LANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT T.N.O.
GRONINGEN

DE WAARDERING VAN STADSVUIL EN STADSVUILCOMPOST DOOR MIDDEL VAN ANALYSE

WITH A SUMMARY:

THE EVALUATION OF TOWNWASTE AND TOWNWASTE COMPOST BY MEANS OF ANALYSIS

Ir JAC. KORTLEVEN

STAATSDRUKKERIJ UITGEVERIJBEDRIJF

VERSL. LANDBOUWK. ONDERZ. No. 57.7 • 'S-GRAVENHAGE • 1951

INHOUD [1]

BLZ.

I. INLEIDING 3

II. HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN STADSVUIL 4

III. VORMEN, WAARIN STADSVUIL AAN DE LANDBOUW KAN WORDEN TOEGEVOERD 8

1. Onbewerkt vuil 8

a. als meststof 8

b. als bouwgrond 9

2. Bereiding van compost uit stadsvuil na voorafgaande bewerking . . 11

a. het Danosysteem en andere verkleiningssystemen. 11

b. het Beccarisysteem 14

IV. STADSVUILCOMPOST VAM 15

1. Bereiding 15

2. Processen tijdens de broei. 17

3. Onderzoekingen aangaande processen tijdens de broei 23

4. Analyses van stadsvuilcompost VAM 39

5. Waardebepaling van stadsvuilcompost VAM 44

V. DE BIJDRAGE VAN STADSVUIL EN STADSVUILCOMPOST TOT DE HUMUSHUISHOUDING VAN DE GROND 47

VI. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VOOR STADSVUILCOMPOST 48

1. Gebruik in bijzondere gevallen 49

2. Verdere mogelijkheden 50

3. De noodzaak van verwerking van stadsvuil voor de landbouw . . . 51

SAMENVATTING 54

SUMMARY WITH TABLE OF CONTENTS AND GLOSSARY 58

LITERATUUR 63

[1] Manuscript ontvangen December 1950.

De auteur, Ir JAC. KORTLEVEN, is landbouwkundige bij het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen.

I. INLEIDING

Het begrip compost is al heel oud. Ook in de tegenwoordige betekenis van het woord, nl. van meststof. Zo schrijft SHAKESPEARE in Hamlet (3e bedrijf, 4e toneel, regel 151—152):

And do not spread the compost on the weeds,
To make them ranker.

Daar de Hamlet in 1602 werd geschreven is het begrip dus minstens drie en een halve eeuw oud (oudere bronnen zijn althans aan schrijver niet bekend). Evenwel geeft SHAKESPEARE niet aan, wat in zijn tijd precies onder compost verstaan werd.

Het meest bekend, althans in ons land, is het woord geworden door de vroegere stadscompost, een product dat bereid werd (volgens opgave van het Centraal Bureau voor de Statistiek in 1938 nog in 150 gemeenten, hoofdzakelijk middelmatige tot kleine gemeenten) door samenvoeging van alle stedelijke afvalstoffen, waaronder drek een zeer belangrijke plaats innam; verder bestond het mengsel uit huisvuil, straatveegsel, groenteafval van markten, afgevallen bladeren, rioolslib, slachtafval, bagger uit straatkolken enz. De stoffen werden bovendien met beer gedrenkt. De bereiding geschiedde in het klein, zonder mechanische hulpmiddelen, meest in waterdichte putten met een dak erboven. Het was meest handenwerk, met alle bezwaren van dien. Dit product vond gretig aftrek in de landbouw, o.a. in de veenkoloniën, maar ook elders. Door verbetering op sanitair gebied worden drek en urine thans steeds meer afzonderlijk afgevoerd, en komen deze niet meer in het vuil terecht. In vroeger tijd werd de waarde, die aan de stadscompost werd toegekend, toegeschreven aan de drekstoffen; dit is begrijpelijk, daar het nut van het gebruiken van excrementen van mens en dier voor verrijking van de bouwgrond reeds tientallen van eeuwen bekend is, en deze stoffen tot aan de opkomst der kunstmestindustrie ook vrijwel het enige middel hiertoe vormden. Toen dan ook het gehalte aan faecaliën in de stadscompost lager werd, werd deze minderwaardig geacht, en soms zelfs onverkoopbaar. Thans evenwel is ieder ervan overtuigd, dat stadsvuil zonder faecaliën bemestende waarde heeft, zó zelfs, dat sommigen de waarde van de oude stadscompost toeschrijven aan het huisvuil en niet aan de faecaliën of de beer (zo in (20) [1]. Dit nu is een vraag, welke niet meer van grote practische waarde is, daar de hoeveelheid stadscompost, welke thans nog bereid wordt, gering is, en ook deze wel gedoemd zal zijn te verdwijnen, terwijl de hoeveelheid stadsvuilcompost nog zal stijgen.

In tegenstelling met de s t a d s c o m p o s t, bereid uit stadsvuil en drekstoffen, staat nl. de s t a d s v u i l c o m p o s t, bereid uit stadsvuil zonder toevoeging.

De waarde van stadscompost werd door schrijver reeds eerder behandeld (12). Thans zal de stadsvuilcompost aan een beschouwing worden onderworpen.

In dit geschrift zal echter alleen worden ingegaan op samenstelling en eigenschappen van stadsvuil en stadsvuilcompost. De landbouwkundige toetsing ervan blijft voorbehouden voor een latere publicatie. Op technische bijzonderheden van de verschillende systemen zal slechts terloops worden ingegaan, en niet meer dan nodig is voor een goed begrip van de bereide producten.

Tenslotte moge in deze inleiding nog de te gebruiken terminologie worden aangegeven.

---

[1] Getallen tussen haakjes verwijzen naar het literatuuroverzicht.

Onder c o m p o s t wordt verstaan: een organische meststof, bestaande uit een al of niet verbroeid mengsel, ontstaan door doelbewust mengen of als mengsel gewonnen, met deze uitbreiding van het begrip, dat ook een uit één component bestaande organische meststof er wel toe gerekend wordt (b.v. strocompost), wanneer bereiding, uiterlijk en gebruik gelijk zijn. Stalmest is volgens deze definitie in wezen ook een compost; daar deze evenwel een eigen plaats inneemt en de naam stalmest een oud en vertrouwd begrip vertegenwoordigt, wordt zij er niet toe gerekend (11).

Op grond van deze definitie moet het werkwoord c o m p o s t e r e n worden herzien. Vaak wordt hieronder het broeiproces verstaan. Daar evenwel volgens het spraakgebruik (gekristalliseerd in bovenstaande definitie) ook niet-gebroeide producten compost genoemd worden (b.v. Danocompost) geeft dit aanleiding tot misverstand. Onder compostering wordt daarom verstaan het compost bereiden (dat bestaan kan uit enkel mengen), terwijl het proces, bestaande uit velerlei chemische en microbiologische omzettingen met temperatuursverhoging, wordt aangeduid met de termen: het broeien of de broei. Dit laatste is dus slechts een deel van het composteringsproces, dat bovendien niet bij alle composten optreedt.

Alle analyses, behoudens enkele uitzonderingen, die worden aangegeven, zijn voor schrijver uitgevoerd door het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht ten behoeve van zijn onderzoek van composten en hun landbouwkundige betekenis.

Het zal opvallen, dat bij de oudere analyses slechts het gloeiverlies werd bepaald. Daar evenwel de behoefte gevoeld werd, hieruit de huisbrandkool, die zeker niet als organische stof mag gerekend worden, te verwijderen, werd na 1948 deze afzonderlijk bepaald (volgens een methode, uitgewerkt door Dr Ir F. C. Gerretsen), en wordt na aftrekking de werkelijke organische stof gevonden. Hiermede werd reeds een belangrijke verbetering verkregen. Van nog veel meer belang zal het zijn, als mettertijd methoden uitgewerkt zullen zijn, om deze organische stof verder te verdelen en te kwalificeren. Momenteel echter is het nog niet zover en kunnen wij slechts spreken van organische stof als verzamelbegrip, zonder in staat te zijn vormen van organische stof van verschillende kwaliteit te onderscheiden, laat staan deze te waarderen.

II. HOEVEELHEID EN SAMENSTELLING VAN STADSVUIL

De *vaste stedelijke afval* bestaat voornamelijk uit huisvuil, verder straatveegsel en marktvuil en enkele minder belangrijke stoffen.

Over de samenstelling ervan zijn maar weinig exacte gegevens bekend. Wel staat vast dat het stadsvuil, op het oog beoordeeld, zeer wisselend in samenstelling is. Dit is ook verklaarbaar. Allereerst is de aard van de gemeente van invloed (fabriksstad, handelsstad, landelijke gemeente e.d.), verder het seizoen (wintervuil met veel, zomervuil met weinig kachelas). Enkele opnamen van de samenstelling, enigszins hergegroepeerd om gelijkluidende groepen te krijgen, zijn in tabel 1 samengevat (jaargemiddelden (27) (10)).

Hoewel het gemiddelde wel van ongelijke gegevens komt, is er toch aansluiting bij andere gegevens, zodat het gemiddelde wel een globaal beeld geeft. In totaal is er dus aan organisch materiaal (groente- en tuinafval, papier, lompen en beenderen) ruim 40 %, anorganisch bijna 60 %. Wij kunnen het vochtgehalte practisch geheel in mindering brengen van de boven berekende organische bestanddelen (de an-

TABEL 1. SAMENSTELLING VAN STADSVUIL

	Hilversum 1944	Londen 1925	Hamburg 1935	Rotterdam 1938	Manchester 1929	Gemiddeld	Den Haag 1949	
Fijnvuil (incl. as, sintels, steentjes)	27	53	55	50	52	48	51	*Smallsized particles (incl. ashes, cinders, gravel)*
Groente- en tuinafval	34	15	19	20	24	22	11	*Vegetables and garden waste*
Papier	26	16	12	18	12	17	26	*Paper*
Lompen	2	2	2	2	1	2		*Rags*
Metalen	2	4	4	2	4	3		*Metals*
Glas	2	3	2	1	3	2		*Glass*
Beenderen	3	1	1	1	1	1	11	*Bones*
Diversen (o.a. leer, rubber e.d.)	4	6	5	6	3	5		*Miscellaneous (leather, rubber etc.)*
						100		

TABLE 1. *Composition of town refuse*

organische bestanddelen als as zijn nagenoeg droog, de metalen en stenen vanzelfsprekend). In ruwe trekken is de samenstelling dus: Anorganisch 60 %, Organisch 20 %, Water 20 %. OWEN and JONES vonden een hiermede overeenstemmend getal voor organische stof nl. 18 %. De 60 % anorganisch materiaal kunnen, terugrekenend uit VAM-eindproduct, nog gesplitst worden in as en zand 40, stenen 12, kooldeeltjes (huisbrand) 8, totaal 60. Om as en zand gescheiden op te geven zijn geen gegevens voorhanden. Het is wel van belang op te merken, dat bovenstaande cijfers gewichtsprocenten aangeven, en dat de volumen-percentages totaal anders uitvallen door het zeer ongelijke s.g. van b.v. papier en stenen.

In tabel 1 is achter de kolom der gemiddelden nog een kolom bijgevoegd, welke het gemiddelde vermeldt van 12 maandelijkse opnamen (verstrekt door de N.V. V.A.M.). De verhouding organisch: anorganisch is hier, evenals in de kolom der gemiddelden, ongeveer 40 : 60 (incl. vocht). De op deze verhouding gebaseerde beschouwingen mogen dus met recht van toepassing verklaard worden voor Haags stadsvuil en de hieruit bereide stadsvuilcompost VAM.

In het materiaal zijn lignine- en eiwithoudend materiaal, de bouwstoffen voor humus, aanwezig, evenals basen voor de verzadiging ervan en Al, Fe en Si (in het straatveegsel) terwijl er ook fijne fractie aanwezig is. Bij een desbetreffend onderzoek werd een gehalte aan afslibbare delen gevonden van 7 %. Er zal dus een klei-humuscomplex (13) gevormd kunnen worden indien de hiervoor geschikte kleimineralen, vnl. montmorilloniet, aanwezig zijn (N.B. dit blijkt volgens onderzoekingen van VAN DER MAREL (17) onvoldoende het geval te zijn). Het lignine- en eiwithoudend materiaal is afkomstig uit de organische stof, de lignine uit plantenresten, hout, papier (voorzover niet houtvrij), het eiwit uit de groentenafval. Tevens is hierin de voedingsbron voor de microörganismen, welke de nodige omzettingen tot stand moeten brengen, in voldoende mate aanwezig (de cellulose). Door hydrolysering van de fijnere delen van de as en door aantasting van de metaaldelen komen aanzienlijke

hoeveelheden Al-, Fe- en Si-kationen in omloop, evenals andere basen en metaalionen.

Enkele analyses van vers Haags wintervuil, en van vers Gronings zomervuil, toegepast in eigen proeven, leverden de gegevens in tabel 2.

TABEL 2. ANALYSE VAN VERS VUIL [1]

	Wintervuil				Zomervuil	
	Vers vuil		In % van totaal op droge stof		Vers vuil	In % van totaal op droge stof
	A	B	A	B		
Totaal N	0,35	0,37	0,47	0,47	0,39	0,79
P_2O_5 opl. in mineraalzuur	0,30	0,35	0,39	0,45	0,25	0,50
K_2O opl. in water	0,25	0,27	0,31	0,34	0,34	0,67
CaO opl. in mineraalzuur	2,60	2,73	3,42	3,48	1,6	3,2
CO_2	1,–	1,–	1,31	1,25	0,1	0,2
Huisbrandkool	21,6	25,1	28,4	31,7	7,4	14,8
Organische stof	6,4	5,6	8,4	7,2	17,5	35,–
Vocht	23,9	21,5	—	—	49,9	—
Niet te bemonsteren (blik, ijzer, lompen, sintels, rubber, leer, enz.)	8,6					

TABLE 2. *Analysis of fresh refuse*

In tabel 2 komen duidelijke seizoensverschillen naar voren. Deze ontstaan allereerst door grotere hoeveelheden kachelas en minder groenteafval en papier (doordat hiervan veel wordt opgestookt) in de winter; verder door speciale perioden, als voorjaarsschoonmaak, Kerstmis met kerstbomen, Sint Nicolaas met pakmateriaal enz. enz. Een beeld van de verschillen tussen zomer- en wintervuil geven de cijfers van tabel 3, afkomstig van Rotterdam van 1938 (gemiddelden van 3 wijken, nl. winkelwoonwijk, arbeiderswoonwijk, middenstandswoonwijk) in % van het totaal (27).

TABEL 3. WINTER- VERSUS ZOMERVUIL

	Febr.	Aug.	
Gezeefd fijn vuil 0—2 cm, dus hoofdzakelijk as en zand	57	26	*Sieve fraction < 2 cm (< 0,8") mainly sand and ashes*
Gezeefd grover vuil 2—4 cm, vrij constant, gemiddeld	15	15	*Idem 2—4 cm*
Grover groenteafval	8	20	*Vegetable waste*
Papier en carton	12	22	*Paper and cardboard*
Rest	8	17	*Remainder*

TABLE 3. *Winter waste versus summer waste*

[1] Analysecijfers van vers vuil zijn schaars, wat het gevolg is van het feit, dat het een moeilijk materiaal is om te bemonsteren door het volumineuze karakter en het voorkomen van nogal omvangrijke bestanddelen. Een homogeen monster is zonder speciale meng- en verkleinapparaten niet te verkrijgen.

In hoeverre het verschil in verhouding tussen groente en papier (en de invloed daarvan op lignine-, eiwit- en cellulosegehalte en op C/N) en tussen groente + papier en as (basenverzadiging) van invloed is op de waarde van het product, is nog niet bekend. De enige practijkwaarneming is, dat het composteringsproces bij het VAM bedrijf te Wijster met wintervuil aanzienlijk sneller verloopt dan met zomervuil. Dit zou eenvoudig het gevolg kunnen zijn van het geringere quantum organische stof, zodat de processen vlugger afgelopen zijn.

Winter- en zomervuil, en het overgangsvuil (uit de overgangsperioden tussen winter en zomer in voor- en najaar) komen gemiddeld voor in de globale verhouding 7 : 4 : 2 of resp. 55 %, 30 % en 15 %.

Behalve de enkele in bovenstaande analyse bepaalde elementen is nog veel meer in het vuil aanwezig o.a. sporenelementen, zoals later blijken zal bij de bespreking van de uit stadsvuil bereide VAM-compost.

Vergeleken bij het vooroorlogse vuil is de samenstelling veranderd door het meer intensief afzonderlijk ophalen van groenteafval en papier resp. voor veevoer en de papierindustrie. Het ophalen van groenteafval is het best georganiseerd, waardoor in sommige steden 1 kg per hoofd per week wordt verzameld, d.i. ruim 50 kg per jaar op een totaal van 200 kg afval. Dit is wel ongeveer het maximum wat bereikbaar is, waarbij vrijwel geen groenteafval meer in het vuil terecht komt, zodat de belangrijkste eiwitbron uitgeschakeld is. Met het Haagse vuil is het evenwel nog niet zover. Het inzamelen van papier geschiedt in de grote steden in hoofdzaak nog slechts daar, waar grote hoeveelheden ervan voorkomen (banken, kantoren, oude archieven, e.d.) maar is toch van belang. Deze feiten zijn dus van vérstrekkende invloed op het stadsvuil, bezien uit het oogpunt van organische stof. Er zijn geen gegevens beschikbaar, om te beoordelen, hoe groenteafval en papier het best tot hun recht komen, óf als veevoer en grondstof voor de papierindustrie, óf als organische stof ter verrijking van de grond. Vast staat evenwel, dat in het eerste geval het nuttig effect veel directer is, en gemakkelijker en vlugger waarneembaar dan in het tweede.

Vóór de oorlog werd geproduceerd in de grote steden globaal 1 m^3 vast vuil per hoofd der bevolking per jaar, waarin begrepen straat- en marktvuil. In de oorlog daalde dit door grote schaarste, dus groter zuinigheid tot de helft à een derde van deze hoeveelheid. Thans is het weer vrijwel op het oude niveau gekomen. Deze m^3 woog vroeger 350 kg, d.i. 1 kg per dag. De laatste jaren voor de oorlog werd het vuil steeds lichter en volumineuzer, tot soms slechts 200 kg per m^3. Ook thans is het licht, en weegt in doorsnee ruim 200 kg, nadat het in de oorlog door een geringer kwantum volumineuze stoffen (blikken, flessen, stro, dozen, kistjes) tijdelijk weer zwaarder is geweest. In die tijd was het materiaal dus compacter; het vertoonde bij het transport naar Wijster geen voorbroei in de wagons, en later een abnormale gang van de temperatuur tijdens de broeiïng. Aannemende, dat van de bijna 10 millioen inwoners van ons land de helft in zodanige centra woont, dat het vuil thans verbrand of op andere wijze verwijderd moet worden, zou dit bij verzamelen opleveren 5 mill. m^3 of 1 mill. ton, wellicht op te voeren door combinering van kleinere gemeenten en centra.

III. VORMEN WAARIN STADSVUIL AAN DE LANDBOUW KAN WORDEN TOEGEVOERD

Algemeen

Momenteel wordt in ons land een derde deel van alle vuil verbrand; dit betreft hetzij alle brandbare vuil, vooral in grotere gemeenten (Amsterdam, Rotterdam, Dordrecht) in speciale verbrandingsovens, hetzij alleen het grove vuil (5 à 10 %) op de vuilstortplaats. De helft van alle vuil wordt gestort, hetzij op de vuilstortplaats, hetzij op laaggelegen, drassig land (b.v. Leiden) ofwel het wordt gebruikt om plassen te dempen; één gemeente (den Helder) stort het in zee. Voor een gering deel van het totaal wordt het vuil dienstbaar gemaakt aan de landbouw. Dit kan gebeuren op 2 manieren:

1. zonder voorafgaande bewerking;
2. met voorafgaande bewerking.

Tot 1 behoort het op of in de grond brengen van het vuil als zodanig, maar ook het dempen, storten en ophogen, dat weliswaar niet landbouwkundig bedoeld is, doch slechts dient als middel om het vuil kwijt te raken, maar waar op de aldus verkregen vuilophopingen landbouw wordt uitgeoefend. Te onderscheiden zijn dus:

1*a*. het gebruik van stadsvuil als meststof en grondverbeteringsmiddel.
b. aanbrengen van zulke dikke lagen, dat in het vuil zelf de landbouwgewassen worden geteeld.

De tot 2 behorende methoden kunnen worden onderscheiden in:

2*a*. het systeem, waar menging en vergruizing wordt toegepast, doch hoegenaamd geen broei optreedt; Dano-systeem, Luikse systeem, raspsysteem (Weststrate).
b. het Beccari-systeem met gisting in cellen, doch zonder mengen en vergruizen.
c. het VAM-systeem met gisting in de open lucht.

1. Onbewerkt vuil

a. Onbewerkt vuil als meststof

Volgens Hudig, Goodijk en van Maanen (6) is een bedekking met 20 cm vuil voldoende om er enige jaren zonder bemesting gewassen op te telen. Nu vormt een laag van 20 cm dik per ha 2 000 m^3 of 400 ton met 1600 kg N, 800 kg P_2O_5, 1000 kg K_2O, 10 000 kg CaO, 800 kg MgO en voldoende van een hele reeks andere (vnl. sporen) elementen. Het is dus verklaarbaar, dat bemesting overbodig is. Uitsluitend als bemesting gebruikt, zou de boven berekende beschikbare hoeveelheid van 1 mill. ton toereikend zijn voor 2 500 ha per jaar. Zou deze bemesting voldoende zijn voor 4 jaar, dan zouden hiermede 10 000 ha doorlopend geholpen kunnen worden. Het is dus wel een verkwistende wijze van toepassing, welke evenwel toch aandacht verdient, waar andere methoden uitgesloten zijn, en die te prefereren is boven andere nog verkwistender toepassingen en boven verbranden.

Vele terreinen zijn door op- en inbrengen van vers vuil verbeterd; zo b.v. heidegrond te Brecht bij Antwerpen, veengrond bij Enschede, dennenbos bij Arnhem, heide en slechte bosgrond bij Hilversum. In Arnhem werden grote stukken (als

ledikanten e.d.) ondergegraven; en de rest 15 cm dik uitgespreid en afgedekt met 15 à 20 cm zand (dit laatste slechts om hygiënische en aesthetische redenen, daar men de voorkeur gaf aan uitstrooien aan de oppervlakte). In een jaar tijd werd de stijve, steriele, sterk zure grond, welke bedekt was door een dikke laag slecht verteerde naalden, veranderd in mooie, in kruimeltoestand verkerende, bacterierijke grond, waarop de ondergroei goed aansloeg. De spontaan opkomende vegetatie (uit zaden in het vuil aanwezig) voerde ook nog organische stof toe. In Enschede werd het vuil in een 80 cm dikke laag opgebracht. In Hilversum werd 4000 m³ (dus ca 40 cm dik) tot 1 m diepte ingebracht.

De gewassen hebben bij deze methode spoedig van droogte te lijden, daar in de laag van het verse vuil de capillaire werking onderbroken is en het vuil, zolang geen humusvorming heeft plaats gehad, ook slechts een gering waterhoudend vermogen heeft. Na enkele jaren (niet of ondiep ingewerkt) is alles vergaan, en vindt men op het oog niets meer terug dan scherven, schoenzolen, en enkele metaaldelen. Verder is alles, ook blikken, emaillewerk e.d. verteerd en opgelost. (Wel zal natuurlijk een deel van de 60 % anorganische bestanddelen overblijven, die echter als zodanig niet meer te onderscheiden zijn. Daar dit nog een aanzienlijke hoeveelheid zijn kan, is meerdere kennis hiervan gewenst). Door de sterke aërobie verbrandt de organische stof en vindt vermoedelijk geen humusvorming van betekenis plaats. Wat er wel plaats grijpt, is niet nagegaan, evenmin als de invloed van het mulchen op de grond, welke werkwijze ook in de tropen veel wordt toegepast. Hoe de structuurverbeterende werking in deze gevallen in zijn werk gaat, zal nader moeten worden onderzocht. Speciaal in het geval van opbrengen van een niet te dikke laag kan men bezwaarlijk aannemen, dat hier (stabiele) humus gevormd en aldus structuurverbeterend gewerkt wordt.

Aantrekkelijker is de gedachte, dat wij in de meermalen geconstateerde gunstige werking een bevestiging hebben te zien van de mening, dat aan de in de grond aanwezige hoeveelheid stabiele humus een zekere hoeveelheid verteerbare organische stof moet worden toegevoerd, voor een optimale werking van de gezamenlijke organische stof (11).

b. Onbewerkt vuil als bouwgrond

Uit het overzicht van het Centraal Bureau voor de Statistiek in 1938 blijkt, dat gebruik van onbewerkt vuil als bouwgrond de het meest toegepaste werkwijze is voor verwijdering van vaste stedelijke afvalstoffen. Dit is begrijpelijk, aangezien men zich op deze wijze van aanzienlijke quanta vuil kan ontdoen, en er vele gronden zijn, die zichzelf hiervoor aanwijzen. Dit zijn gronden, die van nature of door mensenhand te laag liggen voor nuttig gebruik, terwijl zij ook geen aesthetische, recreatieve of natuurhistorische waarde hebben. Te noemen zijn: afgegraven veenderijen (turf), klei- en leemputten (steen-, aardewerk- en pannenfabrieken), zanderijen (zand voor wegen, dijken), grint- en mergelgroeven, lage rietlanden, poelen, zure weilanden die een deel van het jaar onder water staan. Ook wel kunnen diepten tussen heuvels op deze wijze worden opgevuld.

Het aanplempen als zodanig hoort hier eigenlijk niet thuis; het verdere ophogen vanaf het bereiken van de waterspiegel daarentegen weer wel, zodat aanplempen en ophogen gezamenlijk behandeld worden. Bij storten in water moeten ter voorkoming van verkleuring van het water, vissterfte en andere nevenverschijnselen, dammetjes worden aangelegd ter localisering. Verder is het bij alle stortingen aanbevelens-

waardig om, ter beteugeling van de stank, regelmatig af te dekken met grond. Hiermede wordt tevens het afstotende karakter weggenomen. Soms wordt alle vuil zo als het is, gestort, soms wordt het grove vuil op de bodem gedeponeerd, en het fijnere er boven. Ook wordt het grove vuil wel uitgesorteerd en afzonderlijk verwijderd, wat evenwel de kosten verhoogt. Dit vermindert de latere inklinking.

Een bijzondere vorm is het z.g. nat storten, d.w.z. opspuiten met een waterstraal. Dit geeft een goede menging, en weinig klink (10 %). Droog gestort vuil klinkt nl. sterk in. Voor de klink worden sterk wisselende percentages aangegeven, lopende van 14 tot 67 % van het oorspronkelijke volume; gemiddeld tot 37 %, dus ruwweg tot $^1/_4$ à $^1/_2$ van het oorspronkelijk volume. Bij het VAM bedrijf is de ruimte tussen 2 viaducten 45 000 m^3, d.i. bij het vooroorlogse gewicht van het vuil 15 000 ton. Door inklinking ging er echter 30 000 ton in, waarbij de stapel dan 6—6,5 m hoog was; deze klonk daarna nog in tot 5 m. In totaal ging hier de klink dus ook tot 40 % van het oorspronkelijk volume. Hoe hoger de stapel is, hoe sterker vanzelf de inklinking.

Zoals in het voorgaande werd besproken is dit t.a.v. de hoeveelheid vuil een verkwistende werkwijze. Zo werd in Hilversum voor ophoging in de Kortenhoefsche Polder gebruikt 50 000 m^3 los vuil per ha, d.i. ca 5 m hoog, wat na een jaar wel tot ca 2 m zal zijn ingeklonken. Hier werd dus een hoeveelheid van minstens 10 000 ton per ha gebruikt. De totale hoeveelheid van 5 mill. ton is op deze wijze toereikend voor 500 ha per jaar. Niet bekend is evenwel, of, en zo ja, na hoeveel tijd men weer moet terugkomen. Zeker niet na 4 jaar, zoals werd aangenomen bij het gebruik als meststof. De doelstelling is dan ook geheel anders; in het ene geval is deze bemesting, in het andere winnen van bouwgrond. Daar, althans in normale tijden, in de bemesting ook en wellicht zelfs beter op andere wijze kan worden voorzien, moet deze methode niet geheel worden verworpen. Over langere perioden gerekend kan op deze wijze een niet onbelangrijke oppervlakte aan overigens waardeloos terrein tot cultuurgrond worden gemaakt. Omstreeks 1940 werd door 27 grotere gemeenten tezamen 14 ha (en alle kleinere gemeenten meegerekend ca 20 ha) aangeplempt en opgehoogd, dus in enige jaren tot bouwland gemaakt. Hoewel dit het meest toegepaste systeem van vuilverwijdering is, blijkt het dus nog slechts een gedeelte uit te maken van het totaal van 500 ha per jaar, dat bij een dikte van 5 m mogelijk is, tenzij werd gestort in lagen van aanzienlijk meer dan 5 m dikte, en na inklinking weer werd teruggekomen.

Na het storten verlopen in het vuil soortgelijke processen als bij het VAM-procédé; deze komen later ter sprake. Alleen worden zij hier niet afgebroken, maar gaan steeds door tot een eindstadium is bereikt. De in het water terechtkomende stoffen bij aanplempen komen in anaëroob milieu, en ondergaan dus andere omzettingen waarbij de aanwezige plantenvoedingsstoffen in langzamer tempo worden vrijgemaakt.

Over de samenstelling van de bouwgrond, die men tenslotte overhoudt, is niets bekend. Dit is evenwel na te gaan aan een object als de Kortenhoefsche Polder te Hilversum. Het vuil van Groningen wordt eerst ontdaan van grof vuil (dit wordt verbrand); veeg- en marktvuil, rioolmodder en afval van veemarkt en slachthuis worden gezamenlijk als mest verkocht. De overige vaste afvalstoffen worden sedert 1934 vervoerd naar een uitgegraven zanderij onder de gemeente Vries, op 15 km afstand en sedert enige jaren bij Roden. Zij worden daarna met zand afgedekt. Gestort wordt in lagen van 6 m dik, waarbij gerekend wordt op inklinking tot 40 %. Ook dit is een geschikt object voor onderzoek; eind 1950 evenwel zal het Groningsche stadsvuil in Wijster verwerkt worden tot compost VAM.

Eveneens zou het van belang zijn na te gaan, welke resultaten in landbouwkundig opzicht op dergelijke gronden bereikt zijn. Enige aanwijzingen zijn bekend in wat gepubliceerd is over met stadsvuil opgehoogde terreinen bij Brecht (Antwerpen). Bij gebruik als bouwland moet rekening worden gehouden met de stikstofrijkdom (welke een weelderige groei veroorzaakt, waarbij de gewassen slecht tot rijping overgaan) en met het gevaar voor uitdrogen. Aangewezen zijn in de eerste jaren hakvruchten (bieten, aardappelen, koolrapen) welke in deze omstandigheden blijkens de ervaring het beste slagen. Te Brecht worden driemaal bieten verbouwd. Pas daarna heeft grondbewerking plaats, welke aanvankelijk moeilijk is door touwen, springveren en andere lange voorwerpen. Toekomstig grasland wordt zo spoedig mogelijk ingezaaid.

Een speciaal systeem wordt in Engeland toegepast en daar betiteld met de naam „controlled tipping" (27) d.w.z. methodisch storten (dus niet willekeurig als vroeger) in dikke lagen met samenpersing en afdekking. Gestort wordt in lagen van bijna 2 m (6 voet) dik en ruim 7 m (24 voet) breed. Stukken tapijt, linoleum, carton, worden onderop plat uitgespreid; holle voorwerpen worden gevuld met as of platgeslagen; het oppervlak wordt van grove stukken ontdaan en afgedekt met as, straatveegsel e.d., uitgezeefd tot 1 cm, in een laag van 15 cm dik, ten einde:

1e passage van gassen te beletten en warmte in te sluiten

2e vliegen en ander ongedierte te weren

3e het aanzien te verbeteren

4e standplaats te vormen voor het gewas.

Dit systeem wordt in Engeland op grote schaal toegepast met 5 mill. van de in totaal 7 mill. ton verzameld huisvuil, en men heeft er zeer goede resultaten mee verkregen.

Het aantrekkelijke van alle systemen, waarbij onbewerkt vuil gebruikt wordt, is dat men zich niet voor een lange reeks van jaren bindt door kostbare installaties, zodat men ze ten allen tijde kan verlaten.

2. Bereiding van compost uit stadsvuil na voorafgaande bewerking

a. Het Danosysteem en andere verkleiningssystemen

Dit procédé wordt in Holland niet toegepast. De kosten van de installaties en die voor het patent zullen hiervoor vermoedelijk een beletsel vormen.

Het vuil komt in een cylindrische, met 2 à 3 omwentelingen per minuut ronddraaiende silo, die een kleine helling heeft. Hierin wordt grondig gemengd en gelijkmatig bevochtigd. Via een transportband, waarvan grove en niet te verkleinen bestanddelen worden uitgelezen (wat voor de arbeiders een hygiënisch bezwaar oplevert, daar het hier vers vuil betreft, dat niet door hoge broeitemperatuur is gedesinfecteerd), gaat het naar den „egsetor", een liggende cylinder, inwendig voorzien van schoepen, waardoor bij ronddraaien (met 20 omwentelingen per minuut) stalen kogels op de massa vallen. Er ontstaat dus een massa van gelijkmatig kleine deeltjes, welke verdwijnen door openingen in de wand. Grotere delen worden afgevoerd. Er treedt, hoewel het gehele procédé in enkele uren is afgelopen, reeds enige temperatuursverhoging op. Door de korte duur blijft de organische stof vrijwel ongewijzigd. Gedurende deze korte tijd met goede aërobe gisting kunnen gemakkelijk aantastbare

verbindingen als eiwitten, cellulose, polysacchariden e.d. oppervlakkig worden aangetast, de meer resistente, als ligninen en vetten, niet. Er is nog geen sprake van koppeling van ligninen en proteïnen tot humusachtige verbindingen. Door de intensieve en gelijkmatige bevochtiging is het materiaal onbrandbaar en reeds vrijwel reukeloos, naar men zegt, doordat de organische delen door de bewerking omhuld zijn door een laagje vochtige stof van minerale oorsprong. De kleur is enigszins bruin, en het product heeft een aardachtig uiterlijk.

Doordat zoveel mogelijk wordt vergruisd, en niet uitgesorteerd, bevat het product veel anorganisch materiaal, in compost uit zomervuil reeds meer dan 60 %, waaronder veel ballast, als vergruisd glas, aardewerk enz. Dit, gevoegd bij de tegenwoordige onttrekking van vele organische stoffen (papier, groentenresten) aan het vuil, zou kunnen leiden tot de veronderstelling dat het product thans qua organische stof geen hoge waarde zou hebben, speciaal bij Danocompost van wintervuil. Men moet evenwel bedenken, dat hierbij (nog) geen organische stof verdwenen is door een broeiproces. Het organische stofgehalte is dan ook voor stadsvuilcompost zeer normaal en hoger dan dat van stadsvuilcompost VAM. Analysecijfers treft men aan in tabel 2 onder A, welke in feite afkomstig zijn van Danocompost uit Haags wintervuil, bereid in de Dano-installatie te Esbjerg in Denemarken. In tabel 4 worden deze waarden vergeleken met de overeenkomstige waarden van compost VAM uit wintervuil.

TABEL 4. VERGELIJKING VAN DE SAMENSTELLING VAN COMPOST VAM RESP. DANO UIT WINTERVUIL

	VAM		Dano	
	Totaal	Op droge stof	Totaal	Op droge stof
Totaal N	0,35	0,48	0,35	0,47
P_2O_5 (mineraalzuur)	0,35	0,48	0,30	0,39
K_2O (water)	0,20	0,28	0,25	0,31
CaO (mineraalzuur)	2,5	3,46	2,6	3,42
CO_2	1,2	1,7	1,–	1,3
Huisbrandkool	21,–	29,–	21,6	28,4
Organische stof	3,9	5,4	6,4	8,4
Vocht	27,7	—	23,9	—

TABLE 4. *Comparison of the composition of VAM and Dano-compost both made from winter waste*

De kwaliteit en de waarde van de organische stof in gebroeid resp. ongebroeid vuil wordt hier in het midden gelaten; dit is een punt van onderzoek, dat zich nog slechts in een voorlopig stadium bevindt.

Door de fijne verdeling en innige vermenging is de stof homogeen, en overal even goed aantastbaar door de sterke kneuzing van het materiaal, waardoor lignine-houdende stoffen beter toegankelijk zijn voor gistingsorganismen. Er treedt snel een sterke broei op. Het product is dus niet lang houdbaar en moet snel verwerkt worden. Het is als zodanig bruikbaar als broeimest in de tuinbouw. Deze heeft broeimest echter alleen in winter en voorjaar nodig. Om in de landbouw als compost bruikbaar te zijn, moet als regel eerst worden na-gecomposteerd, daar niet op elk gewenst moment compost kan worden toegediend, zodat moet worden opgeslagen, waarbij

broei optreedt. Deze rol wordt aan de boeren zelf toegedacht, waarbij zij de stof kunnen opwerken met bedrijfsafvalstoffen, stalmest, enz. Dit is wel een zwak punt, daar dan veel gaat afhangen van de zorg en ook van de routine, waarmede de compostering plaats heeft, terwijl het bezwaarlijk is in deze tijd van schaarste aan arbeidskrachten. De na-compostering kan evenwel ook centraal gebeuren. Het product heeft op onbewerkt vers vuil voor, dat het geen scherven e.d. meer bevat, dus bruikbaar is in de tuinbouw, op weilanden, bij fabrieksaardappelen (scherven zijn gevaarlijk voor de raspen in de aardappelmeelfabrieken) en overal, waar met de handen in de grond gewerkt wordt [1]. Volgens sommigen gaan de bemestingskwaliteiten ver uit boven die der gebruikelijke compostsoorten; voorlopig is in de proeven met Danocompost welke door ons genomen worden, hiervan echter niets gebleken (15). Merkwaardig in dit verband is bovendien, dat het in het land van herkomst, Denemarken, weinig afzet vindt.

Indien dit niet te kostbaar werd, zou een Danosysteem voorafgaande aan een VAM-systeem grote voordelen bieden door de zeer veel betere vergistingsmogelijkheden als gevolg van de verkleining en grondige menging. Bedoelde werkwijze stuit evenwel af op de kosten. Bij het VAM-systeem blijven nl. ophopingen van papier of andere stoffen in de hopen onaangetast. Andere mogelijkheden van verkleining, minder kostbaar dan het Danosysteem zijn in studie; veelbelovend in deze richting is het raspsysteem van Ir WESTSTRATE. Dit zal binnenkort in ons land worden toegepast, daar een installatie in aanbouw is in Schiedam.

In Luik wordt het verse vuil eerst ontijzerd, en daarna gezeefd in een draaiende zeeftrommel met openingen van 25 mm. Wat doorvalt, in de zomer enkele %, in de winter tot 40 %, wordt verkocht als „poudro voor weiland", en vindt gretig aftrek als zodanig. Wat niet door de zeef gaat, wordt, na met de hand uitgesorteerd te zijn,

TABEL 5. ANALYSE VAN LUIKSE EN ZWITSERSE COMPOST

	Luik		Stalder	
	Weiland	Bouwland	A	B
Totaal N	0,20	0,35	0,25	0,20
P_2O_5 (min.)	0,35	0,50	0,35	0,30
K_2O (water)	0,05	0,20	0,45	0,35
CaO (min.)	3,5	3,8	6,1	5,–
MgO (min.)	0,3	0,5	0,8	0,7
CO_2	1,–	0,8	2,2	1,9
Vocht	30,2	10,9	23,6	34,9
Gloeiverlies (—CO_2 en vocht)	10,9	41,8	21,9	18,–
C	8,4	37,9	18,–	15,2
Cu	0,025	0,020		
Mn	0,020	0,045		
Asbestanddelen	86,9	55,8		
Idem opl. in verdund HCl.	42,8	35,3		
Ballast (stukjes glas enz.)	6,–	—		

TABLE 5. *Analysis of Liège and Swiss compost*

[1] Opgemerkt zij evenwel, dat men thans in de installatie te Esbjerg in Denemarken de kogels uit de kogelmolen heeft weggelaten, zodat het in April 1949 aldaar tot Danocompost verwerkte Haagse vuil met zeer veel scherven terugkwam.

in een verticale slagmolen vermalen en gemengd en verkocht als „poudro voor bouwland".

Het fijne materiaal, grotendeels as, heet door zijn gehalte aan kooldeeltjes gunstig te zijn, en op weiland een structuurverbeterende werking te hebben (de mening omtrent een gunstige werking der kooldeeltjes zullen wij later weer ontmoeten bij OWEN and JONES). Een analyse van beide soorten Luikse compost (welke niet representatief behoeft te zijn) komt voor in tabel 5, waarin ook een tweetal analyses van verkleind Zwitsers vers huisvuil (methode STALDER) is opgenomen.

Deze waarden vertonen ook weer een vrij hoge mate van overeenkomst met de voor vers vuil vermelde waarden. Alleen valt in het Zwitserse vuil op, dat hier K_2O, CaO, MgO en CO_2 hoger zijn.

Een eenvoudig soort Dano-systeem is toegepast in Delft, waar het vuil in een eenvoudige trommel werd gemengd en zo nodig bevochtigd, en door grove gaten gezeefd. Het product vond afzet als broeimest in de tuinbouw in het Westland.

b. Het Beccarisysteem

De cellen werden oorspronkelijk bedacht en uitgevoerd voor stalmest. Het idee is afkomstig van de Italiaan BECCARI. Hij ontwierp cellen van 20 m³, ca 1,8 × 2,5 × 4,5 m, met natuurlijke ventilatie (intrede der lucht van onder, ontwijken boven). BECCARI bevochtigde de inhoud der cellen met faecale stoffen en rioolmodder, (waardoor infectie ontstaat welke het verteringsproces bevordert) en gebruikte veel groente-afval. Deze gisting is aëroob. Na 1½ maand werd de massa uit de cellen gehaald en compact opgestapeld, zodat anaërobe gisting ging optreden. Dit kan ook in cellen, waar anaërobe gisting automatisch intreedt door inklinken. Er ontstaat een bruine aardachtige massa met hoog humusgehalte.

Het systeem is in de practijk moeilijk toe te passen, daar voor 100 000 inwoners met per jaar 100 000 m³ vuil bij een verblijf ervan van 1½ maand in de cellen, men gelijktijdig 12 500 m³ in de cellen heeft. Is de inhoud 20 m³ per cel, dan heeft men 625 cellen nodig; het klinkt bij het instorten nog iets in, maar 500 cellen krijgt men zeker. Het systeem werd gewijzigd door BOGGIANO-PINI, door te werken met ronde cellen van 6 m hoog, met diameter 5,5 m en hermetisch gesloten; eerst 8 dagen anaëroob, daarna aëroob door doorblazing van luchtonderdruk. Het verblijf in de cel bedroeg 1 maand (met waterbesproeiing in beide phasen en opbrengen van doorgezakt vocht). Per 100 000 inwoners had hij 30 torens nodig. In Kensington (Londen) is dit systeem toegepast met actief slib en voorafgaande verkleining, duur der compostering 16 dagen.

TABEL 6. SAMENSTELLING IN % DER MENGSELS IN EEN PROEF MET BECCARICELLEN

	A	B	C
Groente-afval . . .	41,9	43,6	24,5
Huisvuil	41,9	—	61,2
Veegvuil	13,9	54,5	12,2
Putmodder	2,3	1,9	2,1

TABLE 6. *Composition (in %) of the mixtures used in an experiment with Beccari cells*

VAN LOGHEM nam in 1925 proeven in een Beccaricel met 3 mengels van verschillende samenstelling (tabel 6). Opbrengstcijfers zijn niet gepubliceerd, wel een foto met bosjes haver van elk object. C is daarop het beste, A iets minder, (A was ± gelijk aan kunstmest en kopersulfaat) en B het slechtst, wat betrof het voorkomen van ontginningsziekte en de bodemverbeterende werking. Geconcludeerd werd, dat de werking evenredig is aan

de hoeveelheid huisvuil. Met de groente-afval in het huisvuil was in totaal hiervan aanwezig naar schatting resp. ca 50, 44 en 27 %, zodat de opbrengst eveneens parallel gaat met de verhouding tussen groente-afval en papier, nl. resp. ca 7 : 1, 44 : 0 en 3 : 1. Strikt genomen is hiermede dus nog niet bewezen, dat huisvuil de kwaliteit van de compost verbetert. Bovendien zijn er ook geen kwantitatieve opbrengstgegevens vermeld, zodat ook niet uit te maken is, welke verhoudingen het meest verband houden met het eindresultaat.

HUDIG, GOODIJK en VAN MAANEN (6) namen daarop in 1927 een proef met een cel van planken schotten met houten roosterbodem en houten ventilatiekanalen. Hoogte 3,5 m. Het product werd vergeleken met oude stadscompost, kunstmest en onvergist huisvuil. Toegediend werden in kg/ha de in tabel 7 vermelde hoeveelheden; in deze tabel vindt men ook de opbrengsten.

TABEL 7. BEMESTINGSPROEF MET VERSCHILLENDE SOORTEN COMPOST

a. Toegediende bemestingen			b. Resultaten (aardappelen in kg per ha)	
	Met org. mest	Zonder org. mest		
Organische mest . . .	50 000	—	Vergist huisvuil. . . .	30 900 kg
Slakkenmeel	400	800	Oude compost	22 800 kg
Superfosfaat	400	400	Vers huisvuil	21 600 kg
Patentkali	800	1 200	Kunstmest	22 800 kg
Kalkstikstof	200	200		
Chili	200	340		

TABLE 7. *Manuring experiment with various kinds of compost*

Oude compost en vers vuil gaven dus een opbrengst gelijk aan die door hogere kunstmestgiften. Alleen het vergiste vuil ging hier bijna 40 % bovenuit.

Hierna deed VAN MAANEN nog proeven te Jipsinghuizen met een nog meer vereenvoudigd Beccarisysteem, door te vergisten in de open lucht. Hierop werd het tegenwoordige VAM-systeem gebaseerd, zodat het Beccarisysteem, zij het in sterk gewijzigde vorm, in Holland voortbestaat. Het systeem met vergisting in cellen wordt in ons land niet toegepast, en zal ook wel nimmer op grote schaal toepassing vinden.

De stadsvuilcompost VAM, de enige compost die momenteel in ons land bereid wordt zonder bijmenging, en de enige, die op grote schaal bereid wordt, wordt in het volgende hoofdstuk afzonderlijk en uitvoeriger besproken.

IV. STADSVUILCOMPOST VAM

1. BEREIDING

Zoals reeds werd opgemerkt, is het VAM-procédé in wezen een vereenvoudigd Beccarisysteem, in 1932 tot stand gekomen op grond van proeven van VAN MAANEN.

Volgens dit systeem wordt te Wijster in Drente het vuil van de gemeente den Haag verwerkt. In den Haag worden van de grove stukken de brandbare achtergehouden en verbrand. De rest wordt naar Wijster vervoerd in speciale wagons (evenals in

het voorgaande worden alle technische bijzonderheden weggelaten; deze zijn te vinden in (27)). Het vuil wordt in Wijster gelost, door het van 6 m hoge viaducten aan weerszijden uit de wagons te laten vallen. Daar er 4 dezer viaducten zijn (van 479 m lang = 31 wagonlengten) zijn er 3 dubbele vakken en 2 enkele. In de dubbele vakken komt dus het vuil van geheel verschillende datum tegen elkaar te liggen. Het wordt echter na rijping weer per half „viaduct" rechts en links, dus overeenkomstig de vulling, weggehaald. Een half viaduct is 8 m breed. Er zijn 4 tot 5 stortingen per week. Na 30 stortingen (d.i. 1½ tot 2 maanden) is de laag na inklinken 6—6,5 m dik, welke laag daarna nog inklinkt tot 5 m. De hopen worden mechanisch besproeid, waartoe behalve vers (opgepompt) putwater, ook het doorgezakte, dus geïnfecteerde water van de hopen wordt gebruikt; verder komt nog het regenwater er bij. Aanvankelijk was er geen drainage, daar aangenomen werd, dat doorzakkend water in de losse zandbodem zou verdwijnen. Dit gebeurde evenwel niet meer nadat de grond verhard was, zodat een drainering moest worden aangebracht, welke evenwel onvoldoende functionneert (aan verbetering van de drainage wordt thans gewerkt). De hopen worden niet altijd omgezet.

Het rijpe product wordt door middel van zeven en slagmolens geëgaliseerd, verkleind en gesorteerd in compost en afval (metaal, rubber, kurk, leder, enz.). Alles wat na deze bewerking overblijft, vormt de compost, welke hiermede gereed is voor aflevering. Uit de afgezeefde materialen worden die producten uitgesorteerd, welke verkoopbaar zijn; dit betreft hoofdzakelijk ferrometalen, welke geperst worden en aan de Hoogovens in IJmuiden verkocht. Wat daarna overblijft, vormt de echte afval. Aanvankelijk was dit een groot quantum, ca 50 % van het gewicht van het aangevoerde verse vuil en daardoor nog waardevol. In de latere jaren is de breking dusdanig verbeterd, dat 80 % van het aangevoerde materiaal als compost wordt afgeleverd. Zelfs nu is het restant nog van waarde. Het wordt in een ca 2 m dikke laag op heidegrond gestort, en afgedekt met zand. Dit terrein wordt verpacht, en er worden voortreffelijke gewassen op verbouwd.

De V.A.M. beoordeelt het resultaat naar het fabricatierendement, d.i. het aantal gewichtsdelen compost op 100 delen aangebracht vuil, welk rendement in de loop der jaren van 50 tot 80 is opgevoerd. Dit is dus zuiver technisch bekeken, daar dit cijfer landbouwkundig niets zegt. Immers door verdergaande breking van hard materiaal en grotere watertoevoeging zou dit rendement tot boven de 100 zijn op te voeren, zonder dat het materiaal in waarde zou stijgen. Integendeel, dit zou slechts hogere transportkosten veroorzaken voor de wèl waardevolle bestanddelen. Kenmerkend voor de bereiding van VAM-compost is 1e het niet omzetten van de stapel, 2e verdelen, homogeniseren, verkleinen en sorteren nà de vergisting (zodat geen infectiegevaar meer bestaat).

Omstreeks 1942 werd door de machinefabriek Jaffa een ontwerp gemaakt voor een nieuwe installatie. Hierbij zou het vuil vóór de vergisting verkleind en gehomogeniseerd worden ten einde de compostering te versnellen en te intensiveren, dus een combinatie van het Dano- en het VAM-procédé, waarbij de verbroeiing binnen het bedrijf wordt gehouden en niet aan de afnemers overgelaten. Volgens dit systeem kan:

1. naar gelang van de behoefte broeimest voor de tuinbouw en compost voor de landbouw geleverd worden;
2. het gehalte aan ballaststoffen geregeld worden door meer of minder uit te zeven;

3. de sortering van ballaststoffen naar waardevertegenwoordigende bestanddelen beter worden doorgevoerd;
4. bagger, rioolslib en dergelijke worden toegevoegd, zowel tijdens de voorbereiding als in de hopen;
5. omzetting der hopen op eenvoudige wijze, mechanisch plaats hebben.

Het systeem is evenwel nooit ingevoerd, en zal vanwege de ingewikkeldheid en kostbaarheid der installatie ook wel niet veel kans hebben, om als zodanig te worden ingevoerd. Wel wordt voor eventueel nieuw te bouwen installaties gezocht naar een goedkopere verwezenlijking van bovengenoemde desiderata.

2. Processen tijdens de broei

Het vuil verkeert bij aankomst enigszins in aërobe gisting en is zwak alcalisch. De temperatuur in de hoop loopt snel op, tot 70°, soms tot 80° C, gaat na 4—6 maanden dalen, maar is bij afgraving nog 40—50° C. Het materiaal is dan dus nog niet uitgewerkt. De temperatuur wordt regelmatig opgenomen door middel van buizen met olie, ca 1,5 m diep in de hoop gestoken. De thermometers worden in de olie gedompeld. Op die diepte is de invloed van de buitentemperatuur nauwelijks meer waarneembaar.

Bovenin de stapel verlopen de reacties aëroob. Hoe dieper men in de stapel doordringt, hoe meer de massa samengeperst is, dus de reactie meer in anaërobe richting zal verschuiven. In de onderste 1 à 1½ m, welke bovendien thans nog door onvoldoende waterafvoer zeer vochtig is, is het proces vrijwel geheel anaëroob. Deze laag is dan ook blauwzwart door omzetting van ferri- in ferroverbindingen, en bevat veel NH_3, welke aan de reuk duidelijk waarneembaar is bij de verwerking in de fabriek. Daar het drainwater weer wordt opgebracht, is kennis van de reactie ervan niet zonder belang, omdat het proces in zwak alcalisch milieu moet verlopen. De opgebrachte hoeveelheid water (regen-, drain- en extrawater) bedraagt 60 % van het gewicht; het extrawater wordt slechts in het eerste stadium toegediend, tot de temperatuur hoog genoeg is, daarna slechts als de massa te heet wordt. Daar het water rouleert, dus meermalen wordt toegediend, is de totale waterbehoefte geringer. Venema berekende, dat deze behalve regenwater slechts bedroeg 50 l per ton materiaal, en dat 240 l verloren ging door verdamping en wegzakken in de grond. Voor een goede broei is een vochtgehalte vereist van omstreeks 60 %. Daar het vuil slechts 20 % bevat, is dus vochttoevoeging nodig om de broei op gang te brengen. Van Maanen was op grond van zijn proeven met Beccaricellen en vereenvoudigde vormen hiervan tot de conclusie gekomen, dat regeling van het vochtgehalte primair was voor het proces en belangrijker dan regeling der luchttoetreding. Op grond hiervan is het bedrijf te Wijster voorzien van een kunstmatige sproeiïnrichting. Aangenomen mag worden, dat bij een vochtgehalte van 60 % en niet te compacte stapeling, juist het vereiste luchtgehalte optreedt.

Doordat omzetten van de stapel niet altijd plaats heeft, verlopen de processen zeer ongelijk; er blijven door het voorkomen in dikke bundels, waarin vocht en microben niet kunnen doordringen en ook wel door afsluiting door metaaldelen of glas, nesten over van volkomen onverteerd materiaal (papier, stro e.d.) naast plekken, welke door oververhitting verkoold zijn.

Glas, aardewerk e.d. zijn zonder enige invloed op het proces. Als flessen, blikjes vormen zij met andere holle voorwerpen (kistjes, dozen), luchtreservoirs. Zonder deze wordt de massa gauw te compact en treedt anaërobie op. In Engeland vond men in 1935 per persoon per jaar 46, in Amerika zelfs 94 blikjes per m^3 vuil. Kurk, leer, linoleum, beenderen, cocos en rubber hebben evenmin veel waarde voor het proces; metalen kunnen betekenis hebben als luchtreservoirs en voor het eindproduct, doordat door hydrolyse metaalionen in omloop komen. Zo wordt b.v. koper aangetast; vandaar de gunstige werking van compost bij ontginningsziekte. Zoals reeds werd vermeld, worden deze overbodige bestanddelen, voorzover niet vergruisd, na de broei uitgesorteerd. Zij zijn dan ten dele aangetast. Bij uitsorteren vóór de broei zou de handelswaarde hoger zijn; dit stuit echter af op hygiënische bezwaren. Hun aanwezigheid zou voorkomen kunnen worden door afzonderlijk verzamelen in de huizen. Daar men er nooit zeker van zal zijn, dat dit grondig gebeurt, zal er steeds een zeker quantum onnutte stoffen achterblijven.

De het best vergistbare bestanddelen als aardappelschillen en groenteafval gaan meer en meer uit het vuil verdwijnen. Hetzelfde is het geval met papier, carton en ander cellulose- en ligninehoudend materiaal. Dit vormde vroeger, vooral in volumeprocenten uitgedrukt, een zeer belangrijk deel van het vuil (ca 65 volumeprocenten tegen ca 20 gewichtsprocenten); het hield de massa goed open. Als beide bestanddelen te radicaal uit het vuil zouden verdwijnen, zou het wel eens kunnen zijn, dat geen broei van betekenis meer optreedt, waardoor wij te kiezen zouden hebben tussen gebruik van onvergist (hoofdzakelijk anorganisch) stadsvuil en uitzien naar andere bronnen van vergistbaar organisch materiaal.

Volgens opvattingen van de laatste tijd geeft innige vermenging van organische stoffen met aarde een snellere compostering met uiteindelijk een hoger gehalte aan stabiele humeuze verbindingen, en wel het minst kwarts zand, sterker kaolinitische klei en het sterkst montmorillonitische klei (24). Nu bevat stadsvuil aarde, o.a. uit het straatveegsel. (In het *Haagse vuil* zijn geen kleimineralen aanwezig, wat is gebleken uit mineralogisch onderzoek van VAN DER MAREL; dit is ook begrijpelijk, daar Den Haag op duinzand is gelegen). Daar verder het materiaal lignine- en eiwithoudende stoffen bevat, evenals een hoog gehalte aan basen w.o. 2-waardige, kunnen zich stikstofrijke, verzadigde huminezuren vormen, welke zich met de lutumfractie kunnen binden, hetzij deze in het materiaal zelve aanwezig is, hetzij in de grond na toediening van de compost. Ook de volgens HUDIG benodigde Fe-, Al- en Si-kationen zijn in voldoende mate aanwezig voor de vorming van de meer stabiele humus in compost en/of bouwgrond. Hierin onderscheidt zich de compost uit stadsvuil dus van stalmest en groenbemesting, die deze componenten missen.

In vergelijking met de humusvorming in de grond valt direct op, dat het kenmerkende verschil met de processen, welke zich in de stapel afspelen, de veel hogere temperatuur is. Denkbaar is, dat hierdoor dezelfde processen verlopen, maar met groter snelheid. Eveneens is denkbaar, dat andere processen optreden. Zo is het b.v. voor de hand liggend, dat bij de heersende temperaturen van 70° en hoger, bacteriële werkingen tot stilstand zullen komen. Is echter van het humificatieproces in de grond weinig bekend, van de vergistingsprocessen in de stapels stadsvuil is al heel weinig exact bekend. Hiernaar kan alleen gegist worden door parallellen te trekken met hetgeen van de humificatie bekend is. Door studie te maken van begin- en eindproduct, zal het ook mogelijk zijn gissingen te maken omtrent het tussenliggende proces (zie par. 3 van dit hoofdstuk). Tot voor kort berustte vrijwel alles nog op onvoldoende

gefundeerde gissingen. Op grond van diverse gegevens kunnen wij een aantal veronderstellingen maken. De aanwezige organische stof dan bestaat hoofdzakelijk uit 2 soorten:

1e afval van aardappels, groente, vlees, vis, vetten,

2e papier, touw, vodden, plantenresten.

De eerste groep is samengesteld uit eiwitten, koolhydraten, vetten, minerale zouten en water, waarvan de eerste drie worden omgezet en ontleed in gassen en water; soms wordt hierbij warmte ontwikkeld door aërobe bacteriën. De tweede groep bevat veel zuivere (alpha) cellulose in katoen, filtreerpapier, minder in ander papier, plantendelen; verder lignocellulose en houtvezels. Ook cellulose geeft gassen en water bij ontbinding, welk proces in gunstige omstandigheden binnen 100 dagen is afgelopen, maar bij de minder gunstige voorwaarden in de storting (slechte verdeling en niet omwerken) langer duurt. Deze groep biedt meer weerstand aan de omzetting dan de eerste.

Voor de omzettingen is een vochtgehalte van omstreeks 60 % vereist, en enige samendrukking. Is er nl. te veel luchttoetreding, dan is spoedig alle organisch materiaal weggeoxydeerd. De warmteontwikkeling ontstaat door oxydatieprocessen, die veel zuurstof gebruiken. Het zuurstofgehalte daalt dus. De stof krimpt in, en laat daardoor nog minder luchttoetreding toe. Is het zuurstofgehalte te laag geworden (lager dan 4 % volgens onderzoekingen van DEGENS), dan komen de facultatief anaërobe bacteriën aan de beurt, die minder warmte ontwikkelen. Was de temperatuur in de eerste phase opgelopen tot 60 à 70, soms 80° C., in de tweede phase neemt zij af tot ± 50°. Bij de hoge temperaturen zijn het thermophiele bacteriën, die het beste bij 60—70° gedijen, welke de broei onderhouden en de vertering tot stand brengen. Naarmate het product langer op hopen blijft staan, gaan de omstandigheden steeds meer in anaërobe richting.

Verondersteld wordt, dat in de anaërobe phase meer stabiele organische verbindingen worden gevormd, de organische stof wordt als het ware geconserveerd (op de mate van stabiliteit wordt nog teruggekomen). Direct onder anaërobe omstandigheden vergisten geeft onbevredigende resultaten. De temperatuur stijgt langzaam, tot 50°, het materiaal blijft klef en vochtig, met onaangename geur. Het vuil moet dus, met het doel N-verliezen te voorkomen, niet onder luchtafsluiting worden bewaard.

Als het materiaal relatief veel cellulose en hemicellulose bevat, lopen de temperaturen in de eerste phase hoog op, en treden zeer hoge verliezen aan organische stof op.

Indien er uit eiwitten NH_3 wordt gevormd, wordt dit gebonden door de ontstaande organische zuren. Men ruikt het niet, ook niet als de onderste laag bloot komt. Wel bij de verwerking in de fabriek van de onderste laag, als deze gelegenheid heeft gehad door verdamping in te drogen. Dit is ook onderzocht door SPITHORST; deze vond geen NH_3-vorming tijdens de broei. In de storting bevinden zich wel verschillende andere gassen. Analyse van verschillende gasmonsters leverde de volgende maximale percentages, waarin zij in het mengsel aanwezig waren op: N_2 82 %, CO_2 29 %, O_2 18 %, CH_4 16 %, CO 3 %, H_2 3 %, H_2S spoor. N_2 is dus vrijwel gelijk aan de buitenlucht. O_2 is lager dan deze, daar het hier maximale percentages betreft; de O_2 wordt verbruikt voor de oxydatie, en daalt, naarmate de luchttoetreding minder wordt. De CO_2-vorming kan tot zeer hoge waarden oplopen, maar ook de methaanvorming (bij sterke anaërobie).

Een zeer globaal beeld van wat zich in de stapel afspeelt, krijgt men tenslotte uit de vergelijking van de mechanische samenstelling in de begin- en eindtoestand. Tabel 8 geeft enkele waarden als gemiddelden van een aantal bepalingen, waarbij echter begin- en eindproduct niet van hetzelfde materiaal afkomstig zijn. Men krijgt dus slechts een globaal beeld. Voor de laatste kolom is het uitleveringspercentage aangenomen op 80.

TABEL 8. VERSCHIL TUSSEN BEGIN- EN EINDPRODUCT BIJ HET VAM-PROCÉDÉ

	In %		Per 100 delen oorspronkelijk materiaal (*remaining on 100 parts of raw material*)	
	Vers vuil	VAM	Vers vuil	VAM
Anorganisch	60	60	60	48
Organisch [1]	20	8	20	6
Water	20	32	20	26
			100	80

TABLE 8. *Difference between initial and final VAM product*

Er is een toename van de hoeveelheid water, en een zeer sterke teruggang in de hoeveelheid organische stof. Ook is er enige teruggang in de hoeveelheid anorganisch materiaal, wat hoofdzakelijk te verklaren is uit het uitsorteren van de ballast en uitspoeling.

VENEMA (27) geeft in zijn brochures de in tabel 9 weergegeven opstelling, eveneens per 100 delen oorspronkelijk materiaal.

TABEL 9. VERSCHIL TUSSEN BEGIN- EN EINDPRODUCT BIJ VAM-COMPOST VOLGENS VENEMA

	Vers vuil		VAM	
Onvergistbaar				
Zand en ballast.	50		35	
Water	15	65	25	60
Vergistbaar				
Organische stof geen humus	11 [2]		10	
Organische stof humus	20 [2]		6	
Anorganische zouten	4 [2]	35	4	20
		100		80
Toegevoegd water + regenwater		33		
Uitgesorteerde afval				15
Totaal		133		95
Af eindproduct + afval		95		
Verloren tijdens proces		38		
	water 23 (15 + 33 — 25)		vergistbaar 15	

TABLE 9. *Difference between initial and final VAM product according to* VENEMA

[1] Dit is zuivere organische stof en geen huisbrandkoolstof, welke onder anorganische stof is opgenomen.

[2] Niet van VENEMA, doch gereconstrueerd. *Not by* VENEMA, *but reconstructed.*

De „organische stof geen humus" is sedertdien gebleken huisbrandkoolstof te zijn, en hoort dus thuis onder zand en ballast (hoewel er niet à priori alle waarde aan wordt ontzegd). Ook de anorganische zouten worden hierheen overgebracht voor aansluiting aan in tabel 8 gegeven opstelling (zie tabel 10).

TABEL 10. GEWIJZIGD OVERZICHT VOLGENS VENEMA (TABEL 9)

	Vers vuil		VAM	
Anorganisch				
Zand en ballast	50		35	
Huisbrandkool	11		10	
Anorganische zouten	4	65	4	49
Organisch		20		6
Water		15		25
		100		80

TABLE 10. *Altered scheme according to* VENEMA *(table 9)*

Er is dus een goede overeenstemming met tabel 8. Er zijn nog 2 opgaven, nl. van JONES and OWEN (overgenomen uit het Vuilverwijderingsvraagstuk) en van HOUBEN (uit een niet gepubliceerd rapport) welke een bevestiging van bovenstaande berekeningen vormen. In tabel 11 worden hun uitkomsten weergegeven, met die van VENEMA (tabel 10) welke eveneens werden omgerekend in % van het eindmateriaal.

TABEL 11. ANDERE OPGAVEN VOOR DE SAMENSTELLING VAN HET EINDPRODUCT IN % BIJ STADSVUILCOMPOST

	HOUBEN		JONES and OWEN	VENEMA	
Zand en ballast	45		58	45	
Anorganische zouten	5	50		5	50
Organische stof, geen humus	17	67	18	12	62
Organische stof, humus		8			8
Vocht		25	24		30
		100	100		100

TABLE 11. *Other statements of the composition (in %) of the final product of townwaste compost*

Uit de tabellen 8 t/m 10 kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Zand en ballast en huisbrandkool verminderen door uitsorteren na de broei; uitgesorteerd wordt 15 % van het verse of 20 % van het eindmateriaal. Na het uitsorteren is het gewicht van de massa 80 % van het oorspronkelijke gewicht. Echter is er water toegevoegd. De anorganische zouten vertonen enige vermindering (blijkens de chemische analyses). De organische stof loopt *zeer sterk* terug, en wel tot 30 % van haar oorspronkelijke gewicht; het zal van verschillende factoren afhangen, of dit te verkiezen is boven het gebruik als vers vuil, waarbij dus *alle* organische stof benut kan worden in de grond.

Vergelijkbare gegevens worden verkregen van het reeds genoemde „controlled tipping" systeem en van de oude vuilnisbelten. In beide gevallen wordt het vuil in

dikke lagen opgeslagen; bij de belten ongelijk van dikte, soms zeer dik. En ook bij beide is de vochtvoorziening afhankelijk van de regenval. Tenslotte hebben beide gemeen, dat het vuil zeer lang (of zelfs voor goed) op dezelfde plaats blijft liggen. De belten werden in de oorlog en ook thans nog wel, vanwege de bemestende waarde, afgegraven en verkocht als beltcompost. Men heeft slechts bij de belt een zeef- en event. walsinstallatie nodig, zoals de gemeente Breda die exploiteert. Wij hebben hier dus ook een soort VAM-proces, maar van langer duur, en waarbij alles aan de natuur wordt overgelaten. Tabel 12 geeft gemiddelden van 13 tot 15 jaar oude belten, met als vergelijking de gemiddelden van een aantal monsters van stadsvuilcompost VAM afkomstig van zomer- en wintervuil (dit met het oog op de vergelijkbaarheid).

TABEL 12. ANALYSE VAN BELTCOMPOST, IN VERGELIJKING MET GEMIDDELDE MONSTERS VAM-COMPOST

	VAM	Belt (*Deposits*)
N totaal	0,40	0,35
P_2O_5 (min.)	0,39	0,39
K_2O	0,27	0,15
CaO (min.)	2,60	2,56
CO_2	1,9	1,11
Gloeiverlies —CO_2 —vocht [1]	19,5	17,5
Vocht	32,2	22,5

TABLE 12. *Analysis of 15-year-old deposits of townrefuse*

Gemiddeld over de beltcomposten, uitgedrukt op droge stof en aangevuld tot 100, krijgen wij de in tabel 13 vermelde waarden.

TABEL 13. GEMIDDELDE SAMENSTELLING VAN BELTCOMPOST IN % OP DROGE STOF

	Belt	VAM gemiddelde van zomer- en wintervuil	Belt compost gecorrigeerd op diversen (*old deposits made comparable with* VAM *by equalling the figures for* „diversen")
N	0,45	0,63	0,40
P_2O_5	0,50	0,56	0,44
K_2O	0,20	0,40	0,18
CaO	3,30	3,86	2,92
CO_2	1,42	2,98	1,26
Gloeiverlies ex CO_2 en vocht	22,60	28,33	20,—
Diversen	71,53	63,24	63,24

TABLE 13. *Averages from old deposits in % of dry matter*

Nu weten wij niet met hoeveel VAM-product een zekere hoeveelheid beltcompost overeenstemt, of met andere woorden tot welk gewicht VAM zou teruglopen, als deze 10—15 jaar op de stapel bleef. Hiervoor bieden de „diversen" houvast, de z.g. ballast.

[1] In dit gloeiverlies zit nog de huisbrandkool.

Nemen wij aan, dat deze hoeveelheden in absolute zin gelijk zijn (wat niet zeker is), dan ontstaat door omrekening de 3e kolom van tabel 13, welke aangeeft, wat op de lange duur van VAM-compost overblijft. Wij zien dan een sterke achteruitgang, welke het minst sterk is bij P_2O_5, CaO en gloeiverlies. Het gloeiverlies bevat de huisbrandkool. Brengen wij hiervoor 10 % in mindering of op droge stof 14, dan blijft er over aan organische stof in VAM en beltcompost resp. 14 en 6 %. Volgens deze berekening is de organische stof dus in 10—15 jaar tot iets meer dan de helft teruggelopen. Waar tijdens de normale duur van het VAM-proces de hoeveelheid organische stof terugloopt tot 30 % van de in vers vuil aanwezige hoeveelheid, en daarna in 10—15 jaar tot de helft hiervan, is het afbraakproces dus veel langzamer geworden, en is compost VAM in dit opzicht dus als een ver gevorderd stadium te beschouwen. De daarin aanwezige humus mag dus wel als stabiele humus worden aangemerkt. Het oorspronkelijke vuil met 20 % organische stof heeft dus, na zegge 1 jaar, 6 % en na 10—15 jaar 3 % over. Dit cijfer (in feite 3,2 %) vonden ook werkelijk LAATSCH en BIENECK (16), terwijl het eveneens te Wijster bepaald werd in vuil, dat zich 15 jaar lang tussen de viaducten had bevonden. Hetzelfde vonden JONES and OWEN bij controlled tipping, nl. dat van de 18 % organische stof in het verse vuil na een jaar nog over was 9 %, wat in de loop der jaren, zij het zeer langzaam, terugliep tot 3,5 %, welke niet aan omzetting onderhevig waren. Onze bovenstaande, overigens nogal speculatieve berekening is dus meermalen bevestigd.

In het VAM-product is dus de overgebleven organische stof niet volledig gestabiliseerd, wel in zoverre, dat snelle oxydatie niet meer voorkomt, terwijl de helft ervan zelfs zeer resistent is.

3. ONDERZOEKINGEN AANGAANDE PROCESSEN TIJDENS DE BROEI

In de voorgaande hoofdstukken werden reeds verschillende aanwijzingen verkregen omtrent de samenstelling van vers vuil en stadsvuilcompost, welke enige conclusies toelieten betreffende de tijdens de broei plaats vindende veranderingen. Er bleef evenwel behoefte bestaan hieromtrent beter georiënteerd te raken, daar onze kennis van het broeiproces alsnog zeer onvoldoende bleef.

Dit is ook niet te verwonderen, daar het merendeel der gevonden waarden afkomstig is van onderling vergeleken incidentele gegevens, waaruit — meestal na enige omrekening en met enige schattingen — wel enige (voorlopige) conclusies konden worden getrokken.

Het was dus noodzakelijk, ten einde beter gefundeerde gegevens te verkrijgen, in eigen onderzoekingen het broeiproces te bestuderen aan de hand van begin- en eindtoestand van *hetzelfde* materiaal. Hiertoe moesten verschillende technische moeilijkheden, welke dit volumineuze en moeilijk te hanteren en te bemonsteren materiaal biedt, overwonnen worden.

a. Onderzoek naar de uitleveringscijfers

Dit werd verricht met de VAM-, Dano- en WESTSTRATE-composten. De installatie voor de laatste werd ontworpen door Ir W. A. G. WESTSTRATE, destijds Hoofdingenieur bij de Gemeentereiniging te Amsterdam en thans Directeur van de N.V. V.A.M. Hierbij wordt het vuil licht geraspt, maar zó, dat niets vergruisd wordt. Wat op deze rasp — tevens zeef— niet verkleind wordt, wordt verwijderd; dit is o.a. het geval met karton, vodden, flessen, blikjes, baksteen e.d., welke artikelen bij het

Dano-procédé grotendeels en bij VAM gedeeltelijk (zij het vergruisd of aangetast), in de compost terechtkomen [1].

In samenwerking met de N.V. V.A.M. werd besloten deze procédé's onderling te vergelijken. Daartoe werden vergelijkbare partijen Haags stadsvuil (wintervuil) verwerkt in de VAM-installatie te Wijster, in de Dano-installatie te Esbjerg in Denemarken en in de proefinstallatie van Ir WESTSTRATE te Amsterdam. De landbouwkundige toetsing der verschillende producten blijft hier onbesproken; deze is trouwens nog niet beëindigd, daar dit enige jaren vordert [2]. Slechts de analytisch-chemische vergelijking zal hier besproken worden.

TABEL 14. ANALYSES VAN COMPOST, BEREID VOLGENS VERSCHILLENDE PROCÉDÉS

	VAM zomer	VAM winter	WESTSTRATE vers	Dano vers	WESTSTRATE gebroeid	Dano gebroeid
Aantal monsters . . .	7	8	13	7	3	3
Totaal N	0,50	0,35	0,40	0,35	0,30	0,30
Hydrol. afsplitsbare N	0,30	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05
P_2O_5 (in mineraalzuur oplosbaar)	0,45	0,35	0,40	0,30	0,35	0,35
K_2O (wateropl.) . . .	0,30	0,20	0,30	0,25	0,10	0,10
CaO (min.opl.). . . .	2,7	2,5	3,–	2,6	2,7	2,8
Cellulose	3,–	1,3	1,9	2,3	1,2	1,2
Organische stof (incl. cellulose)	9,–	3,9	5,1	6,4	2,4	3,1
Vocht	36,6	27,7	18,7	23,9	27,2	29,6
Huisbrandkool . . .	5,1	21,–	26,2	21,6	25,8	20,7

TABLE 14. *Analysis of compost prepared by different methods*

In tabel 14 zijn de analyseresultaten samengevat, zoals deze bepaald werden door het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht. Tevens worden hier ter vergelijking dezelfde waarden voor compost VAM uit zomervuil vermeld. Tussen de VAM-composten uit zomer- en wintervuil vallen vooral op de verschillen in huisbrandkool, vocht en organische stof. Verder is opmerkelijk, dat wintervuilcompost niet zoals algemeen wordt aangenomen, door zijn hoger asgehalte (bedoeld wordt werkelijke as, kachelas) een hoger CaO gehalte heeft, waardoor deze sterker pH-verhogend op de grond zou werken dan zomervuilcompost.

Voor de vergelijking met de andere producten is slechts VAM van wintervuil van belang. Deze andere producten zijn WESTSTRATE en Dano, beide vers en gebroeid. Een gedeelte van elk werd nl. gedurende een jaar aan broei onderworpen, of, zoals men gewoonlijk zegt: gecomposteerd [3]. Dit werd uitgevoerd in een ruimte met 1 m hoge omwanding van stropakken, een vloer van takkenbossen (met stro bedekt) en

[1] Opgemerkt zij, dat bij een technische installatie volgens WESTSTRATE aanzienlijk minder verwijderd zou worden, dan bij de proefinstallatie, waarvan het product in dit onderzoek betrokken is, het geval was.

[2] Een voorlopige mededeling hieromtrent verscheen van de hand van de schrijver (15).

[3] Dat dit woord verwarrend werkt, volgt reeds daaruit, dat men het product vóór de broei ook reeds compost noemt. Voor onze definiëring van de hier in het geding zijnde begrippen zie de Inleiding en voorts (11).

van boven afgedekt met stro waarover een laagje zand; voor verdere trek zorgden luchtkokers (3 per partij compost van 1,5 × 3,5 × 1 m), verkregen door oorspronkelijk aanwezige palen na de vulling te verwijderen. Bij de vulling werd flink begoten, later alleen indien nodig. Alle analysecijfers werden omgerekend tot het aantal kg, aanwezig in een zodanig quantum van het betreffende product, als afkomstig is van 100 kg uitgangsmateriaal (zie tabel 15). Voor VAM-compost is deze uitlevering gesteld op 85 %, de doorsneewaarde in de laatste jaren in Wijster verkregen; voor de beide verse producten werd zij door rechtstreekse (ruwe) weging verkregen; zij bedroeg 80 voor WESTSTRATE en 105 voor Dano; voor de gebroeide producten was dit door omstandigheden niet mogelijk, maar kon een aanknopingspunt gevonden worden in de gehalten aan huisbrandkool door aan te nemen dat de absolute hoeveelheid huisbrandkool tijdens het procédé gelijk bleef, konden voor de gebroeide producten als rendementcijfers berekend worden 81 voor WESTSTRATE en 110 voor Dano. (N.B. De rendementwaarden boven de 100 zijn slechts te danken aan toegevoegd water.)

TABEL 15. HOEVEELHEDEN IN KG VAN ENKELE BESTANDDELEN IN COMPOST, UITGAANDE VAN 100 KG VERS VUIL

	VAM winter	WESTSTRATE vers	Dano vers	WESTSTRATE gebroeid	Dano gebroeid
Totaal N	0,30	0,32	0,37	0,24	0,33
Hydr. afsplitsbare N	0,09	0,08	0,11	0,04	0,06
P_2O_5 (*mineraalz.opl.*)	0,30	0,32	0,32	0,28	0,38
K_2O (wateropl.)	0,17	0,24	0,26	0,08	0,11
CaO (min.opl.)	2,13	2,40	2,73	2,19	3,08
Cellulose	1,11	1,52	2,42	0,97	1,32
Org. stof (incl. cellulose)	3,32	4,08	6,72	1,94	3,41
Vocht	23,55	14,96	25,10	22,03	32,56
Huisbrandkool	17,85	20,96	22,68	20,96	22,68
Totaal C	1,77	2,16	3,57	0,99	1,80
C: hydr. afspl. N	20	27	32	25	30

TABLE 15. *Quatities in kg remaining in the compost on 100 kg of the raw material*

Daar de verse Dano-compost het meest volledige beeld geeft van het uitgangsmateriaal voorzover dit voor enige bewerking vatbaar is, zullen wij deze nemen als maat voor de samenstelling hiervan; en daar alle kolommen van tabel 15 aangeven, wat bij verschillende behandelingswijzen overblijft van dezelfde hoeveelheid uitgangsmateriaal (i.c. 100 kg) krijgen wij door eenzelfde waarde voor elk der 5 producten uit te drukken in % van de overeenkomstige waarde van Dano vers, een beeld van het verloop der verschillende processen (tabel 16).

Daar bij Dano toename van het P_2O_5 en CaO gehalte uitgesloten is, concluderen wij, dat als gevolg van bemonsterings- en analysefouten, en de voortplanting van deze fouten bij de achtereenvolgende berekeningen, verschillen van 13—16 %, voor de zekerheid afgerond tot 20 %, niet betrouwbaar zijn.

De meer betrouwbare verschillen bij „WESTSTRATE vers", nl. de hydrolytisch afsplitsbare stikstof, cellulose en organische stof, zijn het gevolg van het bovenvermelde mechanisch sorteren. VAM lijdt gevoelige verliezen bij K_2O, CaO, cellulose en

andere organische stof, en huisbrandkool (het laatste door uitsorteren). Zeer veel van het in het uitgangsmateriaal aanwezige gaat verloren bij „WESTSTRATE gebroeid" voor N, K_2O, organische stof en cellulose [1].

TABEL 16. MATERIALEN IN DE EINDPRODUCTEN IN % VAN DE HOEVEELHEDEN WAARVAN WERD UITGEGAAN

	VAM winter	WESTSTRATE vers	Dano vers	WESTSTRATE gebroeid	Dano gebroeid
Totaal N	81	86	100	65 (76)	89
Hydrolytisch afsplitsbare N	82	73	100	36 (49)	55
P_2O_5	94	100	100	88 (88)	116
K_2O	66	92	100	31 (34)	42
CaO	78	88	100	80 (91)	113
Cellulose	46	63	100	40 (63)	55
Org. stof (incl. cellulose)	49	61	100	29 (48)	51
Huisbrandkool	79	92	100	92 (100)	100

TABLE 16. *Quantities in the final products in % of the same quantities in the raw material*

De in tabel 16 onder „WESTSTRATE gebroeid" tussen haakjes geplaatste getallen geven aan, wat van hetzelfde product ongebroeid overblijft na de broei; deze zijn ten aanzien van de bij de broei plaats vindende processen vergelijkbaar met de eerste en de laatste kolom. Hieruit blijkt, dat bij de broei in Wijster meer hydrolytisch splitsbare stikstof en K_2O, doch minder CaO overblijft dan bij de beide proefpartijen, en dat overigens de verschillen onbetrouwbaar zijn.

Verder zien wij, dat over de hele linie P_2O_5 volledig behouden blijft, verder in afnemende mate totaal N, hydrolytisch afsplitsbare N, K_2O.

In tabel 15 onderaan zijn nog bijgevoegd het totaal C-gehalte (berekend uit het C-gehalte van 44,4 % voor cellulose en van 58 % voor de overige organische stof) en het hieruit berekende quotiënt C: hydrolytisch afsplitsbare stikstof. De grootte van dit quotiënt verloopt voor VAM en de beide verse producten parallel met de mate van oogstdepressie, door deze veroorzaakt in het eerste jaar na toediening. Wat echter niet verwacht werd, is dat de gebroeide producten gelijke waarden voor dit quotiënt geven als dezelfde producten ongebroeid, zodat hiervoor een even grote oogstdepressie zou moeten worden gevreesd, indien dit quotiënt maatgevend hiervoor zou blijken te zijn.

In tabel 17 zijn de C-gehalten in stijgende volgorde gerangschikt en daaraan enkele waarden toegevoegd, die gelijktijdig stijgen.

In aanmerking nemend hetgeen boven werd opgemerkt over de betrouwbaarheid dezer analysegegevens, valt hier een zeker verband niet te miskennen.

Tenslotte zij nog opgemerkt, dat bij de landbouwkundige toetsing met de besproken producten, deze werden toegediend naar gelijke gewichtshoeveelheden; tabel 14 doet zien, welke verschillen bij de verschillende groeifactoren hiervan het gevolg zijn.

[1] Zoals de proefinstallatie in Amsterdam werkte, is er dus een nogal grote verkwisting van waardevol materiaal; de installatie is echter te verbeteren, zodat minder wordt uitgeschakeld.

TABEL 17. DE MATERIALEN VAN TABEL 15, GERANGSCHIKT NAAR STIJGEND C-GEHALTE

	WESTSTRATE gebroeid	VAM	Dano gebroeid	WESTSTRATE vers	Dano vers
Totaal N	0,24	0,30	0,33	0,32	0,37
Hydr. afspl. N	0,04	0,09	0,06	0,08	0,11
K_2O	0,08	0,17	0,11	0,24	0,26
C-totaal	0,99	1,77	1,80	2,16	3,57

TABLE 17. *Composts arranged according to increasing C-contents*

b. De mogelijkheid van het maken van kunstmatig stadsvuil ten behoeve van onderzoekingen

Dit onderzoek was begonnen, om na te gaan of het mogelijk was, de moeilijkheid van de bemonstering van dit heterogene en volumineuze materiaal te ontgaan, en verder of het mogelijk was stadsvuil na te bootsen, zodanig, dat een bepaald materiaal reproduceerbaar was en dat men stadsvuil kon maken van variabele samenstelling ten aanzien van de voornaamste bestanddelen.

De voornaamste bestanddelen van stadsvuil zijn as, papier en aardappelschillen. Deze zijn elk voor zich met enige voorzorgen redelijk goed te bemonsteren, en zijn daarna in elke gewenste verhouding mengbaar. Men beschikt dan over een materiaal, dat geen hinderlijke nevenbestanddelen bevat.

Voor het onderzoek stonden beschikbaar twee bakstenen cellen van 3 m hoog en 1 m in het vierkant en van boven open; doorzakkend water kon worden opgevangen. In deze cellen werden 28 November 1947 2 mengsels gebracht, nl. nabootsingen van zomer- en wintervuil met resp.

35 en 70 % as
40 en 20 % papier
25 en 10 % aardappelschillen (+ groentenresten).

Deze verhoudingen waren ontleend aan hetgeen in de literatuur gegeven is omtrent de samenstelling van huisvuil.

De a s was zeer fijn, zonder sintels (hoewel niet gezeefd) en afkomstig van de centrale verwarmingsinstallatie van het Academisch Ziekenhuis te Groningen; de as bestond in werkelijkheid uit stookresten van anthraciet van zeer goede kwaliteit en welgemengd:

Vetnoten 4 en 5, Staatsmijn Hendrik
Magernoten 5, Staatsmijn Oranje Nassau
S noten 5, Mijn Domanilia en Julia.

Het p a p i e r bestond uit in lange repen versneden archiefpapier van verschillende kleur (blauw van blauwdrukken, geel, rose, maar meest wit).

De s c h i l l e n bevatten wat koolstronken, waarvan de allergrofste verwijderd werden, verder wat koolblad, hele aardappels, tomaten, stukken appel e.d. Dit materiaal broeit onmiddellijk.

De 3 bestanddelen werden op een cementen vloer met vorken en schoppen zo goed en zo kwaad als het ging gemengd (door eerst het papier uit te spreiden in een

TABEL 18. TEMPERATUURSVERLOOP IN °C, VERKREGEN IN EEN PROEF MET BROEIING VAN KUNSTMATIG STADSVUIL

	Zomervuil	Wintervuil
5/12	11	13
8/12	12	11
11/12	12	11
13/12	13	10
15/12	14	10
17/12	15	10
19/12	15	10
24/12	16	8
29/12	19	10
31/12	18	9
2/1	17	8
5/1	18	9
7/1	19	10
9/1	18	9
15/1	17	8
21/1	15	7

TABEL 18. *Course of temperature in degrees centigrade in an experiment on the fermentation of artificially made townrefuse*

laag van enkele m² en enkele dm dik, en hierop as en schillen te storten), wat zeer onvolledig geschiedde, daar het papier in deze versnipperde en droge toestand uiterst volumineus was, en niets aantrok.

Opgemerkt zij, dat in het huisvuil het papier weliswaar in dezelfde verhouding voorkomt, maar niet in deze mate verdeeld, integendeel met plaatselijke ophopingen in de vorm van boeken, bundels kranten enz., waardoor buiten deze ophopingen een geheel andere verhouding optreedt.

In de cellen werd gebracht 550 resp. 825 kg van zomer- en wintervuil; dit was precies 3 m³. Na vulling bleek, dat het materiaal niet te bevochtigen was. Opgebracht water liep er zo door heen. Er trad dan ook geen sterke broei op; dit blijkt uit het in tabel 18 weergegeven temperatuursverloop. Op 11 Februari 1948 werd het materiaal dan ook uit de cellen gehaald.

Om tegemoet te komen aan het verschil in verdeling van het papier met het werkelijke huisvuil, werden schillen toegevoegd. De aldus ontstane mengsels werden ingebracht in liggende cellen (van 1 × 3 m bij 1 m hoog) van gestapelde zoden en na vulling afgedekt met zoden 1 laag dik.

Bij de vulling werd laagsgewijze ingebracht en begoten tot kletsnat. De nieuwe mengsels bestonden uit:

	Zomer	Winter
As	192,5 (= 18,2 %)	577,5 (= 51,3 %)
Papier	220,– (= 20,7 %)	165,– (= 14,7 %)
Schillen	647,5 (= 61,1 %)	382,5 (= 34,0 %)
	1060,– kg	1125,– kg

Ook de stenen cellen werden opnieuw gevuld met nieuw aangemaakte mengsels, op dezelfde wijze grondig doordrenkt, en bovendien, teneinde de gevolgen van het in elkaar zakken van het materiaal in de staande cellen tegen te gaan, voorzien van lege blikjes als luchtreservoirs. Mengsels:

	Zomer	Winter
As	150	450
Papier	150	150
Schillen	700	400
	1000 kg	1000 kg

De 4 partijen werden verder bevochtigd door de regen, en slechts enkele malen besproeid in lange perioden van droogte. Er trad spoedig broei op, die niet zeer hoog steeg, tot 30 à 35° (zie tabel 19).

TABEL 19. TEMPERATUURSVERLOOP IN °C (KUNSTMATIG STADSVUIL, TABEL 18)

	Zodencel		Stenencel	
	Zomer	Winter	Zomer	Winter
8/3	23	29	31	30
11/3	24	31	31	32
16/3	29	30	31	32
18/3	25	30	32	34
22/3	25	29	32	33
24/3	24	29	30	31
26/3	24	27	30	34
30/3	25	28	30	35
3/4	25	27	35	35
8/4	24	25	33	35
15/4	25	27	30	41
22/4	26	31	34	37
30/4	28	33	33	39
8/5	28	32	34	38
Gemiddeld	*25,5*	*29*	*32*	*35*

TABLE 19. *Course of temperature in degrees centigrade (artificially made townrefuse)*

In de stenen cellen liep de temperatuur iets hoger op, wat wordt toegeschreven aan de blikjes. Merkwaardig is, dat in beide gevallen het wintervuil een iets hogere temperatuur bereikte dan het zomervuil. Overigens zijn de temperaturen niet zeer hoog, en sterk afwijkend van die in het algemeen bij broeiprocessen optreden. (Het is evenwel nog geen uitgemaakte zaak, of hoge temperaturen, behalve voor het doden van ziektekiemen en onkruidzaden (9), wel gewenst zijn.)

Op 1 Juni was het materiaal reeds geworden tot een zeer goede aardachtige compost, welke veel regenwormen bevatte; het wintervuil was iets minder ver gerijpt dan het zomervuil.

Beide partijen zomervuil waren sterker geslonken dan de partijen wintervuil. In de staande cellen was op het wintervuil een weelderiger ontwikkeling van aardappelopslag dan op het zomervuil.

Op 22 Juli 1948 werden de hopen uitgehaald.

	Zodencel		Stenencel	
	Zomer	Winter	Zomer	Winter
Ingebracht	1060	1125	1000	1000
Uitgehaald	910 = 86 %	935 = 82 %	850 [1]	850 [1]

[1] Naar schatting.

Van het zomermengsel Zodencel werd 100 kg afgenomen voor een proef. Daarna werden de 4 mengsels gezamenlijk ingebracht in een zodencel van 2 × 3 m bij 1 m hoog, afgedekt met zoden.

Van dit nieuwe mengsel is de oorspronkelijke samenstelling dus:

As	1350	(= 33,2 %)
Papier . . .	660	(= 16,2 %)
Schillen . . .	2060	(= 50,6 %)
	4070	

In de cellen waren de blikjes reeds grotendeels verteerd. Tabel 20 geeft de samenstelling der 3 componenten.

TABEL 20. ANALYSE DER 3 MATERIALEN TER BEREIDING VAN KUNSTMATIG STADSVUIL

	As	Papier	Schillen
N-totaal	0,45	0,10	0,35
NO_3-N	—	sp.	—
NH_3-N	0,01	0,03	0,01
Hydr. afsplitsb. N	0,07	0,08	0,06
P_2O_5 (min.)	0,20	0,03	0,15
K_2O (water)	0,10	0,20	0,70
CaO (min.)	0,80	0,50	0,05
CO_2	0,20	sp.	sp.
Gloeiverlies ex. CO_2 en vocht	57,10	87,50	17,60
Vocht	21,—	4,80	80,80
Diversen	20,07	6,76	0,28
Totaal	100,—	100,—	100,—

TABLE 20. *Analysis of the 3 materials required for the preparation of artificially made townrefuse*

De as bevat zeer veel kolengruis, zoals blijkt uit de vergelijking met as en gruis in een andere proef (gemerkt IV) gebruikt, op droge stof.

	As IV	As	Kolengruis IV
N-totaal	0,10	0,57	1,42
CaO (min.)	4,–	1,–	0,2
Gloeiverlies	19,5	72,3	93,1

In tabel 21 vindt men de samenstelling van de op 22 Juli verkregen materialen.

Het valt op, dat compost van zomervuil bij gelijke behandeling meer water vasthoudt dan die van wintervuil. Dat het wintervuil meer gloeiverlies heeft, is te verklaren uit het hogere gehalte aan huisbrandresten. Typisch is het lage CaO-gehalte in vergelijking met VAM-compost (doordat de gebruikte as veel kolengruis bevatte).

Vergelijken wij thans dezelfde grootheden, uitgedrukt in kg per ton ingebracht materiaal, en wat hiervan teruggewonnen werd bij een uitlevering van 85 % in alle objecten.

TABEL 21. ANALYSE VAN KUNSTMATIG STADSVUIL NA EEN HALF JAAR BROEI

	Zodencel		Stenencel	
	Zomer	Winter	Zomer	Winter
N totaal	0,35	0,40	0,40	0,35
NO_3-N	—	—	—	—
NH_3-N	sp.	sp.	sp.	sp.
Hydr. splitsb. eiwit N	0,15	0,10	0,20	0,15
P_2O_5 (min.)	0,15	0,20	0,20	0,20
K_2O	0,25	0,20	0,50	0,30
CaO (min.)	0,3	0,5	0,4	0,4
CO_2	0,1	0,1	0,2	0,2
Gloeiverlies ex CO_2 en vocht	22,7	34,6	22,–	32,7
Vocht	61,8	47,–	65,3	51,7

TABLE 21. *Analysis of artificially made townrefuse after six months of fermentation*

In de tabellen 22, a, b, c en d worden weergegeven, de hoeveelheden der bij de analyse bepaalde bestanddelen in kg per ton mengsel, waarvan werd uitgegaan, en de hoeveelheden in kg van dezelfde bestanddelen, die werden teruggevonden in het

TABEL 22. HOEVEELHEDEN IN KG PER TON UITGANGSMATERIAAL EN PER HOEVEELHEID EINDPRODUCT HIERUIT VERKREGEN

	As	Papier	Schillen	Totaal in	Uit	In %
	22a. Zodencel. Zomervuil (*fermented in cell from sod*)					
N totaal	0,82	0,21	2,14	3,17	2,98	94
NO_3-N	—	—	—	—	—	—
NH_3-N	0,02	0,06	0,06	0,14	0,01	—
Hydr. splitsb. N.	0,03	0,17	0,37	0,57	1,28	225
P_2O_5	0,36	0,06	0,92	1,34	1,28	96
K_2O	0,18	0,41	4,28	4,87	2,13	44
CaO	1,46	1,04	0,31	2,81	2,55	91
CO_2	0,36	—	0,01	0,37	0,85	230
Gloeiv..	103,92	181,13	107,54	392,59	192,95	49
Vocht	38,22	9,94	493,37	541,53	525,30	97
Diversen	36,63	13,98	2,—	52,61	120,67	229
Totaal	182,—	207,—	611,—	1000,—	850,—	85
	22b. Zodencel. Wintervuil					
N totaal	2,31	0,15	1,19	3,65	3,40	93
NO_3-N	—	—	—	—	—	—
NH_3-N	0,05	0,04	0,03	0,12	0,01	—
Hydr. splitsb. N.	0,36	0,12	0,20	0,68	0,85	125
P_2O_5	1,03	0,04	0,50	1,57	1,70	108
K_2O	0,51	0,29	2,48	3,28	1,70	52
CaO	4,10	0,07	0,17	4,34	4,25	99
CO_2	1,03	—	0,01	1,04	0,85	82
Gloeiv..	292,92	128,63	59,84	481,39	294,10	61
Vocht	107,73	7,06	274,72	389,51	399,50	103
Diversen	102,96	10,60	0,86	114,42	143,64	126
Totaal	513,—	147,—	340,—	1000,—	850,—	85

TABEL 22 *(Vervolg)*

	As	Papier	Schillen	Totaal in	Uit	In %
	22c. Stenencel. Zomervuil (*fermented in brick cells*)					
N totaal	0,68	0,65	2,45	3,28	3,40	104
NO_3-N	—	0,01	—	0,01	—	—
NH_3-N	0,02	0,05	0,07	0,14	0,01	—
Hydr. splitsb. N.	0,11	0,12	0,42	0,65	1,70	262
P_2O_5	0,30	0,05	1,05	1,40	1,70	121
K_2O	0,15	0,30	4,90	5,35	4,25	79
CaO	1,20	0,75	0,35	2,30	3,40	148
CO_2	0,30	0,01	0,01	0,32	1,70	(531)
Gloeiv.	85,65	131,25	123,20	340,10	187,—	55
Vocht	31,50	7,20	565,60	604,30	555,05	92
Diversen	30,09	10,11	1,95	42,15	91,79	218
Totaal	150,—	150,—	700,—	1000,—	850,—	85
	22d. Stenencel. Wintervuil					
N totaal	2,03	0,15	1,40	3,58	2,98	83
NO_3-N	—	—	—	—	—	—
NH_3-N	0,05	0,05	0,04	0,14	0,01	—
Hydr. splitsb. N	0,32	0,12	0,24	0,68	1,28	188
P_2O_5	0,90	0,05	0,60	1,55	1,70	109
K_2O	0,45	0,30	2,80	3,55	2,55	70
CaO	3,60	0,75	0,20	4,55	3,40	75
CO_2	0,90	—	—	0,90	1,70	189
Gloeiv.	256,95	131,25	70,40	458,60	277,95	61
Vocht	94,50	7,20	323,20	424,90	439,45	103
Diversen	90,30	10,13	1,12	101,55	118,98	117
Totaal	450,—	150,—	400,—	1000,—	850,—	85

TABLE 22. *Quantities in kg present in initial and final products*

TABEL 22e. BESTANDDELEN IN EINDPRODUCT IN KG IN % VAN DEZELFDE BESTANDDELEN IN UITGANGSMATERIAAL IN KG

	Zodencel		Stenencel		Gemiddeld
	Zomer	Winter	Zomer	Winter	
N totaal	94	93	104	83	93
NO_3-N	—	—	—	—	—
NH_3-N	—	—	—	—	—
Hydr. splitsb. N	225	125	262	188	225
P_2O_5	96	108	121	109	109
K_2O	44	52	79	70	61
CaO	91	99	148	75	103
CO_2	230	82	(531)	189	(258)
Gloeiverlies	49	61	55	61	57
Vocht	97	103	92	103	99
Diversen	229	126	218	117	173
Totaal	85	85	85	85	85

TABLE 22e. *Quantities in final products in % of the same in raw materials*

eindproduct; in de laatste kolom van elk der subtabellen zijn de hoeveelheden in eindproduct uitgedrukt in % van de hoeveelheden van hetzelfde bestanddeel in het beginproduct.

Deze laatste kolommen zijn samengevat in tabel 22e.

De totaal N blijft goed behouden; de ammoniak-N verdwijnt. De hydrolytisch splitsbare eiwit-N echter neemt sterk toe, en wel in het zomervuil meer dan in het wintervuil, zodat in het eindproduct gemiddeld 34 % van de totaal N hydrolytisch splitsbaar is (in zomer en wintervuil resp. 46 en 23 %).

P_2O_5 en CaO blijven behouden, K_2O gaat echter voor 40 % verloren.

Er is een toename van carbonaten, eveneens in zomervuil sterker dan in wintervuil. De diversen vertonen een sterke toename, als gevolg van verschillende omzettingen van bij de analyse bepaalde verbindingen en grootheden in niet bepaalde verbindingen en grootheden. Het enige, dat hiervoor in aanmerking komt, is het gloeiverlies, en dit, naar wij wel mogen aannemen, verminderd met de huisbrandkoolstof.

Het gloeiverlies vertoont een teruggang tot gemiddeld 60 % van het oorspronkelijke, maar in zomervuil sterker dan in wintervuil (dit als gevolg van het verschil in huisbrandresten, zie onder). Verminderen wij het totaal gloeiverlies in het uitgangsmateriaal en het eindproduct met dat uit de as, dan krijgen wij de totaal organische stof uit papier en schillen (tabel 23).

TABEL 23. VERLOOP VAN DE ORGANISCHE STOF

	Zodencel		Stenencel		Gem. mengsel	
	Zomer	Winter	Zomer	Winter		
Org. stof uitgangsmat.	288,67	188,47	254,45	201,65	233	
Org. stof eindproduct.	89,03	1,18	101,35	21,—	53	
Vermindering	199,64	187,29	153,10	180,65	180	*Decrease of organic matter*
Toename diversen. . .	68,06	29,22	49,64	17,43	40	*Increase of miscellaneous*
Verlies	131,58	158,07	103,46	163,22	140	*Real loss of organic matter*

TABLE 23. *Balance sheet of organic matter, derived from tables 22*

Het verlies stemt vrij goed overeen met de 150 kg totaalgewichtverlies (15 %). Wij kunnen dus zeggen, dat in doorsnee van de organische stof 60 % verdwenen is, en 15 % overgegaan in andere verbindingen, zodat nog 25 % over is. Tussen zomer- en wintervuil is in dit opzicht een groot verschil:

	Zomervuil	Wintervuil	Gemiddeld
Verdwenen	43	83	60
Omgezet	22	12	15
Overgebleven	35	5	25

In het wintervuil, dat reeds minder organische stof bevat, verdwijnt het ook nog sneller.

In alle hopen is tot medio 1948 omgezet (in anorganische verbindingen en in verdwenen verbindingen) 180 kg organische stof. De snelheid van de afbraak van organische stof is dus niet afhankelijk van de onderlinge verhouding van de componenten; de aard der omzettingen echter wel, immers van deze 180 kg werd in zomer- en wintervuil resp. omgezet in anorganische verbindingen 60 en 20 kg en verdween 120 en 160 kg. Dit zien wij ook bij het VAM-procédé, nl. dat zomervuil langer tijd nodig heeft om te verbroeien.

In zomer- en wintervuilcompost bedroeg het gehalte aan organische stof 11,2 en 1,3 % op het totaal gewicht (incl. vocht); het vocht bedroeg resp. 63,6 en 49,4 %, dus de anorganische bestanddelen 25,2 en 49,3. Voor het vocht, dat aan beide bestanddelen toekomt hebben wij dus 2 vergelijkingen met 2 onbekenden, nl.

	Org. stof	Droge stof
Uitgangsmateriaal .	230,81	513,65
22/7-1948	50,35	372,68
31/8-1949	31,97	306,71
2/5-1950	88,76	324,62

$11{,}2\,x + 25{,}2\,y = 63{,}6$ en
$1{,}3\,x + 49{,}3\,y = 49{,}4$

Hieruit volgt:

$x = 3{,}3 \quad y = 0{,}9$ of m.a.w.:

1 kg org. resp. anorg. materiaal houdt vast 3,3 resp. 0,9 kg water.

In de volgende jaren blijken alle gehalten teruggelopen te zijn. Het verloop van totaal droge stof en van de organische stof (ex huisbrandkool) was als volgt (per 1000 kg uitgangsmateriaal):

De op 22 Juli 1948 nieuw opgezette gemengde hoop, bestaande uit het materiaal van de vroegere 4 partijen, vertoonde nl. het in tabel 24 weergegeven verloop van de hoeveelheden in kg per 1000 kg uitgangsmateriaal.

TABEL 24. BESTANDDELEN IN KG PER TON UITGANGSMATERIAAL

	As	Papier	Schillen	Totaal 28/11 '47	22/7 '48	31/8 '49	2/5 '50
N totaal	1,49	0,16	1,77	3,42	3,20	1,94	2,29
Hydr. splitsb. N	0,23	0,13	0,30	0,66	1,27	0,43	0,71
P_2O_5	0,66	0,05	0,76	1,47	1,60	1,08	1,14
K_2O	0,33	0,32	3,54	4,19	2,64	1,08	0,29
CaO	2,66	0,81	0,25	3,72	3,43	2,59	2,28
CO_2	0,66	sp.	sp.	0,67	1,27	0,43	0,29
Gloeiverlies (ex CO_2 en vocht)	189,57	141,75	89,06	420,38	239,92	189,22	184,40
Vocht	69,72	7,78	408,85	486,35	477,32	125,29	245,38
Diversen	66,68	11,—	1,47	79,14	119,35	110,80	132,51
Totaal	332,—	162,—	506,—	1000,—	850,—	432,—	570,—

TABLE 24. *Constituents in kg on 1000 kg of the raw material*

In de gemengde hoop is geen temperatuursverhoging meer geweest. Wel kwam er een zeer groot aantal wormen tot ontwikkeling. De gehalten liepen tot 31/8/'49 alle sterk terug, zelfs die van P_2O_5 en het lijkt, alsof er in Augustus 1949 geen organische stof meer over was.[1] Dit is echter niet juist; er zijn toen nl. afzonderlijk bepaald de gehalten aan huisbrandkoolstof en organische stof. De 189,22 kg gloeiverlies op

[1] Immers het gloeiverlies (189,22) is gelijk aan dat van de as in het uitgangsmateriaal (189,57).

31/8/'49 vallen nu uiteen in 157,25 kg huisbrandkool en 31,97 kg organische stof. Als hier geen sprake is van bemonsterings- en analysefouten, dan is de hoeveelheid huisbrandkool niet constant gebleven, maar verminderd met 17 %. De hoeveelheid organische stof is teruggelopen van 230,81 (gloeiverlies van papier en schillen) tot 31,97 kg, dus tot 14 % van de oorspronkelijke waarde. Was in de eerste 8 maanden per ton uitgangsmateriaal de hoeveelheid organische stof teruggelopen van 231 tot 50 kg, in het gehele daarop volgende jaar was deze teruggang slechts van 50 tot 32 kg. De stabiliteit was dus toegenomen. De diversen waren vrijwel onveranderd gebleven.

Op 2/5/'50 waren de hoeveelheden stikstof weer gestegen, die aan P_2O_5 gelijk gebleven, die aan CaO en CO_2 zwak gedaald, en die aan K_2O wederom zeer sterk gedaald. De 184,40 kg gloeiverlies vallen uiteen in 145,64 kg huisbrandkool en 38,76 kg organische stof. De hoeveelheid huisbrandkool is dus wederom afgenomen, de hoeveelheid organische stof daarentegen is thans toegenomen, en wel van 31,97 kg op 31/8/'49 tot 38,76 kg op 2/5/'50. Nog enkele analyses van het eindproduct worden vermeld in de volgende paragraaf.

Hiermede werd dit onderzoek afgesloten. Het materiaal was op dat moment volkomen egaal, goed van structuur, met het uiterlijk van goed humeus zand. Het materiaal was dus op het oog volledig grond geworden, echter nog zonder aardachtige geur.

Conclusie: Met dit onderzoek is aangetoond, dat het mogelijk is, het broeiproces te vervolgen aan de hand van 3 componenten, die elk voor zich gemakkelijk te bemonsteren zijn, zodat de analyse van het uitgangsmateriaal veel gemakkelijker en nauwkeuriger te verrichten is dan met stadsvuil; verder heeft men het voordeel, de samenstelling van het materiaal willekeurig te kunnen wijzigen, door van een andere verhouding der 3 componenten uit te gaan; ten slotte heeft men geen last van hinderlijke nevenbestanddelen. Het product, dat men verkrijgt, is normaal van uiterlijk en van samenstelling, en behoeft niet te worden gezeefd of op andere wijze behandeld. Ook in een proef, genomen met aldus verkregen product, bleek de werking overeen te stemmen met normale compost VAM.

Het is dus op deze wijze mogelijk het broeiproces aan een nauwkeurig onderzoek te onderwerpen.

c. De invloed van montmorilloniet op het proces

Uit een partij vers zomervuil werd op 18 October 1949 uitgesorteerd alle grove materiaal en een groot gedeelte van hout, lompen en karton; dit gebeurde met het oog op de mogelijkheid van het nemen van een gemiddeld monster, daar genoemd materiaal niet verkleind wordt in de slagmolen.

Na sortering werd de massa in de slagmolen verkleind en ontijzerd.

Het uitgesorteerde materiaal bedroeg ca 700 kg. Zodoende bleef er van 6000 kg uitgangsmateriaal over voor vermaling 5300 kg, terwijl er uit de slagmolen kwam 4000 kg of 2/3 van het ruwe materiaal. De stof was toen reeds tamelijk homogeen, met een aardachtig, op rijpe compost gelijkend uiterlijk. De 4000 kg werden grondig dooreengemengd en daarna in 2 helften van 2000 kg verdeeld. De ene helft werd grondig gemengd met 100 kg bentoniet, d.i. 5 % op totaalgewicht. Daarna werden van elk monsters genomen voor analyse. De beide partijen werden op 18 October 1949 zonder aanstampen ingebracht in de beide reeds genoemde stenen cellen. Het volume was ca 2,5 m^3 (dus volumegewicht 800 kg per m^3). In elke cel werd nog $\pm$ 150 l water toegevoegd. De cellen werden niet afgedekt.

Het temperatuursverloop was als in fig. 1 is weergegeven. Wederom blijken de temperaturen niet zeer hoog te zijn, en slechts in het begin tegen de 50° aan te liggen. De onderlinge verschillen zijn evenmin groot, echter is opvallend, dat tot en met 22 November de temperatuur van het object met bentoniet zonder uitzondering ligt boven die van het object zonder bentoniet en dat na die datum, wederom zonder uitzondering, de situatie omgekeerd is.

FIG. 1. TEMPERATUURSVERLOOP BIJ GEBROEID STADSVUIL MET EN ZONDER TOEVOEGING VAN BENTONIET

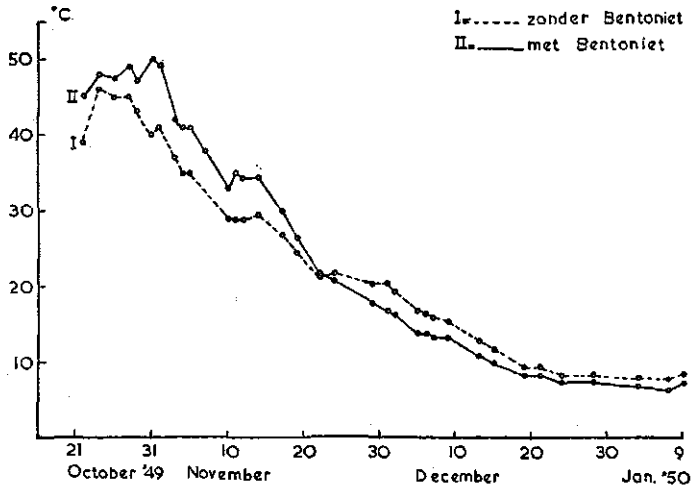

FIG. 1. *Course of temperature with fermented town refuse with and without the admixture of bentonite*

In de eerste decade van Januari lag de temperatuur in de cellen slechts 2 resp. 3° C boven de gemiddelde dagtemperatuur, zodat verdere temperatuurwaarnemingen gestaakt werden.

Op 23 Februari 1950 werd de compost uit de cellen gehaald, doorgewerkt en weer ingebracht. Hierna trad ook geen temperatuurverhoging van betekenis meer op.

Op 2 Mei werd het materiaal definitief uit de cellen verwijderd. Toen bedroegen:

	I Zonder bentoniet	II Met bentoniet
Volumen	1,55 m³	1,77 m³
Gewicht	2175 kg	2425 kg
Volumengewicht	1,403	1,370

Het volumengewicht is dus practisch gelijk.

Het totaalgewicht van II was 250 kg hoger dan van I. Dit verminderd met de 100 kg bentoniet, geeft nog een verschil van 150 kg. De 100 kg bentoniet houden dus vast 150 kg materiaal, bestaande uit bijna 100 kg water en ruim 50 kg droge stof (zie analyses). Product I was veel ruller en veel minder klef dan product II.

Ten einde een juist beeld te hebben van de uitgangstoestand en van het eindproduct, werden van elke helft 2 gemiddelde monsters genomen en in Maastricht geanalyseerd, waarvan de gemiddelden worden weergegeven in tabel 25a en b.

TABEL 25a. CHEMISCHE SAMENSTELLING UITGANGSMATERIAAL BIJ EEN BROEIPROCES MET EN ZONDER BENTONIET

	Zonder bentoniet		Met bentoniet		Zonder bentoniet	Met bentoniet	In totaal aanwezig in kg	
	1630	1631	1632	1633			per 2000 kg zonder	Per 2100 kg met
Totaal stikstof	0,45	0,45	0,35	0,30	0,450	0,325	9,–	6,825
Hydr. afspl. stikstof	0,30	0,30	0,20	0,15	0,300	0,175	6,–	3,675
P_2O_5 opl. in min.	0,25	0,25	0,25	0,25	0,250	0,250	5,–	5,250
K_2O opl. in water	0,20	0,20	0,20	0,20	0,200	0,200	4,–	4,200
CaO opl. in min.	2,6	2,7	2,5	2,5	2,655	2,5	53,1	52,500
CO_2 (met HCl)	1,3	1,3	1,4	1,3	1,30	1,35	26,–	28,350
Vocht	37,2	36,1	35,2	36,5	36,65	35,85	733,–	752,850
Huisbrandkool	5,4	4,9	5,3	5,0	5,15	5,15	103,–	108,150
Org. stof (incl. cellulose)	13,4	14,5	12,1	12,1	13,95	12,10	279,–	254,100
Cellulose	5,2	5,1	4,6	4,8	5,15	4,70	103,–	98,700
Org. stof *niet* cellulose	8,2	9,4	7,5	7,3	8,80	7,40	176,–	155,400
Diversen niet bepaald	—	—	—	—	—	—	787,9	888,575 (incl. 100 kg bentoniet)

TABLE 25a. *Chemical composition of raw material in a fermentation process with and without bentonite*

TABEL 25b. CHEMISCHE SAMENSTELLING EINDPRODUCT BIJ EEN BROEIPROCES MET EN ZONDER BENTONIET

	Zonder bentoniet		Met bentoniet		Zonder bentoniet	Met bentoniet	In totaal aanwezig in kg	
	1679	1680	1681	1682			per 2175 kg zonder	per 2425 kg met
Totaal stikstof	0,35	0,30	0,30	0,30	0,325	0,300	7,069	7,275
Hydr. afspl. N	0,20	0,20	0,20	0,20	0,200	0,200	4,350	4,850
P_2O_5	0,25	0,25	0,20	0,25	0,250	0,225	3,438	5,456
K_2O	0,15	0,15	0,15	0,15	0,150	0,150	3,263	3,638
CaO	2,5	2,5	2,6	2,4	2,50	2,50	54,375	60,625
CO_2	1,5	1,5	1,5	1,4	1,50	1,45	32,625	35,163
Vocht	44,5	44,6	43,1	43,8	44,55	43,45	968,963	1053,663
Huisbrandkool	4,5	4,8	4,8	4,5	4,65	4,65	101,138	112,763
Org. stof (incl. cellulose)	7,2	7,8	7,6	7,7	7,50	7,65	163,125	185,513
Cellulose	2,2	2,4	2,3	2,4	2,30	2,35	50,025	56,988
Org. stof *niet* cellulose	5,–	5,4	5,3	5,3	5,20	5,30	113,100	128,525
Diversen niet bepaald	—	—	—	—	—	—	841,004	960,904 (incl. bentoniet)

TABLE 25b. *Chemical composition of final product in a fermentation process with and without bentonite*

Hierna wordt het verschil berekend tussen eindproduct en uitgangsmateriaal, en dit uitgedrukt in % van de overeenkomstige waarden in het laatste.

In tabel 26 worden de verschillen tussen de hoeveelheden der betreffende bestanddelen in begin- en eindproduct weergegeven, alsmede deze verschillen, uitgedrukt in de hoeveelheden aanwezig in het uitgangsmateriaal.

In de laatste kolom tenslotte wordt weergegeven, hoeveel deze laatste waarden met montmorilloniet meer (event. minder) bedragen dan zonder montmorilloniet.

TABEL 26. VERMEERDERING OF VERMINDERING VAN DE VERSCHILLENDE BESTANDDELEN DOOR HET BROEIPROCES

	Eindproduct-beginproduct in kg		Idem in % beginproduct		
	Zonder montm.	Met montm.	Zonder montm.	Met montm.	Verschil 2 laatste kolommen (*difference between both last columns*)
Totaal N.	— 1,931	+ 0,450	— 21,5	+ 6,6	28,1
Hydr. splitsb. N . . .	— 1,650	+ 1,175	— 27,5	+ 32,–	59,5
P_2O_5 (min.)	— 1,562	+ 0,206	— 31,2	+ 3,9	35,1
K_2O (water)	— 0,737	— 0,562	— 18,4	— 13,4	5,–
CaO (min.)	+ 1,275	+ 8,125	+ 2,4	+ 15,5	13,1
CO_2	+ 6,625	+ 6,813	+ 25,5	+ 24,–	— 1,5
Huisbrandkool	— 1,962	+ 4,613	— 1,9	+ 4,3	6,2
Org. stof (incl. cell.) . .	— 115,875	— 68,587	— 41,5	— 25,8	15,7
Cellulose	— 52,975	— 41,712	— 51,4	— 42,3	9,1
Org. stof, niet cell. . .	— 62,900	— 26,875	— 35,7	— 17,3	18,4
Diversen	+ 53,104	+ 72,329	+ 6,7	+ 8,3	1,6
Idem excl. bentoniet .			+ 6,7	+ 9,2	2,5

TABLE 26. *Increase or decrease of the various constituents during the fermentation process*

Het product met bentoniet houdt N (vooral hydrolytisch afsplitsbare) en P_2O_5 beter vast; het eerste stijgt zelfs bij gebruik van bentoniet, bij het tweede wordt alleen verlies voorkomen.

Ook wordt de organische stof (speciaal de andere dan cellulose) beter vastgehouden, welke werking in dit geval bestaat uit een vermindering van het verlies aan organische stof.

CONCLUSIE: Het belang van de in dit hoofdstuk onder IV. 3 beschreven onderzoekingen wordt, behalve in de verkregen resultaten ook daarin gezien, dat aangetoond is, dat het broeiproces van het moeilijk hanteerbare en moeilijk te bemonsteren stadsvuil voor onderzoek vatbaar is met eenvoudige en weinig kostbare middelen, nl.:

a. doordat als materiaal voor de bouw van vergistingscellen graszoden en stropakken zeer goed bruikbaar zijn;

b. doordat stadsvuil na te bootsen blijkt door drie gemakkelijk verkrijgbare materialen, zonder hinderlijke nevenbestanddelen (welk mengsel voor en na de broei in proeven geheel dezelfde werking op grond en gewas blijkt te hebben als vers stadsvuil en gebroeide stadsvuilcompost), waarvan de naar willekeur samen te stellen mengsels goed reproduceerbaar zijn.

Om een zuivere maatstaf te kunnen vormen voor hetgeen zich bij het VAM-procédé afspeelt, moeten bij dit soort onderzoekingen echter ook nog speciale voorzieningen getroffen worden om een gelijksoortig temperatuursverloop te hebben.

Immers, bij de hier beschreven onderzoekingen waren de partijtjes zo klein, dat de buitentemperatuur van invloed was tot in het hart van de hoop, daar deze tot op ruim een meter in de stapel merkbaar is. Deze voorzieningen zouden kunnen bestaan in het aanbrengen van verwarmingskabels.

d. Invloed van de diepte in de stapel op de samenstelling van de compost

Het materiaal van tabel 27 geeft enigszins een beeld, hoe de verschillen in hoogte in de stapel, welke ook verschillen in milieu (dus in de plaatsvindende processen) betekenen, tot uiting komen in het eindproduct.

TABEL 27. INVLOED VAN DE DIEPTE IN DE STAPEL OP HET EINDPRODUCT

Diepte	1 m	3 m	5 m
Totaal N	0,50	0,55	0,60
Nitraat N (*N as* NO_3)	—	—	—
Ammoniakale N (*N as* NH_3)	0,05	0,10	0,15
Hydrolytisch afsplitsbare N	0,25	0,30	0,35
P_2O_5 oplosbaar in mineraalzuur	0,35	0,30	0,30
K_2O oplosbaar in water	0,30	0,45	0,50
CaO oplosbaar in mineraalzuur	2,4	3,–	3,3
MgO oplosbaar in mineraalzuur	0,3	0,3	0,3
Cu	0,070	0,080	0,080
B	0,005	0,002	0,003
CO_2	1,2	1,8	2,6
Vocht	50,3	43,3	48,–
Gloeiverlies minus CO_2 en vocht	17,1	17,1	15,2
Huisbrandkool	5,4	4,4	4,6
Organische stof	11,7	12,7	10,6
pH	7,5	7,9	7,7

TABLE 27. *Influence of depth in the stack on final product*

Hierbij moet bedacht worden, dat het hier gaat over een niet gehomogeniseerde partij, zodat de 3 monsters niet afkomstig zijn van volkomen gelijk uitgangsmateriaal.

Duidelijk is een uitloging van oplosbare bestanddelen in de bovenste lagen en ophoping daarvan in de diepere. Dit geldt voor de oplosbare stikstofverbindingen, voor kali en voor CaO en CO_2 (vermoedelijk als Ca $(HCO_3)_2$).

De overige waarden vertonen òf geen verschillen (P_2O_5, MgO) òf verschillen, waarvan het op grond van deze ene waarneming niet vaststaat of dit kenmerkende verschillen zijn tussen de 3 lagen, dan wel of zij het gevolg zijn van heterogeniteit van de partij.

4. ANALYSES VAN STADSVUILCOMPOST VAM

Door VAN DER MAREL (17) werd VAM-compost onderworpen aan een granulairanalyse. Het materiaal werd door zeven verdeeld in verschillende fracties, terwijl de fijnere fracties (na oxyderen met overmaat H_2O_2 totdat bij verwarmen het schuimen

ophield, en na dispergeren met 0,1 N ammoniak) in Atterbergcylinders werden afgeslibd. De aldus verkregen elementaire bodemdeeltjes waren naar het gewicht over de verschillende fracties verdeeld, uitgedrukt in % van het totale gewicht, als in tabel 28 is aangegeven. De 3 onderzochte compostsoorten waren resp. uit zomer-, overgangs- en wintervuil.

TABEL 28. MECHANISCHE SAMENSTELLING VAN COMPOST VAM

	Zomer	Overgang	Winter
> 13,6 mm	14,9	15,7	10,6
6,8 — 13,6 mm	18,2	20,9	17,1
3,4 — 6,8 mm	19,–	23,8	21,4
0,5 — 3,4 mm	29,9	13,5	16,2
60 μ — 0,5 mm	7,9	16,5	22,1
16 μ — 60 μ	2,7	3,1	4,2
2 μ — 16 μ	2,3	2,9	3,8
< 2 μ	1,2	1,–	1,3
	96,1	97,4	96,7

TABLE 28. *Mechanical composition of* VAM *compost*

De waarden in tabel 28 stellen, indien zij grafisch worden weergegeven, oppervlakken voor, welke worden begrensd door de x-as, de grenzen der fracties en een kromme lijn (bepaalde integralen). Delen wij dus deze oppervlakten door hun breedte (in μ), dan krijgen wij de gemiddelde hoogten, waar wij in tabel 28 geen indruk van krijgen door de sterk uiteenlopende breedten der fracties (nl. van 2—0 = 2 μ tot 13,6—6,8 = 6,8 mm = 6800 μ). Deze gemiddelde hoogte, die een beeld geeft van de relatieve frequentie, is weergegeven in tabel 29, waarbij als bovengrens van de grootste fractie is aangenomen 2,5 cm.

TABEL 29. RELATIEVE FREQUENTIE DER FRACTIES VAN TABEL 28

	Zomer	Overgang	Winter	Gemiddeld	Idem in % van 2 μ
> 13,6 mm . .	0,001	0,001	0,001	0,001	0,2
6,8 — 13,6 mm . .	0,003	0,003	0,003	0,003	0,5
3,4 — 6,8 mm . .	0,006	0,007	0,006	0,006	1,–
0,5 — 3,4 mm . .	0,010	0,005	0,006	0,007	1,2
60 μ — 0,5 mm . .	0,014	0,030	0,040	0,028	5
16 μ — 60 μ	0,061	0,070	0,095	0,076	13
2 μ — 16 μ	0,164	0,207	0,271	0,214	37
2 μ	0,600	0,500	0,650	0,580	100

TABLE 29. *Relative frequencies of the fractions, derived from table 28*

Hieruit blijkt, dat naarmate de fractie kleiner is, er relatief meer van aanwezig is. Verder, dat het wintervuil rijker is aan alle fracties < 0,5 mm dan het zomervuil. Daar evenwel ook het wintervuil op het totaal nog slechts 1,3 % < 2 μ bevat en

9,3 % < 16 μ (en het zomervuil resp. 1,2 en 6,2 %) is deze compost dus een zandgrond (zie tabel 41 op pag. 140 van (26)).

In deze lijn, van het beschouwen van compost VAM aan de hand van de voor cultuurgrond gebruikelijke methoden, ligt ook een onderzoek van de schrijver, waar deze compost inderdaad als bouwgrond werd gebruikt (thans reeds 3 jaar, zonder enige bemesting, en met goede resultaten), waar vanzelfsprekend, behalve de voor meststoffen gebruikelijke analyses, ook die voor bouwland werden verricht.

In tabel 30 wordt allereerst de granulaire samenstelling weergegeven in % van de minerale delen; daarna, als boven beschreven, de relatieve frequentie, welke weer wordt verkregen door deling door de fractiebreedte in μ.

TABEL 30. MECHANISCHE SAMENSTELLING VAN EEN MONSTER COMPOST VAM.

	In % van de minerale delen (*in % of mineral matter*)	Idem gedeeld door fractiebreedte (*the former divided by width of fraction*)	Idem in % van < 2 μ (*the last in % of the same of fraction* < 2 μ)
1700 — < 420 μ . .	17	0,013	0,3
420 — 58 μ . .	50	0,142	3
58 — 16 μ . .	7,4	0,176	4
16 — 2 μ . .	15,5	0,969	22
< 2 μ . .	9	4,500	100

TABLE 30. *Mechanical composition of a sample* VAM *compost*

Vergeleken met de vorige tabel blijkt een redelijke overeenstemming aanwezig te zijn voor deze op verschillende wijzen verkregen waarden. Wederom is er een toename van de relatieve frequentie voor de kleinere klassen.

Het M-cijfer bedroeg in het laatste geval 155. Dit stempelt het materiaal volgens tabel 42 op pag. 146 van (26) tot „matig fijn zand" (duinzand). Dit is begrijpelijk voor materiaal, waarin veel as en duinzand (daar Den Haag grotendeels op duinzand is gelegen). Dit laatste wordt ook bevestigd door de hoge waarden voor SiO_2, door VAN DER MAREL gevonden (17).

Verder werden van het laatste monster nog de in tabel 31 weergegeven waarden bepaald.

Het is dus een alkalisch reagerende zandgrond, met een flinke voorraad fosfaat, kali en kalk.

In een ander geval werden slechts de hoofdfracties bepaald. Deze bedroegen in % van de minerale bestanddelen: > 90 μ 74 %, 16—90 μ 15 % en < 16 μ 11 %. In dit geval was de pH 7,15, het K-getal 87, en $CaCO_3$ 4,62. Tenslotte werd nog in een geval een granulair-analyse verricht aan een monster compost VAM (pH 7,3, $CaCO_3$ 5,3). De fractieverdeling vertoonde weer het beeld van de vorige gevallen; hier werd echter het U-cijfer bepaald, dat bedroeg 79. Volgens tabel 43 pag. 147 van (26) wijst dit bedrag op een zandgrond, in fijnheid liggende tussen duinzand en heidezand, dus wederom matig fijn zand.

TABEL 31. ANALYSE VAN COMPOST VAM ALS GRONDMONSTER

P-getal	1
P-citr.	132
K-getal	92
pH	7,25
$CaCO_3$	4,5

TABLE 31. *Determination of soil characteristics in* VAM *compost, see (26)*

Het eindproduct van de in voorgaande paragraaf onder *b* besproken proef met kunstmatig stadsvuil leverde bij analyse door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek, de volgende waarden op:

TABEL 32a. GRANULAIR-ANALYSE VAN KUNSTMATIGE STADSVUILCOMPOST

Fractie	In % van min. delen	Fractie	In % van min. delen
1700 — 420 μ	39,5	16 — 2 μ	1,3
420 — 50 μ	47,9	< 2 μ	1,5
50 — 16 μ	9,8	M-cijfer	290

TABLE 32a. *Mechanical analysis of an artificially made townrefuse compost*

Op grond hiervan is het materiaal dus een matig grof zand. Verder werden nog een aantal andere grootheden bepaald (tabel 32b).

TABEL 32b. CHEMISCHE ANALYSE VAN KUNSTMATIGE STADSVUILCOMPOST

P-getal	2	S [2]	25,7
P-citr.	156	T—S [2]	7,6
K_2O-gehalte	0,086	T [2]	33,3
pH	6,90	V [2]	77,2
Kalkfactor [1]	190		

TABLE 32b. *Soil characteristics of an artificially made townrefuse compost*

Wij hebben dus, indien het materiaal niet als meststof, maar als grond bekeken wordt, wederom te doen met een zandgrond, die in dit geval vrijwel neutraal reageert, met een flinke voorraad fosfaat en kali, en met hoge S en V.

Een samenvatting van 15 chemische analyses, lopende van 1935—1945, leverde de in tabel 33 opgenomen grenzen en gemiddelden op.

TABEL 33. ANALYSES VAN STADSVUILCOMPOST VAM

	Hoogste waarde	Laagste waarde	Gemiddelde
Ballast	50,8	32,4	36,6
Water (tot luchtdroog)	43,1	27,2	33,5
Gloeiverlies (ex CO_2 en vocht) [3]	24,7	7,8	17,5
Humusachtige stof ($KMnO_4$)	11,1	4,3	7,8
Totaal N (Kjeldahl)	0,50	0,30	0,40
NH_3—N	0,12	0,02	0,05
NO_3—N	0,05	0,01	0,03
Hydr. afsplitsbare eiwit-N	0,15	0,02	0,07
P_2O_5 (min.zuur oplosbaar)	0,50	0,24	0,39
P_2O_5 (2 % citroenzuur)	0,32	0,20	0,25

[1] *A value characterising lime deficiency, see (26).*
[2] *Saturation characteristics, see (26).*
[3] Inclusief huisbrandkool.

TABEL 33. *(Vervolg)*

	Hoogste waarde	Laagste waarde	Gemiddelde
K_2O (water)	0,41	0,10	0,16
CaO (min.zuur)	3,6	2,5	3,–
MgO (min.zuur)	0,34	0,21	0,27
Na_2O	0,20	0,14	0,16
CO_2	2,1	1,3	1,7
Cu	0,06	0,006	0,04
Mn	0,03	0,002	0,02
Pb	0,21	0,05	0,10
Zn	0,007	0,003	0,005
Cl	0,26	0,06	0,15
SO_3	1,01	0,62	0,81
J	—	—	—
B	0,007	0,003	0,005

TABLE 33. *Analysis of* VAM *townrefuse compost*

Voor een zo heterogeen en zo moeilijk te bemonsteren materiaal valt de spreiding nog mee. Compost van zomer- zowel als van wintercompost vallen binnen bovenstaande grenzen.

Nemen wij de C uit de humusachtige stof, dus 0,58 × 7,8 = 4,5 %, dan is t.o.v. totaal N het C/N quotiënt 11, en t.o.v. de gemakkelijk opneembare N (als NO_3, NH_3 en hydrolytisch afsplitsbaar) 30. Het is zeer waarschijnlijk, dat C/N in de stapel van boven naar beneden afneemt daar in die richting het materiaal steeds minder aëroob wordt. De N is slechts gedeeltelijk in gemakkelijk beschikbare vorm aanwezig. Het grootste deel zit dus gebonden, vermoedelijk in de kernen van humuslichamen. Van de N komt slechts 10—15 % tot werking, uitsluitend in het eerste jaar, van het fosfaat 10 % in het 1e en 10 % in het 2e jaar (zie (22)). Kali en kalk zijn volledig werkzaam, wat wij ook voor de sporenelementen aannemen, zolang hier niets naders van bekend is.

In 1949 werden van 7 monsters compost uit zomervuil en van 8 uit wintervuil analyses verricht, waarvan de gemiddelden in tabel 34 zijn weergegeven, naast de bovenstaande gemiddelden over 1935—1945.

TABEL 34. ANALYSES VAN STADSVUILCOMPOST VAM

	1949 Zomervuil	1949 Wintervuil	1935—1945
Totaal N	0,51	0,33	0,40
P_2O_5 (min.zuur)	0,40	0,35	0,39
K_2O (water)	0,30	0,24	0,16
CaO (min.zuur)	2,72	2,48	3,–
CO_2	2,73	1,10	1,7
Vocht	36,64	27,71	33,5
Huisbrandkool	5,11	21,04	9,7
Org. stof	8,97	3,85	7,8

TABLE 34. *Analysis of* VAM *townrefuse compost*

Behalve voor de kali, waaraan het tegenwoordige product rijker is en kalk, waarvan het gehalte teruggelopen is, blijken de gemiddelden over 1935—1945 en over composten uit zomer- en wintervuil zich te bewegen tussen de waarden, die in 1949 werden gevonden voor beide afzonderlijk. Ook liggen de waarden heel behoorlijk tussen de uiterste waarden over 1935—1945. Aan organische stof schijnt het product gemiddeld iets armer geworden te zijn (echter kan hierbij het verschil in bepalingsmethodiek een rol spelen).

Wat nog opvalt is, dat niet, zoals algemeen wordt aangenomen, wintervuil compost levert met een hoger kalkgehalte dan zomervuil. Tot dezelfde conclusie komt ook VAN DER MAREL (17). Deze bepaalde ook de pH, en vond voor zomervuil 7,6 en voor wintervuil 7,2.

Ten aanzien van de kali is nog van belang dat VAN DER MAREL vond, dat de wateroplosbare kali slechts een fractie (10—20 %) uitmaakt van de totaal kali.

5. WAARDEBEPALING VAN STADSVUILCOMPOST VAM

VENEMA berekent de waarde, gebaseerd op prijzen van 1939, aannemende, dat:

1e. de stikstof de halve waarde heeft van die in ZA;

2e. Mg idem van die in patentkali;

3e. aanwezig zijn 20 % organische stof à f 0,005 per kg.

Op grond van de hem destijds bekende analyses komt hij tot een prijs per ton van f 5,—, zie tabel 35.

TABEL 35. BEREKENING VAN DE WAARDE VAN STADSVUILCOMPOST VAM VOLGENS VENEMA

N	0,5	%	=	5	kg à f 0,30 : 2	=	f 0,75
P_2O_5	0,5	%	=	5	kg à f 0,14½	=	f 0,72
K_2O	0,3	%	=	3	kg à f 0,11	=	f 0,33
CaO	3	%	=	30	kg à f 0,022	=	f 0,66
MgO	0,3	%	=	3	kg à f 0,31 : 2	=	f 0,46
Cu	0,05	%	=	0,5	kg à f 1,44	=	f 0,72
B	0,02	%	=	0,2	kg à f 1,80	=	f 0,36
Org. stof	20	%	=	200	kg à f 0,005	=	f 1,—
					Totaal		f 5,— per ton

TABLE 35. *Calculation of the value of* VAM *townrefuse compost according to* VENEMA

HOUBEN geeft in een niet gepubliceerd rapport (tabel 36) een dergelijke berekening.

TABEL 36. BEREKENING VAN DE WAARDE VAN STADSVUILCOMPOST VAM VOLGENS HOUBEN

N	0,4	%	à f 0,30 : 6	=	f 0,20
P_2O_5	0,5	%	à f 0,1455 : 2	=	f 0,35
K_2O	0,2	%	à f 0,11	=	f 0,22
CaO	3,5	%	à f 0,02	=	f 0,70
MgO	0,4	%	à f 0,10	=	f 0,40
Cu	0,03	%	à f 0,30	=	f 0,09
B	0,01	%	à f 0,40	=	f 0,04
Org. stof	25	%	à f 0,005	=	f 1,25
Mn	0,03	%	à f 0,70	=	f 0,21
			Totaal		f 3,46 per ton

TABLE 36. *Calculation of the value of* VAM *townrefuse according to* HOUBEN

Nadien zijn door meer analyses de gehalten beter bekend geworden, evenals de werkingsfactoren van N, P en K (22). Hiermede rekening houdende, kunnen wij de volgende berekening opstellen (tabel 37).

TABEL 37. EIGEN BEREKENING VAN DE VOOROORLOGSE WAARDE VAN STADSVUILCOMPOST VAM

N	0,15 × 0,4 % à f 0,30	= f 0,18
P_2O_5	0,10 × 0,4 % à f 0,14[5]	= f 0,06
K_2O	0,25 % à f 0,11	= f 0,28
CaO	2,5 % à f 0,02	= f 0,63
MgO	0,25 % à f 0,31	= f 0,78
Cu	0,04 % à f 1,44	= f 0,58
B	0,05 % à f 1,80	= f 0,09
Org. stof	6 % à f 0,005	= f 0,40
Diversen onbekend		f 0,50
Totaal		f 3,50 per ton

TABLE 37. *Calculation by the author of the prewar value of* VAM *townrefuse compost*

De prijs was voor de oorlog f 0,75 af fabriek, zodat er om aan f 3,50 te komen, een toelaatbare vracht van f 2,75 overblijft, wat de meeste landbouwers ook betaalden. Volgens mij althans was de prijs niet „veel te laag" zoals VENEMA suggereert, en ook in „Het Vuilverwijderingsvraagstuk" voorkomt.

HOUBEN leidt nog een andere waardering af door vergelijking met stalmest (tabel 38).

TABEL 38. WAARDE VAN STADSVUILCOMPOST VAM GEBASEERD OP STALMEST VOLGENS HOUBEN

Prijs stalmest per 1000 kg		f 2,50
Meer 8 % organische stof	80 kg à f 0,005	= f 0,40
0,2 % P_2O_5	2 kg à f 0,145 : 2	= f 0,14
0,2 % MgO	2 kg à f 0,10	= f 0,20
CaO, Mn, Cu en B als boven		f 1,04
		f 1,78
		f 4,28
Minder 0,2 % N	2 kg à f 0,30 : 6	= f 0,10
0,4 % K_2O	4 kg à f 0,11	= f 0,44
		f 0,54
Per ton		f 3,74

TABLE 38. *Value of* VAM *townrefuse compost based on farmyard manure according to* HOUBEN

Deze berekening is gebaseerd op de volgende analyse van stalmest, met weglating van de werkingscoëfficiënten: org. stof 17 %, vocht 77, N 0,6, P_2O_5 0,3, K_2O 0,6, MgO 0,2. FERWERDA, in een (nog) niet gepubliceerd rapport, vond de volgende gehalten: org. stof 14 %, vocht 84, N 0,4, P_2O_5 0,2, K 0,5, CaO 0,4. De werkingscoëfficiënten van deze N, P_2O_5 en K_2O zijn 50, 75 en 100 %, tegen 15, 10 en 100 in VAM-compost. Verder heeft deze geen 25 doch slechts 6 % organische stof, gemiddeld. Dezelfde berekening komt er dus anders uit te zien (tabel 39).

Zo komen wij op f 2,50. Wij nemen dus maar aan, dat het gemiddelde van de tabellen 37 en 39 juist is, dus f 3,—. Aannemende, dat alles thans 2,5 × zo duur is als voor de oorlog, vertegenwoordigt thans een ton compost een waarde aan erin aanwezige plantenvoedingsstoffen van f 7,50. De prijs af fabriek was tot 1 Januari

TABEL 39. EIGEN HERZIENING VAN DE WAARDERING VAN STADSVUILCOMPOST VAM GEBASEERD OP STALMEST

Stalmest per 1000 kg		f 2,50
Meer CaO, Mn, Cu en B		f 0,76
		f 3,26
Minder 8 % org. stof	80 kg à f 0,00⁵ =	f 0,40
N	1,4 kg à f 0,30 =	f 0,42
P_2O_5	1,1 kg à f 0,14⁵ =	f 0,16
K_2O	2,5 kg à f 0,11 =	f 0,28
		f 1,26
		f 2,—
Diversen onbekend		f 0,50
	Per ton	f 2,50

TABLE 39. *Revision by the author of the evaluation of* VAM *townrefuse compost based on farmyard manure*

1950 [1] f 1,60, zodat transportkosten van f 6,— er nog uit konden, om de plantenvoedende bestanddelen betaald te maken. Nu zal niet in elk geval elk der bestanddelen nodig zijn; zo is in bepaalde gevallen het kalkgehalte een nadeel in plaats van een voordeel. De landbouwer zal voor de niet vereiste bestanddelen geen geld over hebben, zodat dus bovenstaande berekening meestal niet zal opgaan. Wij zien dan ook, dat de landbouwers gaan tot vrachtkosten niet van f 6,— maar van f 3,—, wat erop neerkomt, dat vrijwel de gehele afzet voor normaal gebruik plaats heeft binnen een radius van ± 40 km rond het bedrijf. Tegenover de rechtstreeks voedende werking, en als mogelijke compensering van tekorten hierop staat de kans op een blijvende verbetering van de grond door de uiteindelijk achterblijvende humus en het voorkómen van verarming aan sporenelementen. Dit effect is moeilijk in geld uit te drukken, daar het een proces is van lange duur, terwijl in het algemeen de opvattingen nog niet zodanig zijn, dat men geld over heeft voor een verbetering op lange termijn. Het bereiken van dit effect kan dan ook, behalve als individueel na te streven doel, eveneens gezien worden als een voorwerp van staatszorg, nl. strekkende tot behoud en verhoging van het nationale bodemkapitaal. Uit dezen hoofde zou de staat dus een deel der kosten uit het nationale inkomen hebben te bestrijden, evenals zij dit doet met een deel van de kosten voor onderwijs, daar deze ook bij lange niet bestreden kunnen worden uit de schoolgelden, omdat deze anders op een onaanvaardbaar peil zouden komen te liggen.

De werkelijke waarde van de compost zou eerst kunnen blijken uit een groot aantal proeven en praktijkwaarnemingen, wanneer daarmee de volgende voordelen verkregen en in geld uitgedrukt zouden kunnen worden:

1. verhoging van de opbrengst,
2. besparing op kunstmest,
3. goedkopere bedrijfsvoering als gevolg van structuurverbetering (lichtere, dus goedkopere grondbewerking of mogelijkheid van grondbewerking op meer geschikte tijdstippen).

Deze resultaten zouden echter, om volledig te zijn, niet alleen de directe effecten (vnl. die als gevolg van de plantenvoedende werking) moeten omvatten, doch

[1] Vanaf deze datum is de prijs f 2,50 met een speciale regeling van de vrachtkosten.

ook de effecten op de lange duur (vnl. het gevolg van de organische stofwerking). Op het ogenblik is een zo volledige berekening nog niet mogelijk, daar de hiervoor benodigde gegevens nog niet aanwezig zijn. Bovendien lag het ook niet in de bedoeling reeds in deze publicatie een overzicht te geven van de met compost verkregen resultaten; hieraan zal t.z.t. een afzonderlijk artikel gewijd worden. Voor de volledigheid zij inmiddels verwezen naar de no's (2), (12) en (22) van de literatuurlijst, waarin de belangstellende enige gegevens hieromtrent zal vinden.

V. DE BIJDRAGE VAN STADSVUIL EN STADSVUILCOMPOST TOT DE HUMUSHUISHOUDING VAN DE GROND

In het voorgaande zijn wij tot de voorlopige conclusie gekomen, dat uit 100 ton stadsvuil, waarin 20 ton organische stof, 80 ton compost VAM ontstaat, waarin 6 ton organische stof, waaruit overblijven 3 ton humus met een zeer stabiel karakter. In welke mate dragen deze nu bij tot de humushuishouding van de grond?

Zoals reeds werd opgemerkt is het niet zeker, dat bij gebruik van vers stadsvuil zich dezelfde processen zullen afspelen als bij het broeiproces van het VAM bedrijf. Nemen we echter aan, dat in beide gevallen dezelfde hoeveelheid stabiele humus verkregen wordt (zulks om de gedachten te bepalen, daar dit nog bewezen moet worden), en nemen wij verder met Prof. HUDIG aan, dat in een grond nodig is 0,1 % of in doorsnee 3 ton stabiele humus per ha. Om dit te bereiken moet dan toegevoerd worden 100 ton vers vuil of 80 ton compost VAM. Nu moet naast stabiele humus ook verteerbare organische stof aanwezig zijn; indien hiervoor de verhouding 3 : 7 wordt aangenomen, zou 70 % instabiele organische stof moeten worden toegevoerd (11). Het VAM product bevat boven de genoemde 3 ton stabiele humus nog 3 ton minder stabiele maar reeds gestabiliseerde humus, dus stellig geen 7 ton gemakkelijk aantastbare organische stof; deze moet dus op andere wijze worden aangevuld o.a. door wortel- en stoppelresten. Het verse vuil daarentegen bevat in het geheel geen stabiele humus daar deze nog gevormd moet worden, echter wel 20 % onverteerde organische stof. Uit dezen hoofde lijkt toediening van compost VAM verkieselijk, daar toevoering van oxydabele stoffen gemakkelijk is en automatisch reeds plaats heeft in wortel- en stoppelresten (bij granen b.v. omstreeks 4 ton), terwijl bij vers vuil de mogelijkheid aanwezig is, dat de processen in andere richting verlopen, en er geen stabiele humus ontstaat.

Dit zal vooral het geval zijn, als het vuil wordt opgebracht in een dunne laag van enige dm waarin sterk aërobe omstandigheden heersen. Dit kan dus alleen dienen als aanvulling van oxydabele organische stof bij reeds in de grond aanwezige stabiele humus. De met deze methode wel eens verkregen gunstige resultaten (waarbij echter vaak door afdekken met grond het milieu minder aëroob wordt gemaakt) kunnen echter zeker ook voor een gedeelte langs physische weg verklaard worden. De in de vorige alinea ontwikkelde gedachtengang verder voortzettende, zou moeten worden aangenomen, dat waar geen stabiele humus aanwezig is (hiermede bedoeld de echte, actieve, stabiele humus, en niet irreversibele of andere wel permanente maar inactieve organische stof) op deze wijze geen effect of slechts een zeer tijdelijk zou kunnen optreden.

Bij toedienen in lagen van meters dik spelen zich de bij de bespreking van het VAM-procédé geschetste processen af. Daar het evenwel een buitengewoon grote

hoeveelheid vuil vereist, is dit systeem alleen in bijzondere gevallen bruikbaar, en dus niet van veel belang.

Verder geeft het toedienen van vers vuil in dunne lagen onzekere resultaten. Bovendien heeft het, evenals andere toepassingen van vers vuil, bezwaren zoals aantrekken van vliegen, ratten en ander ongedierte; tenslotte ook nog bezwaren van hygiënische en aesthetische aard, en moeilijkheden bij de bewerking.

Op grond van al deze overwegingen blijft dus van de momenteel in de handel zijnde composten uit stadsvuil zonder bijmenging de stadsvuilcompost VAM over als de meest rationele toepassing van stadsvuil in de landbouw.

Eveneens zou bruikbaar zijn Danocompost, nagecomposteerd — op de bedrijven of centraal — waardoor een in wezen aan VAM-compost gelijk product wordt verkregen.

Weliswaar gaat, zoals reeds werd opgemerkt, een groot deel van de organische stof verloren bij het broeiproces, doch dit kan (tot op zekere hoogte) worden beschouwd als noodzakelijk om tot vorming van stabiele humus te komen. (Dit neemt niet weg, dat het van het hoogste belang is, dat de VAM blijft streven naar verhoging van het gehalte aan organische stof in zijn product). Bij toepassing als vers vuil is er, zoals wij zagen, kans, dat er te veel organische stof verdwijnt.

Een aparte plaats neemt de broeimest in de tuinbouw in, waarvoor het verse vuil wordt gebruikt. Hier wordt gebruik gemaakt van de warmteontwikkeling tijdens de broei. Het product dat tenslotte overblijft, vindt als dommest wederom toepassing. Het zal van belang zijn uit huisvuil ontstane dommest nader te onderzoeken op plaats gehad hebbende humificatie tijdens de broei en na toepassing als dommest.

De met de compost toegevoerde stabiele humus kan de fijne fracties uit de compost zelf en/of in de grond aanwezig omhullen, en aldus het actieve oppervlak vergroten en dienen voor de opbouw van kruimels met de bodempartikels.

Volgens JONES and OWEN hebben ook de kooldeeltjes een gunstige invloed op de bouwgrond, wat evenwel nog nader dient te worden onderzocht.

Dat meestal van een verhoging van het organische stof gehalte na toediening van compost VAM (evenals trouwens bij stalmest en andere vormen van organische stof) weinig te bespeuren valt, is thans verklaarbaar, nu wij gezien hebben, dat 80 ton per ha slechts resulteert in 0,1 % stabiele humus, wat dus bij de analyses van het Bedrijfslaboratorium aan de bepaling ontsnapt (ook hebben wij wel eens de veronderstelling geuit, dat dit gehalte mogelijk een zekere drempelwaarde niet te boven gaat welke niet zeer hoog ligt). In het algemeen zal men dus in de practijk met compost VAM, evenmin als met stalmest of groenbemesting, het thans bepaalde „humusgehalte" blijvend aanzienlijk verhogen, en moet men erop bedacht zijn, dat waar dit wel het geval is, men dit wellicht geheel of gedeeltelijk zal moeten toeschrijven aan vorming van zure of irreversibele of andere vormen van permanente organische stof, geen echte stabiele humus zijnde, wat dus zou wijzen op een minder gunstige conditie van de grond.

VI. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN VOOR STADSVUILCOMPOST

Voor enkele speciale gevallen is een gunstige werking bekend, en/of wordt het gebruik gepropageerd. Hiertoe behoren o.a. de volgende:

1. Gebruik in bijzondere gevallen

a. Gebreksziekten

Door de vele in compost uit stadsvuil voorkomende elementen, kan toediening van stadsvuilcompost vele gebreksziekten voorkomen of genezen. Het laatste zal evenwel meestal doeltreffender gebeuren door toediening van de betreffende zouten. Het best bekend is de werking (door het kopergehalte) op ontginningszieke (18) gronden, welke werking niet uitgaat van stalmest, paardenmest, faeces en andere organische stoffen.

Ontginningsziekte kan, zoals gebleken is, afdoende worden bestreden met compost VAM; hetzelfde resultaat geeft ook 120 kg kopersulfaat. Om deze hoeveelheid in compost VAM toe te dienen, komt men op 75 ton per ha, d.i. inclusief vrachtkosten f 200,— à f 300,— per ha. Alleen met het oog op bestrijding van ontginningsziekte, dus afgezien van de overige kwaliteiten van compost VAM, is toediening hiervan dus oneconomisch. Voor bestrijding van Hooghalense ziekte worden giften toegediend van Mg, overeenstemmende met 50 ton VAM.

b. Indrogende veengronden

Deze zijn het langst bekend in de overgangsvenen aan de randen der veenkoloniën in Groningen, Drenthe, Friesland en Overijssel, op plaatsen met te diep liggende waterstand. Ook treedt een dergelijk verschijnsel op, als bij ontginning „mot" en „spalterveen" door de bouwvoor is gemengd. En wellicht is ook in vele, zo niet in alle gevallen, een gedeelte van de als „humusgehalte" bepaalde stof ingedroogd en niet of moeilijk weder bevochtigbaar, waardoor wel blijvend, maar inactief en geen echte stabiele humus. De grootste bekendheid heeft het verschijnsel echter gekregen nadat het in 1927 werd opgemerkt in de Zegveldse polder. Tevoren was er reeds in 1923 op gezinspeeld door ROMIJN, die ook reeds huisvuil als remedie aangaf (21). Verder door NEEB, VAN DAALEN en MASCHHAUPT.

Thans worden in N.- en Z.-Holland en Utrecht vele duizenden ha als indrogend opgegeven, waarvan een gedeelte irreversibel (1), terwijl zij ook elders in óns land voorkomen. In deze laagveengebieden heeft, vooral in de laatste halve eeuw, de technisch sterk verbeterde polderbemaling zich gericht op de het sterkst ingeklonken percelen in de polder, waardoor de andere steeds hoger boven het polderpeil kwamen te liggen. De grond droogt daardoor uit, krimpt sterk in, en verliest langzamerhand het vermogen weer water op te nemen. Over het mechanisme van dit irreversibel worden zijn verschillende opvattingen, waarover het laatste woord nog niet gezegd is. Er ontstaan hoekige brokken, die al naar het grondtype, grof of fijn zijn. Bij voldoende regen en bemesting vormen deze in de spleten een voedingsoplossing, waarop de planten hoofdzakelijk leven; bij droogte echter is het mis, daar er weinig contact is tussen bodem en plant. Het verschijnsel is niet aan een bepaalde zuurgraad gebonden, maar op zure grond is de achteruitgang het snelst. Vaak zijn de indrogende gronden door jarenlange ontkalking sterk zuur.

Het euvel is, volgens Prof. HUDIG, te verhelpen door grote hoeveelheden kalk [1] geleidelijk in kleinere quanta toe te dienen, daar het doorwerken uiterst moeilijk is. In vroeger tijden werd op deze gronden stadscompost toegepast. Ook voor stadsvuilcompost zou hier een groot afzetgebied kunnen liggen, en wel, in de gevallen waarin kalk een gunstige werking uitoefent, vermoedelijk voor een belangrijk gedeelte door het Ca- en Mg-gehalte (en verdere elementen, daar deze gronden aan vrijwel alles arm zijn). Het hoge organische stofgehalte loopt daarbij vrij sterk terug.

c. Dalgronden

Deze bestaan uit de diluviale ondergrond waarop een laag bonkaarde (de oude bovenlaag van het hoogveen, het jonge mosveen) vermengd met zand. De bonkaarde wordt gedeeltelijk ontleed en blijft gedeeltelijk achter. Deze grond heeft gunstige physische eigenschappen door de reversibel bevochtigbare bonkaarde, maar is arm aan plantenvoedende bestanddelen, daar het zand zeer arm is en de bonkaarde ook niet rijk (zeer laag asgehalte en zeer hoog C/N).

Hier is eeuwenlang de oude stadscompost met vrucht gebruikt. Deze en stadsvuilcompost werken in hoofdzaak door hun Ca- en Mg-gehalte, dat de zuurgraad verlaagt. Ook de sporenelementen zullen hier niet zonder belang zijn.

d. Heideontginningen (3)

De plag is ontstaan uit een vegetatie met hoog C/N, laag asgehalte en bestaat uit permanente inactieve C-rijke en N-arme humeuze producten. Bij hoge heide loogt het zure zakwater het onderliggende diluviale zand uit en vormt zich loodzand, dat na uitdroging hydrophoob is en moeilijk doordringbaar voor wortels. Onder het loodzand liggen dan nog de koffielaag (donkerbruin door humeuze Al en Fe verbindingen, hier neergeslagen en irreversibel geworden), geel of bruin zand (door uitgevlokte ijzerverbindingen) en soms sterk verdichte ijzerrijke lagen.

In deze gronden verricht compost dezelfde functies als bij dalgrond, voorts vermindert het mogelijk de hydrophobie in de loodzandlaag en werkt het gunstig op de waterhuishouding (hier ontbreekt nl. de waterregulerende bonkaarde).

2. VERDERE MOGELIJKHEDEN

In de vorige gevallen was de werking in hoofdzaak terug te voeren op een of enkele elementen, welke ook of zelfs voordeliger, als zodanig zijn toe te dienen. Zoals te verwachten is, blijft een zodanige werking uit, als er toevallig geen behoefte bestaat aan de betreffende elementen. Zelfs kan het geval zich voordoen, dat men voor die elementen het optimum overschrijdt. Dit laatste doet zich b.v. voor met kalk, daar stadsvuilcompost door zijn hoge kalkgehalte de pH te sterk kan doen stijgen. Hierop dient men dus steeds bedacht te zijn. In overeenstemming hiermee vond GROOTENHUIS (3) dat waar resultaat door bemesting met stadsvuilcompost VAM op zand- en dalgronden optrad, de pH lager was dan 5,2; dit was kennelijk op de kalk terug te voeren.

Van meer belang, ook in de bovenstaande gevallen, en meer universeel, is:

1. de regeling van het gehalte aan stabiele humus, van de verhouding tussen stabiele

[1] Zie overigens ook (4).

en instabiele humus en daardoor de invloed op structuur van en microleven in de grond.

2. de voorziening met sporenelementen (23), waarvoor in geval van een tekort niet direct, zoals bij N, P en K de juiste diagnose kan worden gesteld door het grote aantal waarvan reeds bekend is, dat zij invloed hebben op het plantenleven, terwijl dit van andere nog onbekend kan zijn (ook is niet uitgesloten, dat groeistoffen e.d. worden toegevoerd). Deze tekorten nu kan men voorkomen met compost.

In volgorde van belangrijkheid van de met het gebruik van compost nagestreefde doeleinden krijgen wij dus:

1. de humusfunctie, de meest essentiële;
2. de voorziening met sporenelementen;
3. het voorzien in bepaalde afwijkingen in de grond door de betreffende plantenvoedende bestanddelen uit de compost. Dit wil natuurlijk niet zeggen, dat de aanwezigheid der plantenvoedende bestanddelen vrijwel zonder belang is; zij kunnen in mindering worden gebracht op de toe te dienen kunstmest. Zij vormen echter nooit het doel van compostgebruik.

In deze 3 functies liggen m.i. besloten de gevallen van herstel of voorkoming van moeilijkheden als gevolg van eenzijdige teelten, zoals in de tuinbouw, en dat, wat men tegenwoordig aanduidt met de naam van structuurziekten.

Waar dus de humusfunctie als het meest essentiële van de werking van stadsvuilcompost wordt beschouwd (met incidenteel de andere genoemde functies als voorziening met sporenelementen e.a.) komt de vraag naar voren, of stadsvuilcompost, b.v. compost VAM in belangrijke mate kan bijdragen tot de verrijking van landbouwgronden met organische stof, vergeleken met andere bronnen hiervoor als stalmest, bedrijfsafval enz.. Zoals reeds in het voorgaande betoogd werd, zal minstens de helft van de inwoners van ons land in zodanige centra wonen, dat verzamelen en mechanisch composteren van de vaste afvalstoffen op doelmatige wijze mogelijk is, nl. die van de omstreeks 50 gemeenten met 20 000 en meer inwoners. Deze produceren 5 000 000 m^3 vuil per jaar à ruim 200 kg/m^3 = ruim 1 000 000 ton, wat oplevert 800 000 ton compost. Bij de gepropageerde behoefte (welke overigens nog niet stevig gefundeerd is) van 50 ton per ha in 5 jaar, of 10 ton/ha per jaar, is dit quantum voldoende voor 80 000 ha, terwijl er volgens VENEMA reeds 600 000 voor in aanmerking komen. Globaal kan men zeggen, dat allereerst in aanmerking komen voor compost (en andere bronnen van organische stof) ontgonnen woeste gronden, zandgronden, zure veengronden en gronden, waar door voortdurende eenzijdige akkerbouw de humusvoorraad te sterk is aangesproken. Al deze gronden vereisen zorg voor de physische eigenschappen (water- en luchtcapaciteit en structuur) en voor de biologische activiteit van de grond, waarvoor humustoevoer vereist is.

Het is dus duidelijk, dat hiervoor alle bronnen van organische stof moeten worden aangeboord, dat allereerst de organische stof — die zij alle in meerdere mate bevatten — de aandacht verdient, en dat daarna door de specifieke nevenwerkingen wordt bepaald waar elk — en dit geldt speciaal voor compost VAM — het meest op zijn plaats is.

3. De noodzaak van verwerking van stadsvuil voor de landbouw

Aan andere bronnen van organische stof mogen worden genoemd:

1. Stalmest, ca 12 millioen ton; een betere benutting hiervan begint momenteel de aandacht te krijgen, die zij verdient; verhoging van het quantum zou, zonder uitbreiding van de veestapel, alleen mogelijk zijn door meer stro in de stalmest te verwerken (wat in tijden van stro-overschotten van belang kan zijn), en door betere bewaring.

2. Afvalstoffen van landbouwbedrijven. de Vries stelt in 1932 (15) de vraag: „Zouden in onze landbouwbedrijven nog niet heel veel meer stoffen, in de eerste plaats groene plantenmassa, tot compost verwerkt kunnen worden, is men wel zuinig genoeg op de voedingsstoffen, die als afval of bijproduct in het bedrijf voorkomen, en zou men, door deze zo economisch mogelijk te gebruiken, niet op andere mest kunnen besparen?" Deze vraag geldt nu nog. Nederland produceert b.v. omstreeks 4 millioen ton aardappelloof, dat grotendeels verbrand wordt, grote hoeveelheden bietenloof enz. enz..

De andere in hetzelfde vlugschrift door de Vries gestelde vraag: „Wat is beter (en voordeliger), de groene mest direct onderploegen of composteren?" is hoewel in het voorgaande voor huisvuil werd aangevoerd, dat composteren beter lijkt, voor groene mest zeker nog niet beantwoord, al stelt Howard (5) zich op het standpunt, dat ook hiervoor de humificatie buiten de grond moet plaats hebben. Hij zegt nl., dat de benutting van plantaardige en dierlijke afval (en dit geldt dus m.m. ook voor de organische stof en stadsafval) verloopt in 2 étappes, welker processen veroorzaakt worden door micro-organismen:

1. vorming van humus en inlijving daarvan in de grond;

2. langzame oxydatie van humus en vorming van beschikbare stikstof.

De eerste étappe wordt volgens Howard veel sneller afgelegd dan de tweede, maar stelt zo hoge eisen aan de grond (hij vermeldt echter niet welke; mogelijk stikstofonttrekking), dat het gewas er onder lijdt; daarom moet het humificatieproces *buiten* de grond plaats hebben.

Zou dit juist zijn, en zouden de plantenresten op de bedrijven beter benut worden door compostering, dan zou dit tevens de gelegenheid bieden tot gelijktijdige verwerking van de vaste afvalstoffen van de 5 millioen niet in grote centra wonende bewoners van ons land, nl. die van de eigen bedrijven en van de plattelandsgemeenten.

Tot de bedrijfsafvalstoffen behoort ook stro, in de eerste plaats van granen, maar verder ook dat van koolzaad, karwij, mosterd, enz..

Sedert 1949 verkeren wij in een periode, waarin periodieke stro-overschotten te vrezen zijn. In (14) werd reeds uiteengezet, dat van de verschillende verwerkingsmogelijkheden van overtollig stro, het ter plaatse hakselen en onderbrengen het meeste uitzicht biedt, mits de hiervoor vereiste apparatuur aanwezig is.

Over de werking hiervan op korte termijn wordt in (14) gehandeld; over de werking op lange termijn, wanneer het onderbrengen van stro in de akker, waarop het gegroeid is als systeem doorlopend wordt toegepast, is niets bekend.

3. Industriële afvalproducten, in de eerste plaats die van de landbouwindustrie, als aardappelmeel-, strocarton- en andere fabrieken. In sommige

gevallen wordt het afvalwater hiervan voor vloeivelden gebruikt. Hieronder valt ook het product, dat onder de naam Scik enige bekendheid gekregen heeft, o.a. voor de indrogende veengronden. Het is een afvalproduct bij de cacaobereiding door de Sociëteit Chemische Industrie te Katwijk en bevat 11—13 % CaO, verder N en organische bestanddelen. Dit product wordt ook door particuliere firma's verwerkt in mengsels (die ook onder de naam compost verkocht worden), welke worden verkocht voor meer dan f 15,— per ton, speciaal naar tuinbouwcentra. Deze mengsels wijken in de gehalten aan plantenvoedende bestanddelen weinig af van VAM-compost, echter het gehalte aan organische stof is veel hoger.

4. Het slib van de rioolwaterzuiverings-installaties: rottingsslib, geactiveerd slib. Hier worden dus vele organische stoffen, afkomstig van de faecaliën, weer teruggewonnen, echter gaan van de oplosbare verbindingen (b.v. K) de meeste verloren. Dit product kan aan het huisvuil worden toegevoegd voor of na de broei, en ook als zodanig (na de nodige droging) worden toegepast (8). Omgekeerd is in de oorlogsjaren in Amersfoort het huisvuil toegevoegd aan het afvalwater, waardoor het gezamenlijk met het uitgerotte slib weer werd teruggewonnen. Deze proef is evenwel niet voortgezet. Aan zuiveringsslib zijn ook aanzienlijke quanta te winnen, nl. op de 5 millioen inwoners van de grotere steden ± 80 000 ton per jaar aan vaste stoffen, terwijl het wordt afgeleverd met een hoog vochtgehalte van ca 50 %. Het heeft daarbij een gloeiverlies van ± 25 %.

5. Tenslotte bestaat ook nog de mogelijkheid van opvoering van de organische stoftoevoer, door inschakeling van groenbemesters en van kunstweide. De methode grijpt echter sterk in op de bedrijfsvoering (zie b.v. (7)) en heeft daarom sociale en economische kanten, die niet direct te overzien zijn.

Zoals echter reeds eerder werd aangevoerd (11) zal, als al deze bronnen van organische stof volledig worden benut, een zo volledig mogelijke aantrekking van stadsvuil nodig blijven, teneinde de organische stofbalans van Nederland sluitend te maken. Het is dus van belang, dat het onderzoek aangaande de toepassingsmogelijkheden wordt voortgezet, teneinde zover te komen, dat op grond van analyses voorspellingen gedaan kunnen worden omtrent de te verwachten resultaten.

Ten aanzien van de 3 genoemde functies (humushuishouding, voorziening met sporenelementen en met plantenvoedingsstoffen) is men in dit opzicht het verst gevorderd bij de laatstgenoemde, minder ver bij de tweede, en het minst ver bij de eerste, de belangrijkste. Hier zal het fundamentele onderzoek en de analysetechniek nog moeten worden uitgebreid.

Want al is de uitspraak van mijn vroegere leermeester, Prof. ABERSON, nog altijd waar: „Het laatste woord is en blijft aan de veldproef", wanneer men een voldoende groot aantal veldproeven heeft laten spreken, en hieraan zijn analyses getoetst heeft, is het mogelijk (zoals bij het fosfaat- en kali-onderzoek (19)), dat men daardoor een voldoende stevige adviesbasis gekregen heeft; hierna krijgt dan tenslotte de analyse het allerlaatste woord.

Met deze publicatie is getracht een eerste bijdrage in deze richting te leveren.

SAMENVATTING

I. Inleiding

Het begrip compost wordt gedefinieerd als een organische meststof, bestaande uit een al of niet verbroeid mengsel, ontstaan door doelbewust mengen of als mengsel gewonnen; en haar analogie eveneens een organische meststof, bestaande uit één component, wanneer bereiding, uiterlijk en gebruik gelijk zijn. Onder composteren wordt verstaan het bereiden van compost, dus mengen, eventueel verkleinen en soms broeien. Er bestaan dus verse en gebroeide composten, ook van stadsvuil.

Stadscompost is de ouderwetse vorm van compost uit stadsvuil, vermengd met faecaliën en beer. Stadsvuilcompost komt voort uit stadsvuil zonder enige bijmenging. Deze komt voor, gebroeid zowel als ongebroeid.

Deze publicatie is gewijd aan samenstelling en eigenschappen van stadsvuil en stadsvuilcompost, welke door analyse te bepalen zijn.

II. Hoeveelheid en samenstelling van stadsvuil

Geproduceerd wordt per inwoner globaal 1 m^3 vuil per jaar, wegende 2 à 300 kg. Het bestaat in doorsnee voor 60 % van het gewicht uit anorganisch materiaal, voor 20 % uit organisch materiaal en voor 20 % uit water (tabel 1). Het anorganisch materiaal valt nog uiteen in: as en zand 40 %, stenen 12 %, huisbrand (niet verbrande kooldeeltjes) 8 %.

Het vuil bevat alles, wat voor de vorming van (stabiele) humus nodig is (lignine, eiwit, cellulose, basen, Al, Fe, Si en lutum). Er is een duidelijk verschil tussen zomer- en wintervuil (tabel 2 en 3). Deze bedragen resp. 55 en 15 % van de totale jaarlijkse hoeveelheid; de rest is overgangsvuil.

Chemische analyses van vers vuil geeft tabel 2.

III. Vormen, waarin stadsvuil aan de landbouw kan worden toegevoerd

Dit kan *zonder* of *met* voorafgaande bewerking.

1. *Zonder* voorafgaande bewerking kan men het stadsvuil:

a. als meststof en grondverbeteringsmiddel toepassen;
b. aanbrengen in zulke dikke lagen, dat in het vuil zelf gewassen worden geteeld;

2. *Na* voorafgaande bewerking zijn te onderscheiden:

a. de systemen van mengen en vergruizen, *zonder broei* (Danosysteem, Luikse systeem, raspsysteem);
b. het Beccarisysteem, zonder mengen en vergruizen, maar *met broei* in vergistingscellen;
c. het VAM-systeem als 2 *b*, doch met broei in de open lucht.

Het onder 1*a* genoemde systeem voert plantenvoedende bestanddelen aan (zie tabel 2) en kan bodemverbeterend werken. Het heeft echter het grote bezwaar, dat door de vele hinderlijke grove bestanddelen geen grondbewerking kan plaats hebben. Het materiaal ligt dus op de grond (mulch), waardoor zeer veel organische stof verloren gaat, en de teelt bezwaren ondervindt door verdrogen (gering waterhoudend vermogen en verbreking van de capillaire werking).

Systeem 1*b* is een zeer verkwistende werkwijze, die echter niet geheel te verwerpen is, daar er in vele gevallen uit overigens waardeloos terrein (putten, poelen e.d.) bouwgrond gewonnen wordt met behulp van vuil, dat de stad op enigerlei wijze kwijt moet. Hier staat dus niet de bemestende werking voorop, al moet men er bij de bebouwing terdege rekening mee houden. In Engeland heeft men met „controlled tipping" goede resultaten verkregen. De processen in de hoop voeren tot humusvorming.

De met de systemen 2*a* verkregen producten zijn bevrijd van bestanddelen, die de grondbewerking in de weg staan. Een groot deel daarvan bevindt zich als waardeloos materiaal in vergruisde toestand in de compost. Doordat echter in het verse product alle organisch materiaal nog aanwezig is, is het gehalte hieraan vrijwel even hoog als of hoger dan b.v. in VAM-compost (zie tabel 4). De organische stof is evenwel van een andere geaardheid, daar nog geen humificatie heeft plaats gehad. Deze vormen van compost kunnen gebroeid dan wel ongebroeid worden gebruikt. Door de menging en de verkleining zijn de voorwaarden voor de broei gunstiger geworden. Evenals bij de onder 1*a* en 1*b* genoemde producten bestaat hier bij hoge giften van het verse vuil de mogelijkheid van een nadelige werking (door stikstofonttrekking of als een toxisch effect).

Systeem 2*b* is practisch alleen historisch van belang, daar hieruit het VAM-procédé gegroeid is.

Systeem 2*c* wordt onder IV besproken.

IV. Stadsvuilcompost VAM

1. *Bereiding*

Het vuil wordt in zijn geheel, na slechts van zéér grove bestanddelen ontdaan te zijn, gebroeid op 6 m hoge, 479 m lange en 8 resp. 16 m brede hopen, in de open lucht, gedeeltelijk met kunstmatige, overigens met natuurlijke beregening. Nà de broei wordt gezeefd, gedeeltelijk vergruisd en gesorteerd in compost en afval.

2. *Processen tijdens de broei*

De temperatuur loopt hoog op, tot 70 of 80° C. Bovenin de stapel zijn de processen aëroob; hoe dieper men komt, hoe meer de omstandigheden zich in anaërobe richting wijzigen. Daar het Haagse vuil geen montmorilloniet bevat, vormen zich weinig of geen kleihumuscomplexen, wel kunnen zich stikstofrijke, met basen verzadigde huminezuren vormen.

Men kan zich enigszins een beeld vormen van de processen tijdens de broei, door het materiaal vóór en nà de broei quantitatief te vergelijken (tabel 8). Het blijkt, dat in het eindproduct nog slechts 30 % van de oorspronkelijk aanwezige organische stof over is, waarvan onder gelijkblijvende omstandigheden in 10—15 jaar nog de helft verdwijnt. De in VAM-compost aanwezige organische stof is dus resistent geworden, voor de helft zelfs zeer resistent. Plantenvoedende bestanddelen gaan in sterke mate verloren; het minst is dit het geval met P_2O_5 en CaO.

3. *Onderzoekingen aangaande processen tijdens de broei*

Besproken worden enige eigen onderzoekingen, waarin een quantitatieve vergelijking van begin- en eindproduct zuiverder mogelijk was, dan bij het materiaal, waaruit de sub 2 vermelde resultaten verkregen werden.

a. Een onderzoek naar de uitleveringscijfers, indien eenzelfde partij vuil wordt verwerkt tot Dano vers, resp. gebroeid en WESTSTRATE (rasp) vers, resp. gebroeid, vergeleken met VAM, niet uit hetzelfde, maar wel uit gelijksoortig Haags vuil van een gelijksoortige periode (tabel 14—16).

Bij VAM blijft meer hydrolytisch splitsbare stikstof en K_2O over dan bij de andere gebroeide producten, en minder CaO; over de hele linie blijft P_2O_5 vrijwel volledig behouden, daarna in afnemende mate totaal N, hydrolytisch afsplitsbare N, K_2O en organische stof. De laatste blijft voor 50 % behouden in deze gevallen.

Tabel 17 toont, dat bij deze 5 producten het gehalte aan organische stof samengaat met dat aan N en K_2O.

b. Een tweede onderzoek betrof een kunstmatige stadsvuilcompost, samengesteld uit papier, as en aardappelschillen, dus de voornaamste bestanddelen van stadsvuil (tabel 22—24).

Het materiaal heeft 2½ jaar op een hoop gestaan. In het eerste halfjaar bleven totaal N, P_2O_5 en CaO goed behouden, namen door de omzettingen de hydrolytisch splitsbare N, CO_2 en diversen (niet door analyse bepaalde verbindingen, dus de rest) toe, en namen K_2O en organische stof af, tot resp. 60 % en 25 % van wat in het uitgangsmateriaal aanwezig was. De totale massa verloor 15 % aan gewicht. Van de 75 % organische stof, die afgebroken is, is 15 % gemineraliseerd en terecht gekomen in de diversen en 60 % verdwenen. De organische stof in de een half jaar oude hoop bevatte 3,5 × zoveel water als het anorganische materiaal.

In het volgende jaar was er geen temperatuursstijging en kwamen veel regenwormen tot ontwikkeling. Alle gehalten liepen terug; de hoeveelheid organische stof tot 15 % van oorspronkelijk. Deze zeer veel langzamere afbraak wijst op hogere stabiliteit.

In het laatste jaar bleef K_2O sterk dalen en stegen weer totaal N, hydrolytisch splitsbare N en organische stof (de laatste tot 40 % van oorspronkelijk). Er is dus weer opbouw van humus. Gedurende het gehele proces wordt de huisbrandkoolstof afgebroken.

c. Een derde onderzoek werd gedaan met verkleind Haags stadsvuil, waarvan aan de ene helft bentoniet werd toegevoegd, teneinde na te gaan, of toevoeging van het kleimineraal montmorilloniet via de vorming van klei-humuscomplexen zou leiden tot een hogere uitlevering aan humus. Inderdaad bleek in de hoop met bentoniet 50 kg meer droge stof vastgehouden te worden per 100 kg bentoniet.

Blijkens tabel 25 en 26 wordt in de hoop met bentoniet N (vooral de hydrolytisch afsplitsbare), P_2O_5 en organische stof (vooral de andere dan cellulose) beter geconserveerd.

Het belang van deze onderzoekingen wordt daarin gezien, dat erdoor aangetoond is, dat de studie van het broeiproces bij het moeilijk hanteerbare en moeilijk te bemonsteren stadsvuil mogelijk is op een eenvoudige en doeltreffende wijze, welke uitvoerig beschreven wordt.

4. *Analyses van stadsvuilcompost VAM*

Uit de tabellen 28—32 (mechanische analyse) blijkt, dat naarmate de fractie fijner is, zij in absolute zin in een kleiner gewichtspercentage in VAM-compost aanwezig is, maar daarentegen in relatieve zin (de intervallen gelijk genomen) in sterkere

mate. De tabellen 31—32 geven weer de chemische analyse van stadsvuilcompost, uitgedrukt in de bij grondonderzoek gebruikelijke grootheden. Deze analyses stempelen het materiaal tot een matig fijn zand, zwak alcalisch reagerend, met een flinke voorraad fosfaat, kali en kalk.

Tabellen 33 en 34 geven gemiddelden van een vrij groot aantal analyses, volgens de voor meststoffen gebruikelijke methoden, van VAM-compost. Het quotiënt C/N is 11; nemen wij echter alleen de gemakkelijk opneembare N, dan wordt dit quotiënt 30.

Wintervuilcompost heeft tegen de verwachting geen hoger kalkgehalte en pH dan zomervuilcompost; eerder lager.

5. *Waardebepaling van stadsvuilcompost VAM*

Aan de hand van diverse berekeningen, gebaseerd op analyse-uitkomsten, komen wij tot de conclusie, dat de prijs op de boerderij hoogstens f 7,50 mag bedragen, waarin echter niet verdisconteerd is een op de lange duur eventueel te verkrijgen gunstig effect, daar hiervan nog te weinig bekend is.

V. De bijdrage van stadsvuil en stadsvuilcompost tot de humushuishouding van de grond

Daar stadsvuilcompost organische stof bevat van een tamelijk stabiel karakter, moet ook de aanvoer van gemakkelijk aantastbare organische stof verzorgd worden. Van een verhoging van het humusgehalte van de grond (die men door de stabiele aard zou verwachten) merkt men niet veel, daar men hiertoe extreem hoge giften zou moeten toedienen.

VI. Toepassingsmogelijkheden voor stadsvuilcompost

In de gevallen (grondtypen), waar een gunstige werking van stadsvuilcompost is gebleken, is dit in het algemeen terug te voeren op de erin aanwezige plantenvoedende bestanddelen. Daar deze ook op andere wijze zijn toe te voeren, kan hierin niet het voornaamste doel van composttoediening gezien worden. Dit bestaat uit:

1e. de regeling van de humushuishouding en
2e. de regeling van de sporenelementenhuishouding, en pas daarna
3e. aanvoer van plantenvoedende bestanddelen (incl. kalk).

De waardebepaling van compost langs analytische weg, is echter juist beter mogelijk, naarmate de betreffende functie minder essentieel is. Vooral voor de eerste, maar ook voor de tweede der genoemde functies zullen fundamenteel onderzoek en analysetechniek moeten worden verdiept en uitgebreid, vóór een juiste waardebepaling langs analytische weg mogelijk zal zijn.

Deze publicatie wil hiervoor een eerste bijdrage leveren, door samen te vatten, wat momenteel in dit opzicht bekend is.

THE EVALUATION OF TOWNWASTE AND TOWNWASTE COMPOST BY MEANS OF ANALYSIS

TABLE OF CONTENTS

SUMMARY:

		Page
I.	INTRODUCTION	3
II.	QUANTITY AND CONSTITUTION OF TOWN REFUSE	4
III.	DIFFERENT WAYS FOR APPLYING REFUSE IN AGRICULTURE	8
	1. Use of fresh town refuse	8
	a. as a manure	8
	b. as a soil	9
	2. Use of town refuse after preparation	11
	a. Dano- and other pulverising systems	11
	b. Beccari-system	14
IV.	TOWNREFUSE COMPOST SYSTEM „VAM"	15
	1. Preparation	15
	2. Developments during fermentation	17
	3. Investigations on these developments	23
	4. Analysis of „VAM" compost	39
	5. Evaluation of „VAM" compost	44
V.	THE CONTRIBUTION OF TOWNWASTE AND COMPOST OF TOWNWASTE TO THE HUMUS CONDITIONS IN THE SOIL	47
VI.	POSSIBILITIES FOR APPLYING TOWNWASTE COMPOST	48
	SUMMARY IN DUTCH	54
	SUMMARY IN ENGLISH	58
	REFERENCES	64

I. INTRODUCTION

Definitions. The meaning of the words compost, composting and fermentation as used in this paper is expressed in the following definitions.

Compost is an organic manure consisting of a fermented or a not fermented mixture obtained as such or by really mixing; from analogy also an organic derived from one component only if preparation, habitus and use are the same (e.g. straw-compost).

Composting is the making of compost (mixing, sometimes pulverising or fermenting).

From the abovesaid it follows that there exist fermented and not fermented composts.

Townwaste compost is made from townwaste only (to be distinguished from urban compost, including excreta) and can be used with or without fermentation.

Fermentation is the rising in temperature by chemical and microbiological transformations.

In this paper the composition and properties of townwaste and townwaste compost accessible for analysis, are dealt with.

II. QUANTITY AND CONSTITUTION OF TOWNWASTE

About 1 m^3 or 35 cu. ft of solid town refuse is produced per capita per annum, weighing 200 à 300 kg or 450 à 650 lbs, from which weight about 60 % is mineral matter, 20 % organic matter and 20 % water (see table 1). The mineral matter can be divided into ash and sand (40 %), gravel 12 %, carbon from ashes 8 %.

The refuse contains all that is required for humification (lignin, proteïns, cellulosis, bases, Al, Si and lutum).

There is a certain difference between the refuse in summer- and in winterperiods; the amounts of both are 55 and 15 % of the total yield (the rest is the intermediate form in spring and in autumn). For chemical analyses of refuse see table 2.

III. Different ways of applying refuse in agriculture

1. *Without* preparative treatment, refuse may be applied:

a. as a manure and as means for improving soil fertility;
b. in thick layers, so that the refuse itself forms the substratum for cultivation.

2. *After* preparative treatment are to be distinghuished the systems:

a. of mixing and pulverising, without fermentation (e.g. Dano);
b. no mixing or pulverising, but with fermentation in cells (Beccari);
c. as b, but with fermentation in the open (VAM).

System 1a has the drawback that the refuse contains many materials that prohibit cultivation. In this way it only serves as a mulch; much of the organic matter is lost and the growing of crops is hampered through lack of water (no connection with the capillars, little waterholding capacity).

System 1b is a very wasteful method. In some cases however arable land is reclaimed by filling ponds, fens, quarries etc. with refuse that has to be removed from the cities. Here manuring or meliorating is not the guiding idea, though the manuring value is not to be neglected. In England the „controlled tipping" system has shown favourable results. In the heaps or layers humification takes place.

With system 2a products are obtained, free from materials cumbrous to cultivation, as part of them has been removed and another part is still present in a pulverised state. The latter part is worthless. As, however, no organic matter has as yet been lost, this compost contains as much of it as the more current fermented composts, or even more (table 4). But it is another form of organic matter since no humification has taken place. As with the products mentioned under 1a and 1b, high dressings with fresh material may have a noxious influence on the crops (by fixation of nitrogen or by toxic action).

These composts may be fermented. Conditions for fermentation have been improved by pulverising and thoroughly mixing.

System 2b has, practically speaking, only a historical value, as the VAM system has been developed on it.

To system 2c belongs the VAM system, the only system used in the Netherlands for big-scale compost manufacture. This is carried out by the N.V. Vuilafvoêrmaatschappij „V.A.M." (Garbage Transportation Co. Ltd. „V.A.M.") which transports the refuse from The Hague to the village of Wijster in the province of Drenthe in the North-East of the country, and there transsubstantiates it into compost. As this is a very important subject, from which most of the data on compost in general have been derived, a separate chapter (IV) has been dedicated to it.

IV. Townrefuse compost VAM

1. *Preparation*

After removing only very bigsized material the refuse as a whole is subjected to fermentation in stacks 6 m high, 479 m long and 8 resp. 16 m wide (1 m = 3,3 ft.).

The stacks are erected in the open, moistened artificially and by rain. After fermentation the compost is sieved, broken and separated from worthless and useless materials.

2. *Developments during fermentation*

Temperature rises to 70 even 80° C. In the upper strata of the stacks conditions are aerobic, becoming more anaerobic in the deeper regions.

As The Hague is for the greater part situated on sand (in and behind the dunes), its waste contains no montmorillonite or other clayminerals with the result that few or no clay-humus complexes are formed, but huminic acids saturated with bases (incl. bivalent ones).

To get a fragmentary idea of what takes place in the heaps, the material before and after fermentation are compared (table 8). The ready compost then contains no more than 30 % of the organic matter originally present; from this, under equal circumstances there remains in 10—15 more years only one half. The organic matter in compost VAM, as may be concluded from these results has become resistent, half of it even very resistent.

Many nutrients are lost on the stack, but losses of P_2O_5 and CaO are moderate.

3. *Investigations on the developments during fermentation*

In this part some special investigations are discussed, which the author started to be more able to follow the changes quantitatively than was possible in the foregoing cases:

a. In one experiment the composts Dano and Weststrate (compost, pulverised by rasping and sieving) both fermented and not fermented, and made out of one quantity of refuse are compared with VAM (tables 14—16).

VAM holds nitrogen detractable by hydrolysis and potassium better than the other fermented composts, and CaO less; P_2O_5 is held almost completely by all of the compared composts, followed in decreasing succession by total N, N detr. by hydr., K_2O and organic matter. Of the last-named remains in this experiment 50 %. A comparison of the 5 kinds of compost in table 17 shows that there is a kind of parallelity between the contents of C (organic matter) and of N and K_2O.

b. In a second experiment townrefuse compost was made from paper, ashes and potatopeelings, the principal ingredients of genuine townrefuse (tables 22—24). The stuff remained in stacks for 2½ years.

In the first half year total N, P_2O_5 and CaO were kept fairly well; the hydrolytically detractable nitrogen, CO_2 and miscellaneous (compounds not ascertained by analysis, the „rest") increased; K_2O and organic matter decreased till they reached 60 resp. 25 % from their original value. In total 15 % in weight was lost. Of the 75 % by which organic matter decreased, 15 % had been mineralised and incorporated in other compounds, the „miscellaneous", and 60 % had disappeared. In 6-months-old heaps the water content of organic matter was 3,5 times as great as that of inorganic matter in the same heaps.

In the year after the first half year the temperature rose no longer and lots of earthworms appeared. All contents decreased. The amount of organic matter was diminished to 15 % of its original value. So the breaking down of organic matter had slowed down remarkably.

In the last year of the trial, K_2O continued to diminish severely but total N, hydr. detr. N and organic matter had increased again (the last-named to 40 % of the original value). This shows that rebuilding of humus had started.

It appeared that the carbon is broken down in the process to a certain degree.

c. In a third experiment one half of a quantity of pulverised townrefuse was mixed with bentonite (as a replacer for the clay-mineral montmorillonite), the other half got no bentonite. It was hoped to collect data about the formation of clay-humus-complexes, expressed in a higher yield of organic matter after fermentation. As a matter of fact, in the stacks with bentonite 50 kg of dry matter was retained on 100 kg bentonite over and above that in the other stacks; moreover (compare tables 25 and 26) N, especially the hydrolytically detractable form, P_2O_5 and organic matter were retained to a higher degree.

The importance of these three experiments is that they show that studying the fermentation process with the townrefuse, so hard to handle and to sample, is possible in a simple, cheap and effective way (which is amply described in the paper).

4. *Analyses of compost VAM*

Tables 28—32 show that in compost VAM the occurrence of particles (expressed in % of weight) decreases with decreasing particle size when taken absolutely, but increases when taken relatively. In tables 31—32 some chemical analyses of VAM compost are represented, which were executed along the lines in use in the Netherlands for soils. Based on these mechanical and chemical analysis the compost appears to be a moderately fine-sandy soil, weakly alkaline with an ample reserve of P_2O_5, K_2O and CaO.

Tables 33—34 show averages (from a rather big number of samples) from analytical data of VAM compost obtained with the methods in use in the Netherlands for analysis of manures.

C : N is 11, and 30 when only the easily obtainable N is reckoned with.

Compost of winter refuse has contrary to expectation not a higher limecontent and pH than that of summer refuse.

5. *Evaluation of compost VAM*

From analytical data we can calculate the value of compost delivered on farm at f 7,50 (15 sh.) per ton at most (i.e. in the case of lack of all ingredients); in this price is not included a long term effect by improving fertility and tilth as we have unsufficient knowledge regarding this as yet.

V. The contribution of townwaste and compost of townwaste to the humus conditions in the soil

As compost of townwaste contains organic matter with a pretty stable character, the supply of the unstable form, too, has to be adequate.

A raising of the humus content of the soil by supplying stable humus with dressings of compost is not found generally, as with the amounts usually given the difference is smaller than the errors inherent with sampling and analysis.

VI. Possibilities for applying townwaste compost

In the cases (soiltypes) where a favourable result is obtained with compost from refuse, this can generally be explained by its content of nutrients. As their supply may be effectuated in a simpler and cheaper way, this cannot be the main purpose for using compost. With this three ends are aimed at, of which supply of nutrients is the less important, sometimes even superfluous or injurious.

1. Regulation of the humus content in soils.
2. Regulation of the content of minor elements.
3. Supply of nutrients (incl. lime).

Evalution based on analysis, however, is possible to a rather satisfactory degree only in the third case. To enable agricultural science rightly to evaluate composts on basis of analysis in the laboratory also for the two principal points much fundamental research has to be done and new methods have to be worked out in these fields.

The author has the pretention to hope that this article may form a stimulant to the work to be done, and to this end he has tried to review the present state of our knowledge on the subject.

GLOSSARY

Some terms, frequently used in the tables (internationally recognized chemical symbols excepted)

Beginproduct	the material i.e. fresh or raw town refuse before preparation (pulverising or fermenting)
Dano	a refuse compost made according to a Danish patent
Droge stof	dry matter
Diversen	miscellaneous
Eindproduct	the material after preparation
Gebroeid (vuil)	fermented (townwaste) abbr.: gebr.
Gemiddeld, or gem.	mean or average(s)
Gloeiverlies	loss on ignition, excl. CO_2 and moisture but incl. „huisbrandkool"
Humusachtige stof	humic matter determined with $KMnO_4$ oxydation
Huisbrandkool	coal or carbon from fuel residues
Hydr. afsplitsbare N	nitrogen detractable by hydrolysis
K-getal	K_2O soluble in water
Niet bepaald Niet te bemonsteren	not determined (the terms are used synonymously)
Opl. in mineraalzuur	soluble in mineral acids
Organische stof	organic matter i.e. „gloeiverlies" minus „huisbrandkool"
P-citr	P_2O_5 soluble in citric acid
P-getal	P_2O_5 soluble in water
Overgangsvuil	townwaste from intermediate periods (spring and autumn)
Samenstelling	composition or constitution
Schillen	peelings i.e. from potatoes
Totaal N	total nitrogen i.e. all forms included
Vers (vuil)	non-fermented (townwaste)
Vocht	moisture
Weststrate	a compost made by rasping over a horizontally placed sieve
Wintervuil	townwaste collected in winter (containing lots of ashes)
Zomervuil	townwaste collected in summer (containing much vegetable and garden waste)

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

1. DUIVERMAN, J. J. De landbouwscheikundige basis van het streekplan (Diss. Wageningen 1948).
2. ELEMA, J. Een proef om een oordeel te krijgen omtrent de stikstofwerking van V.A.M. compost. *„Drentsch Landbouwbl."* No. 16 van 13-10-1932.
3. GROOTENHUIS, J. A. Het toekomstig gebruik van huisvuil voor bemesting en grondverbetering. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 39* (1948) 142—147.
   — V.A.M. compost op zand- en dalgronden. *Mbl. Landbouwvoorlichtingsd. 5* (1948) 331—339.
4. HOOGHOUDT, S. B. Irreversibly dessiccated peat, clayey peat and peaty clay soils; the determination of the degree of reversibility. Trans. Int. Congress of Soil Science Amsterdam (1950) 31—34.
5. HOWARD, A. and Y. D. WAD. The wasteproducts of agriculture (1931).
6. HUDIG, J., J. GOODIJK en T. VAN MAANEN. Bemestingsproeven met stadsvuil, dat aan een „Beccarigisting" is onderworpen. *T. Ned. Heide Mij. 41* (1929) 65—74.
7. HUDIG, J. Het cyclusbedrijf. *Landbouwk. T. 61* (1949) 447—456.
8. HUFFELS, J. De gezamenlijke verwerking van stadsvuil met rioolslib. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 39* (1948) 123—137.
9. JANSEN, J. Onderzoek over de invloed van de temperatuur van het broeiende stadsvuil op het compostbedrijf van de „V.A.M." te Wijster op een aantal bacteriesoorten. *Meded. N.V. Vuilafvoermij. „V.A.M." 5* (1950) no. 5.
10. KOOMEN, C. De samenstelling van het huisvuil. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging (30)* (1939).
11. KORTLEVEN, JAC. Richtlijnen van het Compostonderzoek. *T.N.O.-Nieuws, 4* (1949) 85—93.
12. — De waarde van „stadscompost" als organische meststof. *Versl. Landbouwk. Onderz. 56, 5* (1950).
13. — Stabiele humus en de interprovinciale Calhahumusproeven 1943—1947. *Versl. Landbouwk. Onderz. 56,* 12 (1950).
14. — Het onderwerken van stro. *Versl. Landbouwk. Onderz.* (1951) ter perse.
15. — Het gebruik van ongebroeid stadsvuil. *Mbl. Landbouwvoorlichtingsd. 7* (1950) 300—304.
16. LAATSCH, W. und O. BIENECK. Untersuchungen über den Wert des Mülls als Düngemittel und Kompostrohstoff. *Ceres* 7/8 (1948).
17. MAREL, H. W. v. D. De samenstelling van stadsvuilcompost V.A.M. *Chem. Weekbl. 46* (1950) 177—182.
18. MEYER, C. Verslag over een achttiental bemestingsproeven met kopersulfaat. *Versl. Landbouwk. Onderz. 48* (1934) 67—173.
19. PAAUW, F. VAN DER Evaluation of soil Testing in the Netherlands. Trans. Int. Congress of Soil Science Amsterdam (1950), Soil Science in the Netherlands, Indonesia and Suriname, 40—47.
20. RAPPORT der Commissie ter bestudering van het vuilverwijderingsvraagstuk voor de gemeente Amsterdam (1927).
21. ROMIJN, G. Landbehandeling van vuilnis. *T. Ned. Heide Mij. 35* (1923) 420—421.
22. ROWAAN, P. A. De werking als meststof van verschillende compostsoorten. *Mbl. Landbouwvoorlichtingsd. 3* (1946) 99—106 en 176.
   — Stadsvuilcompost als meststof. *Mbl. Landbouwvoorlichtingsd. 6* (1949) 190—194.
23. Sporenelementen in V.A.M.- en stadscompost. *Meded. v. d. Inspect. v. d. Tuinb. en het Tuinb. Ond.* (1942) 34.
24. VENEMA, K. C. W. Rapporten (1—8) inzake de mechanische compostering van stadsvuil (1941—1942).
25. VRIES, O. DE Groenbemesting en stikstof. Korte Meded. No. 19 van het Rijkslandbouwproefstation, Groningen, 1933.
26. VRIES, O. DE en F. J. A. DECHERING. Grondonderzoek. Groningen, 3e dr. (1948).
27. Het VUILVERWIJDERINGSVRAAGSTUK (A'dam 1944). Behandeld door een Commissie ingesteld door de Ned. Vereniging van Reinigingsdirecteuren.

VERDERE, NIET GECITEERDE LITERATUUR

DEGENS JR, P. N. — De samenstelling van huisvuil in verband met de verwerking ervan voor de Land- en Tuinbouw, Haarlem 1948. Vuilverwijdering door Vuilverwerking ten behoeve van de land- en tuinbouw, Haarlem 1949 (op grote schaal verspreide nota's).

GETZLAFF, G. — Warum Humus aus städtischen Abfallen? *Gesundheits-Ingenieur 69* (1948) 313—321.

KORTLEVEN, JAC. — Enige opmerkingen naar aanleiding van het artikel van Ir R. STANDAERT. Technisch Onderzoek van het rapport van Dr Ir P. N. DEGENS JR (Febr. 1949) in dit Maandblad No. 8 en 9 (1949). *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 17—18.

— — Het vuilverwijderingsvraagstuk. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 92—93.

MAANEN, T. VAN — Ontginning met behulp van afvalstoffen (Inleiding en rapporten Ned. Heide Mij. 40-jarig bestaan, 1928).

— — Afvoer, verwerking en gebruik der vaste stoffen der gemeente 's-Gravenhage. *T. Ned. Heide Mij. 43* (1931) 105—112.

RAPPORT betreffende Vuilafvoer ten Plattelande, samengesteld in opdracht van het Congres voor Openbare gezondheidsregeling 1907.

RAPPORT der Commissie ingesteld bij besluit van de Min. v. B. Z. en Landbouw ten onderzoek van het Vraagstuk der Vuilverwijdering voor de gemeente 's-Gravenhage, 1925.

STANDAERT, R. — Technisch onderzoek van het Rapport: Vuilverwijdering door Vuilverwerking ten behoeve van land- en tuinbouw van DEGENS JR., P. N. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 40* (1949) 86—95, 97—102.

— — Wederlegging der kritiek van IR WESTSTRATE, Directeur der V.A.M. over mijn „Technisch Onderzoek" van het rapport van DR IR DEGENS JR. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 40* (1949) 140—150.

— — Wederlegging der „Enige opmerkingen" van IR JAC. KORTLEVEN van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen over mijn „Techn. Onderzoek" van het rapport van DR IR P. N. DEGENS JR. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 18—21.

— — Opmerkingen over de mededeling van IR A. DE ZEEUW, omtrent het vraagstuk der vuilverwijdering ten behoeve van de landbouw. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 23—24.

— — Antwoord aan IR JAC. KORTLEVEN. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 93—94.

STATISTIEK der openbare reiniging in Nederland, 1938.

STÖCKLI, A. — Die Verwertungsmöglichkeiten des Kehrichtes in der Landwirtschaft· *Gesundheit und Wohlfahrt, Heft 5* (1940).

VENEMA, K. C. W. — Literatuuropgave in 3e rapport (zie (7) pag. 21—22).

WESTSTRATE, W. A. G. — Enige gegevens over de bereiding van stadsvuilcompost in Nederland; antwoord aan IR R. STANDAERT, *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 40* (1949) 137—140.

— — Tweede antwoord aan IR STANDAERT. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 94—96.

ZEEUW, A. DE — De mestwaarde van huisvuil. *Techn. Mbl. Gemeentereiniging 41* (1950) 21—23.

TIJDSCHRIFTEN

Public Cleansing and Salvage

Technisch Maandblad voor Gemeentereiniging, Vervoerwezen en Ontsmetting