

Rapport nr. 776221002

**Chemische analyse van huishoudelijk restafval
RESULTATEN 1994 en 1995**

D. Beker
A.A.J. Cornelissen

november 1999

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Afvalstoffen en is beschreven in het MAP 1996 onder projectnummer 776221.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, Nederland
telefoon: 030-274 91 11, fax: 030 - 274 29 71

Inhoud

SUMMARY	3
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
2. WERKWIJZE	8
2.1 Algemene opzet van het onderzoek	8
2.2 Bemonstering en monstervoorbehandeling	8
2.2.1 Bemonstering	8
2.2.2 Monstervoorbehandeling	10
2.3 Chemische analyse	11
2.3.1 Ontsluiting van de monsters voor de metalenanalyse	12
2.3.2 Instrumentele meting van de ontsloten metalen	13
2.3.3 Overige analyses	14
3. RESULTATEN	14
3.1 Droge stof, asrest, calorische waarde en stookwaarde van huishoudelijk restafval	17
3.2 Concentraties in huishoudelijk restafval	18
3.3 Distributie van elementen in huishoudelijk restafval	19
4. BESPREKING VAN DE RESULTATEN	22
4.1 Algemeen	22
4.2 Verdeling van elementen over de componenten	24
LITERATUUR	25
Bijlagen	
1. Verzendlijst	26
2. Selectiecriteria bijzonder afval en klein chemisch afval	27
3. Monstervoorbehandeling	28
4. Analyse referentiemonsters	29
5. Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties	32
6. Fysische samenstelling en betrouwbaarheidsinterval	38

SUMMARY

Since 1986 RIVM's Laboratory for Waste Materials and Emissions (Monitoring Section) has carried out research on the chemical composition of secondary household waste (i.e. the non-separated part) collected in the Netherlands in conjunction with the annual analysis of the physical composition of this waste.

This document reports on the results of 1994 and 1995. In the physical analysis, waste is divided into 15 (major) components, like vegetable, fruit and garden waste (bio-waste), paper, plastic and glass.

To investigate the chemical composition, representative samples were made from the components, taking care to protect the grinding equipment by removing the metal parts (nails, zippers) from the waste before analysis. The samples were analysed for a large number of parameters, including (heavy) metals. Levels of dry matter, ash residue and calorific value per component were also measured. Three components, animal waste, special waste and chemical household waste, were not included in this analysis. The first is for hygienic reasons and the other two because their level of inhomogeneity does not allow fabrication of a representative sample. These components collectively constituted 2 to 2.5% of the secondary household waste. Because chemical household waste (0.2 to 0.5% of secondary household waste) is excluded from this investigation, the levels of certain substances like zinc, nickel and cadmium (from batteries for household use) were underestimated in the results for total secondary household waste.

After being processed in various ways, results from the chemical analyses were presented:

- as concentrations per component of household waste, both on the basis of dry matter and 'wet matter' (as found in the secondary household waste);
- as concentrations in secondary household waste (excluding the three aforementioned components), both on the basis of dry matter and 'wet matter';
- as relative contributions of the substances to the various components.

In table i average values for total secondary household waste (on a 'wet matter' basis) are given, while for a number of substances, the components containing the particular substance (mostly for 1995) are presented in table ii. This table also includes the percentage contribution of the substance to the total amount of component found in the secondary household waste.

Table i: Concentration of parameters in secondary household waste, 1994 and 1995 ¹⁾

Parameter	Unit	Concentration	
		1994	1995
Dry matter	%	73	66
Ash content	%	26	n.a.
Calorific value	MJ/kg	10.2	n.a.
EOCl (extractable organic chloride)	mg Cl/kg	18	n.a.
NO ₃ -N	mg N/kg	<4.2	n.a.
Kjeldahl-N	mg N/kg	6220	n.a.
P-total	mg P ₂ O ₅ /kg	1580	n.a.
Ag (silver)	mg/kg	<1	<1
Al (aluminium)	mg/kg	9220	5700
As (arsenic)	mg/kg	<5	<5
Be (beryllium)	mg/kg	0.3	2
Br (bromine)	mg/kg	<15	140
Cd (cadmium)	mg/kg	4.8	2.2
Cl (chloride)	mg/kg	4940	n.a.
Co (cobalt)	mg/kg	3.4	6.7
Cr (chromium)	mg/kg	111	88
Cu (copper)	mg/kg	327	45
Fe (iron)	mg/kg	34400	36000
Hg (mercury)	mg/kg	0.1	0.1
Mn (manganese)	mg/kg	95	130
Mo (molybdenum)	mg/kg	5	3
Ni (nickel)	mg/kg	67	59
Pb (lead)	mg/kg	141	77
S (sulphur)	mg/kg	928	1200
Sb (antimony)	mg/kg	23	12
Sn (tin)	mg/kg	74	69
Ti (titanium)	mg/kg	737	540
V (vanadium)	mg/kg	7	4
Zn (zinc)	mg/kg	542	180

1) concentration in waste, including moisture; n.a. = not analysed

Table ii: Division of some elements over components

Element	Average concentration (mg/kg, wet)	Presents in components more than 10%
Antimony	12	Plastics 91%
Bromine	142	Plastics 93%
Cadmium	2.2	Plastics 79%, leather/rubber 11%
Chloride	4940 ¹⁾	Biowaste total 17%, plastics 51%, carpeting/mats 12%
Chromium	88	Biowaste total 40%, leather/rubber 19%
Copper	45	Biowaste total 46%, paper/cardboard 19%, plastics 16%
Mercury	0.1	Biowaste total 90%
Molybdenum	2.9	Biowaste total 72%, ferrous metals 10%
Lead	77	Biowaste total 21%, glass 46%, ceramics 46%
Zinc	179	Biowaste 25%, paper/board 10%, plastics 16%, leather/rubber 26%

1) analyses and division 1994

SAMENVATTING

Vanaf 1986 wordt door de Sectie Metingen van het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies van het RIVM onderzoek gedaan naar de chemische samenstelling van het huishoudelijk restafval (het niet gescheiden ingezamelde deel van het huishoudelijk afval) in Nederland. De uitvoering van dit onderzoek sluit aan bij de jaarlijks uitgevoerde analyse van de fysische samenstelling van het huishoudelijk restafval. In dit rapport worden de resultaten voor 1994 en 1995 beschreven.

Bij de fysische analyse wordt het afval verdeeld in vijftien (hoofd)componenten, zoals GFT, papier, kunststoffen en glas. Voor het onderzoek naar de chemische samenstelling worden van de componenten representatieve monsters vervaardigd. Hierbij worden ter bescherming van de maalapparatuur metaaldelen (spijkers, ritssluitingen, etc.) verwijderd; deze worden niet geanalyseerd. De monsters worden geanalyseerd op een groot aantal parameters, waaronder (zware) metalen. Daarnaast worden ook het gehalte droge stof, de asrest en de calorische waarde per component gemeten. Drie componenten blijven buiten de chemische analyse, te weten dierlijk afval, bijzonder afval en klein chemisch afval (kca). De eerste om hygiënische redenen, de andere twee omdat ze dermate inhomogeen zijn dat het vervaardigen van een representatief monster niet mogelijk is. Deze componenten maken tezamen 2 tot 2,5% van het huishoudelijk restafval uit. Met name doordat kca (0,2 tot 0,5% in huishoudelijk restafval) buiten het onderzoek blijft, vertonen de resultaten voor het totale huishoudelijk restafval een onderschatting van het gehalte aan bepaalde stoffen, zoals bijvoorbeeld zink, nikkel en cadmium (uit batterijen in kca).

De resultaten van de chemische analyses zijn op verschillende manieren bewerkt en worden in het rapport onder meer gepresenteerd in de vorm van

- De concentraties per component van het huishoudelijk afval, zowel op basis van droge stof als op basis van ‘natte stof’ (zoals aanwezig in het huishoudelijk restafval)
- De concentraties in het huishoudelijk restafval (exclusief de drie eerder genoemde componenten), zowel op basis van droge stof als op basis van ‘natte stof’.
- De verdeling van de gemeten stoffen over de verschillende componenten.

In onderstaande tabel i worden de resultaten, in de vorm van gemiddelde waarden voor het totale huishoudelijk restafval (op natte basis), weergegeven voor 1994 en 1995. Voor een aantal stoffen is in tabel ii tevens aangegeven in welke componenten de betreffende stof vooral voorkomt in 1995 en de procentuele bijdrage aan de totale hoeveelheid van de stof in het huishoudelijk restafval.

Tabel i: Resultaten chemische analyse huishoudelijk restafval in 1994 en 1995 ¹⁾

Parameter	Eenheid	1994	1995
Droge stof	%	73	66
Asrest	%	26	n.b.
Calorische waarde	MJ/kg	10.2	n.b.
EOCl (extraheerbaar organisch chloor)	mg Cl/kg	18	n.b.
NO ₃ -N	mg N/kg	<4.2	n.b.
Kjeldahl-N	mg N/kg	6220	n.b.
P-totaal	mg P ₂ O ₅ /kg	1580	n.b.
Ag (zilver)	mg/kg	<1	<1
Al (aluminium)	mg/kg	9220	5700
As (arsen)	mg/kg	<5	<5
Be (beryllium)	mg/kg	0.3	2
Br (bromide)	mg/kg	<15	140
Cd (cadmium)	mg/kg	4.8	2.2
Cl (chloride)	mg/kg	4940	n.b.
Co (cobalt)	mg/kg	3.4	6.7
Cr (chrom)	mg/kg	111	88
Cu (koper)	mg/kg	327	45
Fe (ijzer)	mg/kg	34400	36000
Hg (kwik)	mg/kg	0.1	0.1
Mn (mangaan)	mg/kg	95	130
Mo (molybdeen)	mg/kg	5	3
Ni (nikkel)	mg/kg	67	59
Pb (lood)	mg/kg	141	77
S (zwavel)	mg/kg	928	1200
Sb (antimoon)	mg/kg	23	12
Sn (tin)	mg/kg	74	69
Ti (titaan)	mg/kg	737	540
V (vanadium)	mg/kg	7	4
Zn (zink)	mg/kg	542	180

1) concentratie in afval, inclusief het vocht; n.b. = niet bepaald

Tabel ii: Overzicht verdeling van enkele elementen over de hoofdcomponenten

Element	Gemiddelde concentratie (mg/kg, nat)	Aanwezigheid in componenten groter dan 10%
Antimoon	12	Kunststoffen 91%
Bromide	142	Kunststoffen 93%
Cadmium	2.2	Kunststoffen 79%, leer/rubber 11%
Chloride	4940 ¹⁾	GFT totaal 17%, kunststoffen 51%, tapijten/matten 12%
Chroom	88	GFT totaal 40%, leer/rubber 19%
Koper	45	GFT totaal 46%, paper/cardboard 19%, kunststoffen 16%
Kwik	0.1	GFT totaal 90%
Molybdeen	2.9	GFT totaal 72%, ferro 10%
Lood	77	GFT totaal 21%, glas 46%, keramiek 46%
Zink	179	GFT 25%, paper/karton 10%, kunststoffen 16%, leer/rubber 26%

1) analyse en verdeling over 1994

1. INLEIDING

Voor het voeren van het afvalstoffenbeleid is het gewenst inzicht te hebben in de fysische en chemische samenstelling van afvalstromen. De Sectie Metingen van het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies van het RIVM is belast met het onderzoek naar zowel de fysische als de chemische samenstelling van het huishoudelijk afval. Het onderzoek naar de chemische samenstelling wordt vanaf 1986 uitgevoerd.

Deze rapportage geeft inzicht in de chemische samenstelling van 1994 en 1995 van het in Nederland integraal ingezamelde huishoudelijk afval (het zogenaamde huishoudelijk restafval). Dit is het afval afkomstig van particuliere huishoudens, exclusief de afvalstoffen die gescheiden worden ingezameld, zoals groente-, fruit- en tuinafval (GFT), oud papier, glas, textiel, klein chemisch afval (kca), grof huishoudelijk afval, etc.

De kennis van de chemische samenstelling van huishoudelijk restafval is van belang om informatie te krijgen over bijvoorbeeld de oorzaak en de bronnen van belangrijke metaal-concentraties in verbrandingsproducten van huishoudelijk afval (bodem- en vliegafval). Deze gegevens kunnen gebruikt worden om de bron van de belasting van het milieu in te kunnen schatten. Ook is deze informatie van belang voor het volgen van de effecten van het (afval)stoffenbeleid van de Rijksoverheid. De resultaten van dit onderzoek spelen onder meer een rol bij de beoordeling van de effecten van het Cadmiumbesluit en het Convenant Verpakkingen.

Naast dit chemisch onderzoek werd reeds eerder een onderzoek uitgevoerd naar de fysische samenstelling van het huishoudelijk restafval uit 1994 en 1995 (5, 6). Door combinatie van de gegevens van het fysisch en chemisch onderzoek verkrijgt men een beeld van het relatieve aandeel van elementen/verbindingen in huishoudelijk restafval verdeeld over de verschillende hoofdcomponenten.

Dit onderzoek is een vervolg op het onderzoek naar de chemische samenstelling van huishoudelijk afval dat betrekking had op de jaren 1986 - 1992 (1, 2, 8). Een belangrijk verschil met de periode '86-'92 is echter de introductie van een andere methode van monstername, waardoor de representativiteit van de meetresultaten verbeterd werd (7, 10, 11). Daarnaast vond een grootschalige introductie van de aparte inzameling van het groente-, fruit- en tuinafval plaats, waardoor de fysische en chemische samenstelling van het huishoudelijk restafval aan verandering onderhevig was.

Dit onderzoek is gericht op de bepaling van de volgende parameters in de hoofdcomponenten van het ingezamelde huishoudelijk restafval van 1994 en 1995:

- concentratie van een aantal (zware) metalen en niet-metalen: lood, cadmium, bromide, etc.
- concentratie van een aantal macro-elementen: nitriet, nitraat, chloride, etc.
- calorische waarde, droge stofgehalte en asrest.

2. WERKWIJZE

2.1 Algemene opzet van het onderzoek

In het onderzoek zijn de volgende fasen te onderscheiden:

1. Bemonstering van het huishoudelijk restafval.
2. Sortering van het huishoudelijk restafval in 15 hoofdcomponenten.
3. Droging van de hoofdcomponenten (bepaling van het vochtgehalte).
4. Fysische monstervoorbehandeling van de hoofdcomponenten (malen, homogeniseren en maken mengmonsters).
5. Bepaling droogrest, gloeirest en calorische waarde van de hoofdcomponenten.
6. Monstervoorbehandeling van de mengmonsters van de hoofdcomponenten ten behoeve van de chemische analyse (ontsluiting/extractie/verbranding).
7. Instrumentele meting van de metalen/elementen/verbindingen in de mengmonsters.
8. Presentatie van de resultaten.

De fysische monstervoorbehandeling van de hoofdcomponenten (GFT, papier, kunststoffen etc.) behelst het gereed maken voor de chemische analyse; het materiaal dient hiertoe poederfijn te worden gemaakt, waarna door (chemische) ontsluiting en extractie van het poeder de elementen vrij worden gemaakt uit de matrix.

In (5) en (6) zijn voor respectievelijk 1994 en 1995 de resultaten van de fysische samenstelling (bemonstering, sortering en droging) reeds gepubliceerd.

De fasen 1, 2, 3, 4 zijn door de Sectie Metingen van het LAE uitgevoerd en de fasen 5, 6 en 7 zijn hoofdzakelijk door TAUW B.V. te Deventer uitgevoerd; in 1994 zijn alleen ferro en non-ferro door het Interfacultair Reactor Instituut (IRI) van de Technische Universiteit Delft geanalyseerd. Zowel de Sectie Metingen, TAUW als IRI zijn STERLAB gecertificeerd.

2.2 Bemonstering en monstervoorbehandeling

2.2.1 Bemonstering

Voor het onderzoek naar de fysische samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk restafval is een zo representatief mogelijke steekproef getrokken. Hiertoe is de Nederlandse bevolking opgedeeld in 10 sociaal-demografische groepen. Elke groep is met een bepaald percentage (weegfactor) vertegenwoordigd in Nederland; samen vormen zij 100%. De bemonstering vindt plaats door in 10 gemeenten in Nederland van eenzelfde aantal huishoudens het huishoudelijk restafval in te zamelen. De huishoudens in een bepaalde gemeente vertegenwoordigen één van die sociaal-demografische groepen. Voor een gedetailleerde beschrijving van de monsternamen wordt verwezen naar de rapportages betreffende het fysisch onderzoek naar de samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval in 1994 en 1995 (5, 6).

Het huishoudelijk restafval van elke gemeente is gesorteerd in 15 hoofdcomponenten en met behulp van de bovengenoemde weegfactoren is de samenstelling van het totale Nederlands huishoudelijk restafval bepaald (zie tabel 1, hierbij worden de verschillende GFT fracties als één component beschouwd).

Tabel 1. Samenstelling in hoofdcomponenten van Nederlands huishoudelijk restafval in 1994 en 1995.

Component	Beschrijving	1994 gew. %	1995 gew. %
GFT zeeffractie < 3 mm	Groente-, fruit- en tuinafval en ongedefinieerde rest. De verschillende zeeffracties worden door middel van een trommelzeef gescheiden van de rest van het afval. Een deel hoort in de GFT- bak, een deel niet (lucifers, huisstof, etc.).	4.6	4.2
GFT zeeffractie 3- 8 mm		5.9	6.4
GFT zeeffractie 8-20 mm		4.2	4.0
GFT > 20 mm	Het groente-, fruit- en tuinafval dat in de GFT-bak thuishoort	20.1 ¹⁾	20.2
Papier/karton	o.a. karton, kranten, drukwerk/tijdschriften, sanitair papier, verpakkingen	29.4	33.6
Kunststof	o.a. kunststof verpakkingen, folies, voorwerpen, voornamelijk PE, PP, PET, PS en PVC	10.4	10.8
Glas	o.a. flessen, potten, lampen, etc.	4.0	3.5
Ferro	Materialen via magneten afgescheiden	4.1	3.8
Non-Ferro	Niet-magnetische metalen (ex kca)	0.6	0.5
Textiel	o.a. kleding, sanitair textiel	3.0	2.6
Keramik	o.a. aardewerk, stenen	4.3	2.7
Tapijten/matten	Vloerbedekking; natuurlijk en synthetisch.	1.4	0.6
Leer/ rubber	Schoenen, laarzen, kleding, etc.	1.0	1.5
Hout	Verpakkingen, bewerkt hout	2.7	1.6
Brood	Brood en banket	1.9 ¹⁾	2.0
Dierlijk afval ²⁾	Vleesresten, botjes etc.	1.7	1.5
Bijzonder afval ²⁾	Reinigingsmiddelen, cosmetica, (zie bijlage 2)	0.3	0.4
Klein chemisch afval ²⁾	Batterijen, accu's, verf, lijm, kit, geneesmiddelen, (zie bijlage 2)	0.5	0.2

1) Voor 1994 zijn voor de chemische analyse de GFT-fractie >20 mm en 'brood' samengevoegd

2) Deze componenten zijn niet chemisch geanalyseerd (zie hoofdstuk 2.2.2)

2.2.2 Monstervoorbehandeling

Bij de fysische analyse van huishoudelijk restafval worden de hoofdcomponenten meestal verder geanalyseerd in subcomponenten. Voor het onderzoek naar de chemische samenstelling worden subcomponenten in het afval van elke gemeente weer samengevoegd tot hoofdcomponenten, behalve bij GFT. Hiervan blijven de zeeffracties als aparte fracties gehandhaafd. Voor het drogen wordt van de drie grootste hoofdcomponenten, te weten GFT >20 mm, papier en kunststof, de monsterhoeveelheid per gemeente gereduceerd tot ongeveer 50 kg. Ook worden in verband met een betere droging de hoofdcomponenten glas en keramiek voorverkleind. De hoofdcomponenten "bijzonder afval" en "klein chemisch afval" bestaan uit een dermate complexe verzameling van zeer verschillende producten, dat hiervoor geen goede monstervoorbehandeling beschikbaar is. Daarom worden deze hoofdcomponenten niet geanalyseerd. Om hygiënische redenen wordt dierlijk afval ook niet voorbehandeld en geanalyseerd.

Voor een uitgebreide beschrijving van de monstervoorbehandeling wordt verwezen naar (11) en (12); in bijlage 3 wordt een schematisch overzicht gegeven.

a) drogen

Na beëindiging van het onderzoek naar de fysische samenstelling van het huishoudelijk restafval worden de monsters gedroogd bij 45°C tot constant gewicht, zodat het vocht- en drogestofgehalte berekend kan worden. De droogstap is noodzakelijk om de effectiviteit van het malen en mengen te vergroten. Bovendien is het destructie- en extractierendement van gedroogde monsters hoger dan van "natte" monsters, wat van belang is in de latere fase van chemische analyse. In 1994 werd dierlijk afval nog gedroogd en daarna verwijderd; in 1995 werd dierlijk afval helemaal niet meer gedroogd.

b) eerste verkleiningsstap

Ter bescherming van onder andere de maalmolens worden uit de gedroogde componenten alle grotere vaste metaaldelen handmatig verwijderd. Het gaat hier voornamelijk om ritsen en knopen (textiel); spijkers en schroeven (hout); nietjes en paperclips (papier); metalen onderdelen uit schoenen en tassen (leer), enz.. Uit de componenten ferro en non-ferro worden alleen de massieve (stalen) delen verwijderd (o.a. bouten en moeren). Om bij de automatische metaaldetectie niet te veel monster te verliezen worden aluminium op kunststoffen (kunststof) en aluminium gecoate drankkartonnen (papier) eveneens verwijderd. In verband met ontploffingsgevaar worden spuitbussen (ferro en non-ferro) en aanstekers (kunststof) verwijderd. De verwijderde delen worden derhalve later ook niet geanalyseerd.

Vervolgens worden de hoofdcomponenten gemalen tot een deeltjesgrootte van ongeveer 5 mm. De componenten ferro en non-ferro worden geschredderd tot ongeveer 20 mm. Na homogenisatie vindt een reductie (tot maximaal 10 kg) van de hoeveelheid monstermateriaal plaats met behulp van een roterende monsterverdeler.

c) samenstellen mengmonster

Na de eerste verkleiningsstap worden mengmonsters samengesteld. Voor iedere hoofdcomponent afzonderlijk wordt het monstermateriaal afkomstig van de 10 sociaal-demografische groepen (gemeenten) gemengd, bijvoorbeeld 10 monsters papier worden gemengd tot 1 monster papier. De zeeffracties van GFT blijven echter gehandhaafd. Door de weegfactor (zie hoofdstuk 2.2.1) te gebruiken bij het samenstellen van de mengmonsters, wordt gewaarborgd dat het mengmonster zoveel mogelijk representatief is voor het totale bemonsterde huishoudelijke restafval.

Voor het samenstellen van een mengmonster M van component a , werd dus de volgende formule gebruikt:

$$M_a = \sum_{n=1}^{n=i} f_n * M_{n,a}$$

waarin:

M = gewicht van het mengmonster of component

f = weegfactor

i = hoofdcomponent (GFT, papier, kunststof etc.)

n = gemeente c.q. wijk waar component vandaan komt

d) tweede verkleiningsstap

Nadat de mengmonsters zijn samengesteld ondergaan de verschillende hoofdcomponenten de laatste bewerkingen om het materiaal geschikt te maken voor analyse. Eerst worden de monsters gehomogeniseerd en de hoeveelheid monstermateriaal verkleind (tot maximaal 10 kg) met behulp van een roterende monsterverdeler. Vervolgens worden ter bescherming van maalapparatuur kleine metaaldeeltjes verwijderd met behulp van een automatische metaaldetector. Tenslotte worden de verschillende componenten gemalen en gehomogeniseerd tot een homogeen poeder met een deeltjesgrootte van maximaal 0,5 mm: het analysemonster.

In bijlage 3 wordt een overzicht gegeven van het totale proces van monstervoorbehandeling.

2.3 Chemische analyse

De feitelijke chemische analyse werd voor het RIVM uitgevoerd door TAUW Milieu en, voor ferro en non-ferro in 1994, door het Interfacultair Reactor Instituut (IRI) van de Technische Universiteit Delft.

Het totale analytische proces voor de analyse van de verschillende hoofdcomponenten bestaat uit de volgende onderdelen:

- Ontsluiting (destructie) of extractie van het monster;
- Instrumentele meting;
- Berekening en rapportage

De analyse van ferro en non-ferro die in 1994 door het IRI werd verricht, bestond uit het maken van een smelt van de hoofdcomponent. Vervolgens werden met behulp van Instrumentele Neutronen Activeringanalyse de gehalten van de elementen bepaald. Een

aantal elementen (onder andere lood en beryllium) kan met deze methode niet worden gemeten.

2.3.1 Ontsluiting van de monsters voor de metalenanalyse

Het doel van de ontsluiting is om de metalen (en een aantal niet-metalen) zodanig in oplossing te brengen dat een concentratiebepaling mogelijk is met behulp van atomaire spectrometrie. In dit onderzoek is steeds gekozen voor een ‘totaal’ ontsluiting. De keuze van de toegepaste ontsluitingsmethode is voor elke hoofdcomponent bepaald in het onderzoek uitgevoerd in ‘91 en ‘92 (8). In (8) is ook een drietal referentiemonsters geanalyseerd. Hoewel de matrices van de referentiematerialen enigszins afwijken van die van de monsters, kunnen de resultaten als een indicatie voor het ontsluitingsrendement beschouwd worden (zie bijlage 4). Tabel 2 geeft een overzicht van de toegepaste ontsluitingsmethoden.

Tabel 2. Ontsluitingsmethodiek

Componenten	Ontsluiting
GFT zeeffractie < 3mm	Koningswater (volgens NEN 5770)
GFT zeeffractie 3-8 mm	Koningswater (volgens NEN 5770)
GFT zeeffractie 8-20 mm	Koningswater (volgens NEN 5770)
GFT > 20 mm	Koningswater (volgens NEN 5770)
Papier/karton	Koningswater (volgens NEN 5770)
Kunststof	Zwavelzuur/Waterstofperoxide (open systeem)
Glas	Fluorwaterstof/Salpeterzuur (gesloten systeem)
Ferro	Fluorwaterstof/Salpeterzuur (gesloten systeem)
Non-ferro	Fluorwaterstof/Salpeterzuur (gesloten systeem)
Textiel	Koningswater (volgens NEN 5770)
Keramiek	Fluorwaterstof/Salpeterzuur (gesloten systeem)
Tapijten/matten	Zwavelzuur/Waterstofperoxide (open systeem)
Leer/rubber	Zwavelzuur/Waterstofperoxide (open systeem)
Hout	Koningswater (volgens NEN 5770)
Brood	Fluorwaterstof/Salpeterzuur (gesloten systeem)

2.3.2 Instrumentele meting van de ontsloten metalen

Tabel 3 geeft een overzicht van de toegepaste analysemethode inclusief detectiegrens en indicatieve spreiding voor de bepaling van de metalen in de verkregen oplossingen na de ontsluiting.

Tabel 3. Toegepaste techniek, detectiegrens en spreiding

Element	Methode	Detectie- grens mg/kg droge stof	Indicatieve ^(*) spreiding, %
Ag (zilver)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	2 – 11
Al (aluminium)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	1
As (arseen)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	5	7
Be (beryllium)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.2	2 – 11
Cd (cadmium)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.1	4
Co (cobalt)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.5	2 – 11
Cr (chroom)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.5	2
Cu (koper)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.5	5
Fe (ijzer)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	2	2 – 11
Hg (kwik)	Koude-damptechniek o-NEN 5779	0.1	7
Mn (mangaan)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.1	2 – 11
Mo (molybdeen)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	2 – 11
Ni (nikkel)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.5	6
Pb (lood)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	2
Se (seleen)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	2	2 – 11
Sb (antimoon)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	0.5	2 – 11
Sn (tin)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	2 – 11
Ti (titaan)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	2 – 11
V (vanadium)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	2 – 11
Zn (zink)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	1	4

* De procentuele spreiding is gebaseerd op de analyse van standaardmaterialen. De matrix van deze materialen kan afwijken van de matrix van de geanalyseerde componenten. De opgegeven procentuele spreiding moet derhalve als indicatieve waarde worden gezien. Zie bijlage 5 voor de gerealiseerde spreiding.

2.3.3 Overige analyses

Tabel 4 geeft een overzicht van de toegepaste technieken inclusief detectiegrens en spreiding.

Tabel 4. Toegepaste techniek, detectiegrens en spreiding van niet-metalen

Element/verbinding	Methode	Detectiegrens	Indicatie- ve spreiding, %
Droogrest	Gravimetrie (NEN 5747)	0.01 % (m/m)	<2.5
Gloeirest	Gravimetrie (NEN 5754)	1 % (m/m v.d. ds)	-
Calorische waarde	Bomcalorimeter (ASTM D240/92)	500 KJ/kg ds	3
Bromide (Br)	Titrimetrisch na bomdestructie (DIN 3840519/20)	10 mg Br/kg ds	-
Chloride (Cl)	Titrimetrie (NEN 6476, RIJP 1983,26)	25 mg Cl/kg ds	1
EOX	Microcoulometrie (2 ^e o-NEN 5735)	0.1 mg Cl/kg ds	7
Stikstof Kjeldahl (N)	Doorstroomanalyse (NEN 6641, NEN 6646)	0.1 g N/kg ds	8
Nitraat (NO ₃)	Doorstroomanalyse (o-NEN 5769, NEN 6652)	5 mg N/kg ds	3
Nitriet (NO ₂)	Doorstroomanalyse (NEN 6652, NEN 6653)	5 mg N/kg ds	3
Totaal Fosfor (P)	Doorstroomanalyse (NEN 6641, NEN 6663)	0.1 g P/kg ds	8
Zwavel (S)	ICP-techniek (NPR 6425, NEN 6426)	30 mg/kg ds	2 – 11

(*) De procentuele spreiding is gebaseerd op de analyse van standaardmaterialen. De matrix van deze materialen kan afwijken van de matrix van de geanalyseerde componenten.

3. RESULTATEN

In tabel 5 en 6 worden de analyseresultaten van 1994 en 1995 weergegeven. De analyses werden in drievoud uitgevoerd. In de tabellen wordt het (afgeronde) gemiddelde gegeven, uitgedrukt in mg/kg droge stof, tenzij anders is aangegeven.

Indien van één of twee monsters de analysewaarde voor een bepaalde stof lager was dan de detectiegrens werd voor de berekening van het gemiddelde aangenomen dat de concentratie in deze monsters gelijk was aan de detectiegrens.

Bij de voorlopige resultaten van de analyses van 1995 zoals vermeld in (4) is het gemiddelde bij lage concentraties op nagenoeg dezelfde wijze berekend, alleen het gemiddelde werd voorzien van het 'kleiner dan teken' (<).

In bijlage 5 zijn voor 1994 en 1995 de gerealiseerde spreidingen in de analyseresultaten gegeven.

Table 5. Analyseresultaten 1994 (gemiddeld, afgerond) in mg/kg ds, tenzij anders vermeld

Parameter	GFT-zeef fracties				papier/ karton	kunst- stof	glas	ferro	non- ferro	textiel	kera- mie	tapijten/ matten	leer/ rubber	hout
	<3mm	3-8mm	8-20mm	>20mm										
Gloeirest (% van ds)	74	70	43	29	12	5	99	n.b.	n.b.	3	97	31	12	2
Cal. Waarde (kJ/kg)	< 500	< 500	11095	13233	15807	38367	< 500	n.b.	n.b.	20130	< 500	19808	24780	17575
EOCl	7.7	20	35.3	14	7.5	30.7	n.b.	n.b.	n.b.	12.3	n.b.	91	880	21.3
Nitraat (NO3)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	n.b.	n.b.	n.b.	< 10	n.b.	14.3	< 5	< 5
N Kjeldah (g/kg ds)	7.3	8.6	16.7	20	2.7	3.7	n.b.	n.b.	n.b.	45.7	n.b.	21	23	13
P-totaal (P2O5)(g/kg ds)	3.7	4.6	8.1	6.7	0.8	0.5	n.b.	n.b.	n.b.	1.9	n.b.	0.7	0.7	0.3
Ag (zilver)	< 1	< 1	< 1	1.2	< 1	< 1	< 1	< 26	< 9.7	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Al (aluminium)	18667	28333	9667	1433	1267	800	750	8900	718000	253	49333	1500	1700	247
As (arsen)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	49.3	31.6	138	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Be (beryllium)	1	2	< 0.2	0.4	< 0.2	< 0.2	< 0.2	n.b.	n.b.	< 0.2	2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Br (bromide)	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	n.b.	n.b.	n.b.	< 25	n.b.	< 25	< 25	< 25
Cd (cadmium)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5	< 0.1	46	< 0.1	< 5.2	< 39	2	2.5	2.3	38.7	0.8
Cl (chloride)	1817	2383	4517	5033	2167	27650	n.b.	n.b.	n.b.	1750	n.b.	47092	44000	1400
Co (cobalt)	1.2	3.5	< 0.5	1.5	< 0.5	8	2.3	37	28.9	2	9.3	2.5	3.7	1.5
Cr (chrom)	270	176.7	363.3	68.3	14	55	833.3	266	2340	73.3	51.7	17.3	833.3	58.3
Cu (koper)	63	65	547	100	42	393	26	< 60	45100	40	22	13	41	43
Fe (ijzer)	9833	16333	6167	4233	480	600	3567	790000	44400	393	11000	493	667	733
Hg (kwik)	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	n.b.	0.1	< 3.0	< 8.5	0.1	0.1	n.b.	n.b.	0.9
Mn (mangaan)	323	270	153	137	31	12	150	240	1750	13	410	36	20	87
Mo (molybdeen)	20	11.3	23.3	4.3	1.5	2.8	45	< 7.4	< 27	< 1	3.7	< 1	1.5	< 1
Ni (nikkel)	127	70	163	58	6	12	313	< 10000	< 15000	5	8	6	3	4
Pb (lood)	583	543	397	160	14	210	153	n.b.	n.b.	44	917	< 10	65	103
S (zwavel)	2433	2667	2767	2533	917	420	n.b.	n.b.	n.b.	2000	n.b.	2600	4567	487
Sb (antimoon)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	110	14	8	2000	12.7	2.7	6.2	26.3	1.5
Sn (tin)	8	6	8.3	14.7	1.3	< 5	8.7	1620	< 930	2.5	23.3	< 15	< 10	1.2
Ti (titaan)	1367	2200	983	49	10	4433	250	1090	2150	8	1533	1300	2067	14
V (vanadium)	26.7	70	16.3	4.3	< 1	< 1	2	5.2	34.9	< 1	42.7	4.3	2.5	< 1
Zn (zink)	547	350	320	267	78	393	283	1110	51200	167	633	933	3133	290

n.b.: niet bepaald

Table 6. Analyseresultaten 1995 (gemiddeld, afgerond) in mg/kg ds, tenzij anders vermeld

Parameter	GFT-zeeffracties				papier/ karton	kunst- stof	glas	ferro	non- ferro	textiel	kera- mieik	tapijten/ matten	leer/ rubber	hout	brood
	<3mm	3-8mm	8-20mm	>20mm											
Ag (zilver)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1.9	<1	10	2	<1	<1
Al (aluminium)	5200	7200	2800	2100	1800	820	8100	860	660000	380	56200	900	1600	200	230
As (arsen)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	21	30	<5	<5	<5	<5	<5	21	<5
Be (beryllium)	0.9	1.4	0.5	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	50	3.1	<0.2	2.6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Br (bromide)	<10	<10	<10	19	<10	1450	<10	<10	<10	<10	<10	<10	570	<10	<10
Cd (cadmium)	0.7	0.6	0.7	0.2	<0.1	19	0.3	<0.1	<0.1	0.7	1.4	8.8	18	0.7	<0.1
Co (cobalt)	7	42	4	1.6	1.8	9	9	50	8	4.1	39	3.7	3.6	3.4	<0.5
Cr (chromium)	450	280	240	78	19	46	230	230	300	280	64	67	1200	100	12
Cu (koper)	280	110	250	30	39	78	26	65	431	34	59	19	46	46	10
Fe (ijzer)	8600	9900	5500	3400	470	660	810	980000	6300	640	11500	1600	620	580	250
Hg (kwik)	0.5	0.9	0.7	0.8	<0.1	n.b.	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	n.b.	n.b.	0.2	<0.1
Mn (mangaan)	360	230	180	120	34	15	120	1700	1800	17	490	58	28	86	20
Mo (molybdeen)	29	10	17	5	<1	2.5	<1	9	1.6	<1	<1	2.8	1.7	<1	1.1
Ni (nikkel)	280	550	170	56	28	48	11	180	56	16	26	52	11	36	6.8
Pb (lood)	220	110	89	42	10	n.b.	590	<1	33	23	1360	n.b.	n.b.	123	<1
S (zwavel)	2500	3700	3100	2200	1300	n.b.	1400	<30	380	3200	10000	n.b.	n.b.	910	1900
Se (seleen)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3.1	<2
Sb (antimoon)	0.7	3.8	2.6	<0.5	<0.5	120	6	<0.5	14	16	<0.5	7	13	0.9	<0.5
Sn (tin)	8	6	9	4.3	<1	34	21	1780	67	6	27	2	7	1	22
Ti (titaan)	120	140	80	19	11	4200	230	1100	1900	13	2000	1100	1900	12	45
V (vanadium)	16	38	11	3.9	<1	<1	<1	<1	36	<1	42	5	4.4	<1	<1
Zn (zink)	570	270	340	130	83	310	140	20	850	260	480	1800	3300	150	56

3.1 Droge stof, asrest, calorische waarde en stookwaarde van huishoudelijk restafval

In tabel 7 worden de resultaten weergegeven van de fysische samenstelling, het droge stof gehalte en het asrest-percentage. Van de ferro en non-ferro component is het percentage asrest niet bepaald. Bij de berekeningen is aangenomen dat het percentage asrest 100% is. De componenten "dierlijk afval", "bijzonder afval" en "kca" zijn niet geanalyseerd (zie 2.2.2). Bij de verdere berekeningen worden deze componenten daarom buiten beschouwing gelaten.

De calorische waarde (*bovenste verbrandingswaarde*) en de stookwaarde (*onderste verbrandingswaarde*) van het huishoudelijk restafval in zijn totaliteit zijn berekend uit de gegevens betreffende de fysische samenstelling, het vochtgehalte, de asrest en de calorische waarde van de individuele componenten uit 1994.

Tabel 7. Fysische samenstelling van huishoudelijk afval

Component	Nat gewicht %		Droge stof %		Asrest ¹⁾ % van droge stof	Calorische waarde ¹⁾ MJ/kg
	1994	1995	1994	1995		
Zeeffractie <3 mm	4.6	4.2	76	74	74	<0.5
Zeeffractie 3-8 mm	5.9	6.4	68	66	70	<0.5
Zeeffractie 8-20 mm	4.2	4.0	53	49	43	11.1
GFT > 20 mm	22.0	20.2	55	36	29	13.2
Papier/karton	29.4	33.6	71	67	12	15.8
Kunststof	10.4	10.8	88	85	5	38.4
Glas	4.0	3.5	99	98	99	<0.5
Ferro	4.1	3.8	98	93	100 ²⁾	<0.5 ³⁾
Non-ferro	0.6	0.5	92	82	100 ²⁾	<0.5 ³⁾
Textiel	3.0	2.6	83	80	3	20.1
Dierlijk afval	1.7	n.b.	57	n.b.	n.b.	13.2 ³⁾
Keramiek	4.3	2.7	96	98	97	<0.5
Tapijten/matten	1.4	0.6	91	92	31	19.8
Leer/rubber	1.0	1.5	94	93	12	24.8
Hout	2.7	1.6	90	87	2	17.6
Brood	n.b.	2.0	n.b.	66	n.b.	n.b.
Bijzonder afval	0.3	0.3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
KCA	0.5	0.5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Huishoudelijk afval	100	100	73	66	26	10.2 ⁴⁾

n.b. = niet bepaald

1) analyse uitgevoerd alleen op componenten uit 1994;

2) niet bepaald, aanname;

3) niet bepaald, waarde gebaseerd op metingen van voorgaande jaren;

4) berekende stookwaarde 8.8 MJ/kg

3.2 Concentraties in huishoudelijk restafval

Bij het onderzoek naar de fysische samenstelling van huishoudelijk restafval is het droge stofgehalte, het vochtgehalte en de procentuele bijdrage van de componenten aan het totale huishoudelijk restafval bepaald. Met behulp hiervan zijn de concentraties van de geanalyseerde elementen en verbindingen per component omgerekend van mg/kg droge stof naar mg/kg inclusief het vocht dat in de componenten aanwezig was. Vervolgens zijn deze concentraties, met behulp van de procentuele samenstelling van de componenten, naar rato gesommeerd. Hieruit wordt tenslotte de totaalconcentratie van een stof in huishoudelijk restafval berekend. Deze concentraties worden dan uitgedrukt in mg/kg “nat” huishoudelijk restafval.

In het huishoudelijk restafval bevonden zich geringe hoeveelheden kca, bijzonder afval en dierlijk afval. Deze componenten zijn niet geanalyseerd en daarom niet meegenomen in de berekeningen (zie 2.2.2).

Tabel 8 geeft de berekende concentratie van de verschillende elementen/verbindingen in het geanalyseerde huishoudelijk afval weer.

Tabel 8. Concentraties in huishoudelijk afval in 1994 en 1995 (inclusief vocht)

Element/Verbinding	Concentratie in mg/kg	
	1994	1995
EOCl (extraheerbaar organisch chloor) ¹⁾	18	n.b.
NO ₃ -N ¹⁾	<4.2	n.b.
Kjeldahl-N ¹⁾	6220	n.b.
P-total ¹⁾	1580	n.b.
Ag (zilver)	<1	<1
Al (aluminium)	9220	5700
As (arseen)	<5	<5
Be (beryllium) ²⁾	0.3	2
Br (bromide) ¹⁾	<15	140
Cd (cadmium)	4.8	2.2
Cl (chloride) ¹⁾	4940	n.b.
Co (cobalt)	3.4	6.7
Cr (chroom)	111	88
Cu (koper)	327	45
Fe (ijzer)	34400	36000
Hg (kwik) ³⁾	0.1	0.1
Mn (mangaan)	95	130
Mo (molybdeen)	5	3
Ni (nikkel)	67	59

Vervolg tabel 8. Concentraties in huishoudelijk afval in 1994 en 1995 (inclusief vocht)

Element/Verbinding	Concentratie in mg/kg	
	1994	1995
Pb (lood) ²⁾	141	77
S (zwavel)	928	1200
Sn (tin)	74	69
Ti (titaan)	737	540
V (vanadium)	7	4
Zn (zink)	542	180

1) niet bepaald in ferro, non-ferro, glas en keramiek

2) niet bepaald in ferro en non-ferro, zie de toelichting in hoofdstuk 3.1

3) niet bepaald in kunststof, tapijten/matten en leder/rubber

n.b. = niet bepaald

3.3 Distributie van elementen in huishoudelijk restafval

Om de distributie van de verschillende elementen/verbindingen in het huishoudelijk restafval te berekenen, wordt gebruik gemaakt van de procentuele aanwezigheid van een component in huishoudelijk restafval. Eerst wordt de concentratie van een bepaald element in een component omgerekend van mg/kg “droog” gewicht naar mg/kg “nat” gewicht.

De procentuele bijdrage van een element aan de totaal concentratie van dat element in het huishoudelijk restafval, wordt vervolgens bepaald aan de hand van de procentuele aanwezigheid van het betreffende element. De distributie is dus berekend over huishoudelijk restafval exclusief de niet geanalyseerde hoofdcomponenten dierlijk afval, kca en bijzonder afval. De invloed hiervan wordt beperkt geacht, behalve voor enkele metalen die in batterijen voorkomen zoals zink, nikkel en cadmium. In de volgende tabellen 9 en 10 wordt het overzicht van de resultaten gegeven.

Tabel 9. Distributie van de elementen/verbindingen in huishoudelijk restafval 1994 (in %)

Parameter	GFT-zee fracties				papier/ karton	kunst- stof	glas	ferro	non- ferro	textiel	kera- miek	tapijten/ matten	leer/ rubber	hout
	<3mm	3-8mm	8-20mm	>20mm										
EOCI	1	4	4	9	9	15	n.b.	n.b.	n.b.	2	n.b.	6	46	3
Nitraat (NO3)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.b.	n.b.	n.b.	n.a.	n.b.	n.a.	n.a.	n.a.
N Kjeldahl	4	6	6	39	9	5	n.b.	n.b.	n.b.	18	n.b.	4	3	5
P-totaal (P2O5)	8	12	11	51	10	3	n.b.	n.b.	n.b.	3	n.b.	1	n.a.	n.a.
Ag (zilver)	n.a.	n.a.	n.a.	100	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Al (aluminium)	7	12	2	2	3	1	3	4	43	n.a.	22	n.a.	n.a.	n.a.
As (arsen)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	49	32	19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Be (beryllium)	13	30	n.a.	17	n.a.	n.a.	n.a.	8	1	n.a.	31	n.a.	n.a.	n.a.
Br (bromide)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.b.	n.b.	n.b.	n.a.	n.b.	n.a.	n.a.	n.a.
Cd (cadmium)	n.a.	n.a.	n.a.	1	n.a.	87	n.a.	n.a.	n.a.	1	2	1	8	n.a.
Cl (chloride)	1	2	2	12	9	51	n.b.	n.b.	n.b.	1	n.b.	12	8	1
Co (cobalt)	1	4	n.a.	5	n.a.	22	3	44	5	1	11	1	1	1
Cr (chrom)	9	6	7	7	3	5	30	10	12	2	2	n.a.	7	1
Cu (koper)	1	1	4	4	3	11	n.a.	n.a.	76	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fe (ijzer)	1	2	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.	92	1	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.
Hg (kwik)	9	8	8	14	23	n.b.	6	n.a.	n.a.	3	6	n.b.	n.b.	24
Mn (mangaan)	12	11	4	17	7	1	6	10	10	n.a.	18	n.a.	n.a.	2
Mo (molybdeen)	14	9	10	10	7	5	35	6	3	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.
Ni (nikkel)	7	4	5	11	2	2	19	45	5	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.
Pb (lood) ¹⁾	10	11	4	9	1	9	3	1	31	1	18	n.a.	n.a.	1
S (zwavel)	9	12	7	33	21	4	n.b.	n.b.	n.b.	5	n.b.	4	5	1
Sb (antimoon)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	44	2	1	48	1	n.a.	n.a.	1	n.a.
Sn (tin)	n.a.	n.a.	n.a.	2	n.a.	n.a.	n.a.	88	n.a.	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.
Ti (titaan)	6	12	3	1	n.a.	55	1	6	2	n.a.	9	2	3	n.a.
V (vanadium)	13	40	5	8	n.a.	n.a.	1	3	3	n.a.	25	1	n.a.	n.a.
Zn (zink)	4	3	1	6	3	7	2	8	52	1	5	2	5	1

1) lood kon niet worden bepaald in de componenten ferro en non-ferro; n.a. = niet aangetoond, d.w.z. onder de detectiegrens of minder dan 1%; n.b. = niet bepaald.

Tabel 10. Distributie van de elementen/verbindingen in huishoudelijk restafval 1995 (in %)

Parameter	GFT-zeeffracties			papier/ karton	kunst- stof	glas	ferro	non- ferro	textiel	kera- miek	tapijten/ matten	leer/ rubber	hout	brood
	<3mm	3-8mm	8-20mm											
Ag (zilver)	n.a.	19	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	24	n.a.	31	17	n.a.	n.a.
Al (aluminium)	3	5	n.a.	3	1	5	n.a.	n.a.	n.a.	26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
As (arsen)	5	n.a.	1	n.a.	n.a.	33	48	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	13	n.a.
Be (beryllium)	1	3	n.a.	1	n.a.	n.a.	90	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Br (bromide)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	93	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6	n.a.	n.a.
Cd (cadmium)	n.a.	1	n.a.	n.a.	79	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2	11	n.a.	n.a.
Co (cobalt)	3	26	1	2	13	4	26	n.a.	1	15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr (chrom)	16	13	5	6	5	9	9	1	7	2	n.a.	19	2	n.a.
Cu (koper)	20	10	11	5	16	2	5	4	2	3	n.a.	1	1	n.a.
Fe (ijzer)	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	96	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Hg (kwik)	11	28	10	41	5	n.a.	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.b.	n.b.	2	n.a.
Mn (mangaan)	9	8	3	7	6	3	47	6	n.a.	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mo (molybdeen)	31	15	12	14	6	n.a.	10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni (nikkel)	15	39	6	7	11	n.a.	11	n.a.	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Pb (lood)	9	6	2	4	3	26	n.a.	n.a.	n.a.	46	n.b.	n.b.	2	n.a.
S (zwavel)	7	13	5	13	26	4	n.a.	n.a.	6	23	n.b.	n.b.	1	2
Se (seleen)	n.a.	44	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	19	n.a.	n.a.	n.a.	37	n.a.
Sb (antimoon)	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.	2	n.a.	n.a.	3	n.a.	n.a.	2	n.a.	n.a.
Sn (tin)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	91	n.a.	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ti (titaan)	n.a.	1	n.a.	n.a.	n.a.	1	7	1	n.a.	10	1	5	n.a.	n.a.
V (vanadium)	13	40	5	7	n.a.	n.a.	n.a.	4	n.a.	28	n.a.	2	n.a.	n.a.
Zn (zink)	10	6	4	5	10	3	n.a.	2	3	7	5	26	1	n.a.

n.a. = niet aangetoond, d.w.z. onder de detectiegrens of minder dan 1%; n.b. = niet bepaald.

4. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

4.1 Algemeen

De kwaliteit en dus ook de betrouwbaarheid van het onderzoek naar de chemische samenstelling is niet uitsluitend afhankelijk van het resultaat van de analyse, maar vooral van de representativiteit van de monsternamen en monstervoorbereiding. Om inzicht in de betrouwbaarheid van de analyse te krijgen zijn de analyses in drievoud uitgevoerd. Met behulp van de resultaten kan een uitspraak gedaan worden over de precisie van de chemische analyse inclusief de monstervoorbereiding. Het opgegeven betrouwbaarheidsinterval (minimum-maximum) van de fysische samenstelling bepaalt vervolgens de betrouwbaarheid van de totale methode.

Het onderzoek kent een aantal beperkingen zoals het feit dat bij de analyses geen onderscheid gemaakt kan worden op welke wijze een element aanwezig is (bijvoorbeeld koper als metaal dan wel als in een verbinding) en dat ten behoeve van de bescherming van maalapparatuur bij de monstervoorbereiding metallische delen (spijkers, ritssluitingen) vooraf worden verwijderd. Dierlijk afval wordt om hygiënische redenen en spuitbussen worden om veiligheidsredenen niet geanalyseerd. De componenten 'klein chemisch afval' (kca) en 'bijzonder afval' worden eveneens niet geanalyseerd omdat deze zeer inhomogeen zijn. Uitzonderd enkele metalen als zink, nikkel en cadmium afkomstig van batterijen die in kca zijn aangetroffen wordt verondersteld dat de invloed van andere parameters op de totale samenstelling gering is.

In bijlage 5 zijn de gemiddelde gemeten concentraties van de elementen/verbindingen per component gegeven. Bij elke analyse is de gerealiseerde relatieve standaarddeviatie opgegeven. In bijlage 6 is de fysische samenstelling van huishoudelijk restafval zichtbaar met de bijbehorende minimum en maximum waarden. Met behulp van de onzekerheden in de gemeten concentratie en de samenstelling van het huishoudelijk restafval zijn de minimum en maximum waarden voor de eindconcentraties in het totaal huishoudelijk restafval berekend. Voor het droge stof- en vochtgehalte is een relatieve standaarddeviatie van 2,5 % aangehouden.

In tabel 11 zijn de resultaten van deze berekeningen voor 1995 weergegeven. In de laatste kolom staan de resultaten van de analyse uit 1994 weergegeven. Bovendien zijn, ter vergelijking, de resultaten uit de periode 1986-1992 (8) in deze tabel toegevoegd in de vorm van de gemiddelde concentratie over deze jaren.

Tabel 11. Concentraties in huishoudelijk restafval (incl. vocht) in mg/kg

Element	1995 (incl. betrouwbaarheidsinterval)			1994	1986-1992
	minimum	gemiddeld	maximum		
Ag (zilver)	<1	<1	<1	<1	0.9
Al (aluminium)	4084	5693	7353	9220	n.b.
As (arseen)	<5	<5	<5	<5	4.8
Be (beryllium)	1.8	1.9	2.1	0.3	0.2
Br (bromide)	130	142	154	<15	n.b.
Cd (cadmium)	1.5	2.2	3.0	4.8	3.3
Co (cobalt)	5.6	6.7	7.9	3.4	17.8
Cr (chroom)	64	88	115	111	156
Cu (koper)	31	45	62	327	1040
Fe (ijzer)	33759	36241	37866	34400	25200
Hg (kwik)	0.0	0.1	0.3	0.1	<0.1
Mn (mangaan)	105	128	152	95	93.4
Mo (molybdeen)	2.0	2.9	3.9	5	12.3
Ni (nikkel)	47	59	72	67	111
Pb (lood)	60	77	94	141	170
S (zwavel)	964	1187	1428	928	n.b.
Sb (antimoon)	8.0	12.0	16.4	23	3.8
Se (seleen)	0.0	0.1	0.3	n.b.	n.b.
Sn (tin)	55	69	83	74	4.0
Ti (titaan)	349	540	747	737	378
V (vanadium)	2.9	3.9	5.0	7	23.0
Zn (zink)	135	179	228	542	272

n.b. = niet bepaald

Rekening houdend met de nauwkeurigheid van de resultaten kan met betrekking tot de concentraties van een aantal belangrijke elementen/verbindingen in het huishoudelijk restafval het volgende worden gezegd.

In vergelijking met de periode 1986-1992 zijn de concentraties van *cobalt*, *chroom*, *koper*, *molybdeen*, *nikkel*, *lood* en *vanadium* in het bemonsterde huishoudelijk restafval gedaald. De concentraties van *beryllium*, *ijzer*, *antimoon* en *tin* zijn gestegen. Door verder onderzoek kan nagegaan worden of deze daling dan wel stijging van de genoemde elementen structureel is. Met betrekking tot de cadmiumconcentratie als gevolg van het Cadmiumbesluit kan worden aangegeven dat een duidelijk effect niet zichtbaar is.

4.2 Verdeling van elementen over de componenten

In de tabellen 9 en 10 is voor 1994 en 1995 de distributie van geanalyseerde elementen/verbindingen in het huishoudelijk restafval over de componenten weergegeven. In tabel 12 is voor een aantal elementen in 1995 de distributie op een iets andere wijze gepresenteerd. Aangegeven is de gemiddelde concentratie van de betreffende elementen, daarnaast de procentuele verdeling over de componenten die daar een bijdrage aan leveren van meer dan 10%.

Tabel 12: Overzicht verdeling van enkele elementen over de hoofdcomponenten

Element	Gemiddelde concentratie mg/kg, nat (1995)	Aanwezigheid in componenten voor zover dit meer dan 10% bedraagt
Antimoon	12	Kunststoffen 91%
Bromide	142	Kunststoffen 93%
Cadmium	2.2	Kunststoffen 79%, leer/rubber 11%
Chloride	4940 ¹⁾	GFT totaal 17%, kunststoffen 51%, tapijten/matten 12%
Chroom	88	GFT totaal 40%, leer/rubber 19%
Koper	45	GFT totaal 46%, paper/cardboard 19%, kunststoffen 16%
Kwik	0.1	GFT totaal 90%
Molybdeen	2.9	GFT totaal 72%, ferro 10%
Lood	77	GFT totaal 21%, glas 46%, keramiek 46%
Zink	179	GFT 25%, paper/karton 10%, kunststoffen 16%, leer/rubber 26%

1) analyse en verdeling over 1994

Uit dit overzicht blijkt dat sommige elementen zich in hoofdzaak in een enkele component bevinden (bijvoorbeeld cadmium in kunststoffen) en dat andere elementen verdeeld zijn over verschillende componenten (bijvoorbeeld zink). Verder blijkt dat GFT, voornamelijk de fijne fracties (zie tabel 10) een relatief belangrijke bijdrage aan het gehalte aan metalen levert. Deze fijne fracties zijn kennelijk sterk gecontamineerd met metaalhoudend materiaal, waarbij zonder nader onderzoek niet aangegeven kan worden van welke bronnen dit afkomstig is. De eerder genoemde beperking, te weten dat kca niet is geanalyseerd dient hierbij betrokken te worden: zink en cadmium kunnen ook van batterijen (als onderdeel van kca) afkomstig zijn.

LITERATUUR

1. Beek, A.I.M. van de, Cornelissen A.A.J., Aalbers Th.G.
Monstervoorbereidingsvoorschriften voor huishoudelijk afval. Intern RIVM-document.
2. Beek, A.I.M. van de, Cornelissen, A.A.J., Aalbers, Th. G. Fysisch en chemisch onderzoek van huishoudelijk afval van 1986. RIVM-rapportnr. 738505005. Bilthoven/Amersfoort, juni 1988.
3. Beek, A.I.M. van de, Cornelissen, A.A.J., Aalbers, Th. G. Fysisch en chemisch onderzoek van huishoudelijk afval van 1987, incl. batterijen. RIVM-rapportnr. 738505007 Bilthoven/Amersfoort, juni 1988.
4. Cornelissen, A.A.J., D. Beker. Fysisch onderzoek naar de samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval. Resultaten 1996. RIVM-rapportnr. 776221003, Bilthoven juli 1998.
5. Cornelissen, A.A.J., A. Buijze, P.F. Otte. Fysisch onderzoek naar de samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval. Resultaten 1994. RIVM-rapportnr. 776201018, Bilthoven oktober 1995.
6. Cornelissen, A.A.J., P.F. Otte. Fysisch onderzoek naar de samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval. Resultaten 1995. RIVM-rapportnr. 776221001, Bilthoven oktober 1996.
7. NSS / Marktonderzoek BV. Opzet steekproefkader ten behoeve van huisafvalanalyse. Rapport B5812-2 (vertrouwelijk), juni 1991.
8. Otte, P.F. Analyse van metalen en calorische waarde in componenten uit huishoudelijk afval, 1988-1992. RIVM-rapportnr. 776201012, Amersfoort, december 1994.
9. RIVM. Kwaliteitshandboek Sektie Metingen (laatste revisie: april 1998).
10. Siemons, J.A.E.M. Representativiteitsonderzoek monsternamen bij sorteerproeven met huishoudelijk afval. Deel I: Voorbereiding onderzoek en resultaten van een proefonderzoek. RIVM-rapportnr. 738505004. Bilthoven, juni 1988.
11. Siemons, J.A.E.M. Representativiteitsonderzoek monsternamen bij sorteerproeven met huishoudelijk afval. Deel II: Uitvoering representativiteitsonderzoek 1988 en conclusies. t.a.v. toekomstig sorteeronderzoek van huishoudelijk afval. RIVM-rapportnr. 738505008. Bilthoven, augustus 1990.
12. Tauw Milieu bv. Overzicht analysemethodieken, 10e editie, Deventer, mei 1997.
13. Tauw Milieu. Chemische analyse van huishoudelijk afval. Resultaten 1995. R3658023.L01. Deventer, september 1998.
14. Wiel, H.J van de, M.A.F.P. van Rooij, H. Janssens. Prestatiekenmerken voor meetmethoden. KIWA/RIVM/Alcontrol. Rapport nr. 219101004, november 1994.

Bijlage 1. Verzendlijst

- 1-6 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Afvalstoffen
- 7 Plv.-Directeur-Generaal Milieubeheer
- 8 Directie Voorlichting en Externe Betrekkingen, VROM
- 9 Ing. A.H.J. Dijkzeul, Directie Afvalstoffen, Ministerie VROM
- 10 Ing. L.J.W.M. Bergman, Directie Afvalstoffen, Ministerie VROM
- 11-12 Afval Overleg Orgaan, Utrecht
- 13 Vereniging van Afvalverwerkers, Utrecht
- 14 CBS, Afdeling Milieuhygiëne, Voorburg
- 15 Commissie Verpakkingen, Den Haag
- 16 SVM/PACT, Den Haag
- 17 Stichting Aluminium Centrum, Woerden
- 18 Depot van Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie, Den Haag
- 19 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- 20 Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations RIVM
- 21 Sectordirecteur Sector V, Milieuonderzoek, RIVM
- 22 Hoofd Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies, RIVM
- 23 Dr. M. Kuipers-Linde
- 24 Dr. Th.G. Aalbers
- 25 Drs. J.M. Joosten
- 26 Ir. H. Verhagen
- 27 Drs. D. Nagelhout
- 28 Drs. M. Zablotskaya
- 29 Ing. P. v.d. Poel
- 30 Ing. H. Bremmer
- 31 Ing. P.J. Meijer
- 32-41 Sectie Metingen/LAE
- 42-43 Auteurs
- 44 Bureau Rapportenregistratie
- 45 Bibliotheek RIVM
- 46-65 Bureau Rapportenbeheer
- 66-80 Reserve exemplaren.

Exemplaren van dit rapport kunnen worden besteld bij Bureau Rapportenbeheer van het RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, onder vermelding van rapportnummer, auteurs en titel.

Bijlage 2. Selectiecriteria bijzonder afval en klein chemisch afval

De lijst voor klein chemisch afval (kca) komt overeen met de aanwijzing van kca door het Ministerie van VROM van november 1992, gepresenteerd in de zogenaamde 'welles-nietes' lijst. Tot 'bijzonder afval' behoren die stoffen en/of producten die niet kunnen worden toegewezen aan één van de andere hoofdcomponenten. Onderstaand het overzicht van de belangrijkste stoffen en/of producten die tot deze groepen worden gerekend.

Bijzonder Afval

(Huishoudelijke) reinigingsmiddelen

Ammonia, bleekwater, loog gootsteen, W.C. ontstopper, zeep, waspoeder, vlekkenwater, tapijtreiniger (waterbasis), koper/zilver poets.

Cosmetica (m.u.v. nagellak en remover)

Deodorants, lippenstift, oogschaduw, mascara, crème, poeders, pasta's, zeep.

Kaarsen, was en smeerprodukten

Boenwas, kaarsen en schoensmeer.

Overig

Aanstekers(vol), printer/typemachinelint, printer, toner/cartridge, vuurwerk en munitie, dakleer, mierenlokdoosjes.

Klein chemisch afval

Batterijen, accu's

Verf, lijm, (stencilinkt) en kitresten

Verf, lak en beits, houtverduurzamingsmiddelen, inkt (stencil), kwastenreiniger/ontharder, lijm, plamuur, verfafbijt, verfverdunner, kit.

Geneesmiddelen

poeders, pillen/capsules, zalf, drankjes.

Overig

Energiezuinige lampen, asbestprodukten, halonbrandblussers.

Bestrijdingsmiddelen: onkruid, schimmel, mos, insecten, ratten, muizen, vlooiensband

Agressieve chemicaliën: zoutzuur, accuzuur, fotochemicaliën, antiroest

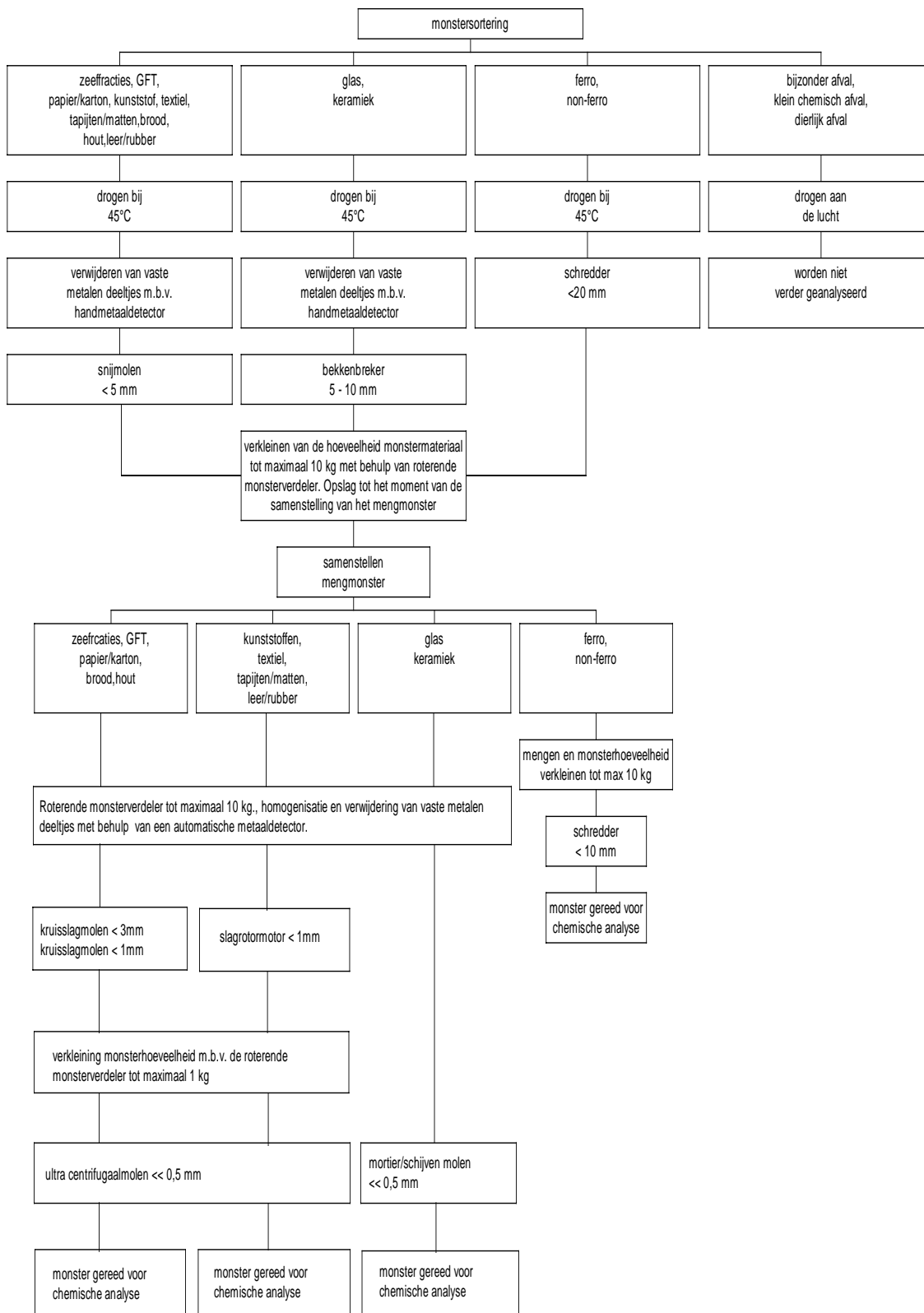
Oplosmiddelen: aceton, meubelolie, ontvettingsmiddelen, terpentijn, terpentine, thinner, vlekkenwater (niet waterig), wasbenzine

Cosmetica: remover nagellak, nagellak

Olieproducten: benzine, lampolie, oliefilters, rem- en smeerolie, smeervet, petroleum

Kwik (thermometer) en lood

Bijlage 3. Monstervoorbehandeling



Bijlage 4. Analyse referentiemonsters 1994

Referentie Plastic rood	1			2			3			gemeten waarde			RSD (%)			referentiewaarde		
	190	190	190	190	190	190	180	180	187	5	5	3	gem.	s	RSD (%)	gem.	s	terugvinding (%)
Cd (cadmium)	190	190	190	180	180	187	187	187	187	5	5	3	197.9	4.9	3	197.9	4.9	94

Referentie Verbrandingsas	1			2			3			gemeten waarde			RSD (%)			referentiewaarde		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	gem.	s	RSD (%)	gem.	s	RSD (%)	gem.	s	terugvinding (%)
Cd (cadmium)	410	420	420	420	420	417	417	417	417	5	5	1	470	9	1	470	9	89
Co (cobalt)	27	28	27	27	27	27	27	27	27	0	0	0	30.9	1.3	0	30.9	1.3	87
Cu (koper)	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	0	0	0	1302	26	0	1302	26	92
Fe (ijzer)	17000	17000	18000	18000	18000	17333	17333	17333	17333	471	471	3	21300	1100	3	21300	1100	81
Hg (kwik)	24	25	23	23	23	24	24	24	24	1	1	4	31.4	1.1	4	31.4	1.1	76
Ni (nikkel)	90	90	85	85	85	88	88	88	88	2	2	2	123.5	4.2	2	123.5	4.2	71
Pb (lood)	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	0	0	0	10870	170	0	10870	170	74
Sb (antimoon)	280	280	280	280	280	280	280	280	280	0	0	0	412	18	0	412	18	68
Zn (zink)	20000	19000	20000	20000	20000	19667	19667	19667	19667	471	471	2	25770	380	2	25770	380	76

gem.= gemiddelde; s = standaardafwijking (n-1); RSD= relatieve standaardafwijking

Vervolg bijlage 4: Analyse referentiemonsters 1994

Referentie hout	gemeten waarde			RSD (%)	referentiewaarde			
	1	2	gem.		s	gem.	s	terugvinding (%)
Dennenaalden								
Al (aluminium)	360	340	350	10	3	545	30	64
As (arseen)	<5	<5	<5		-	0.21	0.2	
Cd (cadmium)	0.2	0.2	0.2	0	0	<0.5		
Co (cobalt)	<0.54	<0.5	<0.5		-	0.1		
Cr (chroom)	2.5	2	2.3	0.3	13	2.6	0.2	88
Cu (koper)	3	3	3	0	0	3	0.3	100
Fe (ijzer)	150	150	150	0	0	200	10	75
Hg (kwik)	0.3	0.2	0.3	0.1	33	0.15	0.05	200
Mn (mangaan)	600	600	600	0	0	675	15	89
Ni (nikkel)	1.5	1.5	1.5	0	0	3.5		
Pb (lood)	11	10	11	0.5	5	10.8	0.5	102

gem. = gemiddelde; s = standaardafwijking (n-1); RSD = relatieve standaardafwijking

Vervolg bijlage 4: Analyse referentiemonster "bodem" in kader van kwaliteitssysteem

Referentie bodem	theoretisch gehalte in mg/kg ds	aantal metingen	recovery (%)	standaardafwijking RSD (%)
As (arseen)	47.3	61	78	7
Cd (cadmium)	12.4	10	91	4
Cr (chrom)	62.0	9	92	2
Cu (koper)	589.7	11	96	5
Hg (kwik)	1.77	129	93	7
Ni (nikkel)	30.8	11	89	6
Pb (lood)	134.5	9	94	2
Zn (zink)	812.1	10	93	4

Bijlage 5: Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties

jaar 1995

	G.F.T.<3mm				G.F.T.3-8mm				G.F.T.8-20mm				G.F.T.>20mm				papier/karton	
	gem.	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD
Ag (zilver)	<1			<1			<1			<1			<1			<1		
Al (aluminium)	5226	383	7	7207	1363	19	2758	216	8	2091	1479	71	1781	61	3			
As (arsen)	<5			<5			<5			<5			<5			<5		
Be (beryllium)	0.9	0.1	16	1.4	0.09	6	0.5	0.11	21	0.3	0.24	87	<0.2					
Br (bromide)	<10			<10			8	13	173	19	4.58	24	<10					
Cd (cadmium)	0.7	0.07	10	0.6	0.03	4	0.7	0.02	2	0.2	0.20	87	<0.1					
Co (kobalt)	7	0.2	3	42	2.6	6	4.1	0.25	6	1.6	1.41	87	1.8	0.04	2			
Cr (chrom)	447	17	4	280	11	4	241	1.4	1	78	67	86	19	0.25	1			
Cu (koper)	284	33	12	109	36	33	247	64	26	30	27	88	39	0.14	0			
Fe (ijzer)	8564	167	2	9949	699	7	5488	656	12	3426	893	26	467	148	32			
Hg (kwik)	0.5	0.46	92	0.9	0.29	31	0.7	0.78	112	0.8	0.69	87	<0.1					
Mn (mangaan)	361	6	2	232	8.3	4	179	4	2	116	99	86	34	1.34	4			
Mo (molybdeen)	29	1.3	5	10	0.85	8	17	0.27	2	5	4.64	86	n.a.					
Ni (nikkel)	279	16	6	545	15	3	173	4	2	56	48	86	28	0.68	2			
Pb (lood)	221	39	18	110	14	13	89	8	9	42	37	87	10	1.67	7			
S (zwavel)	2511	124	5	3724	206	6	3106	220	7	2196	840	38	1345	63	5			
Sb (antimoon)	0.7	0.1	14	4	0.99	26	2.6	2.95	113	<0.5			<0.5					
Se (seleen)	<2			<2			<2			<2			<2					
Sn (tin)	8	1.4	17	6	1.1	19	9	2.25	25	4.3	5.26	122	<1					
Ti (titaan)	123	19	15	140	22	16	80	8.4	10	19	16.5	87	11	0.38	4			
V (vanadium)	17	2.2	14	38	2.9	8	11	2.5	23	3.9	3.42	87	<1					
Zn (zink)	574	25	4	270	13	5	340	10	3	133	115	86	83	4.3	5			

gem = gemiddelde concentratie; std = standaarddeviatie (n-1); RSD = relatieve standaarddeviatie

Vervolg bijlage 5: Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties
jaar 1995

	kunststof				glas				ferro				non-ferro				textiel	
	gem.	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD
Ag (zilver)	<1			<1			<1					<1			2	0.05	2	
Al (aluminium)	820	141	17	8069	1241	15	856	210	25	660315	202818	31	383	28	7			
As (arsen)	<5			21	18.7	87	30	10.56	35	0			0					
Be (beryllium)	<0.2			<0.2			50	1.07	2	3	0.79	26	<0.2					
Br (bromide)	1447	6	0	<10			<10						<10					
Cd (cadmium)	19	3.9	20	<0.1	0.30	87	<0.1						<0.1		1	0.06	8	
Co (kobalt)	9	2.06	22	9	0.43	5	50	1.9	4	8	5.89	71	4	0.2	4	0.2	5	
Cr (chrom)	46	1.4	3	229	8	4	232	41	18	297	326	110	280	13	5	13	5	
Cu (koper)	78	34.7	44	26	1.4	5	65	61.6	95	431	10.9	3	34	1.17	3	1.17	3	
Fe (ijzer)	663	42	6	812	4	0	979974	7841	1	6254	435	7	636	13	2	13	2	
Hg (kwik)	n.b.			<0.1			<0.1						<0.1		0	0	0	
Mn (mangaan)	15	2.3	16	116	3	2	1688	142	8	1760	113	6	17	1.24	8	1.24	8	
Mo (molybdeen)	3	0.11	4	1	0.32	48	9	4.60	54	2	1.11	70	0	0.10	-164	0.10	-164	
Ni (nikkel)	48	5.8	12	11	0.16	1	182	29	16	56	17	30	16	0.76	5	0.76	5	
Pb (lood)	n.b.			593	32	5	n.a.											
S (zwavel)	n.b.			1387	47	3	<30			378	167	44	3187	86	3	86	3	
Sb (antimoon)	119	31	26	6	5.39	97	<0.5			14	7.58	54	16	8.9	55	8.9	55	
Se (seleen)	<2			<2			<2			<2			1	1.79	173	1.79	173	
Sn (tin)	34	8.7	26	21	4.8	22	1781	265	15	67	34	51	6	0.76	13	0.76	13	
Ti (titaan)	4161	1201	29	232	1.8	1	1105	660	60	1904	310	16	12	2.74	22	2.74	22	
V (vanadium)	<1			<1			<1			36	8.3	23	<1					
Zn (zink)	312	50	16	140	11	8	20	1.37	7	854	263	31	264	23	9	23	9	

gem = gemiddelde concentratie; std = standaarddeviatie (n-1); RSD = relatieve standaarddeviatie

Vervolg bijlage 5: Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties
jaar 1995

	keramiek			tapijten/matten			leer/rubber			hout			brood		
	gem.	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD
Ag (zilver)	n.a.			10	1.54	16	2	3.50	173	n.a.			n.a.		
Al (aluminium)	56225	5400	10	901	75	8	1646	938	57	199	14	7	230	5	2
As (arseen)	<5			<5			<5			21	1.43	7	0		
Be (beryllium)	3	0.07	3	<0.2			<0.2			0			0		
Br (bromide)	<10			<10			566	38	7	0			6	10.97	173
Cd (cadmium)	1	0.99	70	9	1.29	15	18	9.02	50	1	0.11	17	0		
Co (kobalt)	39	0.77	2	4	0.18	5	4	1.38	38	3	0.13	4	0		
Cr (chroom)	64	10	16	67	6.34	9	1192	516	43	100	5.17	5	12	0.30	2
Cu (koper)	59	7.44	13	19	8.47	44	46	22	47	46	3.73	8	9	0.44	5
Fe (ijzer)	11498	322	3	1596	111	7	620	341	55	585	144	25	246	30	12
Hg (kwik)	<0.1			n.b.			n.b.			0	0	0	0		
Mn (mangaan)	490	9	2	58	4.85	8	28	6.26	22	86	3.02	3	20	0.91	4
Mo (molybdeen)	1	1.01	112	3	0.52	19	2	0.72	43	0	0.10	20	1	0.10	9
Ni (nikkel)	26	6.06	23	52	4.19	8	11	5.20	47	36	2.02	6	7	0.74	11
Pb (lood)	1356	30	2	n.b.			n.b.			123	15	12	0		
S (zwavel)	10407	298	3	n.b.			n.b.			910	39	4	1860	37	2
Sb (antimoon)	<0.5			7	0.09	1	13	5.15	39	1	0.10	10	0		
Se (seleen)	<2			<2			<2			3	1.05	34	0		
Sn (tin)	27	3.56	13	2	1.79	87	7	3.96	60	1	0.85	87	22	0.53	2
Ti (titaan)	2030	321	16	1141	61	5	1919	711	37	12	2.57	22	45	11.2	25
V (vanadium)	42	1.92	5	5	0.58	11	4	0.42	10	<1			<1		
Zn (zink)	482	20	4	1763	54	3	3301	480	15	153	25	17	56	30.5	54

gem = gemiddelde concentratie; std = standaarddeviatie (n-1); RSD = relatieve standaarddeviatie

Vervolg bijlage 5: Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties
jaar 1994

	G.F.T.<3mm			G.F.T.3-8mm			G.F.T.8-20mm			G.F.T.>20mm incl. brood			papier/karton		
	gem.	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD
Ag (zilver)	n.a.			n.a.			n.a.			1.2	0.29	25	<1		
Al (aluminium)	18666.7	577.35	3	28333.3	577.35	2	9666.7	288.68	3	1433.3	57.74	4	1266.7	57.74	5
As (arsen)	<5			<5			<5			<5			<5		
Be (beryllium)	1	0	0	2	0	0	<0.2			0.4	0.06	16	<0.2		
Br (bromide)	<25			<25			<25			<25			<25		
Cd (cadmium)	<0.1			<0.1			<0.1			0.5	0	0	<0.1		
Co (kobalt)	1.2	1.15	99	3.5	0.5	14	<0.5			1.5	0	0	<0.5		
Cr (chromium)	270	10	4	176.7	11.55	7	363.3	30.55	8	68.3	7.64	11	14	1	7
Cu (koper)	63.3	10.41	16	65	5	8	546.7	568.01	104	100	27.84	28	41.7	2.08	5
Fe (ijzer)	9833.3	288.68	3	16333.3	2309.4	14	6166.7	288.68	5	4233.3	321.46	8	480	62.45	13
Hg (kwik)	0.2	0.06	25	0.2	0.06	35	0.3	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0
Mn (mangaan)	323.3	11.55	4	270	10	4	153.3	5.77	4	136.7	5.77	4	31	1	3
Mo (molybdeen)	20	1	5	11.3	0.58	5	23.3	1.15	5	4.3	0.29	7	1.5	0	0
Ni (nikkel)	126.7	5.77	5	70	5	7	163.3	11.55	7	58.3	7.64	13	6.3	0.58	9
Pb (lood)	583.3	28.87	5	543.3	92.92	17	396.7	30.55	8	160	17.32	11	14.3	0.58	4
S (zwavel)	2433			2667			2767			2533			917		
Sb (antimoon)	<0.5			<0.5			<0.5			<0.5			<0.5		
Sn (tin)	8	1	13	6	0	0	8.3	0.58	7	14.7	7.37	50	1.3	0.29	22
Ti (titaan)	1366.7	57.74	4	2200	0	0	983.3	28.87	3	48.7	0.58	1	10.3	0.58	6
V (vanadium)	26.7	1.53	6	70	0	0	16.3	0.58	4	4.3	0.29	7	<1		
Zn (zink)	546.7	55.08	10	350	17.32	5	320	20	6	266.7	37.86	14	78.3	2.89	4

gem = gemiddelde concentratie; std = standaarddeviatie (n-1); RSD = relatieve standaarddeviatie

Vervolg bijlage 5: Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties
jaar 1994

	kunststof				glas				ferro				non-ferro				textiel			
	gem.	std	RSD		gem	std	RSD		gem	std	RSD		gem	std	RSD		gem	std	RSD	
Ag (zilver)	<1				<1				<26				<9.7				<1			
Al (aluminium)	800	0	0	7500	0	0	8900						718000				253.3	32.15	13	
As (arsen)	<5			49.3	1.15	2	31.6						138				<5			
Be (beryllium)	<0.2			<0.2			n.b.						n.b.				<0.2			
Br (bromide)	<25			n.b.			n.b.						n.b.				<25			
Cd (cadmium)	46	1	2	<0.1			<5.2						<39				2	0	0	0
Co (kobalt)	8	0	0	2.3	0.29	12	37						28.9				2	0	0	0
Cr (chrom)	55	0	0	833.3	28.87	4	266						2340				73.3	2.89	4	4
Cu (koper)	393.3	482.11	123	25.7	2.08	8	<60						45100				40	1.73	4	4
Fe (ijzer)	600	50	8	3566.7	115.47	3	790000						44400				393.3	135.77	35	35
Hg (kwik)	n.b.			0.1	0.06	43	<3						<8.5				0.1	0	0	0
Mn (mangaan)	12.3	0.58	5	150	10	7	240						1750				13.3	4.93	37	37
Mo (molybdeen)	2.8	0.29	10	45	0	0	<7.4						<27				<1			
Ni (nikkel)	12.3	4.04	33	313.3	5.77	2	<10000						<15000				5.2	1.61	31	31
Pb (lood)	210	147.99	71	153.3	5.77	4	n.b.						n.b.				43.7	10.02	23	23
S (zwavel)	420			n.b.			n.b.						n.b.				2000			
Sb (antimoon)	110	0	0	14	0	0	8						2000				12.7	6.66	53	53
Sn (tin)	<5			8.7	0.58	7	1620						<930				2.5	0	0	0
Ti (titaan)	4433.3	57.74	1	250	0	0	1090						2150				8	1	13	13
V (vanadium)	<1			2	1.73	87	5.2						34.9				<1			
Zn (zink)	393.3	20.82	5	283.3	5.77	2	1110						51200				166.7	25.17	15	15

gem = gemiddelde concentratie; std = standaarddeviatie (n-1); RSD = relatieve standaarddeviatie; n.b. = niet bepaald

Vervolg bijlage 5: Overzicht gemiddelden (mg/kg ds) en standaarddeviaties
jaar 1994

	keramiek			tapijten/matten			leer/rubber			hout			brood, zie GFT		
	gem.	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD	gem	std	RSD
Ag (zilver)	<1			<1			<1								
Al (aluminium)	49333.3	577.35	1	1500	0	0	1700	360.56	21	246.7	5.77	2			
As (arseen)	<5			<5			<5								
Be (beryllium)	2	0	0	<0.2			<0.2								
Br (bromide)	n.b.			<25			<25								
Cd (cadmium)	2.5	2.18	87	2.3	0.29	12	38.7	3.21	8	0.8	0.29	35			
Co (kobalt)	9.3	0.58	6	2.5	0	0	3.7	1.15	32	1.5	0	0			
Cr (chroom)	51.7	2.89	6	17.3	7.09	41	833.3	251.66	30	58.3	2.89	5			
Cu (koper)	22	0	0	13.3	4.16	31	41.0	7.94	19	42.7	6.66	16			
Fe (ijzer)	11000	0	0	493	11.55	2	666.7	152.75	23	733.3	76.38	10			
Hg (kwik)	0.1	0.06	43	n.b.			n.b.			0.9	0.06	7			
Mn (mangaan)	410	10	2	35.7	0.58	2	20.3	2.52	12	86.7	2.89	3			
Mo (molybdeen)	3.7	0.29	8	n.a.			1.5	0	0	<1					
Ni (nikkel)	8.3	0.58	7	5.8	3.62	62	2.8	0.29	10	3.5	3.04	87			
Pb (lood)	916.7	57.74	6	n.a.0			65.0	47.7	73	103.3	5.77	6			
S (zwavel)	n.b.			2600			4567								
Sb (antimoon)	2.7	3.75	141	6.2	1.76	29	26.3	0.58	2	1.5	0	0			
Sn (tin)	23.3	1.53	7	<15			<10			1.2	0.29	25			
Ti (titaan)	1533.3	57.74	4	1300	100	8	2066.7	461.88	22	14.3	0.58	4			
V (vanadium)	42.7	0.58	1	4.3	0.29	7	2.5	0	0	<1					
Zn (zink)	633.3	57.74	9	933.3	28.87	3	3133.3	321.46	10	290	0	0			

gem = gemiddelde concentratie; std = standaarddeviatie (n-1); RSD = relatieve standaarddeviatie; n.b. = niet bepaald

Bijlage 6: Fysische samenstelling en betrouwbaarheidsinterval*(zie voor een toelichting van de berekening van het betrouwbaarheidsinterval volgend blad)*

Component	Samenstelling huishoudelijk afval op basis van nat gewicht					
	1995			1994		
	Gemiddeld (%)	Betrouwbaarheidsinterval Minimum (%)) Maximum(%)	Gemiddeld (%)	Betrouwbaarheidsinterval Minimum (%)) Maximum(%)	Betrouwbaarheidsinterval Minimum (%)) Maximum(%)	
Zeeffractie <3 mm	4.2	3.9 4.5	4.6	3.9	5.3	
Zeeffractie 3-8 mm	6.4	5.7 7.0	5.9	4.9	6.9	
Zeeffractie 8-20 mm	4.0	3.8 4.3	4.2	3.5	4.9	
GFT > 20 mm	20.2	18.6 21.9	20.1	17.0	23.3	
Papier/karton	33.6	32.1 35.2	29.4	25.0	33.8	
Kunststof	10.8	10.1 11.4	10.4	8.9	11.9	
Glas	3.5	3.2 3.7	4.0	3.4	4.7	
Ferro	3.8	3.6 3.9	4.1	3.4	4.7	
Non-ferro	0.5	0.5 0.5	0.6	0.5	0.7	
Textiel	2.6	2.5 2.8	3.0	2.6	3.5	
Keramiek	2.7	2.2 3.1	4.3	3.7	4.8	
Tapijten/matten	0.6	0.4 0.8	1.4	1.2	1.7	
Leer/rubber	1.5	1.3 1.7	1.0	0.8	1.1	
Hout	1.6	1.3 1.9	2.7	2.3	3.2	
Brood	2.0	1.8 2.2	1.9	1.6	2.2	
Bijzonder afval	0.4	0.4 0.5	0.3	0.2	0.3	
Dierlijk afval	1.5	1.4 0.4	1.7	1.5	2.0	
KCA	0.2	0.2 0.2	0.5	0.4	0.5	
Huishoudelijk afval	100.1		100.1			

Vervolg bijlage 6. Toelichting berekening betrouwbaarheidsinterval

Om de betrouwbaarheidsintervallen van de concentraties aan elementen/verbindingen in huishoudelijk restafval te berekenen wordt de volgende aanpak gehanteerd:

1. Bij de gemiddelde concentratie van elk gemeten element wordt de gerealiseerde standaarddeviatie opgeteld en afgetrokken:

$$\begin{aligned} C_{\text{maximaal}} &= C_{\text{gemiddeld}} + \text{Std} \\ C_{\text{minimaal}} &= C_{\text{gemiddeld}} - \text{Std} \end{aligned}$$

2. Bij het gemiddelde gemeten vochtgehalte van elke component wordt 2,5% opgeteld en afgetrokken:

$$\begin{aligned} \text{Vocht}_{\text{maximaal}} &= \text{Vocht}_{\text{gemiddeld}} + 2,5\% & \text{Droogrest}_{\text{minimaal}} &= 100 - \text{Vocht}_{\text{maximaal}} \\ \text{Vocht}_{\text{minimaal}} &= \text{Vocht}_{\text{gemiddeld}} - 2,5\% & \text{Droogrest}_{\text{maximaal}} &= 100 - \text{Vocht}_{\text{minimaal}} \end{aligned}$$

3. Uit de tabel van bijlage 5 wordt de minimale en maximale verdeling van de componenten in het huishoudelijk afval bepaald.

De berekeningen van de concentraties van elementen/verbindingen in huishoudelijk restafval worden nu herhaald, waarbij bovenstaande minimale en maximale waarden gebruikt worden. Hieruit wordt vervolgens het betrouwbaarheidsinterval voor de totaalconcentraties van afgeleid.