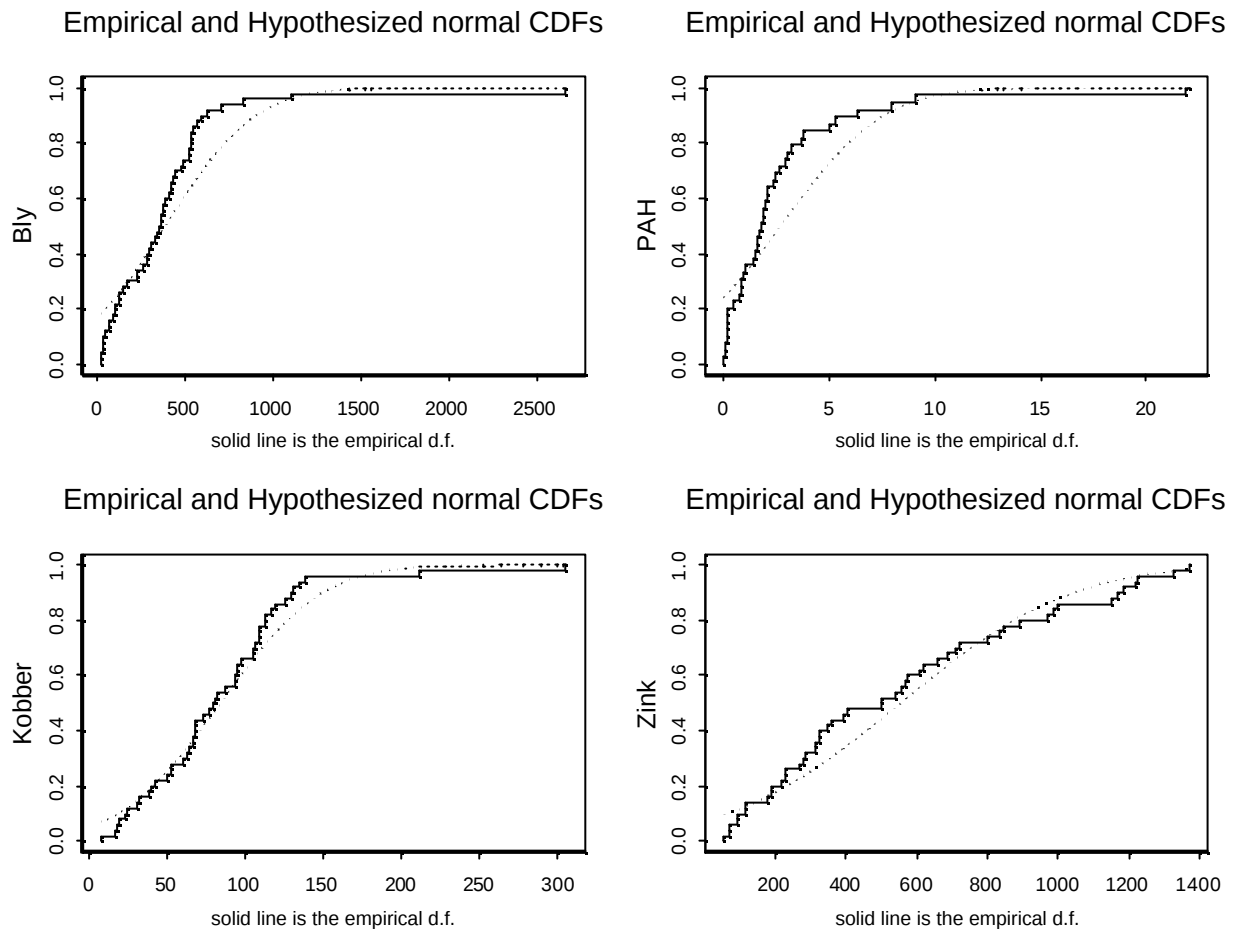


Figur A.2 Normalfordelings-fraktilplot: bly, kobber og zink



Figur A.3 Normalfordelings-fraktilplot: PAH

En anden måde at illustrere normalfordelings antagelserne er ved at plotte de kumulerede fordelinger for data og den tilhørende normalfordeling med parametrene middel og varians fra data, jf. figur A.4.



Figur A.4 Kumulerede fordelingsplot

Dette afslører ligeledes afvigelser fra normalfordelingen, idet kurverne ikke er sammenfaldende.

Endelig kan det testes om data kan tænkes at stamme fra en normalfordeling.

Hypotese: Den sande kumulerede fordeling er en normal fordeling med de estimerede parametre

Alternativ hypotese: Den sande kumulerede fordeling er **ikke** en normal fordeling med de estimerede parametre

	Kolmogorov-Smirnov Normality Test	Shapiro-Wilk Normality Test
Bly	ks = 0.21, p-value = 0	W = 0.64, p-value = 0
PAH	ks = 0.24, p-value = 0	W = 0.61, p-value = 0
Kobber	ks = 0.11, p-value = 0.5 ***	W = 0.87, p-value = 0
Zink	ks = 0.13, p-value = 0.024	W = 0.93, p-value = 0.0038

***Warning messages: The Dallal-Wilkinson approximation, used to calculate the p-value in testing composite normality, is most accurate for p-values ≤ 0.10 . The calculated p-value is 0.152 and so is set to 0.5, p-value is therefore not valid!

Tabel A.3 Tests af normal fordeling

Som det ses af tabel A.3 kan ingen af de 4 variable tænkes at stamme fra en normalfordeling.

1.4 Log_e transformerede data

Dernæst betragtes de logaritmerede (log_e)værdier indledende med deskriptiv statistik, jf. tabel A.4.

	LnBly	LnPAH	LnKobber	LnZink
Minimum	3,14	-5,99	2,104	4,01
1. Kvartil	4,91	-0,24	3,970	5,48
Gennemsnit	5,54	0,11	4,244	6,02
Median	5,87	0,58	4,388	6,21
3. kvartil	6,25	1,08	4,691	6,72
Max:	7,89	3,08	5,720	7,22
Antal	50	50	50	50
Nedre konfidensgrænse:	5,24	-0,45	4,050	5,77
Øvre konfidensgrænse	5,83	0,67	4,437	6,26
Skewness	-0,76	-1,46	-0,921	-0,62
Kurtosis	0,30	3,10	1,271	-0,42

Tabel A.4 Deskriptiv statistik for de logaritmerede (log_e)værdier

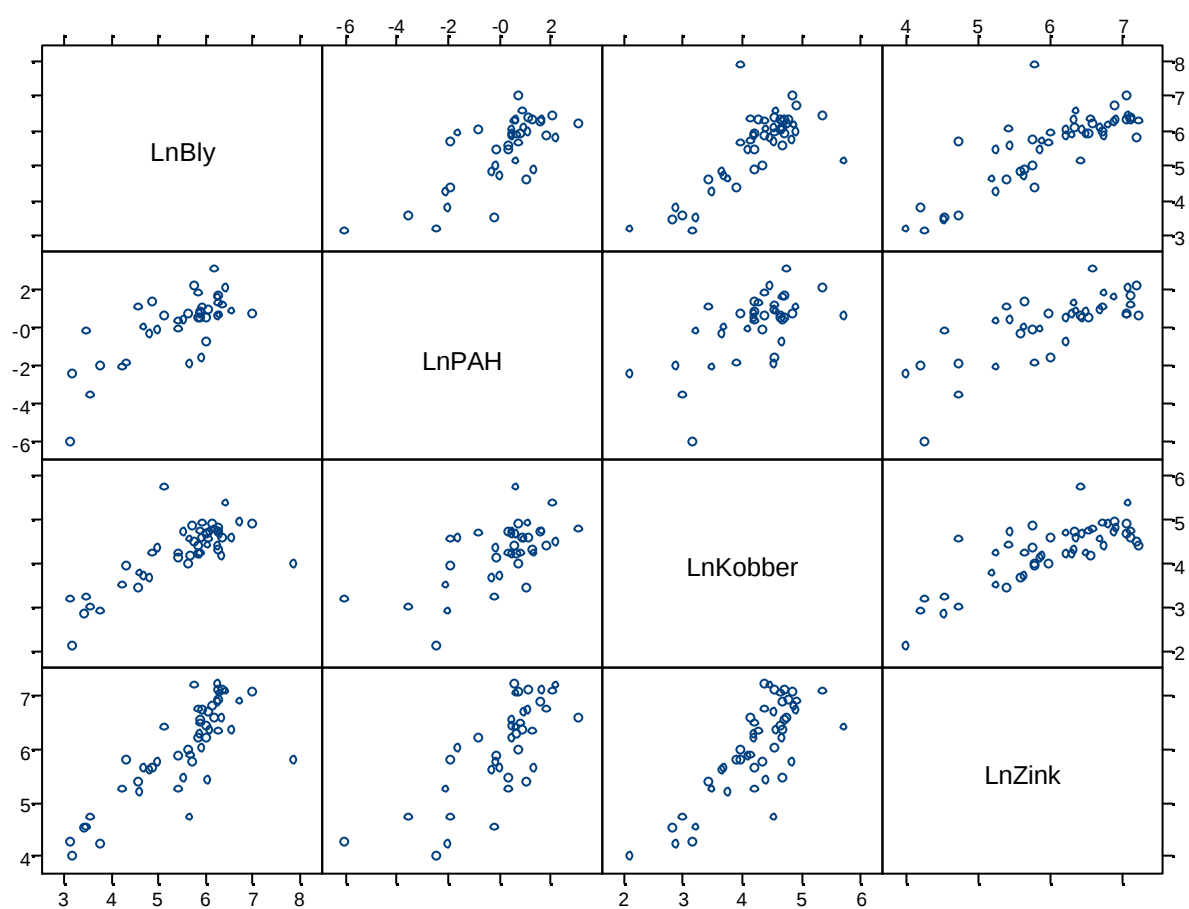
Det ses for alle 4 variable at middelværdi nu er mindre end medianen, samt at fordelingerne er lidt venstreskæve (venstre hale, skewness er negativ, kurtosis relativ lille). Blandt ses at gennemsnittet (mean) angives til 254 med en konfidensinterval på 188 – 340 mg/kg TS mens for de ikke logaritme – transformerede data var gennemsnittet på 388 med en konfidensinterval på 274– 502 mg/kg TS. Medianværdier er selvfølgelig ens for begge datasæt og er på 355 mg/kg TS.

Korrelationen mellem de enkelte variable er vist i tabel A.5

	LnBly	LnPAH	LnKobber	LnZink
LnBly	1,00	0,70	0,78	0,81
LnPAH	0,70	1,00	0,65	0,79
LnKobber	0,78	0,65	1,00	0,79
LnZink	0,81	0,79	0,79	1,00

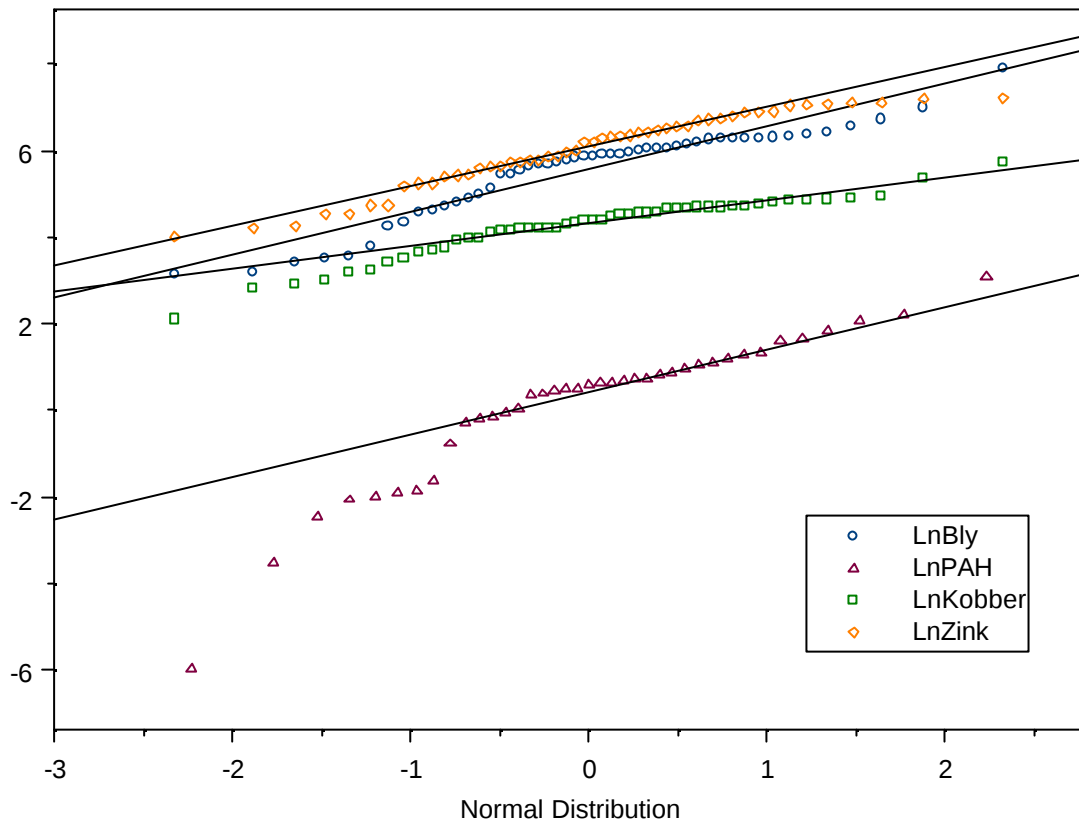
Tabel A.5 Korrelation for de logaritmerede (log_e)værdier

Illustreret grafisk, der ses størst korrelation mellem Zink og Bly. Der ses at betydningen af de enkelte afvigende værdier (outliers) er “forsvundet”. Dette er en af logaritmetransformationens fornemste opgaver.



Figur A.5 Korrelationsplot for de logaritmerede ($\log_e$)værdier

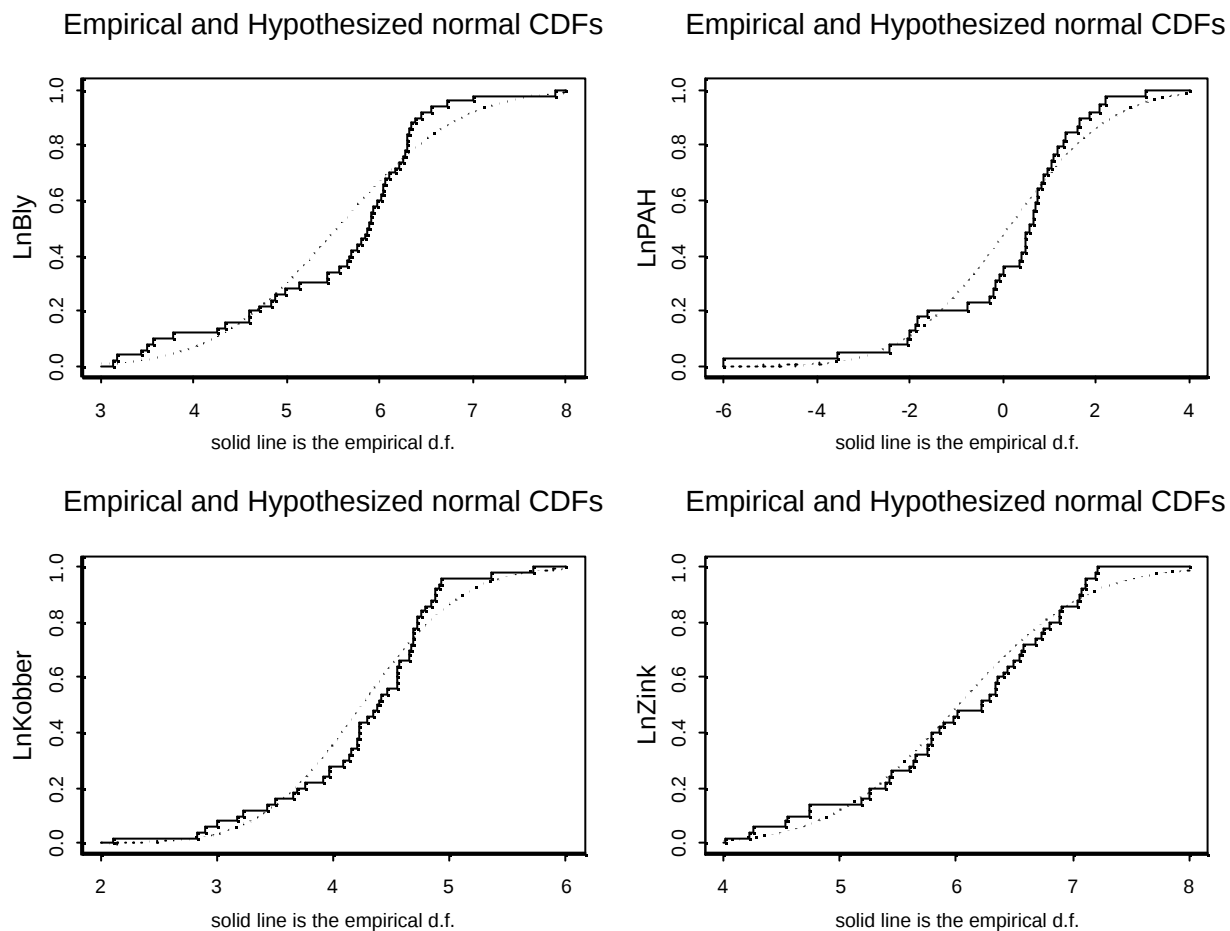
I figur A.6 vises de normalfordelings-fraktilplot for de logaritme-transformerede data.



Figur A.6 Normalfordelings-fraktilplot for $\log_e$ bly, PAH, kobber og zink

Der ses afvigelser fra normalfordelingen for alle 4 variable. Men nu er afvigelserne flyttet til venstre hale (negativ "skewness").

En anden måde at illustrere normalfordelings antagelserne er ved at plotte de kumulerede fordelinger for data og den tilhørende normalfordeling med parametrene middelværdi og varians fra data, jf. figur A.7.



Figur A.7 Kumulerede fordelingsplot for de logaritmerede værdier

Dette afslører ligeledes afvigelser fra normalfordelingen, idet kurverne ikke er sammenfaldende. Afvigelserne er flyttet længere ned af den kumulerede fordeling qua transformationen.

Endelig kan det testes om de transformerede data kan tænkes at stamme fra en normalfordeling.

Hypotese: Den sande kumulerede fordeling er en normal fordeling med de estimerede parametre

Alternativ hypotese: Den sande kumulerede fordeling er **ikke** en normal fordeling med de estimerede parametre

	Kolmogorov-Smirnov Normality Test	Shapiro-Wilk Normality Test
LnBly	ks =0.18, p-value=0.0002	W=0.91, p-value=0.0012
LnPAH	ks=0.2, p-value=0.0005	W=0.88, p-value=0.0008
LnKobber	ks=0.14, p-value=0.014	W=0.93, p-value=0.0066
LnZink	ks=0.11, p-value=0.5 ***	W=0.94, p-value=0.018

***Warning messages: The Dallal-Wilkinson approximation, used to calculate the p-value in testing composite normality, is most accurate for p-values ≤ 0.10 . The calculated p-value is 0.152 and so is set to 0.5.

Tabel A.6 Tests af normalfordeling for de logaritmerede værdier

1.5 Konklusion

- Hverken de originale data eller de transformerede data er normalfordelte.
- Logaritme transformationen er for "grov", idet fordelingerne skifter fra at være højreskæve til at være venstreskæve.
- Der ses enkelt outliers i de ikke-transformerede data, disse påvirker korrelation samt test for normalfordeling, disse bør dog ikke fjernes ved en "outlier" (afvigende værdier) undersøgelse idet det ofte er disse punkter der er interessante.
- Til de fleste statistiske analyser vil de transformerede data være at foretrække for at mindske effekten fra ekstreme værdier.

Teori ved geostatistik

1.1 Teori ved geostatistik

Den grundliggende ide i geostatistikken er at betragte værdier af geokemisk, geofysisk eller andre naturlige variable som realisationer af en stokastisk proces i planen eller rummet /31/.

For enhver position, r , i et domæne, et plan eller et rum findes en målbar størrelse, $z(r)$, en regionaliseret variabel, som er en realisation af en stokastisk variabel, $Z(r)$. En regionaliseret variabel er en variabel, der gradvist ændrer egenskaber afhængig af positionen r .

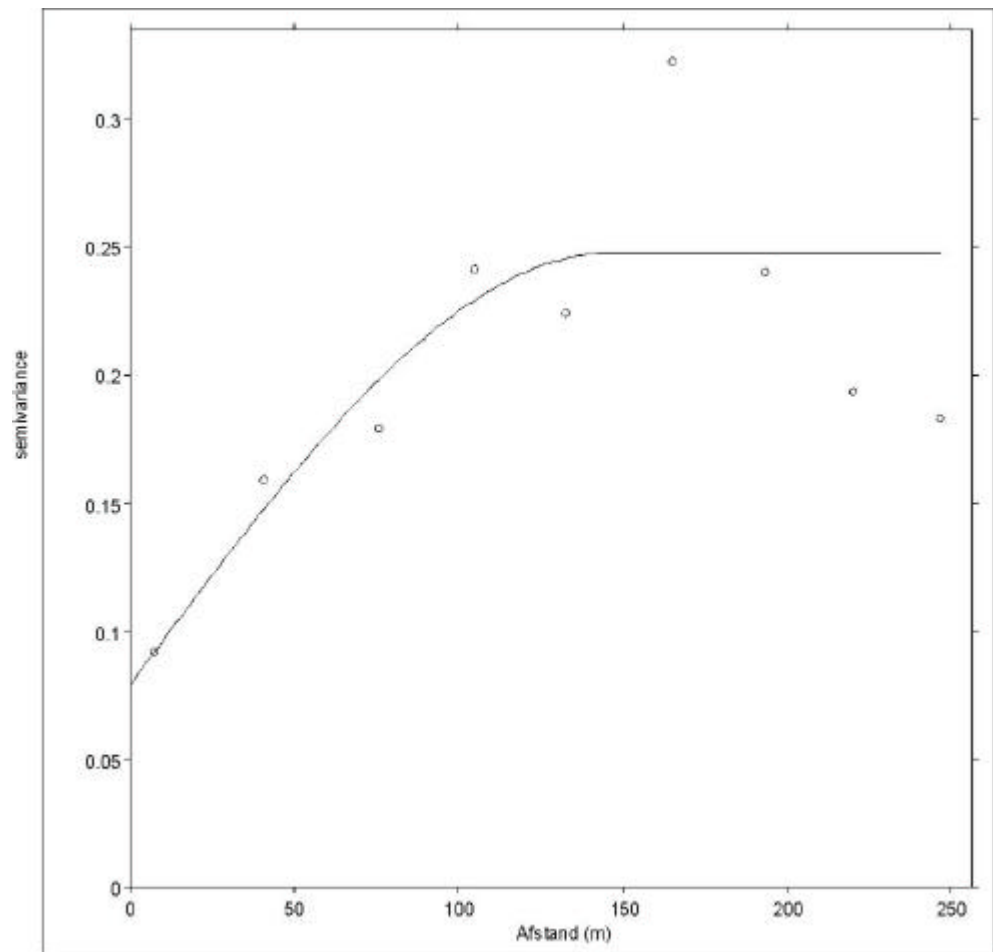
$Z(r)$ har en forventningsværdi, $E\{Z(r)\}=\mu(r)$, og en auto-kovarians, $Cov\{Z(r), Z(r+h)\}=C(r,h)$, hvor h er en forskydningsvektor. Hvis $\mu(r)$ er konstant over hele det betragtede domæne, det vil sige $\mu(r) = \mu$ siges Z at være første ordens stationær. Hvis autokovariansen kun afhænger af forskydningsvektoren, det vil sige, hvis $C(r,h)=C(h)$, siges Z at være anden ordens stationær.

Ved anvendelse af kriging undersøges og modelleres den spatiale korrelation forud for estimationen af den målte parameter i alle andre punkter. Hertil anvendes semivariogrammet, der formelt kan udtrykkes ved:

$$g(r,h)=E\{[Z(r+h)-Z(r)]^2\}/2$$

Det gælder også, at semivariogrammet kun afhænger af forskydningsvektoren, hvis Z er anden ordens stationær.

I praksis anvendes det eksperimentelle semivariogram, der er en diskretisering af det formelle semivariogram, hvor semivariansen estimeres i diskrete afstandsintervaller, som det halve af de kvadrerede differencer mellem prøvepunkterne. Hvis semivariogrammet er uafhængig af retningen af forskydningen, siges Z at være isotropisk. Hvis det omvendt er afhængigt af retningen, siges Z at være anisotropisk. De enkelte diskrete afstandsintervaller i diskretiseringen betegnes *lags*.



Figur b.1 Semivariogram for blykoncentrationer målt på testareal D - Banefløjten.

Semivariogram for lead concentrations for test area D - Banefløjten

I figur B.1 er vist et eksempel på et semivariogram, der viser variansen i blykoncentrationer målt på testareal D - Banefløjten (jf. kapitel 6). Semivariogrammet viser, at semivariansen vokser med lagafstanden, og dermed at målingerne er spatialt korrelerede. Kurven angiver den modellerede spatiale korrelation eller variogrammodel, der er tilpasset ved hjælp af mindste kvadraters metode til en generel sfærisk model. Til estimationen af variogrammodellen er anvendt den geostatistiske applikation "gstat" /30/ til statistikprogrammet R.

Den generelle sfæriske variogrammodel er givet ved:

$$g^*(h) = \begin{cases} 0 & h=0 \\ \hat{C}_0 + C_1 \left[\frac{3h}{2R} - \left(\frac{h^3}{2R^3} \right) \right] & 0 < h < R \\ \hat{C}_0 + C_1 & h > R \end{cases}$$

Den afstand, hvor modellen er konvergeret mod det gennemsnitlige maksimale niveau for semivariansen R , betegnes *range*.

Denne er ikke i alle modeller noget klart defineret punkt, og er ikke med sikkerhed nået inden for den undersøgte afstand i ovenstående figur.

Modellen i figuren beskriver, at der selv imellem punkter, der har en meget meget lille indbyrdes afstand, er en ikke ubetydelig varians, svarende til C_0 i den matematiske modelformulering. Denne betegnes “*nugget*”, og er her et udtryk for summen af jordmediets mikrovariation og måle-/analyseusikkerhed, der vil bidrage til usikkerheden på estimatet af blykoncentrationen i ethvert punkt, uanset afstanden til nært beliggende målepunkter. Endelig betegnes den maksimale varians $C_0 + C_1$ for “*sill*” og som er lig med den samlede varians i det undersøgte domæne for den betragtede variabel.

Variogrammodellen kan anvendes til at fastlægge vægtningen af de målte punkter i estimationen af værdierne i alle øvrige punkter ved hjælp af kriging. De fleste metoder, herunder simpel, ordinær og universal kriging bygger på en gaussisk eller normalfordelt stokastisk variabel. Det er attraktivt, at metoderne foruden at give et estimat for $Z(r)$ for et vilkårligt punkt r , også gør det muligt at estimere variansen for dette. Da $Z(r)$ er normalfordelt, kan variansen direkte anvendes til at beregne et approksimativt konfidensinterval for den estimerede værdi.

Alle tre metoder forudsætter, at variogrammet er uafhængigt af stedvektoren og kun afhænger af forskydningsvektoren. Det kan vises, at dette gælder, såfremt $Z(r)$ er anden ordens stationær. Det omvendte er imidlertid ikke altid tilfældet /30/. Endvidere forudsættes i simpel kriging, at $Z(r)$ er første ordens stationær. Det vil sige, at den estimerede værdi er kendt og uafhængig af stedvektoren. I praksis vil simpel kriging derfor ofte virke udglattende på de forskelle, der tegner sig inden for et geografisk område. Ved ordinær kriging er dette løst ved at estimere $Z(r)$ på grundlag af punkter indenfor et mindre naboområde. I denne model opfattes $Z(r)$ som en regionaliseret stokastisk variabel med en kontinuerligt varierende estimeret værdi. I universal kriging er den estimerede værdi en funktion af fysiske parametre, der forårsager en trend i den estimerede værdi. Dette kunne i relation til diffus jordforurening eksempelvis være retning og afstand fra en kendt punktkilde.

Diffus jordforurening på Østerbro

Geostatistisk analyse af målinger af Bly

Diffus jordforurening på Østerbro

Geostatistisk analyse af målinger af Bly

Revideret juni 2003



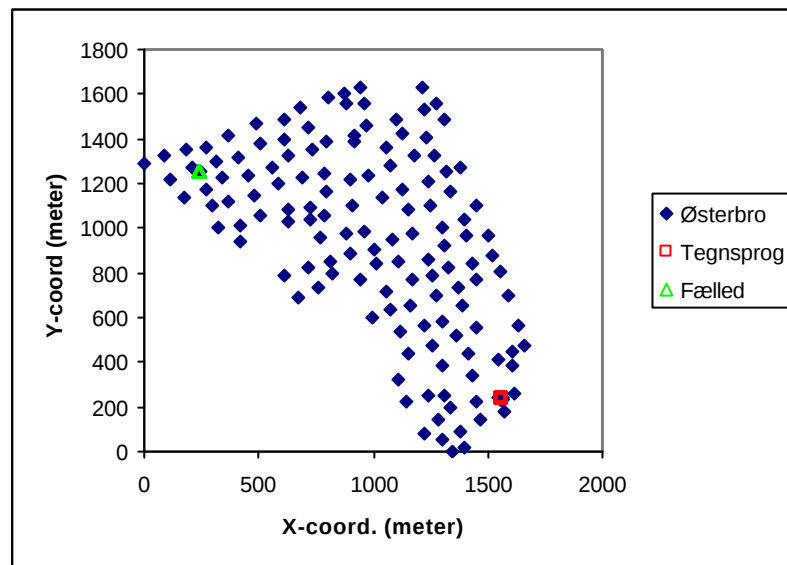
JSA-EnviroStat, v. Jens Strodl Andersen
Østre Allé, DK-3250 Gilleleje
Internet: hjem.get2net.dk/jsa-envirostat
Email: jsa-envirostat@get2net.dk
Telefon: 27460937

1.1 Introduktion

Data i denne analyse stammer fra Østerbro og er oprindelig analyseret i /3, og 35/. Koordinaterne på positionerne er angivet i UTM og enheden er derfor meter. Der vil i det følgende blive beskrevet en spatiel analyse for Bly.

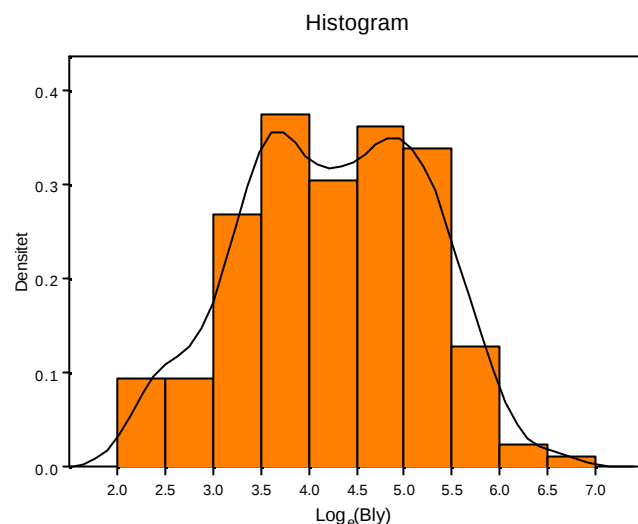
Datasættet er opdelt i tre grupper, jf. figur C.1

1. "Østerbro": 138 positioner på Østerbro
2. "Tegnsprog": 24 positioner, Center for tegnsprog, tæt på punkterne B147 og B148 fra "Østerbro"
3. "Fælled": 9 positioner, Fælledparken, tæt på punkterne B11 og B12 fra "Østerbro"



Figur C.1 Prøvetagningspositioner

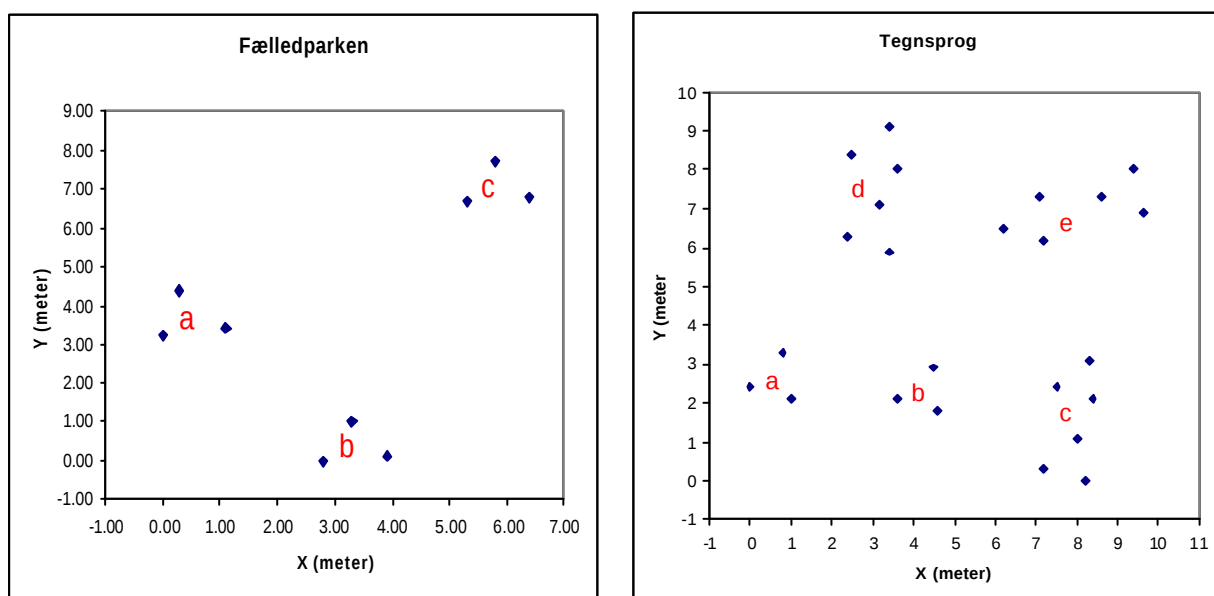
Kombinationen af de tre datasæt gør det muligt at vurdere den spatielle variation indenfor både små og store afstande. I figur C.2 er vist histogrammet (densiteten) for alle tre datasæt $\text{Log}_e(\text{Bly})$. Endvidere er den estimerede densitet plottet som en sort kurve. Histogrammer afviger ikke meget fra en sædvanlig "klokkeformet" normalfordeling. Det er dog ikke givet at logaritme transformationen er en optimal transformation i forhold til at gøre de transformerede data normalfordelte. For at optimere dette kan en såkaldt Box-Cox transformation anvendes (se senere). Nedenstående er den estimerede densitet plottet som en sort kurve. Det afbildede histogrammer afhænger af valget af intervalbredde og kurven af estimationsmetoden.



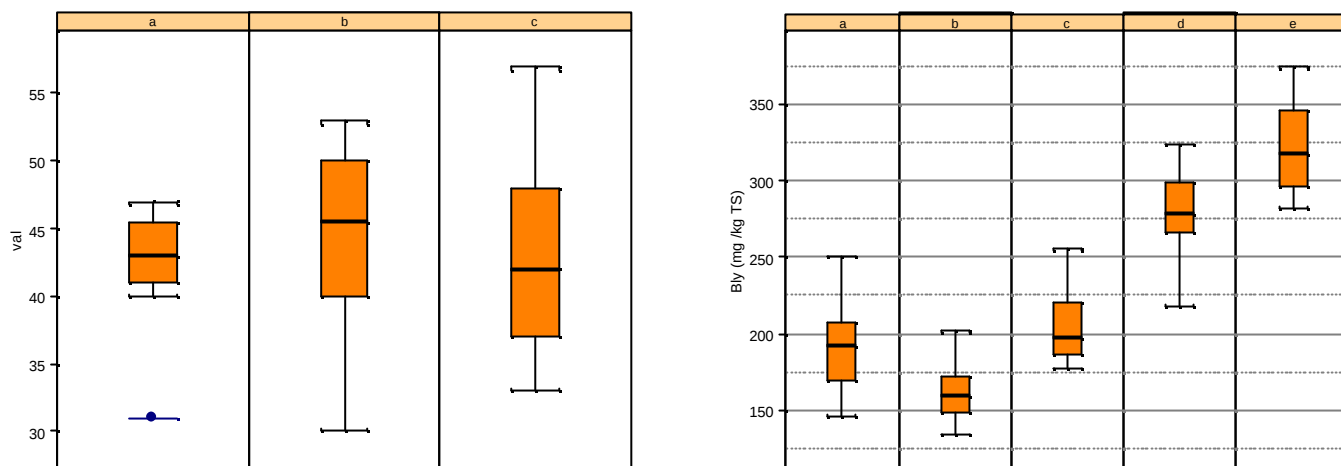
Figur C.2 Histogram

1.2 Spatiel analyse af data

Indledningsvis beskrives den spatielle mikrovariation deskriptivt grafisk. Nedenstående er angivet positioner, jf. figur C.3 samt box-whisker plots, jf. figur C.4 for data fra henholdsvis “Fældparken” og “Tegnsprog”. Specielt “Tegnsprog” udviser spatiel mikrovariation. For Østerbro er de to observationer, der har den mindste indbyrdes afstand, placeret med 31 meters indbyrdes afstand og den indbyrdes maksimale afstand er 1930 meter. Kombinationen af de tre datasæt udspænder dermed afstande fra 1 til 1930 meter. Derved kan den spatielle variation vurderes i dette interval.



Figur C.3 Pprøvetagningspositioner



Figur C.4 Box-Whisker plots

Det er valgt i denne fremstilling at estimere koncentrationen af Bly indenfor området ved hjælp af maksimumlikelihood estimation i “The Gaussian random field model”. Denne model er specificeret ved $Y(x) = \mu(x) + S(x) + \varepsilon$, hvor x er den geografiske position, Y er koncentrationen af bly, $\mu(x) = \beta$, hvor β er middelværdien. $S(x)$ er en stationær gaussisk proces med varians σ^2 (partial sill) og en korrelationsfunktion parametriseret ved ϕ (range parameter). Yderligere parametre i korrelationsfunktionen er i enkelte tilfælde en smoothness parameter κ (kappa). ε er fejleddet (eller residualer) med variansparameter τ^2 (nugget varians). Endvidere er det muligt at benytte Box-Cox transformation af Y , dvs. $Y(x)$ erstattes med $g(Y(x))$, hvor $g(Y(x)) = ((Y^\lambda(x)) - 1) / \lambda$; det bemærkes at $\lambda=0$ svarer til $\log_e$ og $\lambda=1$ svarer til ingen transformation.

Ved metoden optimeres likelihoodfunktionen og parametrene estimeres derved simultant og er derved uafhængig af subjektive valg af eks transformation af Y eller valg af afstande til variogrammet.

Følgende funktioner er benyttet til at beskrive korrelationsfunktionen “Spherical”, “Exponential”, “Powered exponential”, “Matern”.

Den Sfæriske blev valgt baseret på værdien af log-likelihoodfunktionen

Følgende værdier blev estimeret :

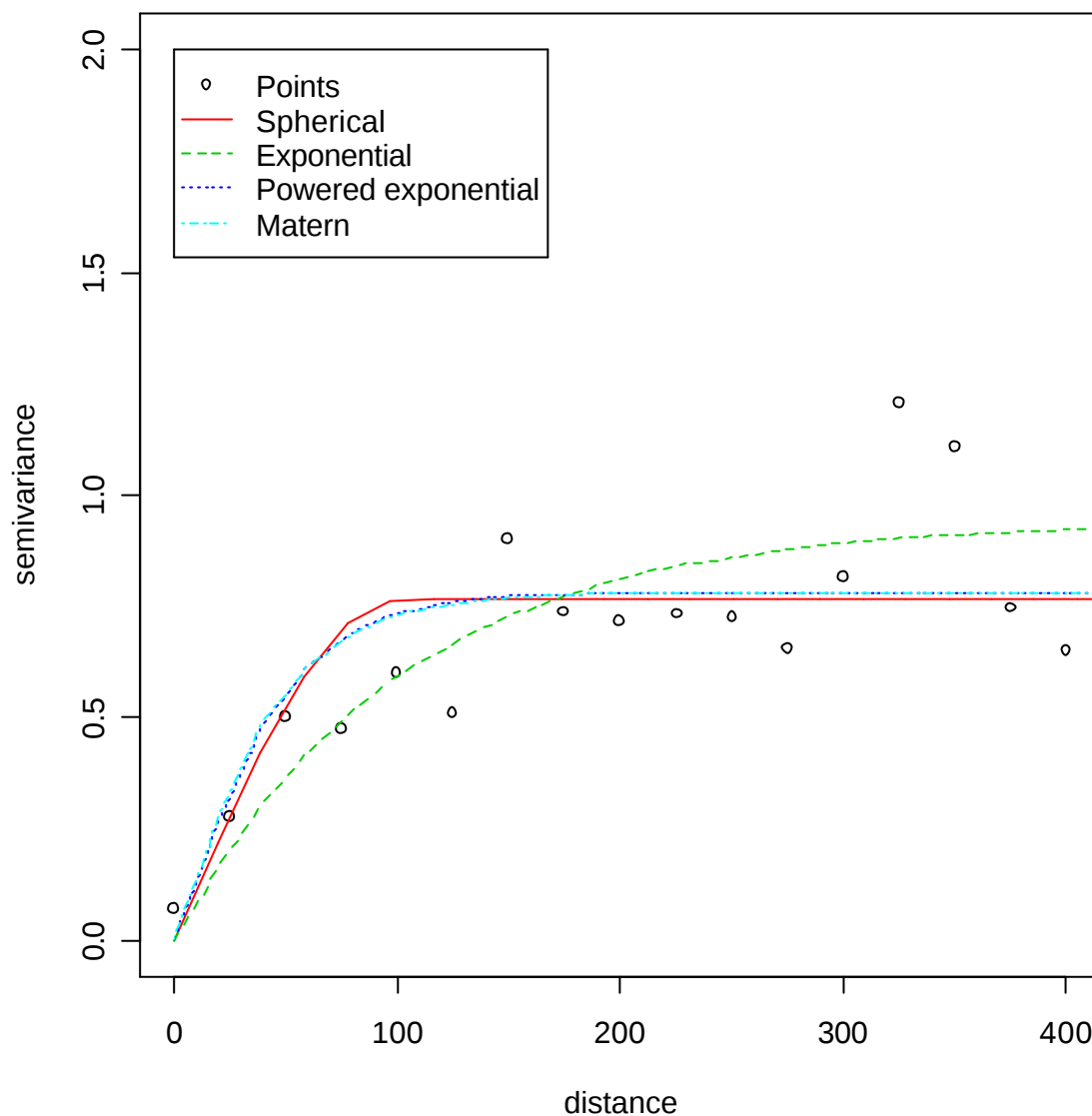
“Parameters of the mean component” (på den transformerede skala):

$$\beta = 4,0057$$

“Parameters of the spatial component” (correlation function: spherical):

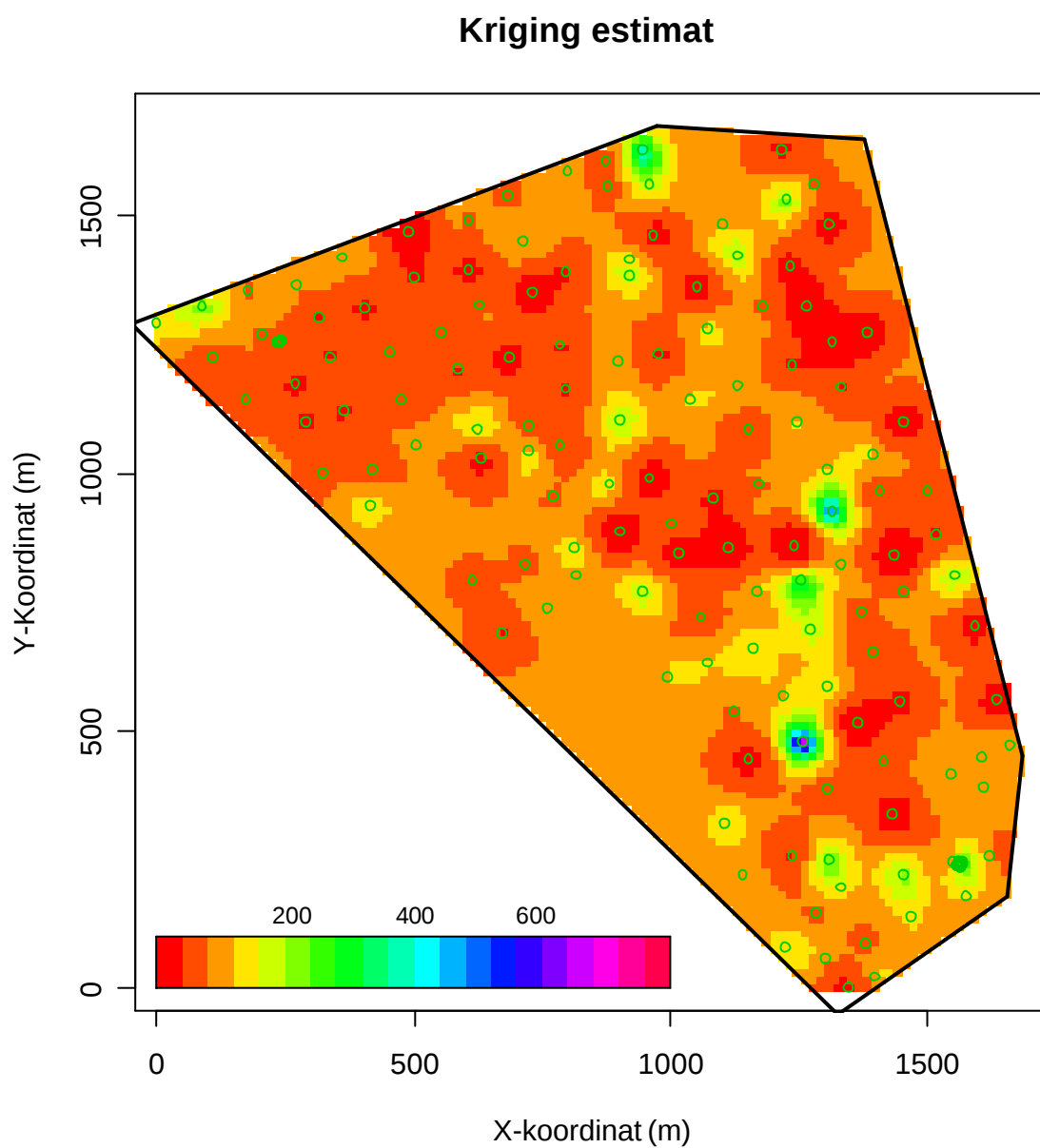
- Variance parameter σ^2 (partial sill) = 0,765
- Cor. fct. parameter ϕ (range parameter) = 100
- Parameter of the error component (nugget): $\tau^2 = 6e-04$
- Transformation parameter: $\lambda = -0,0074$

Nedenstående er vist de forskellige variogram-modelleri figur C.5. Den sfæriske blev valgt på basis af den bedste log-likelihoodfunktion. Det bemærkes at funktionerne er estimeret uafhængigt af valg punkterne. Andre afstande kunne vælges og dette ville ændre positionen af punkterne.



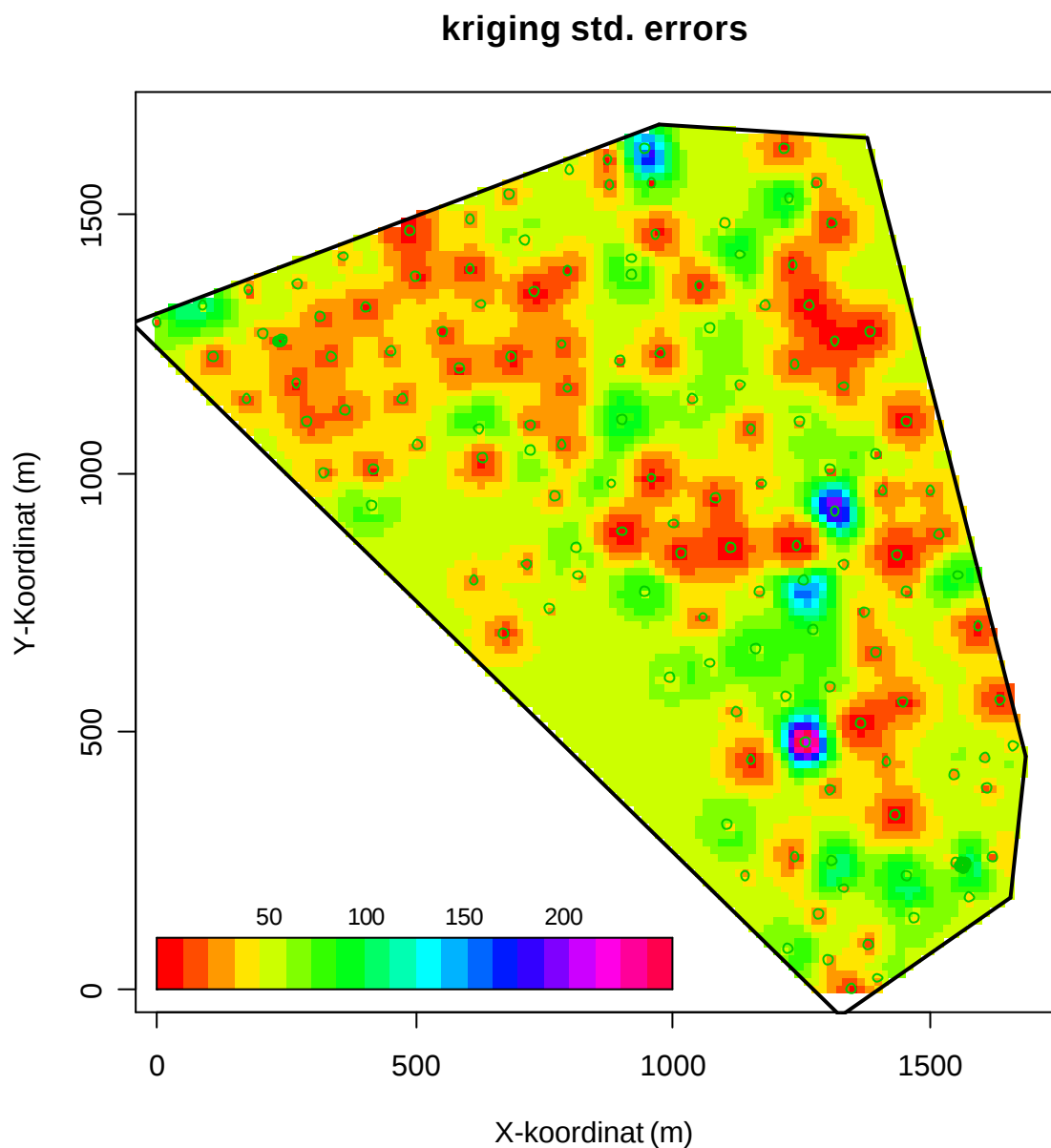
Figur C.5 Semivariogram

Prediktionen af blykoncentrationen i området baseret på maksimumlikelihood estimerne beskrevet ovenstående er vist i figur C.6



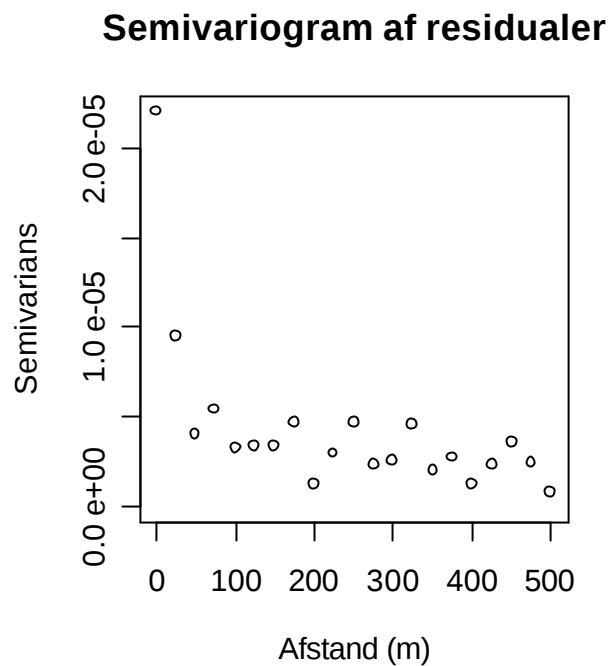
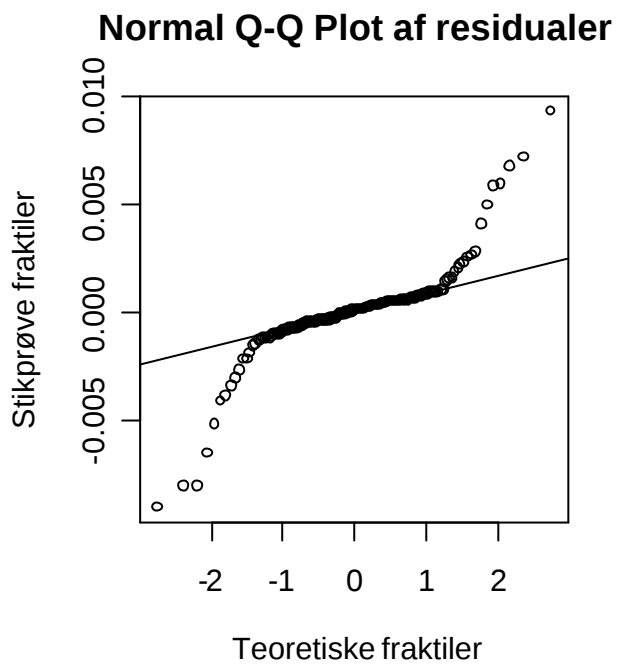
Figur C.6 Estimat af koncentrationsniveauet

Standardafvigelsen på ovenstående prædiktion er vist i figur C.7.



Figur C.7 Standard afvigelse af estimatet

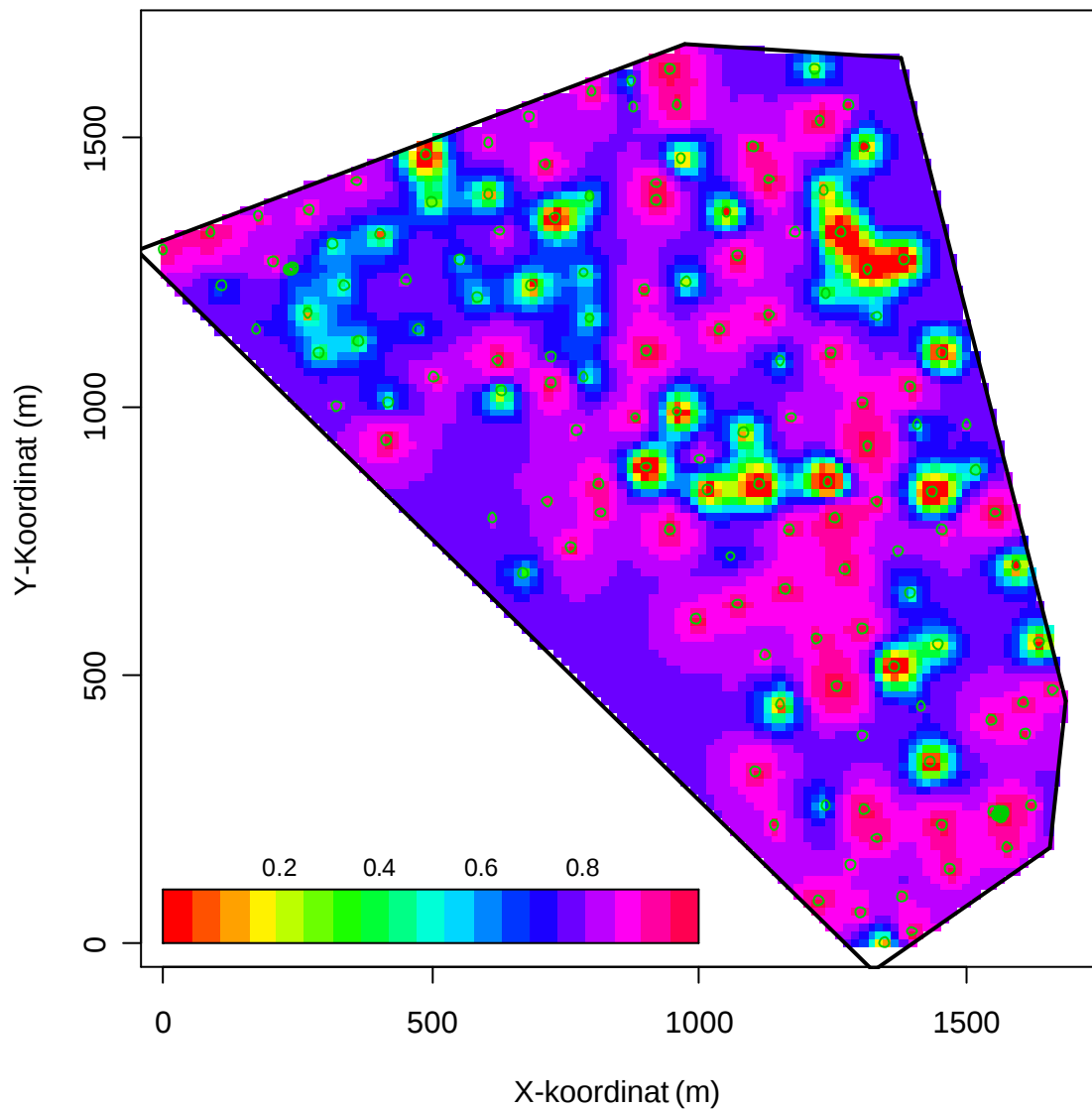
For at checke om den spatielle variation er beskrevet tilfredsstillende, samt checke en enkelt modelforudsætning er der i figur C.8 plottet et normalfordelingsplot for residualerne. Yderligere er semivariogrammet for residualerne angivet. Det ses at residualerne er approksimativt normalfordelte, dog med lidt længere haler. Der ses ingen spatiel korrelation i residualerne.



Figur C.8 Plot af residualer

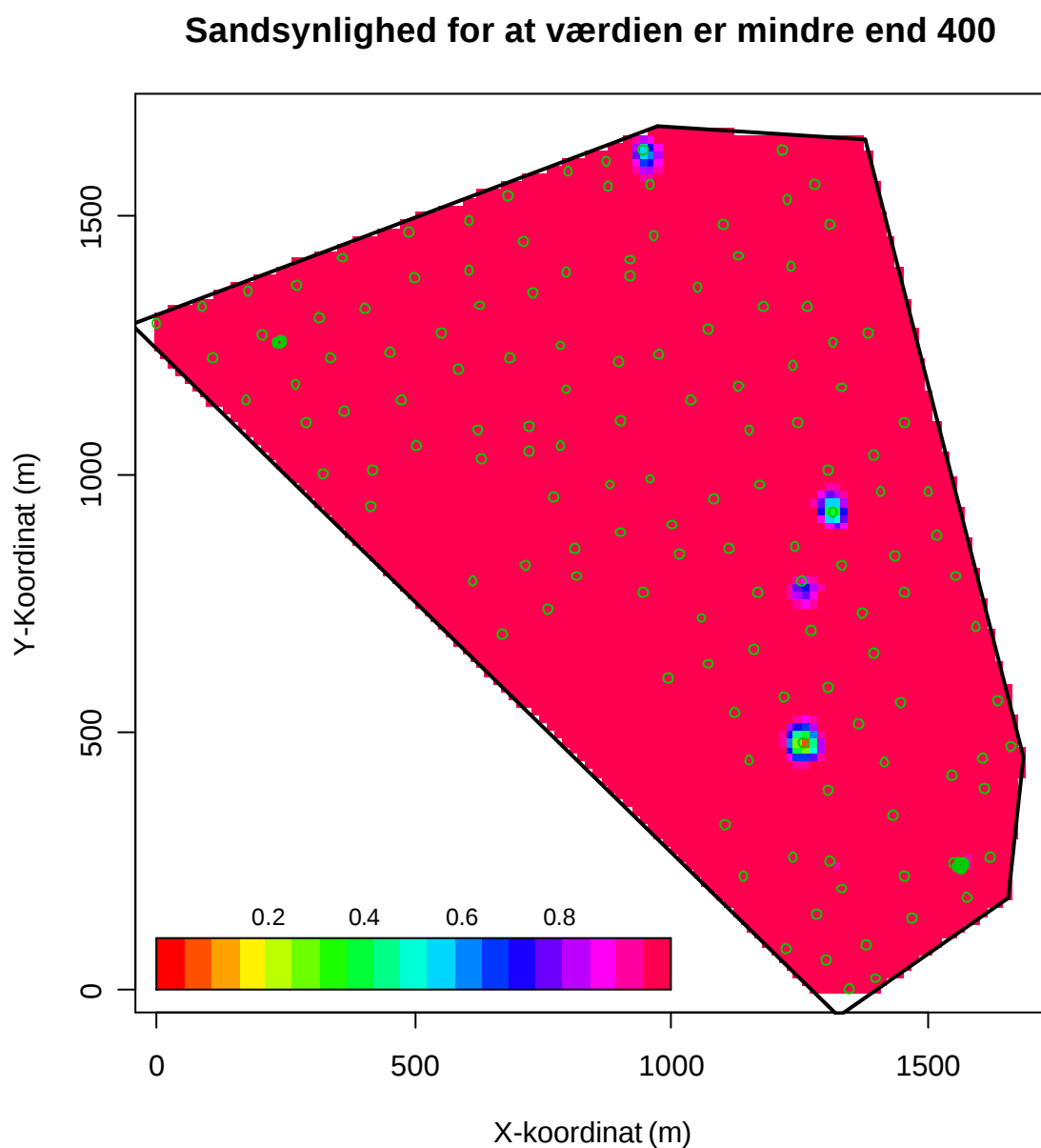
Baseret på prædiktionen og standardafvigelsen på denne er der nedenstående angivet sandsynligheden for at jordkvalitetskriteriet er overskredet, jf. figur C.9.

Sandsynlighed for at værdien er over JKK=40



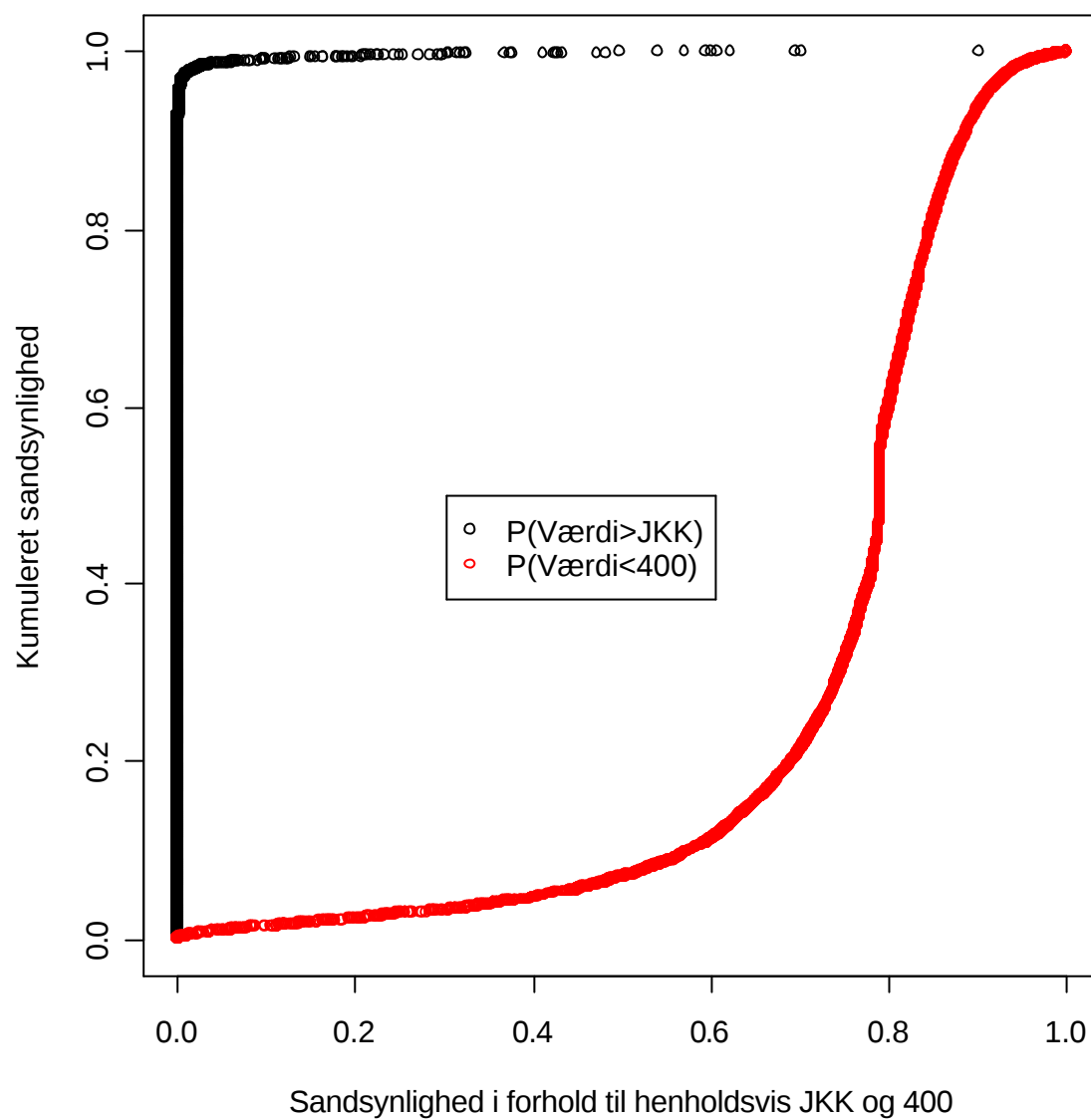
Figur C.9 Sandsynlighed for overskridelse af JKK for bly på 40 mg/kg TS.

Baseret på prædiktionen og standardafvigelsen på denne er der nedenstående angivet sandsynligheden for at værdien er under afskæringskriteriet, jf. figur C.10.



Figur C.10 Sandsynlighed for en værdi mindre end ASK for bly på 400 mg/kg TS.

I figur C.11 er angivet de kumulerede fordelinger for henholdsvis sandsynligheden for at JKK er overskredet samt sandsynligheden for at en værdi er under 400 mg/kg TS. Det ses at jordforurening i næsten alle positioner er over JKK og sandsynligheden for at være under 400 mg/kg TS er mere jævnt fordelt.



Figur C.11 Kumulerede fordeling af sandsynligheder

1.3 Software

Til analyserne er anvendt **geoR**:

<http://www.maths.lancs.ac.uk/~ribeiro/geoR.html>