

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 5 1990

Notat om chlor og
tungmetaller i affald

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

628.4.032 : 546.4 : 546.13

B22

ex. 3

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 5/1990

Notat om chlor og tungmetaller i affald

Kim Christiansen, Leif Hoffmann
Teknologisk Institut. Miljøteknik

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Indholdsfortegnelse

Forord

Indholdsfortegnelse

<u>1.</u>	<u>Prøvetagning og analyser</u>	4
1.1	Prøveudtagning	4
1.2	Forbehandling og chloridmålinger	5
1.3	Tungmetalmålinger	5
<u>2.</u>	<u>Data fra ind- og udland</u>	6
<u>3.</u>	<u>Diskussion</u>	12
3.1	Bemærkninger og kommentarer	12
3.2	Begrænsninger i de anvendte analysemetoder	13
3.3	Diskussion af de danske tal	14
	3.3.1 Husholdningsaffald	15
	3.3.2 Erhvervsaffald	19
3.4	Sammenligning med udenlandske undersøgelser	19
3.5	Sammenfatning	22

Referencer

Upublicerede bilag

Forord

Nærværende notat er udarbejdet af Teknologisk Institut (pr. 1. januar 1990: Dansk Teknologisk Institut) for Miljøstyrelsen, og det har til formål at sammenligne indholdet af chlor samt tungmetallerne bly, cadmium og kviksølv fundet ved målinger på udsorterede affaldsfraktioner fra husholdninger og erhverv i Hillerød med generelle oplysninger om indholdet af disse stoffer i affald.

Prøvetagning og analyser beskrives i kapitel 1 på basis af upublicerede rapporter fra gendan a/s, Bioteknisk Institut og Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium. I kapitel 2 sammenfattes måleresultater m.m. fra ind- og udland fra umiddelbart foreliggende litteratur; der er således ikke gennemført en systematisk litteratursøgning. I kapitel 3 diskuteres de målte værdiers repræsentativitet i forhold til data præsenteret i kapitel 2.

Projektet har været fulgt af en styringsgruppe bestående af Chr. Ege Jørgensen, Miljøstyrelsen og Kim Christiansen, Teknologisk Institut.

Notatet er tilsendt Anton Elmlund, gendan og Erik Hansen, Cowiconsult for kommentarer. Endvidere er notatet tilsendt de medvirkende analyselaboratorier. De indkomne kommentarer er resumeret i afsnit 3.1.

Notatet er udarbejdet på et meget begrænset budget, og resultaterne er baseret på meget få målinger. De anførte konklusioner i kapitel 3 må derfor læses som forfatterens bedste bud og ikke som resultat af en tilbundsående, videnskabelig undersøgelse.

Som bilag til notatet henregnes rapporter fra gendan a/s, Bioteknisk Institut, Teknologisk Institut og Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium (bilag 1-4). Bilagene er upublicerede.

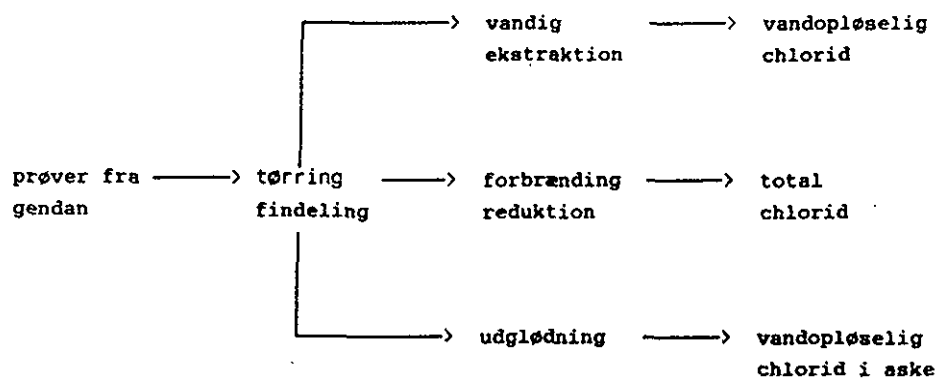
Prøvetagningen blev gennemført i efteråret 1985. De sidste analyseresultater forelå i marts 1986. Udkast til projekt om vurdering af materialet blev fremsendt til Miljøstyrelsen oktober 1986 og kontrakten blev underskrevet i april 1987. Notatet skulle foreligge medio 1987, men er grundet andre opgaver hos udfører og rekvirønt blevet udskudt til ultimo 87 og senest til medio 88. Herefter er der indhentet yderligere kommentarer fra de deltagende laboratorier og rekvirønter. Endelig udgave er færdiggjort i januar 1990.

1. Prøvetagning og analyser

1.1 Prøveudtagning

Den 18. september 1985 blev 25 affaldssække udtaget til undersøgelse for chlor- og tungmetallindhold i husholdningsaffald, således at de repræsenterede både enfamilie- og flerfamilieboliger. Der blev endvidere indsamlet erhvervsaffald fra 2 kontorvirksomheder og 2 supermarkeder, idet de, i følge gendans erfaring, ville give et repræsentativt udsnit af erhvervsaffald. Husholdningsaffaldet blev opdelt i 16 fraktioner, og erhvervsaffaldet blev opdelt i 5 fraktioner af gendan a/s (tabel 1).

Efter den primære sortering blev kun de brændbare fraktioner udsorteret til analyse, idet de blev betragtet som relevante for emissionsberegninger fra forbrændingsanlæg. De enkelte fraktioner blev findelt ved hjælp af rivning samt klipning med hækkesaks og almindelig saks og blandet med en skovl. Ved gentagne gange at udtage 1/4, der blev findelt yderligere, fremkom en prøve på 50 - 100 liter, hvoraf der blev udtaget 1/2 - 2 kg til forsendelse. Prøverne blev forsendt i enten PE-folieposer eller alubakker med låg (bilag 1).



Figur 1. Chloranalyser.

1.2 Forbehandling og chlorbestemmelse

Tørstofindholdet i prøverne blev bestemt, og de blev derefter findelt med knivmølle og slaglemølle (figur 1).

Opløseligt chlorid blev bestemt ved at ekstrahere prøverne med vand. Prøver til totalchloridbestemmelse blev forbrændt i lukket kammer med kaliumnitrat, sukker og natriumperoxid, hvorved der skete en total destruktion, og chlor blev holdt på reduceret form; den totale chlormængde var herefter bundet i asken.

Askeindholdet i fraktionerne blev bestemt ved udglødning i åbne digler, og det vandopløselige chlor blev bestemt i asken.

Chlorid i asken fra nedbrydning og udglødning, samt i ekstrakterne blev bestemt ved potentiometrisk titrering med sølvnitrat. Detektionsgrænsen blev bestemt til 20 ppm (bilag 2).

1.3 Tungmetalbestemmelse

Prøverne, der var blevet findelt af Bioteknisk Institut, blev analyseret for tungmetaller af Kemisk-Analytisk Laboratorium, Teknologisk Institut og Miljøstyrelsens Luftforureningslaboratorium med henholdsvis syreoplukning/AAS og PIXE-metoden.

Prøverne blev oplukket med salpetersyre ved henholdsvis kogning i bægerglas under urglas og kogning med tilbagesvaling (plastfraktionerne). Plastprøverne blev desuden oplukket med salpetersyre i teflonbeholdere i en autoklave. Blyanalyserne blev udført ved flammeatomabsorptionsspektrometri, cadmiumanalyserne ved elektrotermisk atomabsorptionsspektrometri, og kviksølvanalyserne blev udført ved cold-vapour teknik kombineret med flammeløs atomabsorptionsspektrometri. Ved samtlige analyser blev der anvendt standardaddition (bilag 3).

Prøverne fra Bioteknisk Institut blev homogeniseret yderligere med bl.a. agatmørtter, og der blev fremstillet 2 piller af hver prøve. Pillerne blev herefter analyseret med PIXE-metoden for en lang række grundstoffer (bilag 4).

2. Data fra ind- og udland

Resultaterne fra de fire medvirkende institutioner og laboratorier af de udførte analyser på Hillerød-affaldet er sammenfattet i tabel 1.

I tabel 2 er der opstillet en række data fra forskellige affaldstyper, kompost m.v. fra ind- og udland.

Tabel 1. Måleresultater for affald indsamlet i Hillerød.

HUSHOLDNINGSAFFALD		gendan a/s		Bioteknisk Institut						Kemisk-Analytisk Laboratorium, TI				Miljøstyrelsens Luftlab.				
nr	fraktions betegnelse	total	udtaget	prøve	TS	aske	Cl t	Cl op	Cl b	Cl a	Cd ¹	Cd ²	Pb ¹	Pb ²	Hg	Cl t	Cd	Pb
		g	g	%	%	%	g/kg T		g/kg			mg/kg TS	mg/kg TS	µg/kg TS		mg/kg TS		
1	skraller, kaffegrums og hele frugter	67450	800	1.2	16.1	2.11	7.11	5.89	1.22	4.42	0.670		3.9		79	5310.0		4.9
2	andet madspild (incl. brød og kødrester	7940	1200	15.1	41.4	3.37	12.08	11.37	0.71	8.45	0.28		0.90		23.9	10900.0		-
3	mælkekartoner m.v.	3800	500	13.2	83.7	0.71	1.18	1.05	0.13	-	0.025		0.57		20.8	1230.0		2.1
4	juicekartoner m.v.	560	560	100.0	93.7	7.58	0.00	0.09	0.00	0.14	0.12		1.9		<7	1450.0		3.0
5	aviser og reklamer på avisepapir	16030	530	3.3	85.7	0.35	1.04	0.18	0.86	-	0.059		0.60		<5	335.0		1.8
6	ugeblade og glittede reklamer	7000	520	7.4	92.7	22.97	0.68	0.19	0.49	0.45	0.081		18		<5	915.0		20.3
7	tørt papir	13300	980	7.4	90.0	5.89	1.52	0.22	1.30	0.22	0.078		2.5		<5	1260.0		4.3
8	tørt pap	6480	1980	30.6	87.9	6.24	0.88	0.47	0.41	0.17	0.11		4.5		<4	854.0		16.5
9	tissues (incl. servietter og køkkenrulle	6465	565	8.7	29.3	1.67	2.09	1.67	0.42	0.83	0.42		24		<5	3000.0		32.6
10	bleer, vatbind etc. (vådt, excl. aviser)	21730	520	2.4	29.7	1.60	4.75	3.92	0.83	0.35	0.95		4.5		18	1860.0		7.3
11	plastfolie	6980	880	12.6	96.1	2.62	8.48	0.81	7.67	0.52	0.36	0.26	800	960	<8	1180.0 ³		789.0 ³
12	plastflasker	2520	1100	43.7	98.5	0.75	130.85	0.36	130.49	-	6.5	10	24	34	<3	27200.0 ³	33.6 ³	47.8 ³
13	andet plast	3440	940	27.3	97.0	3.52	48.15	1.61	46.54	0.41	11	8.1	6.4	9.4	<4	32500.0 ³	33.8 ³	15.3 ³
14	tekstiler	3100	850	27.4	88.7	0.37	2.00	0.43	1.57	-	0.49		6.2		<4	568.0		9.8
15	gummi og læder	830	210	25.3	91.2	7.48	5.46	0.84	4.62	1.26	5.4		11		<4	1160.0		3.7
16	andet brændbart (incl. haveaffald, dominerer)	26900	1600	6.0	27.0	16.44	1.96	1.80	0.16	1.16	2.6		180		<3	2350.0		242.0
	rest	48000																
	total	242525																

Tabel 1, fortsat. Måleresultater for affald indsamlet i Hillerød.

ERHVERVSAFFALD		gendan a/s		Bioteknisk Institut						Kemisk-Analytisk Laboratorium, TI					Miljøstyrelsens Luftlab.			
nr	fraktions betegnelse	total	udtaget	prøve andel	TS	aske	Cl t	Cl op	Cl b	Cl a	Cd ¹	Cd ²	Pb ¹	Pb ²	Hg	Cl t	Cd	Pb
		g	g	‡	‡	‡	g/kg	TS	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	TS	µg/kgTS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
17	pap	54500	640	1.2	91.5	4.95	0.00	0.10	0.00	0.07	0.14		14		<5	824.0		17.5
18	tørt kontorpapir	27000	560	2.1	92.7	12.23	3.28	0.45	2.83	0.18	0.17		7.9		<3	1510.0		5.9
19	plastfolie	1900	400	21.1	98.0	0.66	2.08	0.09	1.99	-	0.16	0.16	82	120	<5	-		-
20	PS-skumplast (flam.)	2000	410	20.5	95.3	0.02	2.47	1.38	1.09	-	0.35	0.063	2.5	0.5	<9	2750.0 ⁴		-
													5.5					
21	træ	17600	1400	8.0	90.0	0.82	1.01	0.68	0.33	-	0.35		6.4		<3	1130		7.3
	rest	324000																
	total	427000																

Noter:

For chlor er opgivet hhv. totalt, opløseligt og bundet chlor (mg Cl/kg TS)

For aske er opgivet opløseligt chlor (mg Cl/kg aske); der er kun målt chlor ved en askeprocent større end 1.

- (1) salpetersyreoplukkede prøver
- (2) plastprøver efter autoklave-metoden
- (3) prøven uhomogen, resultatet usikkert
- (4) prøven brændt, resultatet meget usikkert

Tabel 2. Chlor og tungmetaller i affald m.m.

Reference	type	chlor mg Cl/kg TS	bly mg Pb/kg TS	cadmium mg Cd/kg TS	kviksølv mg Hg/kg TS	noter
Dobberstein (1983)	pap/papir	3250/2600	100/150	1.9/1.2	0.18/0.12	fraktioneret husholdningsaffald vinter/sommer
	kunststof m.m.	21700/21350	1300/300	11/18	0.39/0.46	
	fint <8mm	1700/950	500/600	2.4/3.0	0.30/0.34	
	vegetabilsk	1700/1050	1500/300	3.8/4.8	1.3/2.6	
	gennemsnit	5200/4850	850/300	4.1/6.0	0.63/1.2	
	total	3600/3350	600/200	2.9/4.1	0.44/0.84	
Tienken og Dreves (1987)	kompost	400	489	2.8	1.3	husholdningsaffald, d: 0-10mm
Wustmann <u>et al.</u> (1987)	kompost		64	0.8	0.35	gartner affald fra 3 forsk. bunker
			57	0.4	0.21	
			36	0.5	0.09	
Fricke <u>et al.</u> (1987)	papir kompost		17.1	0.1	0.03	containerindsamling køkken og haveaffald ditto + 10% papir ditto + 20% papir ditto + 30% papir
			31.6	0.3	0.05	
			36.1	0.33	0.05	
			40	0.28	0.055	
			38.3	0.3	0.058	
Churney <u>et al.</u> (1985)	hush. affald	4500/5200 8900/11100				Baltimore, total/brændbar Brooklyn, ditto
Reimann (1984)	forbrænding	7050 7230				Ingolstadt, output fra affaldsforbrænding Bamberg, våd og tør slagger, elektrofilter røggasvask og emission summeret
Folmer og Bidlingmaier (1985)	kompost		131-391	1.3-3.3		vådt husholdningsaffald, snit af 8 miles

Tabel 2, fortsat. Chlor og tungmetaller i affald m.m.

Reference	type	chlor mg Cl/kg TS	bly mg Pb/kg TS	cadmium mg Cd/kg TS	kviksølv mg Hg/kg TS	noter
Gysi <u>et al.</u> (1987)	grænseværdi		150 50	3 0.8	3 0.8	Schweiz, kompost ditto, jord
Kümlee (1985)	kompost		745	2.8		0-4 mm
	kompost		705	4.0		4-32 mm
	Ö-norm 1983		900	6	3	Østrigsk norm for ?
Drav 9 (1984)	hush. affald	2700+-800	160+-200	1.6+-0.9	0.89+-0.8	brændbar fraktion, 15 anlæg
	hush. affald	4000/7500	230	1.3	3.7	total, 5 anlæg
		31/19	60	41	78	% i fraktionen d<6 mm efter findeling, afrundet
Thomé-Kozmiensky og Oetjen (1986)	kompost		260			data fra 1985, Singen kompostanlæg, D
Pohl og Esser (1986)	hush. affald				5	data fra 1984
	slam				25	ditto
Greiner <u>et al.</u> (1983)	hush. affald	3400-4200	180-640	3-5	0.4-1.1	direkte, n=49, vol.=54m ³
Bovay <u>et al.</u> (1980)	hush. affald	n.d.	780+-210	6+-1.8	n.d.	koncentrationen i affald beregnet ud fra kompostkonc.
EWAG (1982)	hush. affald	7000	500-1200	3-15	5	direkte
Minsaas (1982)	mad		1.2	0.8	0.21	storkøkken
	madrester		1.1	0.6	0.17	ubehandlede
	madrester		1.5	0.9	0.31	steriliserede

Tabel 2, fortsat. Chlor og tungmetaller i affald m.m.

Reference	type	chlor mg Cl/kg TS	bly mg Pb/kg TS	cadmium mg Cd/kg TS	kviksølv mg Hg/kg TS	noter
Elmlund <u>et al.</u> (1979)	mød affald		14.28+-3.55	0.54+-0.19	-	håndsorteret, 3 dage poølet
	mød affald		0.72+-0.16	0.16+-0.04	-	kildesorteret
Hovsenius (1977)	mød affald		11.0-35.5	0.20-0.85	0.05-0.08	vegetabilsk, håndsorteret
	mød affald		1.5-12.0	0.06-0.75	0.05-0.17	animalsk, ditto
Natvig <u>et al.</u> (1976)	mød affald		44-200	0.5	0.2-1.3	håndsorteret
Fricke <u>et al.</u> (1985)	kompost		189	0.7	-	blandingsprøve, 1984
Tjell og Hovmand (1978)	jord		16			referenceværdi, dyrket område
Andersen <u>et al.</u> (1978)	jord		24			referenceværdi, landzone
	jord		43			ditto, mellemzone
	jord		116			ditto, byzone
Gentofte (1987)	kompost		63-99	0.33-4	0.12-0.4	gart. af., interval fra 4 dage
	overfladejord		43-110	0.48-0.93	0.08-0.16	interval fra 4 steder i Gentofte
Tjell <u>et al.</u> (1981)	husstøv		295	7.0		gennemsnit af flere målinger

3. Diskussion

3.1 Bemærkninger og kommentarer

I forbindelse med de gennemførte målinger har Miljøstyrelsen udarbejdet følgende notater:

- Analyse af chlor i affaldsfraktioner. Foreløbige kommentater af 17. oktober 1985.
- Vedr. analyser af chlorindholdet i affaldsfraktioner af 27. november 1985.
- Følgebrev til nærværende projekt af 26. september 1986.

Miljøstyrelsens bemærkninger er resumeret herunder.

Baggrunden for interessen for chlor i affald er fremkommet efter konstateringen af dioxiner i røggasemissionen fra affaldsforbrændingsanlæg. Chlor, der er en væsentlig bestanddel af dioxin, stammer fra f.eks. PVC-plast, papir og madrester.

Dannelsen af dioxin kræver dels aromatiske precursore (evt. chlorerede) og chlor. Den form, hvori chlor forekommer, er formodentlig af betydning for dioxindannelsen, således at organisk bundet chlor giver større risiko end uorganisk chlor.

Idet det ikke, inden for de økonomiske rammer, er muligt at foretage en nøjagtig bestemmelse af henholdsvis uorganisk og organisk bundet chlor, er der foretaget følgende tilnærmelser:

- Uorganisk chlorid er lig vandopløseligt chlorid og
- organisk chlorid er lig total chlor fratrukket vandopløseligt chlorid.

Som en kontrol på Bioteknisk Instituts chloranalyser er der blevet foretaget mikroanalyser hos NOVO.

gendan a/s har foretaget nogle beregninger på chlor og tungmetaltallene for at opskalere til totale affaldsmængder. Der er dog benyttet fordelingen af dansk reference-affald, som viser sig at adskille sig fra fordelingen fundet i Hillerød.

Det konstateres i notatet af 26.09.86, at fraktioneringen af metal-fraktionen udgør et problem for opstillingen af tungmetalbalancen, og at det derfor er nødvendigt at bruge gendans

skøn for restfraktionen for at få et totalt tal.

Herunder resumeres hovedtrækkene af de indkomne kommentarer til rapporten.

Den valgte sorteringsstrategi er grundlæggende forkert, idet man ved frasortering af ikke-brændbare fraktioner har fjernet en række tungmetalloholdige produkter. Resultatet er således ikke dækkende for tungmetalfordelingen i affald. I modsætning hertil giver fraktionerne et rimeligt billede af chlorfordelingen (Erik Hansen, Cowiconsult).

Resultaterne af PIXE analyserne kunne have været anvendt til at belyse indholdet af andre metaller end bly, cadmium og kviksølv (Niels Henrik Bastholm, Danmarks Miljøundersøgelse).

Resultaterne af sådanne tungmetalanalyser bør sættes ind i en større sammenhæng, som inddrager en balance for hele biosfæren. Fluxen ud af kredsløbet (fastlæggelse ved f.eks. sedimentation eller binding til jordpartikler) skal indrages i en diskussion af hvorvidt indholdet af tilgængelige tungmetaller i biosfæren er stigende (Torben Reffstrup, Bioteknisk Institut).

3.2 Begrænsninger i de anvendte analysemetoder

Ved prøvetagningen er de ikke brændbare fraktioner frasorteret, hvilket er en væsentlig begrænsning for en vurdering af affaldets totalindhold af især tungmetaller. Den anvendte metode til måling af chlor indebærer, som nævnt, at der ikke direkte måles for organisk henholdsvis uorganisk bundet chlor. Det antages dog, at især resultatet for total-chlor udtrykker affaldsfraktionens reelle chlorindhold.

Ved syreoplukning af f.eks. plastaffald er der generelt et problem med oplukningens effektivitet. Der er derfor som supplement gennemført oplukninger i autoklave, hvilket skulle give noget nær total oplukning. Det ses af tallene, at syreoplukningen frigør det meste tungmetal også fra plast. (En nøjere diskussion af opbeholdnings- og analyseproblematikken ses f.eks. i Kümmlee (1985), som også indeholder en fyldig referenceliste).

Som supplement til de af Teknologisk Institut gennemførte analyser, har Miljøstyrelsens Luftlab. gennemført analyser ved PIXE. Den væsentligste begrænsning heri er, at PIXE kun analy-

serer indholdet i pillens overflade, hvorfor der kræves en meget høj grad af homogenisering af prøvematerialet. Resultaterne fra PIXE-analyserne er derfor medtaget til orientering og er ikke inddraget i de videre beregninger og diskussioner.

3.3 Diskussion af de danske tal

For at kunne vurdere resultaterne, dels fraktionerne imellem dels med andre undersøgelser, henføres de til en fordeling i forhold til det oprindelige affald.

Det vil sige at der vægtes i forhold til de våde fraktioners fordeling, og fraktionernes indhold af chlor og tungmetaller opgives pr. kg vådt affald. Ved et forsøg på opskalering af resultaterne har gendan gennemført beregninger i forhold til dansk reference-affald (bilag 5). Det giver imidlertid visse problemer, idet der for industriaffaldet er brugt en anden fordeling end Hillerød-affaldet oprindeligt blev fraktioneret i. Det betyder, at der må laves nogle tilnærmelser for at kunne gennemføre beregningerne. Endvidere ses det for husholdningsaffaldets vedkommende, at fordelingen af det våde reference-affald adskiller sig fra Hillerød-affaldet på flere punkter, f.eks. fraktion 1 (skræller, kaffegrums og hele frugter) og fraktion 16 (andet brændbart).

Det er her valgt at gennemføre beregningerne og sammenligningerne på basis af de faktiske fordelinger og tørstofprocenter (TS%) fra Hillerød-affaldet. Der fås derved et udtryk for indholdet af chlor og tungmetaller i den brændbare del pr. enhed vådt affald. Endvidere er indholdet pr. kg tørstof i den brændbare del beregnet for at kunne sammenligne værdierne med udenlandske undersøgelser.

De efterfølgende beregninger skal tages med væsentlige forbehold. Følgende forhold bør især tages i betragtning:

- Der er udtaget 25 sække på een dag. Det angives af gendan at være en repræsentativ stikprøve, men det vil ikke afsløre hverken korttids- eller langtidsvariationer. Endvidere udgør 250 kg affald en forsvindende del af den årligt producerede affaldsmængde.
- Det er antaget, at fordelingen mellem enfamilie- og flerfamiliehuse er 3:2, men variationen heri er ikke angivet.

- Der er ikke lavet gentagne udsorteringer og analyser, hvorfor prøverne ikke kan siges at være repræsentative.
- Der er ikke lavet parallelle udsorteringer og analyser fra andre bysamfund, hvilket må være minimum for opskalering til landsplan.
- Affaldskortlægningen har vist, at det af gendan anvendte reference-affald kun er repræsentativt for dansk affald på landsplan, idet lokale og regionale variationer er meget store.

3.3.1

Husholdningsaffald

Resultaterne er diskuteret ud fra tabel 1 og tabel 3; således er fordelingen mellem bundet og opløseligt chlor i den samme fraktion diskuteret ud fra chlorkoncentrationerne, og diskussionen af fordelingen mellem fraktionerne er foretaget ud fra de beregnede resultater.

Chlor

Chlorkoncentrationen i madrester-gruppen (1-2) er relativt høj (kun overgået af plast). For begge fraktioner gælder det, at størstedelen er opløseligt chlorid. 15% af det totale chlorindhold i affaldet findes i denne gruppe, medens chlorindholdet i aske udgør ca. 56%.

Chlorkoncentrationen i papir/pap-gruppen (3-8) er meget lavt på trods af, at papir bleges med chlor. Fordelingen mellem opløseligt og bundet chlor afhænger meget af papirtypen. I mælkekartoner findes chlor hovedsaglig på opløselig form, medens det modsatte gør sig gældende for avispapir. Kun 6% af affaldets chlorindhold stammer fra papir/pap-gruppen.

I gruppen med blødt papir (9-10) findes størstedelen af chloret på opløselig form. Det totale indhold udgør ca. 4%.

I plast-gruppen (11-13) ses de højeste chlorkoncentrationer, og den største del findes på bundet form. Det er sandsynligvis andelen af PVC, der har afgørende betydning for chlorindholdet. I denne gruppe findes ca. 70% af den samlede chlormængde. I asken udgør denne gruppes chlorindhold kun 1%; det vil sige at chloren fra plastikken vil gå i røggasfasen ved afbrænding.

Rest-gruppen (14-16) har lave koncentrationer af chlor. I fraktionen af tekstiler, gummi og læder (kunstlæder = PVC) findes størstedelen af chloret på bundet form, medens det for "andet brændbart" findes på opløselig form. Det samlede indhold udgør ca. 3%. Indholdet af chlor i aske fra "andet brændbart" udgør 33% af chlormængden i aske.

Tabel 3. Fordeling af chlor og tungmetaller i affald indsamlet i Hillerød

HUSHOLDNINGSAFFALD

nr	fraktion	vådt affald vægt%	vådt ¹ affald vægt%	TS i frak. %	TS i vådt aff. kg TS/kg vådt aff.	chlor i frak. g Cl/kg vådt aff.	ford. %	chlor i aske g Cl/kg vådt aff	ford. %	cadmium i frak. mg Cd/kg vådt aff.	ford. %	kviksølv i frak. mg Hg/kg vådt aff.	ford. ³ %	bly i frak. mg Pb/kg vådt aff.	ford. %
1	frugt, skræller	27.8	31.6	16.1	0.045	0.32	10	0.026	41	0.21	30	3.4	59	0.17	0.59
2	andet madspild	3.3	4.8	41.4	0.014	0.16	5.2	0.010	15	0.054	7.7	0.032	6	0.012	0.04
3	mælkekartoner	1.6	2.2	83.7	0.013	0.015	0.48	-	-	0.0003	0.04	0.27	5	0.007	0.02
4	juicekartoner	0.2	0.4	93.7	0.0027	0	0	0	0	0.0002	0.03	<0.015		0.004	0.01
5	aviser	6.6	9.3	85.7	0.057	0.059	1.9	-	-	0.003	0.43	<0.28		0.034	0.12
6	ugeblade	2.9	4.8	92.7	0.027	0.018	0.57	0.003	5.1	0.002	0.29	<0.13		0.48	1.7
7	tørt papir	5.5	5.2	90.0	0.050	0.075	2.4	0.001	1.2	0.004	0.57	<0.25		0.12	0.41
8	tørt pap	2.7	4.4	87.9	0.024	0.021	0.67	0.0003	0.48	0.002	0.29	<0.094		0.18	0.62
9	tissues	2.7	5.0	29.3	0.0078	0.016	0.51	0.0004	0.63	0.003	0.43	<0.039		0.19	0.66
10	bleer, bind	9.0	2.1	29.7	0.027	0.13	4.0	0.001	1.6	0.026 ²	3.7	0.48	8	0.12	0.41
11	plastfolie	2.9	3.6	96.1	0.028	0.24	7.5	0.0004	0.63	0.010 ²	1.4	<0.22		22 ²	76
12	plastflasker	1.0	0.7	98.5	0.010	1.3	41	-	-	0.11 ²	16	<0.031		0.24 ²	0.83
13	andet plast	1.4	1.7	97.0	0.014	0.66	21	0.0002	0.32	0.15 ²	21	<0.055		0.11 ²	0.38
14	tekstiler	1.3	1.9	88.7	0.011	0.023	0.73	-	-	0.006	0.86	<0.045		0.070	0.24
15	gummi og læder	0.3	0.4	91.2	0.0031	0.017	0.54	0.0003	0.48	0.041	6.0	<0.013		0.035	0.12
16	andet brandbart	11.1	5.6	27.0	0.030	0.059	1.9	0.021	33	0.078	11	<0.090		5.4	19
	rest	19.8	16.5	-											
	total				0.362	3.2		0.063		0.70		<5.7		29	
	total	100													

(1) Dansk reference-affald (Elmlund et al. 1985).

(2) Værdierne er beregnet ud fra de salpetersyreoplukkede prøver ud fra autoklavemetoden fås:

	Cd	Pb	(mg/kg)
11	0.009	27	
12	0.10	0.34	
13	0.11	0.13	

(3) Den fuldstændige fordeling er ikke beregnet, idet indholdet er usikkert i en del fraktioner.

Tabel 3, fortsat. Fordeling af chlor og tungmetaller i affald indsamlet i Hillerød

ERHVERVSAFFALD

nr	fraktion	vådt affald vægt%	vådt ¹ affald vægt%	TS i frak. %	TS i vådt aff. kg TS/kg vådt aff.	chlor ford. i frak. % g Cl/kg vådt aff.	chlor i ford. aske % g Cl/kg vådt aff.	cadmium ford. i frak. % mg Cd/kg vådt aff.	kviksølv ford. ³ i frak. % mg Hg/kg vådt aff.	bly ford. i frak. % mg Pb/kg vådt aff.			
17	pap	12.8		91.5	0.12	0	0	0.002	0.016	38	<0.58	1.7	62
18	kontorpapir	6.3		92.7	0.059	0.19	77	0.006	0.010	24	<0.17	0.45 ²	16
19	plastfolie	0.4		98.0	0.0043	0.009	3.6		0.0007 ²	1.7	<0.021	0.35 ²	13
20	PS-skumplast	0.5		95.3	0.0045	0.011	4.4		0.002 ²	4.8	<0.038	0.018 ²	0.66
21	træ	4.1		90.0	0.037	0.035	15		0.013	31	<0.12	0.23	8.4
	rest	75.9											
	total				0.225	0.25			0.042		<0.82	2.7	
	total	100											

(1) Dansk reference-affald (Elmlund et al. 1985), for erhvervsaffald er ikke anvendt sammenlignelige fraktioner.

(2) Værdierne er beregnet ud fra de salpetersyreoplukkede prøver ud fra autoklavenetoden fås:

	Cd	Pb	(mg/kg)
19	0.0007	0.52	
20	0.0003	0.002	

(3) Den fuldstændige fordeling er ikke beregnet, idet indholdet er usikkert i en del fraktioner.

Chlor i nævneværdige mængder optræder i madvarer og plast (hhv. 15% og 70%). Kun ca. 2% af den totale chlormængde genfindes i asken stammende fra de våde fraktioner; resten må formodes at gå i røggasfasen ved forbrænding primært som hydrogenchlorid.

Cadmium

Cadmium optræder i relativt høje koncentrationer i madrestrgruppen. Den største koncentration ses i frugt- og grønt-fraktionen, som indeholder 0.67 mg Cd/kg TS svarende til 30% af det samlede cadmiumindhold. "Andet madaffald" indeholder ca. 8% af det samlede cadmiumindhold, dvs. knap 40% af affaldets cadmiumindhold findes i madrestrgruppen.

I plast-gruppen findes væsentlig større koncentrationer; plastfolie ligger lavest med 0.36 mg Cd/kg TS, medens plastflasker og "andet plast" ligger på ca. 11 mg Cd/kg TS. 38% af den samlede mængde cadmium stammer fra plast.

I de øvrige fraktioner findes ligeledes høje koncentrationer, dog med stor variation, og de indeholder ca. 18% af den totale mængde cadmium. Det er bl.a. fraktionen med læder (kunstlæder = PVC), men også "andet brændbart", der indeholder cadmium.

De 3 nævnte grupper indeholder 85% af den totale mængde. Indholdet i madvarer skyldes formodentlig cadmiums mobilitet og optagelse i planter. For de øvrige fraktioner er det formodentlig cadmium som additiv i plast, der er betydende.

Indholdet af cadmium i de ikke-brændbare fraktioner kendes ikke; totalindholdet af cadmium i affald og de reelle procentfordelinger kan således ikke bestemmes. Dette forbehold gælder også for kviksølv og bly.

Kviksølv

Kviksølv ligger for størstedelen af prøverne lige omkring detektionsgrænsen, og det er derfor ikke rimeligt at tillægge de enkelte talstørrelser for stor værdi.

I madrestrgruppen ses ret høje koncentrationer. Kviksølv i frugt- og grønt-fraktionen ligger ca. 3 gange højere end i "andet madaffald", og tilsammen udgør de ca. 65% af det samlede kviksølvindhold. Indholdet afviger ikke fra "normale" værdier for kviksølvindhold i madvarer.

Bly

Blyindholdet i affaldet er for ca. 95%'s vedkommende koncentreret i 2 fraktioner. Plastfolie har et indhold på 800 mg Pb/kg TS svarende til 76% af det samlede indhold. Den mere inhomogene fraktion "andet brændbart" har et indhold på 180 mg Pb/kg TS svarende til ca. 19% af det samlede indhold; blandt de mulige kilder til bly i fraktionen "andet brændbart" bør nævnes haveaffald. Derimod er indholdet af bly i madaffald usædvanligt lavt.

3.3.2

Erhvervsaffald.

På grund af den atypiske sammensætning af affaldet fra erhverv, vil fordelingen af chlor og tungmetaller ikke blive diskuteret. Fraktioner med væsentlige koncentrationer vil blive fremhævet.

Chlor findes i høje koncentrationer i kontorpapir, plastfolie og PS-skumplast, men det er væsentligt lavere koncentrationer, end der ses i husholdningsaffald for plastik-fraktionerne. Det kan skyldes en højere andel af PVC i folien anvendt til husholdning. Kontorpapir ses at have et højere indhold af chlor, hvilket sandsynligvis kan forklares af, at der er tale om bleget kontorpapir. I kontorpapir- og plastfraktionerne ses, at hovedparten af chloren findes på bundet form, medens fordelingen i PS-skumplast er ca. 1:1.

Cadmium findes i lavere koncentrationer i forhold til husholdningsaffald. I PS-skumplastfraktionen ses de højeste koncentrationer.

Kviksølv findes i meget små mængder lige omkring detektionsgrænsen.

Bly findes i nævneværdige koncentrationer i pap og plastfolie. På trods af den relative høje koncentration i plastfolie, hvor bly anvendes som stabilisator, er den dog en faktor 10 lavere end plastfolie fra husholdningsaffald. I pap ses samme koncentration som i pap fra husholdninger; hvad blyindholdet i pap skyldes er uvist.

3.4 Sammenligning med udenlandske undersøgelser

Indledning

Affaldsanalyser kan foretages på mange måder, og det kan derfor være vanskeligt at sammenlig-

ne forskellige undersøgelser. Affald er meget inhomogent, og det kræver derfor meget store prøvemængder og effektiv homogenisering for at opnå en repræsentativ prøve. Brunner og Ernst (1986) har opsummeret en række alternative metoder, hvori princippet er, at der måles på affaldet, efter at det har gennemgået en opkoncentrationsproces. Det kan være affaldsforbrænding, og måling i fluxen ud af anlægget. Indholdet af de pågældende stoffer bestemmes i slagger, støv og gas. Efter en komposteringsproces kan der ligeledes gennemføres analyser af indholdet af en række bestemte stoffer. Der er i begge tilfælde tale om en homogenisering og opkoncentrering, hvor den førstnævnte metode giver størst sikkerhed, for at der genfindes større enkeltkilder f.eks. batterier. Indholdet af de pågældende stoffer kan herefter beregnes i det oprindelige affald

Hillerød-affaldet er analyseret efter den direkte metode, og sammenligningen med udenlandske tal vil derfor kun omhandle tal fra direkte analyser.

Sammenligning

Tabel 4. Chlor og tungmetaller i affald.

REFERENCE	land	fraktion	chlor g/kg TS	cadmium mg/kg TS	kviksølv mg/kg TS	bly mg/kg TS	bemærkninger
HILLERØD	DK	brænd	8.7	1.9	0.016	80	
Drav 9 (1984)	S	brænd	2.7	1.6	0.89	160	
	S	tot	7.5	1.3	3.7	230	
Dobberstein (1983)	D	tot	3.6	2.9	0.44	600	vinter
	D	tot	3.4	4.1	0.84	200	sommer
Greiner <u>et al.</u> (1983)	D+SCH	tot	3.4-4.2	3-5	0.4-1.01	180-640	
EAWAG (1982)	SCH	tot	7.0	3-15	0.5	500-1200	
Churney <u>et al.</u> (1983)	USA	brænd	5.3				Baltimore
	USA	brænd	11.5				Brooklyn

Chlor

Chlorindholdet i dansk affald (Hillerød) er relativt højt i forhold til udenlandske værdier. I Sverige (Drav 8, 1984; Drav 9, 1984)

findes 2.7 g Cl/kg TS i den brændbare fraktion. Indbefattet heri er dog ikke chlor fra PVC, idet prøverne er salpetersyre-oplukkede, og denne procedure nedbryder ikke umiddelbart al plast. Churney et al. (1985) finder højere værdier for Baltimore og Brooklyn, hhv. 5.2 og 11.1 g Cl/kg TS. Den væsentligste grund til den store forskel mellem de 2 lokaliteter angives at være forskelle i indholdet af papir og plast, idet papirfraktionen i Baltimore indeholder 55% af den totale chlormængde, medens plastfraktionen i Brooklyn indeholder 52% af den totale chlormængde.

Ved chlorbestemmelse på totalt affald ("Escka"-oplukning) findes i Sverige 7.5 g Cl/kg TS (opløselig: 4.0 g Cl/kg TS), hvilket kan forklares ved, at ca. halvdelen af chlorindholdet stammer fra plast, f.eks. PVC. Fra Vesttyskland og Schweiz findes veldokumenterede målinger på totalt affald. Greiner et al. (1983) finder for Vesttyskland og Schweiz et indhold på 3.4-4.2 g Cl/kg TS i 49 prøver og EAWAG (1982) finder 7 g Cl/kg TS i Schweiz.

Ved beregninger ud fra forbrug fra Schweiz, finder Brunner og Ernst (1986), at mængden af chlor i affald fra PVC ligger i en størrelsesorden 80-90% afhængig af hvilken andel af det årlige PVC-forbrug, der kasseres (30-70%). Den lave værdi stemmer rimelig overens med den fundne værdi, men procenten er sandsynligvis for høj, idet beregningerne kun medtager NaCl og PVC og ikke andre chlorkilder.

Cadmium

Cadmium findes i større mængde i Hillerød-affaldet end fundet i Sverige (Drav 9, 1984). I Sverige ses højere koncentration i den brændbare fraktion end i total affald; der er dog sandsynligvis ikke signifikant forskel på de 2 koncentrationer. I Vesttyskland (Dobberstein, 1983) findes højere niveauer (1.5-2 x DK) med maximum om sommeren. Det ses her, at cadmium hovedsagelig forekommer i kunststof-fraktionen. Tilsvarende ses i Hillerød-affaldet, hvor en stor del af cadmiumindholdet stammer fra plast- og kunstlæder-fraktionerne.

Ved direkte målinger på husholdningsaffaldet i Vesttyskland og Schweiz (Greiner et al., 1983) findes væsentlig højere værdier; en stor del af cadmiumindholdet kommer netop fra metalprodukter, der her indgår, men som er frasorteret ved de øvrige undersøgelser. Enhörning (1981) finder store cadmiumkoncentrationer i ikke-jernmetaller og derudover i PVC- og gummi/læderfraktionerne.

Kviksølv

Indholdet af kviksølv i Hillerød-affaldet er meget lavt i forhold til andet affald (ca. en faktor 20 mindre). Der ses i Sverige (Drav 9, 1984) et væsentligt større indhold i totalaffald end i den brændbare fraktion (også i forhold til den brændbare fraktion andre steder). Dette er i overensstemmelse med Enhörning (1981), der ligeledes i svensk affald finder stort indhold af kviksølv i affald, og den største bidragyder er ikke-jernmetaller.

I Hillerød-affaldet findes ca. 65% af kviksølvet i madrest-gruppen, hvilket stemmer overens med tyske undersøgelser, hvor Dobberstein (1983) ligeledes finder stort indhold af kviksølv i vegetabilie-fraktionen.

Bly

Blyindholdet i affald veksler meget fra sted til sted. I Hillerød-affaldet ses de laveste indhold, og et lidt højere niveau ses i Sverige i den brændbare fraktion (Drav 9, 1984). I Vesttyskland (Dobberstein, 1983) ses en kraftig sæsonvariation mellem sommer og vinter med kunststof og vegetabilier som største bidragydere. I Hillerød-affaldet ses, at 76% stammer fra plastfolie.

Blyindholdet, der er fundet ved måling på totalt affald (Drav 9, 1984), ligger endnu højere, og det er i overensstemmelse med Enhörning (1981), der opgiver meget store blyindhold i jernmetaller og ikke-jernmetaller (hhv. 3.8 g Pb/kg TS og 0.6 g Pb/kg TS)

3.5 Sammenfatning

Chlorindholdet i affald findes hovedsageligt i den brændbare del. Ved at nedsætte PVC-andelen i affald og ved at øge komposteringen af organisk affald, vil der kunne opnås en væsentlig nedsættelse - op til 80-90% - af chlorindholdet i røggassen fra affaldsforbrænding og dermed en nedsættelse af udgifterne til neutralisering af hydrogenchlorid. Endvidere vil en reduktion i det totale chlorindhold også mindske risikoen for dannelse af chlorerede dibenzo-p-dioxiner og dibenzofuraner.

Tungmetaller i den brændbare fraktion af householdnings- og erhvervsaffald findes især i madrester og plastfraktionerne. Ved øget kompostering og fjernelse af især PVC fra affald, der

føres til forbrænding, vil tungmetalforureningen fra affaldsforbrænding derfor kunne reduceres væsentligt. På lidt længere sigt vil en reduktion også ske ved at undgå brug af bly og cadmium som additiver til plast. Derimod vil kostens tungmetalindhold næppe falde væsentligt indenfor de nærmeste årtier, da det er en konsekvens af emissioner fra en lang række kilder også uden for landets grænser samt af en akkumulering af store mængder tungmetal dels i produkter i samfundet dels i miljøet.

Der bør gennemføres fortløbende målinger på dansk affald, således at de få data fra Hillerød-affald og nogle få øvrige målinger kan udbygges til et mere tilfredsstillende billede af affaldets og de enkelte affaldsfraktioners indhold af tungmetaller og chlor. Især er det interessant at få belyst den årstidsvariation, som er set i en række udenlandske undersøgelser. Nye prøvetagninger og analyser bør omfatte såvel affald fra Hillerød som affald fra andre by- og landsamfund.

Referenceliste

- Andersen, E., Hovmand, M.F. og Johnsen, I. (1978): Atmospheric heavy metal deposition in the Copenhagen area. Cit. fra: Poulsen, M. (Geoteknisk Institut): Metalstøberier. I: Forurenede industrigrunde, Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U2, (170p.), Statens Informationstjeneste, 1988, ISBN: 87-503-7081-2.
- Bovay, E., Fritzsche, R. og Rohaix, M. (1980): Schwermetallgehalte der Müll- und Müllklärschlammkomposte in der Schweiz: Beurteilung und Konsequenzen, vor allem für den Rebbau. Cit. fra Brunner og Ernst (1986).
- Brunner, P.H. og Ernst, W.R. (1986): Alternative methods for the analysis of municipal solid waste. Waste Management & Research 4(2): 147-160.
- Brunner, P.H. og Mönch H. (1986): The flux of metals through municipal solid waste incinerators. Waste Management & Research 4(1): 105-119.
- Churney, K.L., Ledford Jr., A.E., Bruce, E.E. og Donalski, E.S. (1985): The chlorine content of municipal solid waste from Baltimore County, MD and Brooklyn, NY. National Bureau of Standards, Gaithersburg. 66p.
- Dobberstein, J. (1983): Energie und Schadstoffe im Hausmüll. Müll und Abfall (12): 305-308.
- Drav 8 (1984): Separering, kompostering. Fält-rapport från 19 svenska avfallsverk. Primärtal. Naturvårdsverket, rapport SNV PM 1804, Solna.
- Drav 9 (1984): Separering, kompostering. Fält-rapport från 19 svenska avfallsverk. Utvärdering, rapport SNV PM 1805, Solna.
- EAWAG (1982): Unpublished results. Cit. fra Brunner og Mönch (1986).
- Elmlund, A., Hansen, T. og Mikkelsen, T. (1985): Affaldsfri affaldsbehandling. gendan a/s, København. 34p.
- Elmlund, A., Hentze, E., Mikkelsen, T. og Mortensen, H. (1979): Materialstrømme gennem private husholdninger. 2. del. Spormetaller i dansk madaffald. gendan a/s, København. 48p.
- Enhörning, B. (1981): The costs and value of refuse derived fuel. Cit. fra Tabasaran (1984).

Folmer, J. og Bidlingmaier, W. (1985): Vergleichende Untersuchungen zur Kompostierung von Hausmüll nach Abtrennung Wiederverwertbarer Altstoffe. Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart. 140p.

Fricke, K., Turk, T. og Vogtmann, H. (1985): Die Aktion "Grüne Tonne". 2. Zwischenbericht über das Projekt der gesonderten Einsammlung von organischen Abfällen in Witzenhausen und Hebenshausen/Nordhessen. infu Ingenieur-Büro für Umweltplanung, Witzenhausen. 48p.

Fricke, K. (1987): Schadstoffe. I: Fricke, K., Kehres, B. Pertl, W., Turk, T. og Vogtmann, H. 3. Zwischenbericht, Forschungsprojekt "Grüne Bio-Tonne Witzenhausen", Witzenhausen.

Greiner, B., Barghoorn, M., Eder, G., Fuchs, J., og Goessele, P. (1983): Chemisch-physikalische Analyse von Hausmüll. Cit. fra Brunner og Ernst (1986).

Hovsenius, G. (1977): Genereringstakt och sammensättning av hushållsavfall i Laxå. Cit. fra Elmlund et al. (1979).

Kümmlee, G. (1985): Zum Verhalten von potentielle Schadstoffen in Hausmüll und Hausmüllkompost. Fortschr.-Ber. VDI Reihe 15 nr 37. VDI-Verlag, Düsseldorf. 226p.

Minsaas, J. (1982): Adaption and compound feed recycling of catering and institutional food waste. I: Thomé-Kozmiensky, K.J.: Recycling International. Berlin. 596-602.

Natvig, K., Knap, A.H. og Halmø, T. (1976): Kommunalt avfall III. Prøvetagning og kjemisk/fysisk analyse av husholningsavfall. Sintef rapport 1.1.14. Trondheim-NTH. 36+32 p.

Pohl, K.D. og Esser, R. (1986): Quecksilber in Hausmüll und Klärschlamm. Umweltmagazin (6): 24-28.

Tabasaran, O. (1984): Separierung schwermetallhaltiger Hausmüllkomponenten durch Absieben. Müll und Abfall (1): 15-22.

Thomé-Kozmiensky, K.J. og Oetjen, R. (1986): Zum Beispiel Kompostierung. EntsorgungsPraxis (8): 535-537.

Tienken, B. og Dreves, E. (1987): Die Wirkungen grosser Müllkompostmengen auf einem Baumschulversuchsfeld. Müll und Abfall (10): 404-407.

Tjell, J.C., Elmlund, A og Hansen, J.A. (1981): Source or central separation of household food waste. I: Bridgwater, A., Lidgren, K. og Reinhold, v.N. (eds.): Household waste management in Europe, Economics and Techniques. TEM, Lunds Universitet, pp. 92-103.

Tjell, J.C. og Hovmand, M.F. (1978): Metal concentrations in Danish arable soils. Cit. fra Poulsen, M. (Geoteknisk Institut): Metalstøberier. I: Forurenede industrigrunde, Lossepladsprojektet, Udredningsrapport U2, (170p.), Statens Informationstjeneste, 1988, ISBN: 87-503-7081-2.

Wustmann, U., Göhr, R., Marabini, J. og Rothmund, P.(1987): Modellversuch zur dezentralen Sammlung und zentralen Kompostierung von Gartenabfällen im Landkreis Erlangen-Höchstadt. Müll und Abfall (10): 393-403.

Upublicerede bilag

Bilag 1:

Elmlund, A. (1985): Isolering af udvalgte affaldsfraktioner til chlorbestemmelse. gendan a/s, København.

Bilag 2:

Bioteknisk Institut (1985): Måling af indhold af vandopløseligt chlorid før og efter forbrænding af en række affaldsfraktioner. Kolding.

Bilag 3:

Bernth, N. (1985): Analyse af 21 fraktionerede, formalede og tørrede affaldsprøver for Cd, Pb og Hg ved atomabsorptionsspektrometriske metoder. Kemisk-Analytisk Laboratorium, Teknologisk Institut, København.

Bilag 4:

Bastholm, N. H. (1986): Grundstofanalyser af husholdningsaffald. Miljøstyrelsen, Luftforureningslaboratoriet, København.

Bilag 5:

Elmlund, A. (1985): Beregninger af chlor og tungmetalindholdet i forskellige affaldsfraktioner. gendan a/s, København.

