

**BIOMASSA IN FRACTIES
HUISHOUDELIJK RESTAFVAL**

Uitvoering Afvalbeheer

Biomassa in fracties huishoudelijk restafval / Uitvoering Afvalbeheer. – Utrecht: SenterNovem, 2008.
(SenterNovem : 3UA0820). - ISBN: 978-90-5748-070-6

Resultaten van onderzoek naar kentallen voor biomassa in sorteerfracties van Nederlands huishoudelijk restafval. Het gaat hierbij om kentallen voor gewichtspercentages van biomassa, niet-biomassa en inert, biogeen koolstof en NCV-biomassa.

Deze publicatie is te bestellen bij SenterNovem, onder vermelding van het publicatienummer, uw naam en adres. De publicatie is ook te downloaden van internet via www.uitvoeringafvalbeheer.nl. Voor bestellingen en een recent overzicht van de SenterNovem-publicaties kunt u contact opnemen met Uitvoering Afvalbeheer, telefoonnummer 030-2147900 of via e-mail: secretariaat.afvalbeheer@senternovem.nl.

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	5
2 Werkwijze	7
2.1 Koolstof	7
2.2 Verbrandingswaarde	8
3 Resultaat	13
3.1 Gewicht.....	13
3.2 koolstof.....	14
3.3 Verbrandingswaarde	15
4 Gebruik.....	17
4.1 koolstof.....	17
4.2 Verbrandingswaarde	19
bijlage 1: Definities	25
bijlage 2: Resultaat massa	29
bijlage 3: Resultaat koolstof	33
bijlage 4: Resultaat onderzoek verbrandingswaarde	35
bijlage 5: Bronnen Koolstof	39
bijlage 6: Bronnen Verbrandingswaarde	43
bijlage 7: Referenties.....	53

1 Inleiding

Vanuit SenterNovem Uitvoering Afvalbeheer worden allerlei ontwikkelingen rond afvalverwerking in Nederland gevolgd, en over deze ontwikkelingen gerapporteerd. Bij een aantal is het van belang goed inzicht te hebben in de samenstelling van het afval. Hierbij valt te denken aan de afbreekbaarheid van koolstof in afval in verband met het ontstaan van methaanemissies in stortplaatsen en de bepaling van het percentage duurzame energie van afval dat wordt verbrand in afvalverbrandingsinstallaties (AVI) voor de duurzame energiestatistieken

In opdracht van SenterNovem Uitvoering Afvalbeheer is voor een aantal fracties van huishoudelijk restafval een aantal kentallen bepaald. Dit zijn fracties van huishoudelijk restafval zoals ze ook in de landelijke sorteeranalyses¹ van SenterNovem Uitvoering Afvalbeheer worden gesorteerd.

Er zijn twee verschillende onderzoeken uitgevoerd. In het eerste onderzoek lag de nadruk op het biogeen koolstofgehalte van enkele fracties van het huishoudelijk restafval. Deze informatie wordt gebruikt bij het bepalen van de productie van methaangas uit stortplaatsen.

In het tweede onderzoek lag de nadruk op de verbrandingswaarde van een aantal fracties uit huishoudelijk restafval, en het biomassa aandeel van de verbrandingswaarde. Op basis hiervan is voor Duurzame Energie te bepalen welk deel van het verbrand huishoudelijk restafval duurzaam is.

In het kader van beide onderzoeken is tevens onderzoek gedaan naar de gewichtsaandelen biomassa, niet-biomassa en inert voor de onderzochte fracties.

In hoofdstuk 2 wordt in het kort aangegeven wat in beide onderzoeken gedaan is. Daarna staan in hoofdstuk 3 de resultaten. Deze resultaten worden in hoofdstuk 4 met eerder gepubliceerde waarden vergeleken. De gebruikte definities en afkortingen zijn in bijlage 1 toegelicht.

¹ Resultaten en definities van sorteerfracties staan in de jaarlijkse rapportages van SenterNovem, de laatste is SenterNovem 2008

2 Werkwijze

Met de twee onderzoeken zijn voor fracties van huishoudelijk restafval waarden bepaald voor de aandelen biomassa, niet-biomassa en inert voor gewicht, en het aandeel biodegradeerbaar koolstof en het biomassa aandeel van de verbrandingswaarde. Het eerste onderzoek betrof met name koolstof in de fracties (zie paragraaf 2.1) en het tweede onderzoek de verbrandingswaarde (zie paragraaf 2.2). Beide onderzoeken zijn uitgevoerd door TAUW (in de periode 2004-2006).

2.1 Koolstof

Bij het onderzoek naar koolstof zijn vier fracties van huishoudelijk restafval, te weten gft-afval, papier, hout en kunststof² onderzocht. Tevens zijn apart RDF en ONF onderzocht. De monsternamen van de vier fracties van het huishoudelijk afval zijn uitgevoerd door Eureco, het bedrijf dat ook de landelijke sorteeranalisen huishoudelijk restafval uitvoert voor SenterNovem Uitvoering afvalbeheer. De monsters zijn op dezelfde wijze uitgesorteerd als bij de landelijke sorteeranalisen. In totaal zijn vijf partijen beschikbaar gesteld met elk een andere herkomst (gemeente). Voor ONF en RDF zijn elk twee monsters beschikbaar gesteld van verschillende locaties.

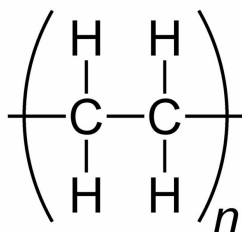
Het onderzoek richtte zich op het bepalen van het totaal organisch koolstof (in elk van de fracties) en het aandeel biodegradeerbaarheid daarin. Hiervoor zijn twee analysemethoden toegepast:

- * De eerste analysemethode bepaalde het totaal organisch koolstofgehalte, Total Organic Carbon (TOC). Een overzicht hoe de verschillende termen bij koolstof zich met elkaar verhouden en de bijbehorende definities staat in bijlage 1. TOC wordt bepaald door vooraf alle carbonaten te verwijderen. Hiervoor wordt het monster behandeld met zoutzuur, om vervolgens de hoeveelheid koolstofdioxide te meten na verhitting. De basis voor deze methode is NEN-EN 13137; 2001. Met dit onderzoek is tevens het totaal koolstof, Total Carbon (TC), bepaald. Zie voor deze waarden bijlage 3.
- * De tweede analyse methode is een oplosproef (volgens NTA8204; 2003) waarbij het totale aandeel biomassa van vaste secundaire brandstoffen bepaald kan worden. Tevens is met deze methode de gewichtsaandelen inert en niet-biomassa in de fracties bepaald.

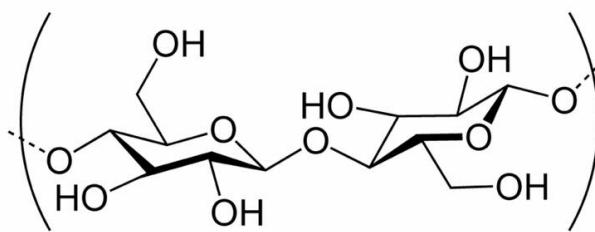
Met de bepaalde gegevens (TOC) kan nog niet direct bepaald worden hoeveel stortgas ontstaat uit de onderzochte fracties. Daarvoor is inzicht nodig in het degradeerbaar organisch koolstof (DOC). DOC is een deel van TOC. DOC is de koolstof van het biogeen deel. Zo draagt puur kunststof wel bij aan TOC, maar niet aan DOC. Veelal zal koolstof gebonden zijn in moleculen opgebouwd uit lange koolstofketens, polymeren. De chemische opbouw van de ketens is verschillend voor biogeen en niet-biogeen. Dit betekent dat de aandelen van koolstof in een molecule voor biogeen en niet-biogeen niet gelijk zijn. Aan een biogeen polymeer zijn in het algemeen meer zwaardere atomen gebonden dan aan een niet-biogeen polymeer. Zie ter illustratie de figuren 2.1 (voor niet-biogeen) en 2.2 (voor biogeen).

² De fractie gft-afval is samengesteld uit de sorteerfracties gft-afval en ondefinieerbare rest. De fractie papier is samengesteld uit de sorteerfracties papier algemeen en drankenkartons.

**Figuur 2.1 Polyethyleen
(niet-biogeen molecuul)**



**Figuur 2.2 Cellulose
(biogeen molecuul)**



Dit leidt er toe dat uit de waarden voor TOC, biomassa en niet-biomassa zoals die zijn bepaald via de analysemethoden (in gewicht/gewicht) niet direct de hoeveelheid DOC en fossiel binnen TOC kunnen worden afgeleid. Er moet gecorrigeerd worden voor de verschillende aandelen koolstof in de fracties biogeen en niet-biogeen. Op basis van de TOC, de gewichtsaandelen van biomassa en niet-biomassa en de aandelen koolstof in biomassa en niet-biomassa kan DOC berekend worden.

In Fellner 2007 is de chemische samenstelling gegeven voor biogeen en niet-biogeen. In biogeen zit 46,8% koolstof op gewichtsbasis en in fossiel zit 76,9% koolstof op gewichtsbasis. In dit rapport is er vanuit gegaan dat deze gewichtsverhouding een representatief beeld geeft van de aandelen koolstof in biogeen en niet-biogeen. Het totale gewicht van koolstof van biogeen en van niet-biogeen samen moet gelijk zijn aan de gemeten TOC. Als dit niet het geval is moet hiervoor gecorrigeerd worden. Als correctiefactor is uitgegaan van de verhouding in aandelen biogeen en niet-biogeen waarbij rekening is gehouden met de koolstofwaarden van Fellner. In bijlage 2 is een en ander verder uitgewerkt voor een fractie.

2.2 Verbrandingswaarde

Het onderzoek naar de verbrandingswaarde had tot doel de aandelen biomassa in de fracties huishoudelijk restafval te bepalen en van deze fracties na te gaan wat Net Calorific Value (NCV) is en het biomassadeel van de NCV van elk van de fracties. Tot aan dit onderzoek werd er vanuit gegaan dat kunststoffen 100% fossiel waren en gft-afval en papier 100% biomassa. Het eerste onderzoek liet echter zien dat alle fracties een aanzienlijk aandeel vervuiling in zich hadden, waardoor bijvoorbeeld een deel van de kunststoffractie toch afbreekbaar bleek te zijn. Daarom is in het tweede onderzoek voor alle fracties een opsplitsing gemaakt naar biomassa en fossiel op zowel gewicht als energie (NCV).

Monstername

Voor het tweede onderzoek is uitgegaan van 22 afvalmonsters. Deze afvalmonsters zijn verspreid over 2005 en verspreid over Nederland getrokken en conform de landelijke sorteeranlyses van SenterNovem Uitvoering Afvalbeheer door Eureco uitgesorteerd. Zie hiervoor ook SenterNovem 2008. Van 11 afvalmonsters zijn vijf fracties gesorteerd, te weten: hout, kunststof, gft-afval, ondefinieerbare rest en papier en karton. Op basis van deze afvalmonsters zijn de waarden bepaald voor de NCV en de gewichtsaandelen van biomassa, niet-biomassa en inert voor de vijf sorteerfracties. Bij de overige 11 afvalmonsters zijn alleen de kunststoffracties gesorteerd en verder onderzocht. Deze extra analyses zijn uitgevoerd ter onderbouwing van de gevonden waarden voor gewichtsperscentage biomassa in kunststof (zoals bepaald in het eerste onderzoek).

Bepaling biomassa, niet-biomassa en inert

Met de oplosproef zijn de gewichtsaandelen biomassa, niet-biomassa en inert bepaald. Deze proef is beschreven in NTA 8204:2003. De bepaling berust op het verschil in oplosbaarheid tussen biomassa en niet-biomassa.

Wijze van bepalen NCV

Voor de juiste vaststelling van de biomassa deel van NCV van een sorteerfractie is de aanwezigheid van verontreinigingen van belang.

De NCV van een fractie wordt bepaald op basis van de Gross Calorific Value (GCV) van een fractie. De GCV is de energie die vrijkomt bij het verbranden van het monster. De GCV is bepaald met de Bomcalorimeter, zie voor de omschrijving WijdevenSutmuller & Partners1996. De NCV is de bruikbare warmte die vrijkomt bij verbranding van het afval zoals het aangeleverd wordt, hierbij wordt rekening gehouden met het aanwezige vocht. De NCV is berekend met de formule hiervoor uit WijdevenSutmuller & Partners1996 en zoals die hieronder staat.

$$NCV_a = (GCV_a - 206 * H_a) * (1 - w_a) - (23 * w_a) * (1 - i_a)$$

$NCV_{,a}$: de waarde voor de NCV voor fractie a (kJ/kg)

$GCV_{,a}$: de waarde voor GCV voor fractie a (kJ/kg)

H_a : waterstofgehalte van fractie a (gewicht%)

w_a : vochtgehalte fractie a (gewicht%)

i_a : asgehalte fractie a (gewicht%)

Bij huishoudelijk restafval is er onderscheid tussen *fracties* en *materialen*. De fracties in dit onderzoek komen overeen met de fracties zoals die worden bepaald in de sorteeranalyses. Dit is bewust gedaan omdat de waarden die in dit onderzoek zijn gevonden gebruikt worden voor het bepalen van het duurzame deel van de NCV voor huishoudelijk restafval aan de hand van deze fracties. De fracties zijn vervuild. Deze vervuilingen zijn resten van materialen die bij het sorteren in de fractie blijven. Het is niet mogelijk om de fracties zo goed te scheiden dat er fracties ontstaan die geen vervuiling in zich hebben. Zo bestaat de fractie kunststof bijvoorbeeld uit het materiaal kunststof, maar ook uit de materialen papier en ondefinieerbare rest, stickers en broodkruimels (in boterhamzakjes).

De verschillende fracties van huishoudelijk restafval zijn samengesteld uit verschillende materialen. Als een fractie zuiver is zijn de eigenschappen gelijk aan de eigenschappen van een materiaal. Een bepaalde fractie, bijvoorbeeld hout, is samengesteld uit voornamelijk hout en nog andere materialen zoals kunststof, gft, papier, or en inert. Door de oplosproef (NTA 8204:2003), worden de aandelen biomassa, niet-biomassa en inert vastgesteld. De verdere samenstelling op gewichtsbasis wordt vervolgens vastgesteld aan de hand van enkele aannames. Deze aannames zijn onder andere gebaseerd op de wijze van sorteren bij de sorteeranalyses. De aannames staan in tabel 2.1

Tabel 2.1: -Verdeling van de materialen over de onderzochte fracties

Sorteerfractie	Aandeel van materiaal in sorteerfractie (gewicht%)					
	Kunststof	Gft-afval	Papier	Hout	Or	Inert
Kunststof	Aandeel niet-biomassa	0	1/3 van aandeel biomassa	0	2/3 van aandeel biomassa	Aandeel inert
Gft-afval	Aandeel niet-biomassa	Rest	Gelijk aan kunststof	Gelijk aan kunststof	0	Aandeel Inert
Papier	Aandeel niet-biomassa	0	Rest	0	Gelijk aan kunststof	Aandeel Inert
Hout	Aandeel niet-biomassa	0	Gelijk aan kunststof	rest	Gelijk aan kunststof	Aandeel Inert
Or	Aandeel niet-biomassa	0	0	0	rest	Aandeel inert
Inert	0	0	0	0	0	100

Dit betekent dat in de sorteerfractie kunststof het aandeel van het materiaal kunststof gelijk is aan het aandeel niet-biomassa, het aandeel van het materiaal inert is gelijk aan het aandeel inert zoals gemeten in de oplosproef, 2/3 van het aandeel biomassa bestaat uit het materiaal or, 1/3 van het aandeel biomassa bestaat uit het materiaal papier en dat de materialen gft-afval en hout niet aanwezig zijn in de fractie.

Bepaling biomassa deel van NCV voor een fractie

De gemeten NCV van een fractie is samengesteld uit de NCV van de materialen. Elk materiaal draagt hieraan bij afhankelijk van het gewichtsaandeel van het materiaal in de fractie. Op basis hiervan kan het biomassa deel van de NCV van een fractie bepaald worden. Het biomassa deel van NCV is de gemeten NCV min de NCV van niet-biomassa. Niet-biomassa bestaat altijd uit het materiaal kunststof.

Voor het bepalen van de NCV van het materiaal kunststof is de GCV en het waterstofgehalte van het materiaal kunststof nodig. Om dit te bepalen is gebruik gemaakt van de aanname dat alle 6 de onderzochte fracties zijn samengesteld uit de 6 materialen. Van deze materialen zijn de aandelen per fractie bekend. Dit geeft 6 vergelijkingen (de fracties met de aandelen van de materialen) met 6 onbekenden. Dit is wiskundig op te lossen. Met deze vergelijkingen kunnen de waarden voor GCV en waterstof voor de materialen bepaald worden. Hierna staan de zes vergelijkingen.

$$\begin{aligned}
F_k &= x_{11} * Z_k + x_{12} * Z_g + x_{13} * Z_p + x_{14} * Z_h + x_{15} * Z_o + x_{16} * Z_i \\
F_g &= x_{21} * Z_k + x_{22} * Z_g + x_{23} * Z_p + x_{24} * Z_h + x_{25} * Z_o + x_{26} * Z_i \\
F_p &= x_{31} * Z_k + x_{32} * Z_g + x_{33} * Z_p + x_{34} * Z_h + x_{35} * Z_o + x_{36} * Z_i \\
F_h &= x_{41} * Z_k + x_{42} * Z_g + x_{43} * Z_p + x_{44} * Z_h + x_{45} * Z_o + x_{46} * Z_i \\
F_o &= x_{51} * Z_k + x_{52} * Z_g + x_{53} * Z_p + x_{54} * Z_h + x_{55} * Z_o + x_{56} * Z_i \\
F_i &= x_{61} * Z_k + x_{62} * Z_g + x_{63} * Z_p + x_{64} * Z_h + x_{65} * Z_o + x_{66} * Z_i
\end{aligned}$$

- F_a : de gemeten waarde voor GCV of H van een fractie
 X_{mn} : gewichtsaandeel van materiaal n in fractie m
 Z_a : de onbekende waarde van GCV of H voor een materiaal
a : is k (kunststof) of g (gft-afval) of p (papier) of h (hout) of o (ondefinieerbare rest) of i (inert)

De waarden voor de NCV voor de materialen kan niet direct berekend worden uit de NCV van de materialen met de 6 vergelijkingen met 6 onbekenden omdat de waarden van de NCV voor materialen per fractie anders zijn doordat de vochtgehalten van de fracties niet gelijk zijn. Het stelsel met vergelijkingen geldt hiervoor niet. Voor het bepalen van de NCV van een fractie moet per materiaal het vochtgehalte van de betreffende fractie worden toegepast.

Voor de berekening van NCV van niet-biomassa moet uitgegaan worden van het vochtgehalte van de fractie. Dit houdt in dat per fractie de NCV voor kunststof berekend moet worden uitgaande van de GCV van kunststof, waterstofgehalte van kunststof en dus het vochtgehalte van de fractie (en niet het vochtgehalte van kunststoffractie). Omdat in het materiaal kunststof geen inert aanwezig is hoeft dit in de berekening van GCV naar NCV niet meegenomen te worden. De te gebruiken formules staan hieronder.

$$\begin{aligned}
NCV_{biomassa,a} &= NCV_{gemeten,a} - NCV_{niet-biomassa,a} \\
NCV_{niet-biomassa,a} &= x_{a1} * NCV_{z,k,a} \\
NCV_{z,k,a} &= (GCV_{z,k} - 206 * H_k) * (1 - w_a) - (23 * w_a)
\end{aligned}$$

- $NCV_{biomassa,a}$: het biomassadeel van de NCV voor fractie a (kJ/kg)
 $NCV_{gemeten,a}$: de gemeten waarde voor de NCV voor fractie a (kJ/kg)
 $NCV_{niet-biomassa,a}$: het niet-biomassadeel van de NCV voor fractie a (kJ/k)
 x_{a1} : het aandeel van kunststof in de fractie a (gewicht%)
 $NCV_{z,k,a}$: de waarde voor NCV voor het materiaal kunststof in de fractie a (kJ/kg)
 H_a : waterstofgehalte van fractie a (gewicht%)
 w_a : vochtgehalte fractie a (gewicht%)

3 Resultaat

In dit hoofdstuk worden de resultaten van beide onderzoeken gepresenteerd. Het percentage biomassa kan op drie manieren worden uitgedrukt, als percentage van het gewicht, als percentage van koolstof en als percentage van de verbrandingswaarde.

3.1 Gewicht

De aandelen biomassa, niet-biomassa en inert is bij beide onderzoeken gemeten met de oplosproef NTA 8204. In tabel 3.1 staan de resultaten van onderzoek 1 en in tabel 3.2 de resultaten van onderzoek 2. In bijlage 2 staan van beide onderzoeken de resultaten van de metingen per monster. Bij onderzoek 1 zijn de vochtgehalten van de fracties niet per monster gegeven, alleen het gemiddelde per fractie.

Tabel 3.1: Resultaten oplosproef onderzoek 1

Sorteerfractie	Biomassa d.s. (gewicht%)	Niet-biomassa d.s. (gewicht%)	Inert d.s. (gewicht%)	Vochtgehalte (gewicht%)
Papier	76,8	6,0	17,2	39,2
Gft-afval	72,3	4,3	23,4	46,9
Hout	87,0	3,7	9,3	23,0
Kunststof	32,9	54,8	12,3	14,6
RDF	59,3	26,1	14,7	35,5
ONF	38,6	6,7	54,7	51,5

Tabel 3.2: Resultaten oplosproef bij onderzoek 2

Sorteerfractie	Biomassa d.s. (gewicht%)	Niet-biomassa d.s. (gewicht%)	Inert d.s. (gewicht%)	Vochtgehalte (gewicht%)
Papier	76,4	4,8	18,9	37,4
Gft-afval	70,0	4,0	26,0	64,0
Hout	92,2	2,3	5,5	26,2
Kunststof	28,2	55,2	16,7	26,2
Or	39,2	3,7	57,1	47,9

Bij beide onderzoeken zijn de fracties papier, gft-afval, hout en kunststof onderzocht. De resultaten voor deze vier sorteerfracties voor beide onderzoeken zijn samengenomen in tabel 3.3. In deze tabel staan ook de resultaten van de andere fracties.

Tabel 3.3: Gemiddeld gewichtsaandeel van sorteerfracties op basis van onderzoek 1 en 2

Sorteerfractie	Biomassa d.s. (gewicht%)	Niet-biomassa d.s. (gewicht%)	Inert d.s. (gewicht%)	Vochtgehalte (gewicht%)
Papier	76,5	5,1	18,3	38,8
Gft-afval	70,7	4,1	25,1	50,9
Hout	90,5	2,7	6,8	22,8
Kunststof	30,2	52,9	16,9	17,7
Or	39,2	3,7	57,1	47,9
RDF	59,3	26,1	14,7	35,5
ONF	38,6	6,7	54,7	51,5

Duidelijk uit de resultaten van de gewichtsverdelingen blijkt dat de fracties niet bestaan uit zuivere materialen. In papier, gft-afval, hout en or zit een aandeel niet-biomassa. De aandelen niet-biomassa zijn bij deze fracties circa 4%. In de fractie kunststof zit een aandeel van 30% biomassa.

3.2 koolstof

De resultaten van de analyses voor koolstof staan in tabel 3.4. De totaal organisch koolstof (TOC) is in onderzoek 1 bepaald. De hier gegeven waarden zijn het gemiddelde van alle monsters. De resultaten van de individuele monsteranalyses staan in bijlage 2. Voor de aandelen biomassa en niet-biomassa zijn de waarden zoals gegeven in tabel 3.3 gebruikt. Hiermee zijn de waarden TOC en vochtgehalte bepaald. De percentages DOC en fossiel zijn berekend. Een voorbeeldberekening van de bepaling van DOC staat in bijlage 2.

Tabel 3.4: Koolstofwaarden voor de fracties (as received)

Sorteerfractie	TOC (gewicht%)	DOC (gewicht%)	Fossiel (gewicht%)	Vochtgehalte (gewicht%)
Papier	27,4	24,7	2,7	38,8
Gft-afval	21,6	19,7	1,9	50,9
Hout	39,2	37,4	1,9	22,8
Kunststof	58,6	15,1	43,5	17,7
RDF	36,5	21,2	15,3	35,5
ONF	14,4	11,2	3,2	51,5

3.3 Verbrandingswaarde

In het tweede onderzoek zijn metingen verricht naar de verbrandingswaarden van de fracties en het aandeel waterstof daarin. De gemiddelde meetresultaten per fractie hiervan staan in tabel 3.5. De resultaten per monster staan in bijlage 4.

Tabel 3.5: Meetresultaten verbrandingswaarde per fractie.

Sorteerfractie	NCV (kJ/kg)	GCV (kJ/kg)	Waterstof ar (gewicht%)
Papier	10.158	20.095	5,6%
Gft-afval	5.845	22.325	5,4%
Hout	14.168	20.376	6,2%
Kunststof	23.028	37.348	10,1%
Or	3.848	17.988	3,8%

De aandelen van de zuivere materialen in de fracties staan in tabel 3.6. Hierin zijn de gevonden gewichtsaandelen zoals opgenomen in tabel 3.3 verwerkt in tabel 2.1.

Tabel 3.6: Aandelen materialen in fracties

Sorteerfractie	Aandeel van materiaal in sorteerfractie d.s. (gewicht%)					
	Kunststof	Gft	Papier	Hout	Or	Inert
Papier	5,1	0,0	71,4	0,0	5,1	18,3
Gft-afval	4,1	62,5	4,1	4,1	0,0	25,1
Hout	2,7	0,0	2,7	85,0	2,7	6,8
Kunststof	52,9	0,0	10,1	0,0	20,1	16,9
Or	3,7	0,0	0,0	0,0	39,2	57,1
Inert	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Op basis van de gewichtsaandelen zoals gegeven in tabel 3.6 zijn voor de materialen de GCV en het aandeel waterstof bepaald. De waarden hiervan staan in tabel 3.7.

Tabel 3.7: GCV en waterstofgehalte van materialen

Materiaal	GCV (kJ/kg)	Waterstof (gewicht%)
Papier	21.528	6,2
Gft-afval	29.609	6,8
Hout	20.320	6,3
Kunststof	50.923	14,7
Or	41.040	8,4

Op basis van de gegevens in de tabellen 3.5, 3.6 en 3.7 en zijn de waarden voor NCV en het biomassadeel van de NCV bepaald. De waarden hiervoor staan in tabel 3.8. Een voorbeeld van de berekeningen van NCV is opgenomen in bijlage 3.

Tabel 3.8: NCV voor totale fractie, het biomassa deel en het niet-biomassa deel

Sorteerfractie	NCV totale fractie (kJ/kg)	NCV biomassa (kJ/kg)	NCV niet-biomassa (kJ/kg)
Papier	10.158	8.857	1.300
Gft-afval	5.845	5.084	761
Hout	14.168	13.152	1.016
Kunststof	23.028	4.578	18.449
Or	3.848	3.421	426

Duidelijk is dat alle hier onderzochte sorteerfracties een vervuiling in zich hebben. De aanwezigheid van vervuiling hangt samen met het feit dat dit sorteerfracties zijn van huishoudelijk restafval. Deze waarden gelden dan ook niet voor gescheiden ingezamelde afvalstromen.

4 Gebruik

De resultaten van de onderzoeken gebruikt SenterNovem Uitvoering Afvalbeheer bij haar werkzaamheden zoals reeds geschetst in hoofdstuk 1. Hierbij worden meer fracties meegenomen dan de nu nader onderzochte fracties. De paragrafen 4.1 en 4.2 gaan respectievelijk in op de gehanteerde koolstofwaarden en verbrandingswaarden voor de overige fracties en tevens wat de bronnen zijn van deze gegevens.

4.1 koolstof

Voor koolstof is een beperkt aantal bronnen beschikbaar met waarden voor TOC, DOC en/of fossiel die betrekking hebben op fracties van huishoudelijk restafval. In bijlage 5 is een overzicht opgenomen van deze bronnen en referenties. Hierna worden alleen de bronnen besproken die gebaseerd zijn op analyseresultaten of die de originele data bevatten.

Bij het bepalen van de hoeveelheid stortgas worden voor huishoudelijk restafval meerdere fracties onderscheiden. Tabel 4.1 bevat een overzicht van deze fracties en de bijbehorende waarden die gevonden zijn in verschillende referenties en bij de in dit rapport aangegeven onderzoeken.

Tabel 4.1 Overzicht van koolstofwaarden van verschillende fracties van huishoudelijk restafval in dit onderzoek vergeleken met andere bronnen (as recieved)

Fractie	Onderzoek 1 (gewicht%)			IPCC 2006 (gewicht%)			Blok 1993 (gewicht%)		
	TOC	DOC	Fossiel	TOC	DOC	Fossiel	TOC	DOC	Fossiel
Gft-afval	21,6	19,7	1,9				20	20	0
Papier	27,4	24,7	2,7	40	40	0	33	33	0
Hout	39,2	37,4	1,9		43		43	43	0
Kunststof	58,6	15,1	43,5	75	0	75	56	0	56
Glas							0	0	0
Ferro							0	0	0
Non-ferro							0	0	0
Textiel				32	24	8	41	20,5	20,5
Dierlijk afval							30	30	0
Tapijten/matrassen							30	3	27
Leer/rubber				51	39	11			
Rubber							56	44,8	11,2
Leer							41	32,8	8,2
Grond/zand							0	0	0
Tuinafval							38	38	0

In de verschillende bronnen genoemde fracties zullen niet altijd vergelijkbaar met elkaar zijn. Dit door een andere wijze van sorteren van fracties. Het kan gaan om gescheiden stromen of gemende stromen. En ook het jaar waarin het monster is genomen is van invloed. De chemische samenstelling van de fracties kan veranderen in de loop van de tijd door andere productieprocessen e.d.

Hierna wordt per fractie aangegeven wat de meest betrouwbare waarden voor koolstof zijn:

- Gft-afval, papier, hout en kunststof: resultaten van dit onderzoek. De metingen zijn verricht op monsters die op dezelfde manier bepaald zijn als sorteerfracties van huishoudelijk restafval. Het zijn ook de meest recente gegevens.
- Glas, ferro, non-ferro, dierlijk afval en tapijten/matrassen: waarde van Blok, 1993. Er is geen andere bron beschikbaar.
- Textiel: waarde van Blok. Bij IPCC blijkt bij narekenen dat 8% van het totale gewicht anorganisch koolstof is. Dit is een vrij hoog aandeel. De waarden bij Blok zijn realistischer.
- Leer/rubber: waarden van Blok samennemen in de verhouding 0,99 en 1,45. Dat zijn de gemiddelde aandelen van deze fracties in huishoudelijk restafval volgens de sorteeranalyses in de jaren 2000-2004.
- Voor alle overige componenten is aangenomen dat er geen koolstof aanwezig is.

Tabel 4.2 bevat de meest betrouwbare waarden voor koolstof per fractie van het Nederlandse huishoudelijke restafval

Tabel 4.2: Meest betrouwbare waarden voor koolstof voor verschillende fracties van Nederlands huishoudelijk restafval (as recievd)

Sorteerfracties	TOC (gewicht%)	DOC (gewicht%)	Fossiel (gewicht%)
Gft-afval	21,6	19,7	1,9
Papier	27,4	24,7	2,7
Hout	39,2	37,4	1,9
Kunststof	58,6	15,1	43,5
Glas	0,0	0,0	0,0
Ferro	0,0	0,0	0,0
Non-ferro	0,0	0,0	0,0
Textiel	41,0	20,5	20,5
Dierlijk afval	30,0	30,0	0,0
Steen/as	0,0	0,0	0,0
Tapijten/matrassen	30,0	3,0	27,0
Leer/rubber	49,9	39,9	10,0
KCA en overig	0,0	0,0	0,0
Overig	0,0	0,0	0,0

4.2 Verbrandingswaarde

In bijlage 6 staat een overzicht van referenties waarin ook verbrandingswaarden voor huishoudelijk restafval wordt gegeven. Hier worden de onderzochte waarden vergeleken met waarden uit andere bronnen die betrekking hebben op dezelfde fracties (zie ook tabel 4.3).

Tabel 4.3: Waarden voor NCV uit onderzoek vergeleken met waarden uit bronnen (as recieved).

Sorteerfractie	Onderzoek 2			Beker 1999		Otte 1994	
	NCV (MJ/kg)	NCV-biomassa (MJ/kg)	Vochtgehalte (gewicht%)	NCV (MJ/kg)	Vochtgehalte (gewicht%)	NCV (MJ/kg)	Vochtgehalte (gewicht%)
Gft-afval	5,8	5,1	50,9	4,6	55,0		
Or	3,8	3,4	47,9	1,0	35,1		
Papier (excl. luiers)	10,2	8,9	38,8	10,1	31,0	10,2	31,0
Kunststoffen	23,0	4,6	17,7	32,9	13,5	29,4	21,0
Hout	14,2	13,2	22,8	15,3	11,5	15,8	12,5
Gft-afval en or						2,4	55,5

Uit de tabel blijkt dat:

- de waarden van NCV voor gft-afval en or in dit onderzoek hoger zijn dan in eerdere onderzoeken. Dit verschil is te verklaren doordat de analyses van Beker en Otte gebaseerd zijn op gescheiden ingezameld gft-afval en niet op de sorteerfractie gft-afval uit huishoudelijk restafval.
- de waarden van NCV voor papier vergelijkbaar zijn met de andere onderzoeken
- de waarden van NCV voor kunststoffen lager zijn dan andere onderzoeken. Dit komt deels door het groter vochtaandeel maar ook omdat in kunststoffen nu ook de vervuiling is meegenomen. De waarden bij Beker en Otte komen voor NCV bij omrekening naar GCV overeen met de GCV van zuiver kunststof. Bekend is dat de sorteerfractie kunststoffen in huishoudelijk restafval vervuild is.
- de waarden van hout in de hier uitgevoerde analyse redelijk overeenkomen met de waarden gevonden in eerdere analyses. De nu gevonden waarde voor GCV ligt ongeveer 10% hoger dan in de eerdere analyses.

Voor de andere fracties in huishoudelijk restafval is in tabel 4.4 een overzicht gegeven van NCV, vocht en NCV-biomassa.

Tabel 4.4: Waarden uit andere bronnen voor NCV voor huishoudelijk restafval fracties die niet zijn meegenomen in het recente onderzoek (as recieved)

Sorteerfractie	Totaal NCV (MJ/kg)	NCV-biomassa (MJ/kg)	Vochtgehalte (gewicht%)	Bron
Textiel	15,9		18,5	Beker, 1999
	16,7		17,5	Otte, 1994
Luiers	7,4	3,4	63,2	Fraunhoven 2000
	8,4	4,2	55	Nolan 2001
	5,8		63,3	Vroonhof 2007
Overig rest	7,4		4,5	Beker, 1999
	7,2		2,5	Otte, 1994

Hierna wordt besproken wat de meest betrouwbare waarden van zijn van NCV voor de fracties van huishoudelijk restafval voor het Protocol Duurzame Energie (Bosselaar 2006). Een overzicht is tevens gegeven in tabel 4.5.

- De waarde van de fracties die onderzocht zijn (gft-afval, or, papier (exclusief luiers), kunststoffen en hout) en beschreven in hoofdstuk 3 zijn de beste waarden. Hierbij is rekening gehouden met de 'vervuiling' van de fracties en het zijn de meest recente waarden waardoor de inhoud van het monster overeenkomt met de fractie.
- Voor luiers is voor NCV en vocht het gemiddelde genomen van Nolan en Vroonhof. Alleen Nolan geeft een waarde voor het biomassadeel van NCV. Het aandeel van deze waarde op het totale NCV in Nolan is overgenomen.
- De fracties glas, ferro, non-ferro, KCA en overig, steenachtig zijn NCV, vocht en biomassa NCV op 0 gesteld.
- Voor textiel zijn de waarden van Beker overgenomen. Dit zijn de meest recente waarden. Voor het biomassadeel zijn geen waarden bekend. Aangenomen wordt dat de helft van textiel van natuurlijke oorsprong is en de andere helft op aardoliebasis.
- Overig rest is het deel van de fractie overig in de sorteeraanlyse zonder hout, EEA en steenachtig. Dit is onder andere leer en rubber, tapijten en keramiek. Deze materialen worden niet meer onderscheiden in de sorteeraanlyses. De NCV voor deze fractie is bepaald op basis van de NCV van Beker. Hier is de waarde bepaald door de NCV-waarden van Beker van tapijten/matten, leer en rubber en van keramiek mee te nemen in de verhouding 4,67, 0,99 en 1,45 (dit is het gemiddelde aandeel van deze materialen voor 2000-2004).
- Voor de fractie EEA zijn geen analysewaarden bekend. EEA bestaat voor een deel uit kunststoffen. Als aangenomen wordt dat EEA voor de helft uit kunststof bestaat en geen vocht heeft kan voor de NCV de halve waarde van GCV van kunststof genomen worden zoals in Beker gevonden is. De waarden voor kunststof in Beker komt overeen met gegeven waarden van kunststoffen van EEA in Phyllis. Het biomassadeel zal nihil zijn.

Tabel 4.5 Meest betrouwbare waarden voor NCV voor fracties van huishoudelijk restafval

Sorteerfracties	NCV (MJ/kg)	NCV biomassa (MJ/kg)	Vochtgehalte (gewicht%)
Gft-afval	5,8	5,1	50,9
Or	3,8	3,4	47,9
Papier (excl. luiers)	10,2	8,9	38,8
Luiers	7,1	3,6	59,2
Kunststoffen	23,0	4,6	17,7
Glas	0,0	0,0	0,0
Ferro	0,0	0,0	0,0
Non-ferro	0,0	0,0	0,0
Textiel	15,9	7,5	18,5
KCA	0,0	0,0	0,0
Hout	14,2	13,2	22,8
Overig, rest	7,4	0,0	4,5
Overig, EEA	16,4	0,0	13,5
Overig, steenachtig	0,0	0,0	0,0

De waarden in tabel 4.5 zijn bruikbaar voor de berekening van het biomassapercentage in huishoudelijk restafval. De andere afvalstromen in het Protocol Monitoring Duurzame Energie hebben een andere bron.

BIJLAGEN

bijlage 1: Definities

Koolstof

Bij koolstof zijn verschillende definities

-Biodegradable Carbon: mass fraction of the total carbon that is capable of undergoing biological anaerobic or aerobic decomposition under conditions naturally occurring in the biosphere [CEN/TR 15591:2007]

-Biogenic Carbon (BC): mass fraction of total carbon that was produced in natural processes by living organisms but not fossilized or derived from fossil resources [CEN/TR 15591:2007]

-Degradable Organic Carbon (DOC): Degradable organic carbon is the organic carbon that is accessible to biochemical decomposition, [IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventorie, Chapter 5, 2006].

-Fossil Carbon (FC): koolstof van fossiele bronnen.

-Total Carbon (TC): total carbon (C) sum of carbon in organic and inorganic matter as a portion of the fuel
NOTE Adapted from CEN/TS 14588:2003

-Total Inorganic Carbon (TIC): aandeel van inorganisch koolstof, inorganisch koolstof zijn carbonaten e.d.

-Total Organic Carbon (TOC): the quantity carbon that is converted into carbon dioxide by combustion and which is not liberated as carbon dioxide by acid treatment [EN 13137:2001]

In de praktijk wordt DOC gelijk genomen met Biogenic Carbon, zie CEN/TR 14980:2004.

DOC is gelijk aan Biodegradable Carbon

In figuur 1 is een overzicht gegeven hoe de verschillende termen bij koolstof zich met elkaar verhouden.

Figuur 1: Termen koolstof

Total Carbon		
Total Organic Carbon		Total Inorganic Carbon
Biogenic Carbon	Fossil Carbon	Total Inorganic Carbon
Degradable Organic Carbon	rest	Total Inorganic Carbon

Verbrandingswaarde

Voor duurzame energie is het van belang hoeveel energie er vrijkomt bij verbranden. Dit wordt uitgedrukt in verbrandingswaarde in MJ/kg. De verbrandingswaarde wordt uitgedrukt in Gross Caloric Value and Net Caloric Value. Het verschil is de warmte voor verdamping van water dat gevormd is door waterstof in het betreffende materiaal en het vocht in het materiaal. Andere termen die ook gebruikt worden maar deels verouderd zijn staan in tabel 1.

Tabel 1: Termen voor Calorific Value

CEN-TS 15357 working document 2007-04-23	Engels	Nederlands	Duits
Gross calorific value (GCV)	-Higher heating value (HHV) -Heat of combustion	-Bovenwaarde -Bovenste verbrandingswaarde -Verbrandingswarmte	-(Oberer Heizwert) -Brennwert
Net calorific value (NCV)	-Lower heating value (LHV)	-Onderwaarde -Stookwaarde -Onderste verbrandingswaarde	-(Unterer Heizwert) -Heizwert

afkortingen en definities

As received	gebaseerd op materiaal bij ontvangst (ar)
Daf	Dry ash free, droog en as vrij
d.s.	droge stof (dry)
fijn zeefzand	de sorteerfractie die kleiner is dan 20 mm. Andere termen die ook gebruikt worden zijn: Fijn-biomassa, fijne zeeffractie of ondefinieerbare rest (de huidige en hier gebruikte term).
GFT	Groente, Fruit en Tuinafval
ONF	Organisch Natte Fractie
or	ondefinieerbare rest: de sorteerfractie van huishoudelijk restafval die kleiner is dan 20 mm.
RDF	Refuse Derived Fuel
Stortgas	Methaangas (CH ₄) dat ontstaat door anaërobe ontbinding van koolstof in stortplaatsen

bijlage 2: Resultaat gewicht

Onderzoek 1: Resultaten metingen oplosproef

Alle waarden zijn procentueel op basis van drogestof	Droge stof (gewicht%)	Aandeel biomassa (gewicht%)	Aandeel niet-biomassa (gewicht%)	Aandeel inert (gewicht%)
Arnhem 1.1 GFT	96,3	67,7	4,2	28,1
Arnhem 1.2 Papier	97,6	75,7	7,9	16,4
Arnhem 1.3 Hout	95,2	80,6	1,8	17,6
Arnhem 1.4 Kunststof	98,0	45,9	39,3	14,9
Arnhem groep 8 2.1 GFT	96,3	61,4	7,7	30,8
Arnhem groep 8 2.2 Papier	97,7	80,9	6,2	13,0
Arnhem groep 8 2.3 Hout	96,4	72,8	5,9	21,3
Arnhem groep 8 2.4 Kunststof	98,0	28,3	57,6	14,3
Alblasserdam Hoog 3.1 GFT	96,3	74,2	3,4	22,4
Alblasserdam Hoog 3.2 Papier	98,0	71,7	6,4	21,8
Alblasserdam Hoog 3.3 Hout	98,5	88,9	7,6	3,5
Alblasserdam Hoog 3.4 Kunststof	98,5	45,0	43,0	12,0
Arnhem groep 10 4.1 GFT	97,6	79,4	2,9	17,7
Arnhem groep 10 4.2 Papier	98,1	81,0	5,8	13,3
Arnhem groep 10 4.3 Hout	97,6	95,0	2,5	2,5
Arnhem groep 10 4.4 Kunststof	98,5	24,2	61,5	14,1
Amersfoort 5.1 GFT	97,0	78,7	3,5	17,8
Amersfoort 5.2 Papier	96,2	74,7	3,7	21,5
Amersfoort 5.3 Hout	97,8	97,6	0,7	1,6
Amersfoort 5.4 Kunststof	99,0	20,9	72,7	6,1
RDF GAVI 1	97,6	57,2	29,2	13,6
RDF GAVI 2	97,7	56,9	30,0	13,2
ONF GAVI 1	98,9	40,3	7,1	52,6
ONF GAVI 2	99,0	39,8	7,3	52,8
RDF Vagron 1	97,4	61,8	22,5	15,7
RDF Vagron 2	97,3	61,2	22,6	16,1
ONF Vagron 1	98,7	36,9	6,0	57,1
ONF Vagron 2	98,7	37,4	6,5	56,1
Gemiddeld van monsters				
GFT	96,7	72,3	4,3	23,4
Papier	97,5	76,8	6,0	17,2
Hout	97,1	87,0	3,7	9,3
Kunststof	98,4	32,9	54,8	12,3
RDF	97,5	59,3	26,1	14,7
ONF	98,8	38,6	6,7	54,7

Onderzoek 2: Resultaten metingen oplosproef

Gesorteerde fractie	Aandeel biomassa op d.s. basis (gewicht%)	Aandeel niet-biomassa op d.s. basis (gewicht%)	Aandeel inert op d.s. basis (gewicht%)	Vocht gehalte (gewicht%)
PAPIER				
1	79,7	5,6	14,7	41,1
2	71,8	5,5	22,7	50,3
3	76,9	5,6	17,5	42,5
4	70,6	4,7	24,8	28,7
5	79,0	6,2	14,8	56,6
6	70,6	8,4	21,0	36,0
7	83,6	4,0	12,3	30,6
8	74,0	4,7	21,3	26,0
9	85,6	1,9	12,5	21,3
10	74,4	2,8	22,8	56,8
11	74,0	2,9	23,1	22,1
Gem.	76,4	4,8	18,9	37,4
Standaarddeviatie	5,1	1,8	4,6	13,0
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	66,4	1,2	9,8	11,9
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	86,4	8,3	27,9	63,0
Nauwkeurigheid	13,1	75,4	47,9	68,2
Reproduceerbaarheid	21,0	121,2	76,9	109,6
gft-afval				
1	66,8	4,4	28,7	76,4
2	69,4	5,7	24,9	61,3
3	64,9	3,3	31,8	54,7
4	67,3	2,0	30,6	49,1
5	74,0	4,2	21,8	63,1
6	68,3	5,3	26,4	53,7
7	69,8	4,4	25,9	61,4
8	62,6	6,8	30,7	67,1
9	85,8	1,7	12,5	86,2
10	58,9	2,6	38,5	64,3
11	82,6	3,7	13,7	66,8
Gem.	70,0	4,0	26,0	64,0
Standaarddeviatie	8,1	1,6	7,7	10,4
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	54,2	0,9	10,9	43,5
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	85,8	7,1	41,1	84,5
Nauwkeurigheid	22,5	76,6	58,2	32,0
Reproduceerbaarheid	36,2	123,1	93,5	51,4
Hout				
1	94,4	1,1	4,5	14,1
2	46,1	1,4	52,4	15,6
3	94,1	0,8	5,1	20,9
4	91,5	1,6	6,9	18,2
5	94,2	2,0	3,8	27,3
6	95,2	1,1	3,7	22,2
7	87,7	8,3	4,0	23,1
8	94,2	2,8	3,0	27,4
9	94,2	0,7	5,1	73,3
10	85,7	1,2	13,1	23,9
11	90,9	2,9	6,3	11,8
Gem.	92,2	2,3	5,5	26,2
Standaarddeviatie	3,2	2,2	2,9	17,3
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	85,9	-2,2	-0,2	-7,7
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	98,6	6,7	11,3	60,2
Nauwkeurigheid	6,9	195,6	103,0	129,5
Reproduceerbaarheid	11,1	314,5	165,6	208,1

Gesorteerde fractie	Aandeel biomassa op d.s. basis (gewicht%)	Aandeel niet-biomassa op d.s. basis (gewicht%)	Aandeel inert op d.s. basis (gewicht%)	Vocht gehalte (gewicht%)
Kunststof				
1	14,7	75,5	9,8	26,9
2	20,3	62,8	16,9	31,4
3	22,9	57,6	19,5	13,3
4	26,1	58,0	15,9	23,1
5	27,7	56,1	16,2	28,8
6	30,7	56,6	12,8	20,0
7	29,8	47,1	23,1	28,4
8	24,1	59,9	16,0	16,7
9	43,5	43,1	13,4	30,6
10	30,4	56,6	13,0	30,3
11	39,5	33,9	26,5	39,1
12	31,8	46,0	22,1	13,50
13	36,2	52,6	11,2	11,07
14	37,0	42,5	20,6	17,10
15	19,7	57,3	23,0	11,05
16	27,1	52,9	20,0	19,45
17	44,4	31,7	23,9	45,42
18	30,8	40,3	28,9	25,28
19	2,9	89,0	8,1	18,68
20	20,7	70,7	8,6	49,39
21	4,2	87,8	7,9	6,38
22	33,1	46,5	20,4	40,83
Gem.	29,5	52,4	18,1	26,1
Standaarddeviatie	8,0	11,2	5,6	11,3
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	13,9	30,5	7,1	4,0
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	45,2	74,3	29,1	48,2
Nauwkeurigheid	53,0	41,8	60,9	84,7
Reproduceerbaarheid	84,2	66,3	96,7	134,6
OR				
1	32,8	3,8	63,4	41,3
2	33,3	3,6	63,0	43,2
3	26,4	1,0	72,5	31,7
4	33,5	3,5	63,0	38,1
5	44,1	4,4	51,4	51,4
6	46,5	3,6	49,9	45,9
7	60,2	3,3	36,5	54,8
8	36,6	3,1	60,3	45,2
9	36,3	6,8	57,0	46,6
10	35,7	3,7	60,6	81,4
11	45,4	4,4	50,2	46,8
Gem.	39,2	3,7	57,1	47,9
Standaarddeviatie	9,3	1,4	9,6	12,7
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	21,0	1,1	38,2	22,9
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	57,3	6,4	75,9	72,8
Nauwkeurigheid	46,3	71,1	33,0	52,1
Reproduceerbaarheid	74,5	114,3	53,1	83,8
Gemiddeld				
papier	76,5	5,1	18,3	37,4
gft-afval	70,7	4,1	25,1	64,0
Hout	90,5	2,7	6,8	26,2
kunststof	30,2	52,9	16,9	26,1
OR	39,2	3,7	57,1	47,9

bijlage 3: Resultaat koolstof

Onderzoek 1: Resultaten metingen koolstof

	TC d.s. (gewicht%)	TOC d.s. (gewicht%)
Arnhem 1.1 gft-afval	41	42
Arnhem 1.2 Papier	47	46
Arnhem 1.3 Hout	45	44
Arnhem 1.4 Kunststof	63	64
Arnhem groep 8 2.1 gft-afval	38	36
Arnhem groep 8 2.2 Papier	47	47
Arnhem groep 8 2.3 Hout	49	48
Arnhem groep 8 2.4 Kunststof	75	75
Alblasserdam Hoog 3.1 gft-afval	51	46
Alblasserdam Hoog 3.2 Papier	49	43
Alblasserdam Hoog 3.3 Hout	54	53
Alblasserdam Hoog 3.4 Kunststof	63	63
Arnhem groep 10 4.1 gft-afval	53	48
Arnhem groep 10 4.2 Papier	52	46
Arnhem groep 10 4.3 Hout	61	55
Arnhem groep 10 4.4 Kunststof	81	74
Amersfoort 5.1 gft-afval	47	48
Amersfoort 5.2 Papier	44	42
Amersfoort 5.3 Hout	54	53
Amersfoort 5.4 Kunststof	80	80
RDF GAVI 1	59	58
RDF GAVI 2	58	58
ONF GAVI 1	28	31
ONF GAVI 2	29	29
RDF Vagron 1	55	55
RDF Vagron 2	56	55
ONF Vagron 1	27	29
ONF Vagron 2	30	29
Gemiddeld	TC	TOC
gft-afval	46,0	43,9
Papier	47,7	44,8
Hout	52,5	50,8
Kunststof	72,6	71,2
RDF	56,9	56,5
ONF	28,3	29,7

Voorbeeld berekening voor DOC bepaling bij gft-afval

$$\begin{aligned}\text{koolstofverhouding} &= \text{koolstof niet-biogeen}_F / \text{koolstof biogeen}_F \\ &= 76,9\% / 46,8\% = 1,64\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{correctiefactor} &= \text{gewichtsaandeel biomassa} / (\text{gewichtsaandeel biomassa} + (\text{gewichtsaandeel niet-} \\ &\text{biomassa} * \text{koolstofverhouding})) \\ &= 34,7 / (34,7 + (2,0 * 1,64)) = 0,91\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{DOC} &= \text{TOC} * \text{correctiefactor} = 43,9\% * 0,91 \\ &= 40,1\%\end{aligned}$$

koolstof niet-biogeen_F : aandeel van koolstof in niet-biogeen volgens Fellner

koolstof biogeen_F = aandeel van koolstof in biogeen volgens Fellner

De waarden voor de aandelen komen uit tabel 3.3.

De waarde voor DOC komt uit tabel 3.4.

bijlage 4: Resultaat onderzoek verbrandingswaarde

Onderzoek 2: Resultaten metingen verbrandingswaarde

Gesorteerde fractie	NCV (kJ/kg)	Waterstof gehalte ar (gewicht%)	vochtgehalte ar (gewicht%)	asgehalte ds (gewicht%)	GCV (kJ/kg)
PAPIER					
1	10.263	6,1	41,1	14,7	20.469
2	7.924	5,8	50,3	22,7	20.642
3	9.188	5,8	42,5	17,5	19.393
4	10.546	5,8	28,7	24,8	19.672
5	8.039	6,3	56,6	14,8	21.770
6	10.863	5,6	36,0	21,0	21.522
7	11.903	6,0	30,6	12,3	19.592
8	11.786	4,7	26,0	21,3	20.248
9	13.544	5,8	21,3	12,5	19.688
10	6.384	5,2	56,8	22,8	19.181
11	11.296	4,8	22,1	23,1	18.872
Gem.	10.158	5,6	37,4	18,9	20.095
Standaarddeviatie	2.092	0,5	13,0	4,6	934
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	6.057	4,6	11,9	9,8	18.264
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	14.258	6,6	63,0	27,9	21.926
Nauwkeurigheid	40,4%	17,7	68,2	47,9	9,1%
Reproduceerbaarheid	64,1%	28,1	108,3	76,0	14,5%
GFT					
1	3.744	5,5	76,4	28,7	22.315
2	6.664	5,4	61,3	24,9	22.958
3	6.886	5,1	54,7	31,8	22.314
4	7.547	4,7	49,1	30,6	21.398
5	6.497	4,6	63,1	21,8	22.535
6	7.445	5,8	53,7	26,4	21.901
7	6.515	5,5	61,4	25,9	22.849
8	5.112	4,8	67,1	30,7	22.474
9	2.745	6,5	86,2	12,5	22.821
10	4.748	4,4	64,3	38,5	21.664
11	6.387	6,6	66,8	13,7	22.351
Gem.	5.845	5,4	64,0	26,0	22.325
Standaarddeviatie	1.554	0,7	10,4	7,7	496
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	2.799	3,9	43,5	10,9	21.353
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	8.890	6,8	84,5	41,1	23.298
Nauwkeurigheid	52,1%	26,7	32,0	58,2	4,4%
Reproduceerbaarheid	82,8%	42,5	50,8	92,4	6,9%

Gesorteerde fractie	NCV (kJ/kg)	Waterstof gehalte ar (gewicht%)	vochtgehalte ar (gewicht%)	asgehalte ds (gewicht%)	GCV (kJ/kg)
Hout					
1	16.094	6,0	14,1	4,5	19.635
2	7.710	3,3	15,6	52,4	19.216
3	14.705	6,3	20,9	5,1	19.605
4	16.108	6,2	18,2	6,9	21.153
5	13.740	5,9	27,3	3,8	19.659
6	15.837	6,1	22,2	3,7	21.153
7	15.007	6,4	23,1	4,0	20.349
8	14.725	6,1	27,4	3,0	20.942
9	5.157	6,4	73,3	5,1	20.435
10	13.662	5,8	23,9	13,1	20.671
11	16.642	6,3	11,8	6,3	20.160
Gem.	14.168	6,2	26,2	5,5	20.376
Standaarddeviatie	3.322	0,2	17,3	2,9	608
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	7.656	5,7	-7,7	-0,2	19.185
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	20.679	6,6	60,2	11,3	21.567
Nauwkeurigheid	46,0%	6,8	129,5	103,0	5,8%
Reproduceerbaarheid	73,0%	10,8	205,6	163,6	9,3%
Kunststof					
1	27.666	11,0	26,9	9,8	41.972
2	21.570	9,6	31,4	16,9	37.872
3	22.654	9,0	13,3	19,5	32.489
4	22.959	9,8	23,1	15,9	35.530
5	21.931	9,3	28,8	16,2	36.772
6	27.139	11,6	20,0	12,8	38.931
7	23.093	10,1	28,4	23,1	41.969
8	25.697	9,9	16,7	16,0	36.762
9	24.009	11,8	30,6	13,4	39.973
10	22.627	10,8	30,3	13,0	37.320
11	13.962	8,2	39,1	26,5	31.244
Gem.	23.028	10,1	26,2	16,7	37.348
Standaarddeviatie	3.638	1,1	7,4	4,8	3.424
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	15.898	7,9	11,8	7,2	30.637
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	30.158	12,3	40,7	26,1	44.060
Nauwkeurigheid	31,0%	21,5	55,2	56,9	18,0%
Reproduceerbaarheid	49,2%	34,1	87,6	90,4	28,5%

Gesorteerde fractie	NCV (kJ/kg)	Waterstof gehalte ar (gewicht%)	vochtgehalte ar (gewicht%)	asgehalte ds (gewicht%)	GCV (kJ/kg)
OR					
1	4.201	3,2	41,3	63,4	19.592
2	4.285	3,7	43,2	63,0	20.430
3	3.603	3,3	31,7	72,5	19.190
4	4.679	4,0	38,1	63,0	20.462
5	5.041	3,9	51,4	51,4	21.375
6	3.278	4,6	45,9	49,9	12.117
7	5.407	5,4	54,8	36,5	18.875
8	4.567	3,4	45,2	60,3	21.006
9	4.355	3,5	46,6	57,0	19.010
10	1.490	2,5	81,4	60,6	20.434
11	1.416	4,6	46,8	50,2	5.372
Gem.	3.848	3,8	47,9	57,1	17.988
Standaarddeviatie	1.323	0,8	12,7	9,6	4.880
Ondergrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	1.255	2,3	22,9	38,2	8.423
Bovengrens 95%-betrouwbaarheidsinterval	6.440	5,4	72,8	75,9	27.552
Nauwkeurigheid	67,4%	41,1	52,1	33,0	53,2%
Reproduceerbaarheid	107,0%	65,3	82,8	52,5	84,4%

Voorbeeld berekening voor NCV biomassa van papier

Voor de fractie papier is de berekening voor het biomassa deel van NCV hieronder gegeven.

$$NCV_{biomassa,a} = NCV_{gemeten,a} - NCV_{niet-biomassa,a}$$

$$NCV_{niet-biomassa,a} = x_{a1} * NCV_{z,k,a}$$

$$NCV_{z,k,a} = (GCV_{z,k} - 206 * H_k) * (1 - w_a) - (23 * w_a)$$

- $NCV_{biomassa,a}$: het biomassa deel van de NCV voor fractie a (kJ/kg)
 $NCV_{gemeten,a}$: de gemeten waarde voor de NCV voor fractie a (kJ/kg), tabel 3.5
 $NCV_{nietbiomassa,a}$: het niet-biomassa deel van de NCV voor fractie a (kJ/kg)
 x_{a1} : het aandeel van kunststof in de fractie a (gewicht%), tabel 3.6
 $NCV_{z,k,a}$: de waarde voor NCV voor het materiaal kunststof in de fractie a (kJ/kg)
 $GCV_{z,k}$: de waarde voor GCV voor het materiaal kunststof (kJ/kg)
 H_a : waterstofgehalte van fractie a (gewicht%), tabel 3.7
 w_a : vochtgehalte fractie a (gewicht%), tabel 3.4

$$NCV_{z,k,a} = (50.923 - 206 * 14,7\%) * (1 - 38,8\%) - (23 * 38,8\%) = 25.267 \text{ kJ / kg}$$

$$NCV_{niet-biomassa,a} = 5,1\% * 25.267 = 1.300 \text{ kJ / kg}$$

$$NCV_{biomassa,a} = 10.158 - 1.300 = 8.857 \text{ kJ / kg}$$

bijlage 5: Bronnen Koolstof

In deze bijlage wordt voor koolstof een overzicht gegeven van verschillende referenties waarin waarden voor TC, OC, DOC en/of fossil opgenomen zijn. Per referentie staan de bijbehorende waarden getoond en indien bekend hoe de waarden bepaalt zijn en in welk jaar. Daarna wordt in een schema een overzicht gegeven welke referenties relaties met elkaar hebben.

Zover mogelijk zijn de oorspronkelijke tabellen overgenomen.

Blok 1993

Koostofbalans van het afvalstelsel in Nederland / David de_Jager Kornelis_Blok;. - Utrecht : Ecofys, 1993. - 50 p. : tab., graf.

Afvalcomponent	Koolstofgehalte [7]		Koolstof oorsprong *			f _{ms} [8] (%C/C)
	'nat' (%)	d.s. (%)	F/O (%)	NF/A (%)	NF/O (%)	
GFT	20%	43%			100%	25%
Tuinafval	38%				100%	27%
Papier/Karton	33%	46%			100%	24%
Papier/Karton (herg.)	42%	46%			100%	24%
Kunststof	56%	67%	100%			4%
Ferro	4%	4%		100%		90%
Non ferro	4%	4%		100%		90%
Glas	1%	1%		100%		100%
Textiel	41%	49%	50%		50%	42%
Rubber	56%	67%	20%		80%	17%
Leer	41%	49%	20%		80%	17%
Hout	43%	50%			100%	26%
Brood	30%				100%	3%
Dierlijke afvalst.	30%				100%	3%
Tapijten/Matten	30%		90%		10%	23%
Bijzonder afval	1%		100%			10%
Grond/Zand	5%	6%		100%†		100%

F/O: Fossiel Organisch

NF/A: Niet-Fossiel Anorganisch

NF/O: Niet-Fossiel Organisch

* Eigen schatting bij afvalstromen met verschillende soorten afvalstoffen

† Exclusief organische bestanddelen

Tabel 3.1 Kentallen voor de afvalstromen in 'municipal solid waste' (MSW)

Bronnen zijn Wardenaar 1990 en Perry's Chemical Engineers Handbook 1984

In Blok 1993 wordt voor de waarden verwezen naar een andere bron, Wardenaar 1990. In Wardenaar wordt vermeld dat de chemische samenstelling is bepaald uit niet genoemde literatuur.

Bij een vergelijking tussen Blok en Wardenaar blijkt dat de waarden voor kunststof in Blok de waarden voor kunststof/rubber in Wardenaar is. Voor glas is in Blok de waarden voor glas/keramiek genomen. Voor textiel de waarde voor textiel/leer. En voor leer/rubber is het gemiddelde genomen van kunststof/rubber en textiel/leer.

De inhoud van Perry's is niet bekend omdat er geen beschikking is over dit boek.

IPCC 2006

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds).

Published: IGES, Japan.

Volume 5

Bij onderdeel Municipal Solid Waste

MSW component	Dry matter content in % of wet weight ¹		DOC content in % of wet waste		DOC content in % of dry waste		Total carbon content in % of dry weight		Fossil carbon fraction in % of total carbon	
	Default	Range	Default	Range	Default	Range ²	Default	Range	Default	Range
Paper/cardboard	90	36 - 45	40	36 - 45	44	40 - 50	46	42 - 50	1	0 - 5
Textiles ³	80	20 - 40	24	20 - 40	30	25 - 50	50	25 - 50	20	0 - 50
Food waste	40	8 - 20	15	8 - 20	38	20 - 50	38	20 - 50	-	-
Wood	85 ⁴	39 - 46	43	39 - 46	50	46 - 54	50	46 - 54	-	-
Garden and Park waste	40	18 - 22	20	18 - 22	49	45 - 55	49	45 - 55	0	0
Nappies	40	18 - 32	24	18 - 32	60	44 - 80	70	54 - 90	10	10
Rubber and Leather	84	(39) ⁵	(39) ⁵	(39) ⁵	(47) ⁵	(47) ⁵	67	67	20	20
Plastics	100	-	-	-	-	-	75	67 - 85	100	95 - 100
Metal ⁶	100	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Glass ⁶	100	-	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Other, inert waste	90	-	-	-	-	-	3	0 - 5	100	50 - 100

¹ The moisture content given here applies to the specific waste types before they enter the collection and treatment. In samples taken from collected waste or from e.g., SWDS the moisture content of each waste type will vary by moisture of co-existing waste and weather during handling.

² The range refers to the minimum and maximum data reported by Dehoust *et al.*, 2002; Gangdonggu, 1997; Guendehou, 2004; JESC, 2001; Jager and Blok, 1993; Würdinger *et al.*, 1997; and Zeschmar-Lahl, 2002.

³ 40 percent of textile are assumed to be synthetic (default). Expert judgement by the authors.

⁴ This value is for wood products at the end of life. Typical dry matter content of wood at the time of harvest (that is for garden and park waste) is 40 percent. Expert judgement by the authors.

⁵ Natural rubbers would likely not degrade under anaerobic condition at SWDS (Tsuchii *et al.*, 1985; Rose and Steinbüchel, 2005).

⁶ Metal and glass contain some carbon of fossil origin. Combustion of significant amounts of glass or metal is not common.

NA: Not Applicable

-: no data available

Het gaat in deze tabel om fracties van restafvalstromen (samengestelde stromen)

Alles is op basis van andere bronnen.

Wardenaar, 1990

Optimalisatie energiebenutting bij afvalverbranding; deelstudie A / J.C._Wardenaar A.E._Pfeiffer; P.J._Ploumen;. - Arnhem : KEMA, 1990. - 111 [...] p. : fig. - Met bijl., lit.opg. - Met samenv.- (EWAB)
Projectnummer 551100110 (EWAB)

-119-

92293-WPB 90-883A

Bijlage 3.1 blad 5

Tabel 5 Chemische samenstelling referentie afvalpakket, prognose 1995, in gewichtsprocenten percentage zijn betrokken op het totaal (water, as en brandbare stof).

* : verdeling volgt uit gemiddelde van afvalcomponenten
rest: chloor en overige elementen

Afvalcomponent	BB [%]	C [%]	H [%]	N [%]	O [%]	S [%]	rest [%]
GFT	38,0	19,8	2,5	0,81	14,7	0,1	0,1
papier, karton	69,2	33,0	4,5	0,23	31,2	0,2	0,1
textiel/leer	78,2	41,3	5,5	3,12	26,7	0,5	1,1
kunststof/rubber	73,9	55,7	7,7	0,9	8,3	0,3	1,0
glas, keramiek	1,0	0,5	0,1	nihil	0,4	nihil	nihil
metalen	8,9	4,2	0,6	0,1	3,9	nihil	0,1
hout	85,3	43,2	5,3	0,33	36,3	0,1	0,1
grond, zand *	10	5,1	0,7	0,2	3,9	nihil	0,1
metsel/beton puin*	5	2,7	0,3	0,1	1,9	nihil	nihil
asfalt/grind *	15	7,8	1,0	0,3	5,8	0,1	nihil
slib *	41	22,3	3,0	0,3	14,8	0,1	0,2
overig *	41	22,3	3,0	0,3	14,8	0,1	0,2
totaal	41,4	22,5	3,0	0,6	15,0	0,1	0,2

In Wardenaar staat dat de chemische samenstelling is bepaald uit niet nader genoemde literatuur.

bijlage 6: Bronnen Verbrandingswaarde

Bij bronnen wordt per bron de wijze van bepaling van de verbrandingswaarde besproken, het jaartal van de monsternamen, de wijze van monsternamen en de resultaten. Alle gevonden bronnen die de verbrandingswaarde van (fracties van) Nederlands restafval hebben opgenomen worden besproken. Duidelijk is dat veel bronnen waarden overnemen van eerdere bronnen.

Beek 1988

Fysisch en chemisch onderzoek aan huishoudelijk afval / A.I.M. van de Beek, A.A.J. Cornelissen, T.G. Aalbers. - Bilthoven : RIVM, 1988. - 24 bl. p. : tab..- (RIVM-rapport ; 738505005)

De verbrandingswaarde is bepaald met adiabatische calorimeter volgens NEN 1928

De waarden zijn ook opgenomen in Otte 1994. De hier genoemde waarden zijn van de meting in Arnhem van 1986.

Tabel 3a. De gemiddelde calorische waarden in de droge componenten

component	calorische waarden MJ/kg
gft	8.4 ± 0.3
papier	15.5 ± 0.7
kunststof	39.8 ± 4.0
glas	n.b.
ferro	n.b.
non-ferro	n.b.
textiel	20.2 ± 0.2
brood	17.9
dierlijk-afval	n.b.
keramiek	n.b.
tapijten	15.4 ± 0.1
leder/rubber	23.7 ± 0.3
hout	18.7 ± 0.1
bijzonder-afval	n.b.

* De kwikgehalten zijn in

Beker 1999

Chemische analyse van huishoudelijk restafval : resultaten 1994 en 1995 / D. Beker, A.A.J. Cornelissen. - Bilthoven : RIVM, 1999. - 40 p. : tab.

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	1994	1994
Zee fractie <3 mm	4.6	4.2	76	74	74	<0.5
Zee fractie 3-8 mm	5.9	6.4	68	66	70	<0.5
Zee fractie 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⁾
Keramik	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

Fraunhofen 2000

Ökologische Bilanz der Entsorgung von Inkontinenz-System-Abfall aus öffentlichen Einrichtungen / Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik. - Dortmund : Fraunhofer, IML, 2000. - 135 p. : fig., tab.

In Fraunhofen is gekeken naar de ecologische balans voor verschillende wijze van verwerking van incontinentie materiaal. Een van de verwerkingsmethoden is verbranden. Hierbij is een NCV voor luiers (incontinentie materiaal) gegeven.

Wijze van bepalen NCV

Wijze van bepalen is onbekend.

Monstername

De wijze van monstername om de NCV te bepalen en het jaar waarin het monster genomen is zijn niet bekend. De NCV zal in 2000 of eerder bepaald zijn gezien de publicatiedatum van het rapport.

*Resultaat***Tabel: Fraunhofen**

Sorteerfractie	NCV totaal MJ/kg	NCV Biomassa MJ/kg	NCV Niet-biomassa MJ/kg
Luiers	7,4	3,4	4,0

vochtgehalte is 63.2%

Nolan 2001

Het is een richtlijn voor het bepalen van de duurzame componenten in afval voor elektriciteitsproductie. Voor verschillende soorten fracties (Australische fracties) wordt de verbrandingswaarde gegeven met onderscheid in duurzaam en niet-duurzaam. Door de gegeven informatie is het mogelijk de stookwaarde bij een bepaald vochtgehalte te bepalen. Het is opgesteld in opdracht van Office of Renewable Energy Regulator, Australian Government.

Het is aannemelijk dat de samenstelling van luiers in Australië niet erg verschilt met luiers in Nederland gezien het feit dat de grote producenten van luiers wereldwijd opereren.

Wijze van bepalen Calorific Value

De bepalingswijze is onbekend. Calorific Value wordt bepaald aan de hand van de verbrandingswaarde en het vochtgehalte. De wijze waarop de Calorific Value is bepaald is onbekend.

De CV_{raw} is berekend op basis van het vochtpercentage bij de gegeven CV_{upper} van 22.900 kJ/kg en een waterstofgehalte van 6,4%. De gebruikte formule staat in onderstaand kader.

$$CV_{raw} = ((1-w) \times (CV_{upper} - (2441 * x 9) \times H)) - 2441 \times w$$

Where:

CV= calorific value ('raw' is real 'as delivered' value, 'upper' is value for dried material) in kJ/kg

w= % moisture content (by weight)

H = % Hydrogen content (from literature values)

* vapourisation enthalpy of water (2441 kJ/kg at 25o C)

CV_{raw} komt overeen met NCV. CV_{upper} komt niet overeen met GCV (het verschil zit in de energie die het kost om de geoxideerde waterstof te verdampen).

Monstername

Onbekend voor het bepalen van de gegeven Calorific Value. Indien men het vochtgehalte van afval wil bepalen is de wijze van monsterneming omschreven. De verbrandingswaarde zal van 2001 (publicatiejaar rapport) of eerder zijn.

Resultaat

Tabel Nolan

Sorteerfractie	CV_{upper} (Mj/kg)	CV_{raw} (Mj/kg)*	Biomassa CV_{raw} (Mj/kg)**	Vocht (gewicht%)
Luiers	22,9	8,4	4,19	55

*: De totale Calorific Value is het Eligible en Non-Eligible Components samen.

** : Voor biomassa is hier aangehouden het deel dat in aanmerking komt als renewable component volgens Australische regelgeving.

Otte 1994

Analyse van metalen en verbrandingswaarde in componenten uit huishoudelijk afval, 1988-1992 (met hierin opgenomen de resultaten van 1986 en 1987) / P.F. Otte. - Amersfoort : RIVM, 1994. - VII + 48 p. : tab..- (RIVM-rapport ; 776201012)

Wijze van bepaling stookwaarde

De wijze waarop de stookwaarde is bepaald is beschreven door Beek [Beek, 1988]. Dit is gedaan met een adiabatische calorimeter volgens ISO 1928. Hierbij wordt 0,5-1,0 gram stof verbrand in een bom bij 30 atm. De verbrandingswarmte wordt berekend uit de temperatuurstijging. De gegeven verbrandingswaarden zijn de bovenverbrandingswaarde. Bij de berekening voor de stookwaarde is de volgende formule gebruikt:

$$\text{stookwaarde} = ((1 - \text{vochtgehalte}) * \text{verbrandingswaarde}) - (\text{vochtgehalte} * 2,442 \text{ Mj/kg})$$

Jaartal monstername

De monsters zijn in 1986 en 1991 in Arnhem en 1987 en 1992 in Amsterdam genomen.

Wijze van monstername

Wijze van monstername is onbekend.

Resultaat

De hier gegeven stookwaarden zijn de gemiddelden van 1986 en 1987 samen en van 1991 en 1992 samen voor de afvalmonsters waarbij elk monster even zwaar meetelt.

Tabel Otte

Sorteerfractie	Stookwaarde (Mj/kg) van de sorteerfractie		Vocht in gewichtpercentage in de sorteerfractie		Gewicht% ds van de sorteerfractie op totaal van de monster	
	1986/1987	1991/1992	1986/1987	1991/1992	1986/1987	1991/1992
GFT en fijne zeeffractie	2,6	2,2	57	54	37	35
Papier	9,8	10,6	31	31	27	28
Kunststoffen	30,3	28,5	21	21	8	10
Textiel	16,7	16,6	18	17	3	3
Brood	11,2		32	33	3	3
Tapijten	16,5	18,3	10	3	0	0
Leer/rubber	22,3	21,2	8	9	1	1
Hout	14,9	16,7	14	11	1	1

Phyllis

Phyllis, database for biomass and waste, <http://www.ecn.nl/phyllis> Energy research Centre of the Netherlands

EEA afval

In Phyllis wordt voor het plastic van EEA en voor achterkanten van TV's waarden gegeven over de GCV. Als bron is gegeven European brominated flame retardant industry panel (EBFRIP), rapport uit 2002. In het onderstaande tabel zijn de waarden opgenomen en is een gemiddelde berekend. Het gaat hier alleen om plastics van EEA.

Tabel Phyllis

	GCV, dry (kJ/kg)
Plastics from WEEE, mix 1	32.493
Plastics from WEEE, mix 2	26.703
TV back plates, 1	39.573
TV back plates, 2	36.680
Gemiddelde	33.862

TAUW, 1995

Bepaling van de calorische waarde van afval door middel van sorteeraanlyse / [uitg.] Tauw Milieu. - Deventer : Tauw Milieu, 1995. - 38 p. : tab., graf.- (EWAB ; 9513)

In TAUW 1995 zijn de waarden zoals bepaald in Otte 1994 geijkt. Alleen zijn de waarden zoals ze staan in Otte 1994 NCV en zijn ze in TAUW 1995 in GCV.

In de middelste kolom staan de waarden van Otte 1994 en in de rechter kolom de waarden van TAUW 1995. Bij een aantal fracties zijn duidelijke verschillen te zijn tussen de gemeten waarden. De verschillen in de gemeten waarden worden in TAUW 1995 verklaart door de inhomogeniteit van de fracties waarbij zeer kleine hoeveelheden maar geanalyseerd wordt.

Monstername

Het monster van TAUW komt uit een plaats (Zevenbergen). De verbrandingswaarde is bepaald met de bomcalorimeter (volgens voorschrift ASTM D240). Het jaar waarin de monster genomen is is niet gegeven maar aannemelijk is dat het in 1994 was.

Resultaat

Bij narekenen van Otte naar TAUW is de fractie van tapijten verandert in tapijt en matten waarbij de waarden in Otte 18,8 MJ/kg is en in TAUW 1995 17,8 MJ/kg.

Praktijkonderzoek calorische waardebepaling volgens de Tauw-methode

Tabel 2.2 Verbrandingswarmten van de verschillende fracties (bron: RIVM)

Fractie	bovenste verbrandingswarmte van droge fractie in MJ/kg volgens RIVM	bovenste verbrandingswarmte van droge fractie in MJ/kg bepaald bij ijking
GFT e.d.	8,8	circa 12 ¹
papier en karton	15,9	15,4
kunststof	38,2	38,25
inert	0	0
textiel	20,5	20,95
tapijt en matten	17,8	15,20
leer en rubber	24,0	14,75
hout	18,3	18,85
verdampingswarmte water (bij 100°C)	2,26	

¹ Bij de bepaling van de verbrandingswarmte van GFT zijn de fractie GFT > 20 mm en de fractie < 20 mm separaat onderzocht. Voor de fractie GFT > 20 mm werd een waarde van 14.650 kJ/kg gevonden, voor de fractie < 20 mm een waarde van 10.050 kJ/kg. Op basis van het aandeel < 20 mm in het GFT volgt een waarde van circa 12.000 kJ/kg voor het GFT.

Vroonhof 2007

Verwerking van luierafval : vergelijking op milieueffecten, kosten en hygiënische aspecten van verwerkingsroutes / J.T.W. (Jan) Vroonhof. - Delft : CE, 2007. - 59 p. : fig., tab..- (CE-publicaties ; 07.3388.16)

In de studie zijn verschillende verwerkingsmethodes voor luiers op milieueffecten met elkaar vergeleken. Hierbij is ook gekeken naar de verbranding van luiers waarbij een stookwaarde voor luiers is gegeven.

Wijze van bepalen stookwaarde

De NCV is berekend op theoretische basis aan de hand van de samenstelling van luiers. Er is hierbij geen onderscheid gemaakt naar biomassa en niet-biomassa.

De gebruikte formule die ingevoerd is om de berekening uit te voeren is niet correct. Na aanpassing van de formule is de NCV toegenomen van 4,8 MJ/kg naar 5,8 MJ/kg. Voor het waterstofgehalte is een waarde van 7,5% aangehouden door Vroonhof.

Monstername

De samenstelling van vervuilde luiers is overgenomen van EDANA [2005] en van EA [2005] en Hasko [1996]. De samenstelling van de luier is gebaseerd op data uit 2005.

*Resultaat***Tabel Vroonhof aangepast**

Sorteerfractie	NCV totaal (MJ/kg)	Vocht (gewicht%)
luiers	5,8	63,3

WijdevenSutmuller & Partners1996

Bepalingsmethoden voor de stookwaarde en de verbrandingswarmte van afval / WijdevenSutmuller & Partners.
- Geldermalsen : WijdevenSutmuller & partners, 1996. - 48 p. : ill.- (EWAB ; 9609)

Dit rapport wordt ook genoemd als Novem 1996.

De waarden zijn overgenomen van TAUW 1995. De fractie GFT is inclusief or. En de fractie glas, ferro, non-ferro en keramiek is inert bij TAUW 1995.

Overzicht van stookwaarden van (droge) fracties afval

Bron: Rapport TauwMilieu "Bepaling van de calorische waarde van afval door middel van sorteeranalyses":
Onderzoek in opdracht van Novem (EWAB-programma).
Rapportnummer R3373088/3307948.M02/JSR.

Fractie bij sorteren	Stookwaarde (GJ/ton droog materiaal)
Groente-, fruit- en tuinafval	8,8 (± 5 %)
Papier en karton	15,9 (± 5 %)
Textiel	20,5 (± 4 %)
Hout	18,3 (± 7 %)
Kunststoffen	38,2 (± 5 %)
Leer en rubber	24,0 (± 4 %)
Tapijten en matten	17,8 (± 12 %)
Glas, ferro, non-ferro en keramiek	0
Restafval	niet bekend

Opmerking: de stookwaarden zijn betrokken op droog materiaal !

bijlage 7: Referenties

Beek 1988

Fysisch en chemisch onderzoek aan huishoudelijk afval / A.I.M. van de Beek, A.A.J. Cornelissen, T.G. Aalbers. - Bilthoven : RIVM, 1988. - 24 bl. p. : tab.- (RIVM-rapport ; 738505005)

Beker 1999

Chemische analyse van huishoudelijk restafval : resultaten 1994 en 1995 / D. Beker, A.A.J. Cornelissen. - Bilthoven : RIVM, 1999. - 40 p. : tab.

Blok 1993

Koolstofbalans van het afvalstelsel in Nederland / D. de Jager en K. Blok. - Utrecht : Ecofys, 1993. - 50 p. : graf., tab.

Bosselaar 2006

Protocol Monitoring Duurzame Energie : update 2006 - Methodiek voor het berekenen en registreren van de bijdrage van duurzame energiebronnen / Lex Bosselaar, Timo Gerlagh, 2006. - 67 p. : tab

Fellner 2007

A new method to determine the ratio of electricity production from fossil and biogenic sources in Waste-to-energy plants / J. Fellner, O. Cencic, H. Rechberger. - - uit: Environ. Sci. Technol. jrg (2007) 741, p. 2579-2586

Fraunhofer 2000

Ökologische Bilanz der Entsorgung von Inkontinenz-System-Abfall aus öffentlichen Einrichtungen / Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik. - Dortmund : Fraunhofer, IML, 2000. - 135 p. : fig., tab.

IPCC 2006

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds).
Published: IGES, Japan.

Nolan 2001

Guideline for Determining the Renewable Components in Waste for Electricity Generation, Nolan ITU Pty Ltd, march 2001

Otte 1994

Analyse van metalen en calorische waarde in componenten uit huishoudelijk afval, 1988-1992 (met hierin opgenomen de resultaten van 1986 en 1987) / P.F. Otte. - Amersfoort : RIVM, 1994. - VII + 48 p. : tab.- (RIVM-rapport ; 776201012)

Phyllis

Phyllis, database for biomass and waste, <http://www.ecn.nl/phyllis>,
Energy research Centre of the Netherlands

SenterNovem 2008

Samenstelling van het huishoudelijk restafval : resultaten sorteeranalyses 2007 / SenterNovem Uitvoering Afvalbeheer. - Utrecht : SenterNovem, 2008. - 38 p. : fig., tab..- (Uitvoering Afvalbeheer ; 3UA-08-18)

TAUW, 1995

Bepaling van de calorische waarde van afval door middel van sorteeranalyse / [uitg.] Tauw Milieu. - Deventer : Tauw Milieu, 1995. - 38 p. : tab., graf..- (EWAB ; 9513)

Vroonhof 2007

Verwerking van luierafval : vergelijking op milieueffecten, kosten en hygiënische aspecten van verwerkingsroutes / J.T.W. (Jan) Vroonhof. - Delft : CE, 2007. - 59 p. : fig., tab..- (CE-publicaties ; 07.3388.16)

Wardenaar, 1990

Optimalisatie energiebenutting bij afvalverbranding; deelstudie A / J.C._Wardenaar A.E._Pfeiffer; P.J._Ploumen;. - Arnhem : KEMA, 1990. - 111 [...] p. : fig. - Met bijl., lit.opg. - Met samenv..- (EWAB) Projectnummer 551100110 (EWAB)

WijdevenSutmuller & Partners1996

Bepalingsmethoden voor de stookwaarde en de verbrandingswarmte van afval / WijdevenSutmuller & Partners. - Geldermalsen : WijdevenSutmuller & partners, 1996. - 48 p. : ill..- (EWAB ; 9609)

