

Stedelijk afval als meststof voor de voedselproductie in de tropen

Stedelijke gebieden in de tropen produceren veel afval. De afvoer hiervan brengt grote problemen met zich mee. Met het afval verdwijnen grote hoeveelheden organische stof en mineralen, waaraan de landbouwgronden voor het op peil houden van de bodem-vruchtbaarheid juist zo'n grote behoefte hebben. Het stadsvuil kan nuttig gebruikt worden door het als meststof aan te wenden voor de voedselproductie.

Planten hebben net als alle andere levende organismen voedsel nodig om te kunnen groeien. De noodzakelijke voedingsstoffen kunnen verdeeld worden in macro-elementen (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S) welke dienen als bouwstoffen voor het plantenlichaam, en micro-elementen (Fe, Mn, Cu, Bo, Zn, Mo, Se, etc.) welke een katalytische rol spelen bij de vele chemische processen, die in de plant plaats vinden. Als er te weinig van een bepaald element beschikbaar is, dan blijft de groei van de plant achter en treden kenmerkende gebreksverschijnselen op. De plant voorziet in zijn behoefte aan de eerstgenoemde drie hoofdelementen door de opname van lucht en water. De andere elementen, in de bemestingsleer mineralen genoemd, worden als ionen door de plantenwortels uit de grond opgenomen. De belangrijkste mineralen zijn N, P, K, Ca en Mg.



De natuurlijke vruchtbaarheid

In de natuur is er sprake van een dynamisch evenwicht tussen grond, klimaat en vegetatie, waarbij de in omloop zijnde hoeveelheid mineralen ongeveer constant blijft. Door de mineralisatie (vertering) van afgestorven planten komen de hierin opgeslagen mineralen weer terug in de grond. Er is enige winst door vertering van bodemdeeltjes, terwijl er verliezen optreden door uitspoeling van ionen, opgelost in het wegzakende regenwater. Deze kringloop is in Fig. 1A schematisch weergegeven. Een grond is 'rijk' wanneer de planten, die er op groeien, kunnen beschikken over een ruime reserve aan voedingsstoffen. De natuurlijke

vruchtbaarheid van de grond komt vooral tot uiting in zijn gehalte aan organische stof. Deze fungeert als leverancier van gemakkelijik voor de plant opneembare mineralen en heeft bovendien een gunstige invloed op fysieke bodemeigenschappen zoals structuur en vocht-houdend vermogen.

Een voorbeeld van een goed traditioneel gebruik van stadsvuil voor de bemesting van groente door tuinters in Benin. Op de rechterfoto ligt het stadsvuil klaar om ondergewaakt te worden. Op de foto links zijn de restanten nog zichtbaar.



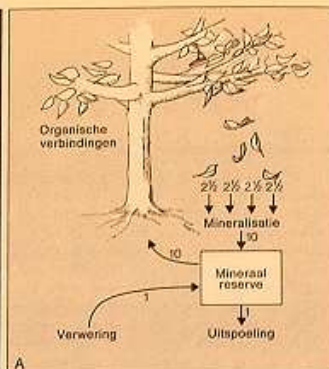
Bij de oogst van landbouwproducten worden de hierin opgeslagen mineralen blijvend aan de grond onttrokken. Een oude vorm van landbouw, die in de tropen echter nog veel voorkomt, is het systeem van 'shifting cultivation'. Men kapt en verbrandt de natuurlijke vegetatie, waarna de voedingsgewassen gezaaid of geplant worden. De eerste oogst profiteert van de aanwezige reserves, maar na enkele teelten is zo'n stuk grond helemaal uitgeboerd en zijn de opbrengsten zo minimaal geworden, dat men een nieuw stuk grond moet ontginnen. Op het verlaten perceel zal zich slechts langzaam een nieuwe reserve vormen tot een peil, waarop weer tijdelijk landbouw mogelijk is.

Bemesting is noodzakelijk

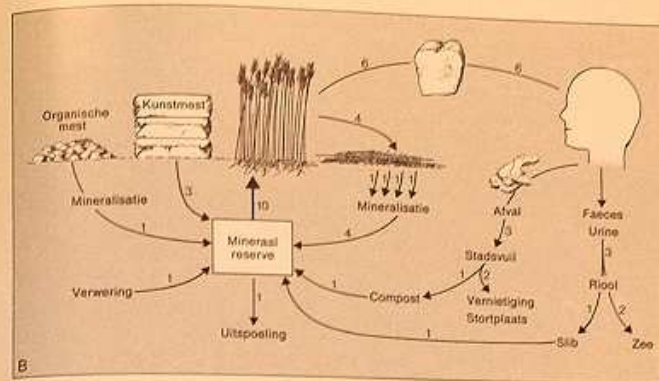
Het hierboven geschetste systeem van 'shifting cultivation' met een cyclus variërend van 10 tot 25 jaar is alleen mogelijk in zeer dun bevolkte streken (tot 10 inwoners/km²). Verreweg de grootste hoeveelheid voedsel wordt thans geproduceerd in meer intensieve landbouwsystemen met permanent grondgebruik. Als men hierbij niet op de een of andere wijze zorgt voor aanvulling van de onttrokken mineralen (i.e. bemesting) put men de grond volkomen uit en vervalt men tot zeer lage opbrengsten. In vele Derde Wereld-landen is dit helaas al het geval.

In Tabel 1 zijn de onttrekkingscijfers weergegeven van een aantal bekende voedselgewassen, uitgaande van de gemiddelde opbrengst op een normaal vruchtbare grond.

Als vuistregel zou men kunnen aanhouden dat door bemesting de hoeveelheid mineralen moet worden aangevoerd, die door een goede oogst wordt onttrokken (zie Fig. 1B). Dit is uiteraard een verregaande simplificatie, want



Hierboven: Fig. 1A schetst de kringloop van mineralen, zoals deze in de natuur plaats vindt. Verliezen door uitspoeling worden gecompenseerd door de verwerking van bodemdooftjes. Introductie van landbouw (Fig. 1B, rechts) betekent een verstoring van het natuurlijke evenwicht doordat afval en faeces slechts in geringe mate teruggebracht worden in het systeem. (De getallen bij de pijlen zijn een maat voor de hoeveelheid).



ook andere factoren zoals bodemtype en klimaat zijn bepalend voor de mestgift. Daarbij moet nog worden opgemerkt dat vlinderbloemigen minder N-bemesting nodig hebben omdat ze zelf atmosferische stikstof kunnen binden.

Meststoffen in rijke en arme landen

Talrijke produkten kunnen als meststof worden gebruikt. Men onderscheidt organische meststoffen zoals stalmest, compost en afvalprodukten, en anorganische meststoffen of kunstmest. Het gebruik van stalmest is al reuvenoud en wordt nu nog algemeen toegepast. Afhankelijk van grond, gewas en beschikbaarheid geeft men 20 tot 100 t/ha.

De kunstmestindustrie is pas in het midden van de vorige eeuw opgekomen dank zij de Duitse scheikundige Justus von Liebig. Deze toonde aan, dat de plant geen organische verbindingen opneemt, maar zich voedt met anorganische zouten, opgelost en gedissocieerd in water.

Thans wordt in de geïndustrialiseerde landen praktisch elke hectare landbouwgrond jaarlijks met enkele honderden kg kunstmest bemest. Kunstmest werkt sneller dan de organische meststoffen, het kan in elke gewenste hoeveelheid en verhouding worden toegediend en het is gemakkelijker te transporteren en aan te wenden. Kunstmest is ongetwijfeld een van

de belangrijkste hulpmiddelen om voor de groeiende wereldbevolking voldoende voedsel te blijven produceren. Bij een uitsluitend gebruik van kunstmest bestaat overigens het gevaar dat het organische stofgehalte van de grond te ver terugloopt. Ook kost kunstmest veel fossiele energie (N-binding kost 20 Mcal/kg) of grondstoffen (natuurfosfaten). Ondanks de beschikbaarheid van kunstmest moeten we dus blijven ijveren voor het zo veel mogelijk terugwinnen van de aan de grond onttrokken mineralen in de vorm van organische meststoffen.

In tropische gebieden is kunstmest echter in onvoldoende mate aanwezig en voor de kleine boer meestal te duur. Ook stalmest is er weinig beschikbaar omdat men het vee niet in stallen houdt of omdat men de mest als brandstof voor de keuken gebruikt. Het onderploegen van groenbemesters vindt geen ingang omdat de kleine boer alle grond nodig heeft voor de productie van voedsel- en marktgewassen. Vooral in deze gebieden is het uitermate belangrijk dat de boer alle bronnen benut. Op het platteland komen huisvuil en menselijke faeces en urine voor een groot gedeelte weer terug op het land of worden er erftuinen mee vruchtbaar gemaakt. Helaas gaat het stadsvuil, door de snelle groei van de steden een steeds belangrijker potentiele bron van mineralen, grotendeels verloren.

TABEL 1. Onttrekkingscijfers van enkele voedingsgewassen.

Gewas	Groei-duur maanden	Opbrengst t/ha	Onttrekking kg/ha				
			N	P	K	Ca	Mg
Aardappelen (knollen)	5	25	100	10	105	2	8
Cassave (wortels)	9	25	50	20	80	20	3
Rijst (graan)	4	4	90	10	15	2	1
Aardnoten (peulen)	4	1,5	105	5	35	20	10
Witte kool (kolen)	3	30	100	10	80	20	4



Bij de foto's: Afvalhoop op een Afrikaans markt (Ghana, Benin, Transiats) van de Stadsvuiling, dient transporten 85% uit naar lunders in de omgeving die voor een verdere verspreiding over het land zorgen. De onderste foto met 240-100 ha op traditionele wijze met de hak wordt ondergewekt.



Stadsvuil als meststof

In Nederland maakten in vroeger eeuwen de groentelers rondom de grote steden veel gebruik van stadsvuil. Tot omstreeks 1920 werden faeces en urine wekelijks in tonnen verzameld en rechtstreeks naar de groentevelden gebracht. Sinds de invoering van de gesloten riolen en van het waterlooset — uit medisch-hygiënisch oogpunt natuurlijk een goede zaak — wordt hier de meeste mensermest (beet) verspid door dat deze naar zee verdwijnt. Slechts weinig wordt als rioolsluis teruggewonnen. Ook het vaste stadsvuil wordt in Nederland slechts ten dele (ongeveer een zesde) als meststof, in de vorm van compost, gebruikt.

Tijdens het bereiden van de compost ondergaat het materiaal een broeiproces, waarbij de

temperatuur oploopt tot 65 °C, zodat ziektekiemen en onkruidzaden worden gedood. Er ontwijkt koolzuurgas, maar slechts weinig stikstof, zodat de C/N-verhouding terugloopt. Dit is een gunstige ontwikkeling, immers als in een organische meststof de C/N-verhouding te hoog is (meer dan 25) krijgen de planten symptomen van N-gebrek, doordat de bodembacteriën de in de grond beschikbare stikstof tijdelijk fixeren.

Het nut van stadsvuil, al dan niet gecomponeerd en al dan niet vermengd met menselijke en dierlijke uitwerpselen, wordt in sommige landen wel degelijk ingezien. Een voorbeeld hiervan is China, waar praktisch alle 'night soil' tot compost wordt verwerkt en als meststof gebruikt. Op deze wijze wordt in dit land voor een derde in de totale behoefte aan meststoffen voorzien.



Natuur en Techniek, 44, 3 (1978)

Nuttig gebruik van stadsvuil in Benin

Een mooi voorbeeld van een doelmatig gebruik van stadsvuil is te vinden in Benin, het vroegere Dahomey, in West-Afrika. Een belangrijk deel van het geproduceerde afval van de twee dicht bij elkaar gelegen steden Cotonou en Porto Novo komt ten goede aan de groenteteelt. Deze bestaat een oppervlak van ongeveer 100 ha op de lichte zandgronden langs de kust nabij de steden, en op de rode tropische kleigronden iets verder landinwaarts.

De zandgronden zijn van nature zeer arm, de rode kleien zijn door een generaties lang te intensief gebruik en onvoldoende bemesting eveneens sterk verarmd. Wil men echter een redelijke opbrengst behalen, dan is een intensieve bemesting een vereiste. Dit wordt ter dege door de 300 tuinders beseft en met goede resultaten in praktijk gebracht mede door de invloed van het 'Centre de Formation Horticole et Nutritionnelle' (CFHN), een proefstation voor de tuinbouw dat voor een groot gedeelte gefinancierd werd uit Nederlandse ontwikkelingsgelden.

De bemesting bestaat praktisch geheel uit het stedelijke afval. Het vuil wordt door vrachtauto's van het gemeentelijk vuilophaalbedrijf verzameld en tegen geringe betaling op het veld van de tuinders afgeleverd. Zeer grove bestanddelen zoals blikjes, stenen, textiel en plastic, die ca. 5% van het totaalgewicht uitmaken, worden met de hand verwijderd. Daar-

na wordt het materiaal zonder voorafgaande compostering op het land gebracht en licht ondergewerkt. Men gebruikt 25 tot 50 ton stadsvuil per hectare per teelt.

Over de samenstelling van het stadsvuil van Benin was tot voor kort niets bekend. Voor een goed bemestingsadvies is het wel nodig dat men weet, hoeveel er van de belangrijke elementen aanwezig is. Het Koninklijk Instituut voor de Tropen heeft hiervoor monsters stadsvuil uit Benin geanalyseerd. De samenstelling van het vuil blijkt erg heterogeen te zijn. Naast grove herkenbare bestanddelen zoals hout, bladeren en opgedroogde uitwerpselen komen er ook min of meer vergane componenten in voor.

Tabel 2 toont aan dat de grootste fractie wordt gevormd door de deeltjes met een diameter kleiner dan 2 mm, hoofdzakelijk bestaande uit zand (veegsel) verrijkt met organische deeltjes van verschillende herkomst. Ook bladeren kunnen een belangrijk bestanddeel uitmaken. De twee laatste fracties van de tabel zijn niet afbreikbaar en hebben geen bemestingswaarde.

Wat betreft de chemische samenstelling is het niet in de eerste plaats van belang te weten wat het totale gehalte van de verschillende elementen is, als wel welke hoeveelheden op vrij korte termijn door de planten opneembaar zijn. Om hier achter te komen zijn de monsters geanalyseerd op dezelfde wijze als die welke voor grondmonsters gebruikelijk is. Hier-

TABEL 2. Fysische samenstelling van 5 stadsvuilmonsters uit Benin. Gehalten in gewichtsprocenten van de droge stof.

	Gemiddeld	Traject
1. deeltjes < 2 mm	78,9	60-95
2. bladeren (o.a. van banaan voor emballage)	7,0	2-20
3. keukenafval en resten van dieren en vruchten	2,7	1-8
4. hout	2,6	1-4
5. papier	0,8	0-2
6. grind	8,4	3-15
7. ijzer, glas, plastic en textiel	0,7	0-2

TABEL 3. Chemische samenstelling van een monster stadsvuil uit Benin. Geëxtraheerde hoeveelheid in ppm of in % van de droge stof.

N totaal	ppm	3.800
NO ₃	ppm	174
P	ppm	600
K	ppm	2.648
Ca	ppm	4.996
Mg	ppm	840
Na	ppm	890
Fe	ppm	3
Al	ppm	2
Mn	ppm	67
SO ₄	ppm	728
Cl	ppm	1.191
C	%	4,4
C/N =		11,6

TABEL 4. Aanvoer van mineralen met 50 ton vers stadsvuil (90% droge stof) en onttrekking door een Amaranthusbladgroente gewas, teeltduur 8 weken, opbrengst 25 t/ha (19% droge stof).

	Stadsvuil aanvoer kg/ha	Bladgroente onttrekking kg/ha
N	171	124
P	27	23
K	119	291
Ca	224	76
Mg	38	41

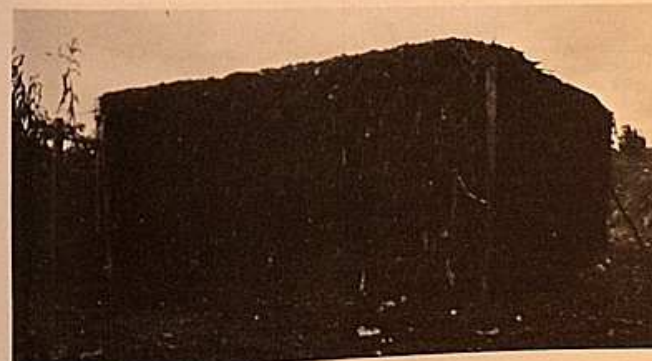
Bij de foto: Alvorens het stadsvuil als meststof te gebruiken wordt het veelal gecompoteerd. De bereiding is echter arbeidsintensief en gaat gepaard met grote verliezen aan C en N. Bij een laag C/N-quotiënt verdient gebruik van vers stadsvuil dan ook de voorkeur.

bij worden ze behandeld met bepaalde chemicaliën om een hoeveelheid voedingsstoffen te extraheren, die zo goed mogelijk overeenkomt met wat door de plantenwortel geëxtraheerd zou kunnen worden. Een uitzondering is gemaakt voor het element stikstof, waarvan naast de gemakkelijk opneembare nitraatvorm, ook het totaalgehalte is bepaald. Immers men mag aannemen dat ook de meer complexe stikstofverbindingen op de duur, zij het niet volledig voor het eerstvolgende gewas, tot nitraat worden afgebroken. Verder is ook nog het gehalte aan organische stof bepaald en in de volgende tabel opgenomen (zie Tabel 3).

Opvallend is het lage C/N-quotiënt. In dit geval hoeft men geen N-gebrek te vrezen wanneer het materiaal vers in de grond gebracht wordt. Voorafgaande compostbereiding zou deze meststof nodeloos duur maken, terwijl een belangrijke hoeveelheid C en N door verbranding of vervluchtiging verloren zou gaan.

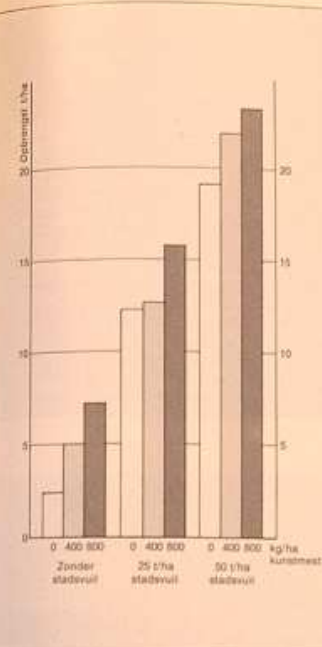
Aan de hand van de analysecijfers kan nu worden berekend welke hoeveelheid van de verschillende voedings-elementen bij een normale bemesting aan de grond wordt toegediend. Zo adviseert het CFHN als bemesting voor de ter plaatse veel geteelde bladgroente amaranthus 50 ton per ha. Amaranthus is een groente met een zeer hoge voedingswaarde en daaraan is inherent dat dit gewas een grote hoeveelheid mineralen onttrekt aan de grond.

Uit Tabel 4 blijkt dat 50 ton stadsvuil voldoende bemestende waarde heeft om een hoge





Illustratie van een eenvoudige veldproef om de bemestingswaarde van stadsvuil te testen. Elk perceeltje ontvangt een andere behandeling (bemesting met kunstmest, vers stadsvuil, compost, stalmest resp. geen bemesting) en wordt daarna beplant met de tropische bladgroente Amaranthus. Na 3 weken (onderste foto) zijn duidelijke gewasverschillen tussen de verschillende objecten zichtbaar. Vers stadsvuil geeft even goede resultaten als stalmest. In het blokdiagram wordt de opbrengst aan verse groente in t/ha van een dergelijke bemestingsproef weergegeven. In deze proef werden stadsvuil en kunstmest in 3 niveaus gebruikt. Uit statistische overwegingen werd de proef in zesvoud uitgevoerd.



nisch stofgehalte van minder dan 1%. Perceelen die gedurende tientallen jaren flink bemest waren, vertoonden gehalten van 3% of meer. Een gunstig gevolg hiervan is dat het vermogen van de grond om ionen te binden sterk is toegenomen en dat de fysische eigenschappen zijn verbeterd.

Behalve nuttige stoffen worden met het stadsvuil ook bestanddelen in de grond gebracht, die de plant niet kan gebruiken of die zelfs schade kunnen veroorzaken aan het gewas of bodem- en milieuverontreinigend kunnen werken. Als zodanig kunnen natrium en chloor genoemd worden, die in vrij grote hoeveelheden aanwezig kunnen zijn (zie Tabel 3) en op de duur de bodem zouden kunnen verzilten. Dit gevaar bestaat voor de zeer goed doorlatende gronden in Benin echter niet. Het zout krijgt niet de kans zich op te hopen door de hoge regenval (1500 mm/jaar) en doordat er grote hoeveelheden irrigatiewater worden toegevoerd (in de droge tijd 8 mm per dag).

Alleen de tuinders in de nabijheid van de grote steden kunnen over voldoende stadsvuil beschikken. Elders moet kunstmest gebruikt worden voor het bereiken van voldoende hoge opbrengsten. Foto rechts: Een landbouwvoorlichter demonstreert het gebruik van kunstmest. Een andere toepassingsmogelijkheid in de groenteteelt is de kunstmest op te lossen in het gietwater (foto links).

Amaranthus opbrengst mogelijk te maken. Alleen kalium wordt duidelijk onvoldoende aangevoerd en een kunstmestgift van 150 kg/ha zou kunnen worden aanbevolen. Er wordt een groot surplus aan calcium aangevoerd.

Een onmisbaar hulpmiddel bij het bepalen van de meest geschikte mestgift zijn bemestingsproeven. Hiertoe wordt op kleine perceeltjes het effect van verschillende meststoffen en giften op de opbrengst van een bepaald gewas met elkaar vergeleken. In Fig. 2 is het resultaat van een bemestingsproef met Amaranthus weergegeven. Hieruit blijkt dat de kunstmest en — in nog sterkere mate — de stadsvuilbemesting een groot opbrengstverhogend effect hebben gehad.

Invoel van stadsvuilbemesting op de eigenschappen van de grond

Slechts een deel van de in de organische meststof aanwezige nuttige bestanddelen wordt door het eerstvolgende gewas opgenomen. De moeilijker afbreekbare componenten maken gedurende langere tijd deel uit van de grond en kunnen aldus de bodemeigenschappen beïnvloeden. Deze invloed is bestudeerd door grondmonsters te analyseren van velden met oorspronkelijk gelijke bodemgesteldheid maar verschillende bemestingsgeschiedenis. Hieruit is gebleken dat een regelmatige bemesting met 50 ton per ha een duidelijke invloed heeft op het organische stofgehalte. De nog niet in gebruik genomen lichte zandgronden hebben een orga-



Een andere groep van verontreinigende stoffen is die van de zware metalen. Uit onderzoek naar de werking van stadsvuilcompost in Nederland is gebleken, dat bij langjarige toepassing het gehalte aan zware metalen zoals zink, koper en nikkel op sommige gronden te hoog kan worden. Waarschijnlijk heeft tropisch stadsvuil lagere concentraties van deze zware metalen dan afval afkomstig van welvaartsgebieden. Van een nadelige invloed op de gewasopbrengst of -kwaliteit is in Benin nog niets gebleken.

Stadsvuil kan beter benut worden

In de Derde Wereld-landen, merendeels in tropische gebieden gelegen, bestaat een enorm tekort aan meststoffen, zonder welke de voedselproductie nooit toereikend zal kunnen worden. Het gebruik van kustmest, thans nog slechts een fractie (1/10 of minder) van wat in de geïndustrialiseerde landen toegepast

wordt, zal waarschijnlijk niet tot dat hoge peil stijgen omdat de kosten door de grote input van delfstoffen en fossiele energie te hoog worden.

Het is duidelijk dat een groter gedeelte van het stadsvuil en rioolslib aangewend zou kunnen worden voor bemestingsdoeleinden. Ter illustratie: een stad van 100 000 inwoners produceert jaarlijks zo'n 20 000 ton afval (stads- en rioolslib) waarmee men ongeveer 1 000 ha grond voor voedingsgewassen redelijk vruchtbaar zou kunnen houden. Met een intensieve teeltmethode zou zeker de helft van het voor deze stad benodigde voedsel hierop geproduceerd kunnen worden.

Er zijn redenen genoeg voor het nog slechts beperkte gebruik van stads- en rioolslib in de tropen. De steden groeien snel maar zijn erg arm, zodat de infrastructuur (wegen, riolen, waterleiding, vuilnisophalendienst) erg gebrekkig is. Er bestaan slechts enkele compostingsbedrijven in de tropen. De daar geproduceerde compost



Alvoer van het afval vormt in veel grote steden in de tropen een groot probleem. Het vuil hoopd zich op in de straten en vormt een broedplaats voor vliegen en ratten. Op de foto afval in een krottenwijk in Brazilië.



Om een gefundeerd bemestingsadvies te kunnen geven is het nodig de vruchtbaarheidstoestand van de grond te kennen. Daartoe worden grondmonsters genomen en in het laboratorium onderzocht.

is zo duur dat alleen de welgestelden deze voor hun siertuinen kunnen gebruiken. Direct onderwerken van verse afval vraagt een goed georganiseerd transportsysteem, en dan nog mogen de velden niet meer dan enkele tientallen kilometers van de stad verwijderd zijn. Ook moeten bij vers gebruik zonder compostering de onverteerbare delen verwijderd worden, een lastig en smerig karwij.

De overheid en de boeren zijn soms erg gekant tegen het gebruik van deze meststof, zeker in ongecomposteerde toestand, omdat men het onsmakelijk of onhygiënisch vindt. Maar de huidige situatie is zo, dat het meeste stads- en rioolslib op open plaatsen en in de straten ligt te rotten en te stinken als aas voor vliegen en ratten. Het verdroogt of verregent en een groot gedeelte komt tezamen met het slib van de open riolen tenslotte in zee terecht en gaat verloren.



In veel tropische steden bestaan geen goede voorzieningen voor de afvoer van de grote hoeveelheden afval. In Djakarta (grote foto) wordt het vuil eenvoudig in de rivier gedeponeerd, vanwaar het met het tij naar zee wordt afgevoerd. In Cotonou daarentegen (inzet) wordt een groot deel nuttig gebruikt als meststof voor de groenteteelt.

Technisch is het mogelijk om stadsafval maximaal te benutten. Zonder de milieuhygiëne geweld aan te doen kan men er kostbare grondstoffen uit terug winnen, er energie uit opwekken (methaangas als brandstof) en de rest als meststof voor de landbouw gebruiken. In arme verstedelijkte gebieden in India doet de noodzaak hiertoe zich in sterke mate gelden en is men al ver gevorderd met dit soort experimenten. In de geïndustrialiseerde landen speelt het milieu-aspect, 'hoe van de rommel af te komen' en de recycling van metalen e.d. een grotere rol dan het bemestingsaspect.

Als slotconclusie willen we stellen dat het van essentieel belang is om hier en in de Derde Wereld op een zinvolle wijze de aan de landbouwgrond onttrokken mineralen, die in het stedelijk afval terecht komen, weer terug te brengen in de kringloop grond-plant-mens.

Literatuur:

- Allison, F. E., 1973. Soil organic matter and its role in crop production. *Developments in Soil Science* 3. Elsevier Scientific Publ. Comp., Amsterdam.
- Grubben, G. J. H., 1975. La culture de l'amarante, légume-feuilles tropical. *Médec. Landbouwhogeschool Wageningen*, 75-6.
- Haan, S. de, 1975. Afvalstoffen van de menselijke samenleving als meststof of grondverbeteringsmiddel. *Landbouwkundig Tijdschrift* 87 (9): 238-242.
- Jacob, A. en H. von Uexküll, 1963. *Nutrition and Manuring of Tropical Crops*. Verlagsgesellschaft Ackerbau, Hannover.
- Rinsema, W. T., 1973. *Bemesting en meststoffen*. 10e gew. druk. Tjeenk Willink.

Bronvermelding illustraties:
B. Nieuwenhuis; pag. 496, 498-499, 507.