

## VERBRANDINGSWAARDE VAN HUISVUIL

### 1 DOEL EN TOEPASSINGSGEBIED

Huisvuil is een zeer heterogeen materiaal dat in feite is samengesteld uit een groot aantal fracties met zeer verschillende eigenschappen. Aangezien de bepaling van de verbrandingswaarde wordt uitgevoerd op een zeer beperkte monsterhoeveelheid, is de moeilijkheid om te komen tot een representatieve monstername. Diverse technieken van vierendelen, malen, homogeniseren, en andere blijken niet tot betrouwbare resultaten te leiden.

Om die reden werd een methode van "gelede monstername" op punt gesteld en statistisch gevalideerd voor de bepaling van de verbrandingswaarde van huisvuil. In principe is de methode van gelede monstername ook toepasselijk voor de bepaling van andere karakteristieken van huisvuil of een andere afvalstof welke uit duidelijk herkenbare deelfracties is samengesteld.

### 2 PRINCIPE

#### 2.1 Bemonstering

De methode welke wordt beschreven is de methode van de "gelede steekproef".

Voor een populatie welke uit goed geïdentificeerde delen (of fracties) is samengesteld, biedt de gelede steekproef heel wat voordelen in vergelijking met een a-selecte steekproef. Voor de steekproef moet uiteraard wel bekend zijn tot welke fractie een element behoort. Uit elk stratum wordt dan een afzonderlijke steekproef getrokken, en de schattingen uit de verschillende fracties worden tot schattingen over de gehele populatie gecombineerd.

De voordelen van een dergelijke benadering zijn de volgende :

- de methode van schatten kan voor de verschillende deelpopulaties verschillend zijn,
- omdat voor elke fractie afzonderlijke schattingen kunnen worden gemaakt, ontstaat een meer gedifferentieerd beeld van de eigenschappen van de populatie, dan wanneer uit de totale populatie één enkelvoudige steekproef wordt genomen,
- de variantie in de populatie kan zo groot zijn dat een enkelvoudige steekproef ofwel heel groot moet zijn, ofwel onnauwkeurige uitkomsten zal opleveren. Wanneer de stratificatie zo wordt opgezet dat de variantie binnen de groepen klein is, dan leidt de stratificatie tot een sterk verhoogde nauwkeurigheid bij eenzelfde aantal trekkingen.

#### 2.2 Bepaling van de calorische waarde

De calorische waarde wordt op de deelfracties bepaald m.b.v. de adiabatische bomcalorimeter volgens methode DIN 51900.

### 3 BELANGRIJKE OPMERKINGEN

Bij het manuele uitsorteren van huisvuil dienen een aantal beschermende maatregelen te worden genomen om het personeel te beschermen tegen infecties.

Minimale voorzorgsmaatregelen zijn :

- goede ventilatie
- wegwerp overalls
- handschoenen
- stofmaskers.

### 4 MONSTERBEHANDELING

#### 4.1 Bepaling van de deelfracties ( $f_i$ )

Vooreerst dienen de deelfracties te worden bepaald op de totale populatie huisvuil.

Met een populatie huisvuil wordt o.m. bedoeld :

- de gemiddelde huisvuilproduktie van een stad of wijk op een bepaald ogenblik of over een bepaalde periode
- de aanvoer van een verwerkingsinstallatie voor huisvuil (verbrandingsoven, stortplaats, composteringsinstallatie).

Uit de totale populatie worden daarvoor een aantal steekmonsters (vb : huisvuilzakken) genomen welke worden gesorteerd. Het is de bedoeling om de oorspronkelijke afvalstof in te delen in verschillende fracties welke calorisch min of meer homogeen zijn.

Het uitsorteren gebeurt bij voorkeur op een vlakke en gladde vloer waarop het huisvuil kan worden uitgespreid.

Volgende fracties worden zo goed mogelijk uitgesorteerd :

- glas
- blik
- plastic verpakking
- karton verpakking
- ferro + non ferro
- kranten
- folie + huisvuilzakken
- papier
- textiel.

De restfractie wordt achtereenvolgens gezeefd op twee zeven van respectievelijk 8 en 40 mm. Dit levert drie zeeffracties op die ook worden verzameld.

Alle fracties worden gewogen.

Het resultaat van iedere fractie wordt aangeduid als  $f_i$  (m %).

Op basis van een volledige statistische analyse van huisvuil werden de steekproefgrootte voor de bepaling van de fracties en de steekproefgrootte voor de bepaling van de verbrandingswarmte van de verschillende fracties berekend.

Om een volledige populatie huisvuil met een voldoende betrouwbaarheid te karakteriseren is een steekproefgrootte voor de bepaling van de deelfracties van 90, "at random" gekozen huisvuilzakken noodzakelijk. De steekproefgrootte garandeert een 90 % betrouwbaarheid op het gemiddelde  $f_i$  van iedere fractie.

## 4.2 Bepaling van de verbrandingswaarde van de deelfracties ( $x_i$ )

De uitgesorteerde en verzamelde fracties worden bemonsterd voor de analyse van de calorische waarde. Ieder monster bedraagt ongeveer 200 g. Dit monster wordt gehomogeniseerd door malen. Daaruit wordt een submonster geprepareerd voor analyse in de bomcalorimeter.

De steekproefgrootte van de verschillende deelfracties is afhankelijk van hun bijdrage tot het eindresultaat. De bijdrage van een bepaalde fractie aan de totale calorische waarde van het huisvuil is op zijn beurt functie van het relatieve belang van de betreffende fractie in het huisvuil en van de gemiddelde calorische waarde van die fractie.

Op basis van een statistische analyse van huisvuil wordt voor de verschillende deelfracties volgende optimale steekproefgrootte voorgesteld :

<u>Deelfractie</u>	<u>Aantal steekproeven</u>
glas	0
blik	0
plastiek verpakking	5
karton verpakking	2
ferro + non ferro	0
kranten	3
folie + huisvuilzakken	7
papier	5
textiel	1
zeeffractie < 8 mm	1
zeeffractie 8 - 40 mm	11
zeeffractie > 40 mm	3

Bepaalde fracties, zoals glas, blik, of ferro + non ferro, worden helemaal niet bemonsterd of geanalyseerd omdat de calorische waarde van deze fracties redelijkerwijze als verwaarloosbaar kan worden beschouwd.

De steekproefgrootte van de deelfracties garandeert een 90 % betrouwbaarheid op de gemiddelde verbrandingswaarde  $x_i$  van iedere fractie.

## 5 APPARATUUR

### 5.1 Monsterbehandeling

- weegschaal met meetbereik tot 150 - 200 kg
- plastic of metalen vaten van minimaal 100 liter voor opslag deelfracties
- zeven met maaswijdte 8 en 40 mm.

### 5.2 Bepaling verbrandingswaarde deelfracties

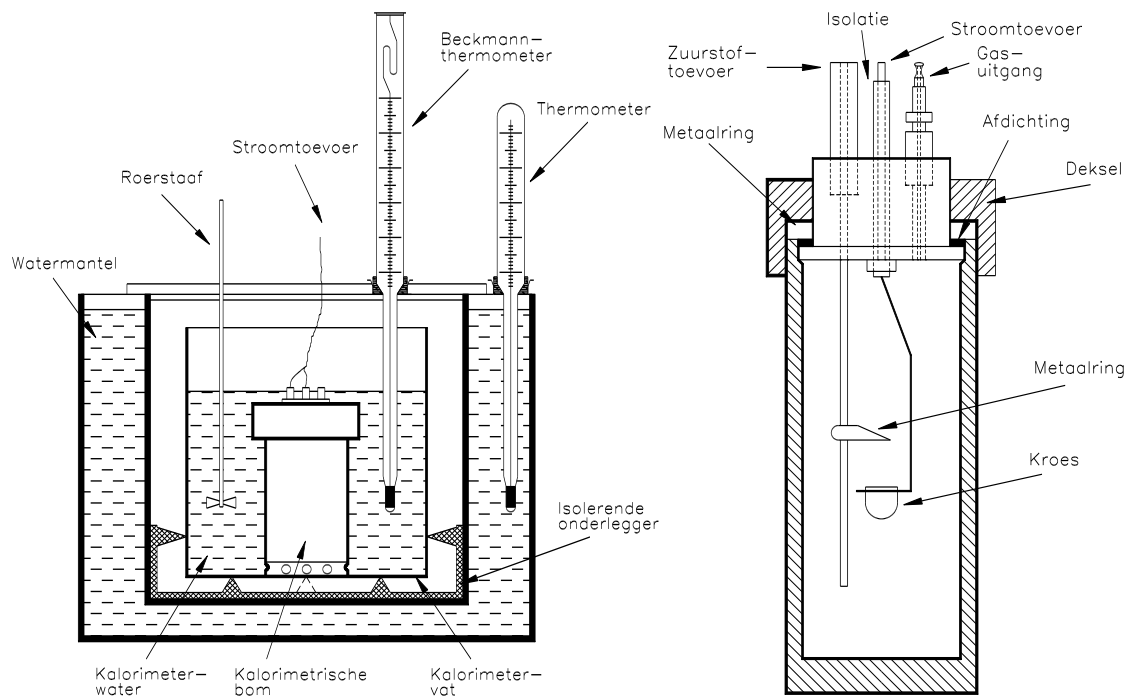
- droogstoof instelbaar op  $105 \pm 2^\circ\text{C}$
- adiabatische bomcalorimeter.

## 6 ANALYSEPROCEDURE

Op de submonsters van de verschillende deelfracties wordt het gehalte droge stof bepaald volgens methode 2\I\A.3 van dit compendium.

Voor de bepaling van de verbrandingswaarde op de deelfracties wordt de methode DIN 51900 gevolgd.

Er wordt 0.2 tot 1.5 g gedroogd monster afgewogen, geperst en daarna in de calorische bom gebracht en verbonden aan een weerstandsdraad. Met zuivere zuurstof wordt 30 kg/cm<sup>2</sup> druk in de bom gebracht. De constant blijvende temperatuur wordt genoteerd en er wordt daarna een elektrische stroom doorheen de weerstandsdraad gestuurd. Het staal ontbrandt en na 10 à 15 minuten bereikt de temperatuur haar hoogste waarde en blijft constant. Deze temperatuur wordt geregistreerd.



## 7 BEREKENINGEN

De verbrandingswaarde  $x_i$  kan onder verschillende vormen worden weergegeven.

De bovenste verbrandingswaarde (BVWd) is de warmte die vrijkomt bij volledige verbranding met zuurstof bij constant volume waarbij het water na afloop wordt gecondenseerd.

$$BVWd = \frac{C \cdot t(Q_n + Q_s + Q_z)}{m} \quad (\text{kJ/kg})$$

C = warmtecapaciteit van de calorimeter (J/°C)

t = temperatuurverhoging van de calorimeter (°C)

Q<sub>s</sub> = warmte ontstaan door vorming van zwavelzuur uit zwaveldioxide (J)

Q<sub>n</sub> = warmte ontstaan door vorming van salpeterzuur uit stikstof (J)

Q<sub>z</sub> = som van alle vreemde warmte, o.m. weerstandsdraad, capsule, enz. (J)

m = massa van het monster (g)

De latente verdampingswaarde van water is 2424 kJ/kg.

Omrekening naar de onderste verbrandingswaarde op natte stof of de stookwaarde geschiedt als volgt.

$$OVW_n = \frac{BVWd \cdot (100 - a) - 2424 \cdot a}{100}$$

$$S = OVW_n - \frac{2424 \cdot (100 - a) \cdot H \cdot 0,09}{100}$$

waarbij :

BVWd = bovenste verbrandingswaarde op droge stof (KJ/kg)

OVW<sub>n</sub> = onderste verbrandingswaarde op natte stof (kJ/kg)

S = stookwaarde (kJ/kg)

a = percentage water (m %)

H = percentage waterstof (te bepalen d.m.v. elementair analyse) (m %)

De omrekening van de gemiddelde verbrandingswaarde  $x_i$  van de deelfracties naar de verbrandingswaarde van de volledige partij huisvuil (x) gaat als volgt :

$$x = \varepsilon (f_i \cdot x_i) / 100$$

## 8 REFERENTIES

- H. Elslander, P. Geuzens en J. Patyn, Bepaling van de verbrandingswaarde van heterogene afvalstoffen - Intern VITO verslag, 1991.
- Bestimmung des Brennwertes und des Heizwertes, DIN 51900, 1966.