

# ***Het Humanure Handboek***

Stront  
in een notendop



**Joseph Jenkins**



# HET HUMANURE HANDBOEK

Vierde editie

– **Stront in een notendop** –

Oorspronkelijke titel: The Humanure Handbook – Shit in a nutshell

Joseph C. Jenkins  
ISBN-13: 978-0-9644258-8-0

Copyright 2019 Joseph C. Jenkins  
Nederlandse vertaling © 2021 Harry Wagenaar

Alle rechten voorbehouden.

Delen van dit boek mogen zonder toestemming worden gekopieerd en verspreid indien (a) de informatie niet wordt gewijzigd, (b) de uitgevende bron wordt vermeld en (c) de verspreiding geen winstoogmerk heeft. Als u een composttoilet gebruikt en een probleem heeft met een autoriteit, zullen we gratis een exemplaar van The Humanure Handbook, vierde editie, doneren aan elke legitieme overheidsinstantie, zonder vragen vooraf, stuur ons gewoon uw verzoek.

Published by Joseph Jenkins, Inc.  
143 Forest Lane, Grove City, PA 16127 USA  
Phone: 814-786-9085 • Website: [josephjenkins.com](http://josephjenkins.com)



*Een werkelijk citaat van een stadsbibliothecaris in Arizona*

Speciale dank aan alle composteerders in de wereld, en vooral aan degenen die wereldwijd bezig zijn mensen zonder toilet te helpen compost te leren maken. Ik ben Samuel Souza en Alisa Kee-sey dankbaar dat ze de standvastig, de moed en kracht hebben om projecten voor menselijke compost op verschillende continenten op te zetten, die ik heb mogen beoordelen, documenteren en waaraan ik heb kunnen deelnemen. Ook dank aan Patricia Arquette voor de wijsheid een stichting op te richten die mensen helpt te leren over composteren als een alternatief voor sanitaire voorzieningen.

Alle redelijke voorzorgsmaatregelen zijn genomen door de auteur, Joseph C. Jenkins, en door Joseph Jenkins Inc. om de informatie in deze publicatie te verifiëren. Het gepubliceerde materiaal wordt echter verspreid zonder enige vorm van garantie, expliciet of impliciet. De verantwoordelijkheid voor de interpretatie en het gebruik van het materiaal ligt bij de lezer. Joseph C. Jenkins of Joseph Jenkins Inc. zijn in geen geval aansprakelijk voor schade die voortvloeit uit het gebruik ervan.



## Inhoudsopgave

Inleiding.....	7
Innige ontmoetingen met de drol.....	11
De onzichtbare wezens.....	14
Microben - vriend of vijand?.....	19
De oorlog tegen Microbes.....	24
Thermofielen.....	29
In de stront.....	33
Een dag uit het leven van een drol.....	44
Compost.....	63
Compost in de praktijk.....	72
Vocht.....	75
Houd het afgedekt.....	76
Koolstof en stikstof.....	77
Composteringsfasen.....	83
Elimineren van pathogenen.....	87
Aardwormen en vermicultuur.....	90
Oefening baart kunst.....	91
Compostwonderen.....	92
Compost filtert vervuiling.....	94
Compost beschermt tegen plantenziekten.....	96
Compost recyclet de dood.....	98
Compost recyclet dierenmest.....	99
Compost recyclet zelfs reclamefolders.....	100
Farmaceutische producten in compost.....	100
Zware metalen.....	106
Compost Mythen.....	109
De hoop omspitten.....	109
Compost inoculanten.....	115
Kalk.....	115
Wat niet te composteren.....	117
Composttoiletten en Droogtoiletten.....	120
Het aardetoilet.....	127
Ketel- of emmertoeiletten.....	136
Fecafobie.....	138
Terug naar Azië.....	139
Commerciële droogtoiletten.....	142
Wormen en ziekte.....	144
De Hunza's.....	148
Pathogenen.....	149
Virussen.....	154
Bacteriën.....	154
Protozoa.....	154
Parasitaire wormen.....	155
Indicatorpathogenen.....	159
Persistentie van pathogenen in grond, gewassen, mest en slib.....	160

Transmissie van Pathogenen door verschillende toiletsystemen.....	166
Hiv.....	172
Temperatuur en tijd.....	180
Conclusie.....	181
De Tao van Compost.....	182
Oercompost.....	185
Wat kwam eerst? De tuin of de compost?.....	187
Het draait allemaal om het afdek materiaal.....	188
Twee toepassingen voor afdek materiaal.....	188
En dan heb je nog een toilet nodig.....	190
De compostbakken.....	197
Uitspoelen.....	204
Compostbak review.....	205
Beheer is noodzakelijk.....	205
Enkele scriptiegegevens.....	206
Registreren van de composttemperatuur.....	207
Compost <i>happens</i> .....	210
Wetgeving.....	214
Zindelijkheidstraining.....	218
Veel gestelde vragen.....	220
In een kwaad daglicht.....	225
Woordenlijst.....	235
Bronvermeldingen.....	240



## Inleiding

Dit boek begon als een afstudeerscriptie Master of Science aan de Slippery Rock University binnen het Sustainable Systems-programma, in het noordwesten van Pennsylvania, in het midden van de jaren negentig. Ik leefde al tien jaar 'off the grid' en gebruikte al vijftien jaar een compost-toiletsysteem naar mijn eigen ontwerp. Niets bijzonders, heel eenvoudig, maar ik wilde onderzoeken wat er met mijn systeem aan de hand was, dus koos ik mijn toilet als scriptie-onderwerp.

Ik heb de scriptie nooit ingeleverd bij mijn scriptiecommissie, en ik heb de masteropleiding nooit afgemaakt. In plaats daarvan heb ik het manuscript omgezet in toegankelijke taal (in plaats van academische taal) en het vervolgens in eigen beheer uitgegeven als amateurboek. Ik wilde leren om zelf te publiceren. Dit was vóór het internet, zelfs vóór personal computers, als je je dat kunt voorstellen. Ook waren er geen mobiele telefoons. Ik begon met pen en papier en ging over op een handmatige typemachine, en daarna op een elektronische typemachine toen deze beschikbaar kwamen. Ik plaatste mijn eerste computer op de vloer van mijn kantoor in 1995, het jaar waarin de eerste editie van het Humanure Handbook werd gepubliceerd.

Hoewel ik het onderwerp fascinerend vond, dacht ik niet dat iemand anders geïnteresseerd zou zijn in het boek. Dus drukte ik slechts zeshonderd exemplaren en ging ervan uit dat ik er de rest van mijn leven naar zou staren, er zich in mijn garage spinnenwebben rond zouden verzamelen, en in de loop van de tijd hier en daar een boek zou uitdelen aan degene die het willen lezen. Het kon in noodgevallen altijd nog worden gebruikt als toiletpapier, zei ik tegen hen.

Nou, ik had het mis. De eerste editie verkocht vrij snel tienduizend exemplaren, dus schreef ik een tweede editie. Die verkocht net zo goed, waarna ik het comprimeerde tot een derde editie. Nu, met zeventigduizend exemplaren in omloop, ben ik bezig met de vierde editie. De tweede en derde editie zijn in tal van talen vertaald. De eerste vertaling werd gepubliceerd in Zuid-Korea, de tweede in Israël, en daarna kwamen er edities uit in het Frans, Noors, Portugees, Fins en gedeeltelijke vertalingen in het Cambodjaans, Chinees, Nederlands, Duits, Hongaars, Italiaans, Keniaans, Mongools, Russisch, Sloveens, Spaans en Vietnamees.

Vat dit niet op als opschepperij. Ik heb op verzoek vrijelijk de buitenlandse rechten gegeven, en in al die jaren en al die vertalingen heb ik nooit een cent verdiend aan een buitenlandse editie. Dat wilde ik ook niet.

In de jaren dat het boek in omloop was, bleef ik compost maken van menselijke ontlasting, en ik bleef mijn methodologie verfijnen en bijstellen naarmate mijn ervaring en kennis toenam. Mijn allereerste composthoop was in 1975. Mijn allereerste composthoop voor menselijke ontlasting had ik in 1976. En nu, terwijl ik dit tweeënveertig jaar later schrijf, heb ik nog nooit *geen* composthoop gehad, en heb ik altijd menselijke ontlasting als grondstof voor de compost gebruikt. Ik heb ook alle afgewerkte compost gebruikt om mijn voedsel te verbouwen (sommige ook voor kamerplanten), en ik heb met de producten uit mijn tuin een gezond gezin grootgebracht.

Ik realiseer me nu dat wij als natie eigenlijk fecafabeet zijn. Elke samenleving die opgroeit met wc's, ook wel spoeltoiletten genoemd, lijkt een gestagneerde ontwikkeling te hebben als het gaat om het recyclen van organisch materiaal, vooral als het uit het eigen lichaam komt.

Mijn compostgerelateerde reizen hebben mijn ogen voor veel dingen geopend, vooral toen ik naar die delen van de wereld reisde waar mensen geen toiletten gebruiken omdat ze die niet hebben. Amerikanen vormen ongeveer 4 procent van de menselijke bevolking, wat betekent dat 96 procent van alle mensen geen Amerikaan is, en niet denkt en handelt als Amerikaan. Ongeveer twee en een half miljard van die mensen hebben geen spoeltoiletten. Ze hebben nooit toiletten met spoeling gehad, hun voorouders, terug tot aan het begin der tijden, hebben nooit toiletten met spoeling gehad, en zeer waarschijnlijk zullen hun nakomelingen ook nooit toiletten met spoeling hebben. De infrastructuur, het water en de rijkdom die nodig zijn om toiletten door te spoelen, bestaan gewoonweg niet in grote delen van de wereld. Er moet iets anders voor ze zijn - een andere manier om met poep om te gaan. De meeste mensen die het toilet doorspoelen, interesseert het niets, ze kunnen de dringende noodzaak en onmetelijkheid van het wereldwijde sanitaire probleem niet begrijpen, en ze hebben weinig constructiefs te bieden.

Dit onwaarschijnlijke boek heeft me drie keer naar Mongolië gebracht. Het heeft me vier keer naar Haïti gebracht, vier keer naar Finland, Marokko, Mozambique, Nicaragua, India, Tanzania, Kenia, Oeganda, en van kust tot kust in de VS en Canada. Ik heb veel uitnodigingen, om de wereld rond te reizen en mensen, scholen of dorpen te helpen bij het opstarten van composttoiletsys-

temen, afgewezen. Er zitten daar gewoonweg niet genoeg dagen voor in het jaar en ik heb thuis een tuin te onderhouden. Ik weet niet naar hoeveel landen ik nog zal reizen voordat mijn leven eindigt, maar ik vermoed dat mijn reizen nog niet voorbij zijn.

Mijn uitdaging bij de vierde editie van dit boek is om te proberen meer dan veertig jaar ervaring in zo min mogelijk pagina's te destilleren. Ik moet ook een deel van de tekst, die ik in eerdere versies heb gebruikt, taalkundig bijwerken en corrigeren. Ik heb zoveel geleerd, en het lijkt zo belangrijk, dat ik denk dat het de moeite waard is. Ik moet bekennen dat ik op geen enkele manier in slechts één boek alles kan opschrijven wat ik heb geleerd. Mijn plan is daarom om een tweede boek uit te brengen, *The Compost Toilet Handbook*. Ik hoop dat het binnenkort naar de drukker kan. De tijd zal het leren.

Joe Jenkins, januari 2019

ATTENTION EARTHLINGS, I AM GIRDLOK...  
FROM THE PLANET TURDNOK IN THE  
CONSTELLATION ALPHA ROMEO. WE HAVE  
DISCOVERED AN ANCIENT  
MANUSCRIPT IN ONE OF OUR  
ARCHEOLOGICAL RUINS, AMAZINGLY  
IT IS WRITTEN IN EARTHLING  
ENGLISH AND IT IS ABOUT YOUR  
ODOROUS EXCRETIONS.  
IT IS CALLED THE HUMANURE  
HANDBOOK AND IT IS THE  
KEY TO THE SPIRITUAL  
SALVATION OF YOUR PITIFULLY  
INSIGNIFICANT SPECIES.  
AS AN ACT OF INTERGALACTIC  
GOOD WILL WE HAVE CHOSEN  
TO PUBLISH AND DISTRIBUTE  
THIS BOOK ON EARTH.  
WE ASK FOR NOTHING  
IN RETURN ETC...ETC...  
DRIBBLE... DRIBBLE...



## Innige ontmoetingen met de drol

*'Ik ben er ooit van beschuldigd door buitenaardse wezens te zijn ontvoerd.'*

Dit is misschien niet de verstandigste manier om een boek mee te beginnen. Sceptici, waaronder ikzelf, zouden dit kunnen opvatten als 'op het verkeerde been zetten'. Maar de beschuldiging is waar, en het levert een interessant verhaal op.

Mijn goedbedoelende vriendin had een paar biertjes gedronken voordat ze haar veronderstelling presenteerde. "Waarom zou iemand anders een boek schrijven als het *Humanure Handbook*?" vroeg ze. Ze kwam met de theorie dat ik op de een of andere manier zonder mijn medeweten in een buitenaards ruimteschip werd opgezogen, waar de buitenaardse wezens ergens een chip in mijn lichaam stopten en me vervolgens terug naar de aarde lieten vallen met mijn missie, veilig gecodeerd in de chip.

"Uranus!" flapte ze er lachend uit.

"Wat?"

"Uranus! Daar komen ze vandaan! "

Toen begon ze te lachen als een wanhopige patiënt in een gekkenhuis.

Ik besloot later om eens wat lol te trappen met de theorie van mijn vriendin toen ik werd gevraagd om op een nationale conferentie over menselijke ontlasting te spreken. Ik noemde mijn lezing 'Innige ontmoetingen met de drol', een titel die enige opschudding veroorzaakte bij de organisatoren van de conferentie, van wie sommigen het woord 'drol' niet in hun conferentiebrochure wilden hebben. Ik trok echter aan het langste eind en eindigde op een zonnige middag in Noord-Californië voor een zaal vol publiek. De ruimte was vol, alleen nog wat staanplaatsen voor een aantal mensen achter het zitgedeelte.

Ik begon mijn gesprek met de theorie van mijn vriendin over mijn ontvoering, en ik was opzettelijk serieus. Het publiek wist duidelijk niet wat ze van me moesten denken. Iedereen die over UFO's, buitenaardse wezens of ontvoeringen praat, is in de ogen van veel mensen onmiddellijk verdacht, ook veel mensen op deze conferentie.

"Laten we aannemen dat de theorie van mijn vriendin correct is," zei ik. "Laten we aannemen dat een ontwikkelde beschaving met een niet te bevatten intelligentieniveau, in staat is om lichtjaren door zonne- of sterrenstelsels te reizen, mij op een nacht in hun ruimteschip zoog en me terug naar de aarde stuurde met een chip in mijn reet. Voor welke missie werd ik dan geprogrammeerd? Wat wilden ze dat ik communiceer met de mensen op aarde?" Er zat een dame op de eerste rij te wiebelen op haar stoel, fronsend en sceptisch staarde ze naar me. Ik stond voor haar op de grond met een microfoon in mijn hand. Ik strekte mijn vrije hand voor me uit met mijn vingers uitgestrekt en zwaaide hem langzaam over het publiek. "Een idee? Iemand? Wat denk je dat de aliens me wilden laten zeggen? Wat is de boodschap die ze me wilden laten brengen? Welke informatie willen ze dat ik jullie mensen geef?" Niemand reageerde. Je kon een speld horen vallen. "Nou, ik

weet wat ze wilden dat ik je vertel.' Ik aarzelde even voor een dramatisch effect. "Ze wilden dat ik je vertel over de onzichtbare wezens. Wie heeft hier de onzichtbare wezens gezien?' Op dit punt veranderde mijn uitgestrekte hand in een puntige vinger terwijl ik hem langzaam over de menigte zwaaide. "Iemand? Iemand hier? Wie heeft ze gezien, die onzichtbare wezens?' De vraag was natuurlijk belachelijk, je kunt niet zien wat onzichtbaar is. Niemand zal zeggen dat ze iets onzichtbaars hebben gezien. Dat zou ze er net zo gek uit laten zien als ik op dat moment. De ogen van de dame op de eerste rij waren nu wijd open en haar kaak hing tot in haar nek. Vliegen hadden zo in en uit haar mond kunnen vliegen, zo ver was die open. Blijkbaar was het tot haar doorgedrongen dat ik een mafkees was die vlak voor hen stond. Ik was een van die mensen die in buitenaardse wezens en onzichtbare mensen geloofden. Verbazing was van haar gezicht af te lezen. De rest van het publiek was niet veel anders.

"Wie heeft hier de onzichtbare wezens gezien!?' vroeg ik opnieuw, luider, nog serieuzer, en begon ongeduldig te klinken, priemend met mijn arm voor me uitgestrekt in de richting van het publiek, mijn vinger bewegend van persoon tot persoon, iedereen nerveus makend, terwijl mensen wiebelde in hun stoel. "De aliens willen dat ik je vertel over de onzichtbare wezens! Heeft iemand hier ze gezien?"

Niemand bewoog. Niemand zei een woord. Het publiek verstijfde. Ik stond roerloos en stil voor hen, wijzend.

Toen ging er langzaam een hand omhoog, ver achterin de menigte. Daar stond een jonge dame.

"Jij!' Schreeuwde ik, recht naar haar wijzend. "Waar heb je de onzichtbare wezens gezien!?"

"In een microscoop?' piepte ze, nauwelijks hoorbaar.

"Wat, ik kan je niet horen. . . ."

"IN EEN MICROSCOOP!"

"BINGO!"

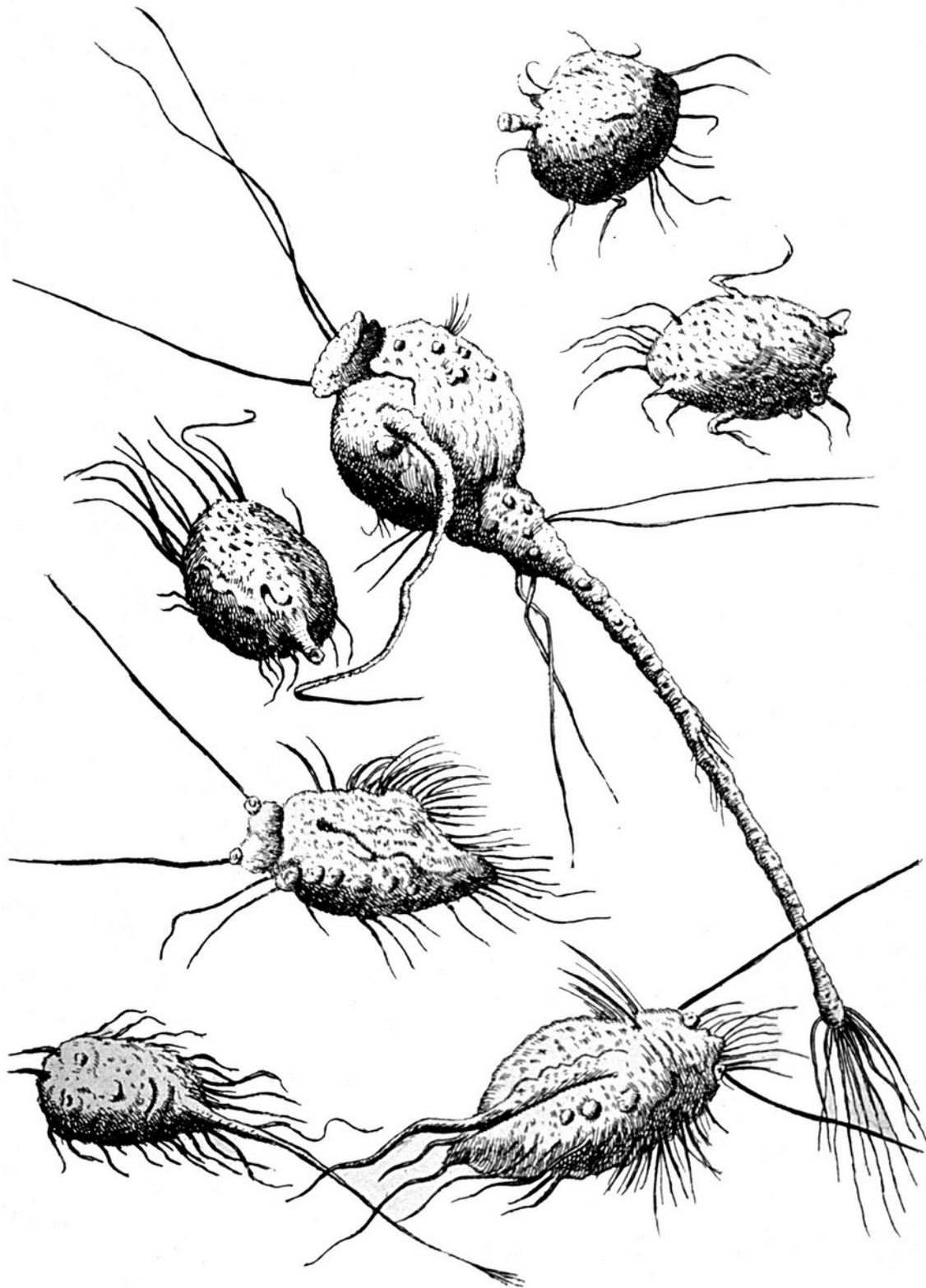
Mijn toespraak ging toen direct over in een discussie over microscopisch kleine organismen, wezens die zo klein zijn dat ze zonder vergroting onzichtbaar zijn voor het menselijk oog. Maar niet voordat ik de menigte les gaf over het maken van oordelen op basis van onwetendheid. Toegegeven, mijn buitenaardse invalshoek was nogal *over the top* en diende alleen maar voor het effect, maar het noemen van onzichtbare wezens was volkomen rationeel, feitelijk en noodzakelijk voor mijn discours. Ik vertelde hen dat er mensen in het verleden zijn veroordeeld, gevangengezet, gemarteld en ter dood zijn gebracht voor het overbrengen van informatie die feitelijk juist was, maar verkeerd werd begrepen. Mensen die een paar eeuwen geleden ziektes konden genezen met kruiden en natuurlijke processen, werden bijvoorbeeld als heksen bestempeld en door de kerk geëxecuteerd. Galileo is misschien wel een van de meest bekendste wetenschappers die werd vervolgd vanwege het presenteren van feitelijke maar verkeerd begrepen wetenschappelijke informatie. Het idee dat de aarde rond de zon draait, was in tegenspraak met de leer van de kerk in die tijd, dus werd Galileo als een ketter bestempeld en werd hij gedwongen het laatste decennium van zijn leven onder huisarrest te leven.

Wanneer we niet begrijpen wat iemand zegt, wil dat nog niet zeggen dat het verkeerd is. Het is belangrijk om open te staan en naar iemand te luisteren voordat je overhaaste conclusies trekt.

Dat is wat ik ze vertelde. Toen sprak ik over de onzichtbare wezens.



# Tekening van microben 1750



Bron: <https://collections.nlm.nih.gov/catalog/nlm:nlmuid-101403151-img>

## De onzichtbare wezens

Wie ooit zei: ‘De zachtmoedigen zullen de aarde erven’, moet haast wel een microbioloog zijn geweest. Behalve dat het duizenden jaren was voordat microbiologie zelfs maar bestond. In feite bezitten microben (microscopisch kleine organismen, of ‘onzichtbare wezens’) de aarde al, hebben ze altijd de aarde bezeten, en laten ze toe dat mensen haar kortstondig lenen. Zodra wij mensen onszelf doden door vervuiling, consumptie, hebzucht, haat, oorlogvoering, ziekte en uitroeiing, zal onze korte tijd op deze planeet eindigen en zullen microben doorgaan alsof er niets is gebeurd, zoals ze al miljarden jaren hebben gedaan.

Wetenschappers geloven dat de aarde ongeveer vier en een half miljard jaar oud is. Maar gedurende de eerste half miljard jaar of zo, geloven ze dat er niets op aarde was dat op leven wees zoals we dat nu kennen. Toch werden op de een of andere manier complexe moleculen gecreëerd door natuurlijke krachten (denk aan hitte en druk, misschien bliksem en meteorieten). De moleculen combineerden en coaguleerden in die mate dat eencellige organismen zich uiteindelijk eonen geleden op deze planeet ontwikkelden, zoals blijkt uit 3,5 miljard jaar oude microbiële resten die in Australië en Zuid-Afrika werden gevonden.<sup>1</sup>

Ik herinner me de dag nog goed dat ik op een berghelling in afgelegen Afrika stond om een openluchtpresentatie te geven over composttoiletten voor de plaatselijke stam. “De helft van al het leven op aarde is onzichtbaar”, zei ik tegen hen. “Bovendien, als je alle micro-organismen in en op je lichaam zou wegschrappen, eencellige organismen die jij niet bent, zou de resulterende massa even zwaar wegen als je hersenen.” Ze staarden me aan alsof wat ik net had gezegd helemaal niet bij ze binnen kwam, en dat was waarschijnlijk ook zo (bij jou). Sta me toe om het uit te leggen.

Het aantal individuele microben op onze planeet wordt geschat op maar liefst  $10^{30}$  (een quintiljoen).<sup>2</sup> Tien tot de negende macht is een miljard, dus tien tot de dertigste macht is een getal dat onmogelijk te vatten is. Om het in perspectief te plaatsen, schatten wetenschappers dat er  $10^{24}$  sterren in het universum zijn, ongeveer gelijk aan het aantal zandkorrels op aarde (d.w.z. veel minder dan een quintiljoen). Het aantal microben op aarde overschaduwde het aantal sterren in het bekende universum met een factor ergens tussen een miljoen en 100 miljoen, afhankelijk van wie je het vraagt.

Het aantal eencellige organismen (‘onzichtbare wezens’) op onze planeet, met naar schatting tien miljoen tot een miljard soorten, is zo immens dat hun collectieve massa groter is dan die van alle zichtbare planten en dieren op aarde samen.<sup>3</sup>

In slechts een liter vijver- of zeewater kunnen honderd miljoen microben worden gevonden dat misschien vijfendertigduizend verschillende soorten bacteriën bevat. Nog sterker, het aantal verschillende soorten microben in de bodem kan veel groter zijn dan in zeewater.<sup>4</sup>

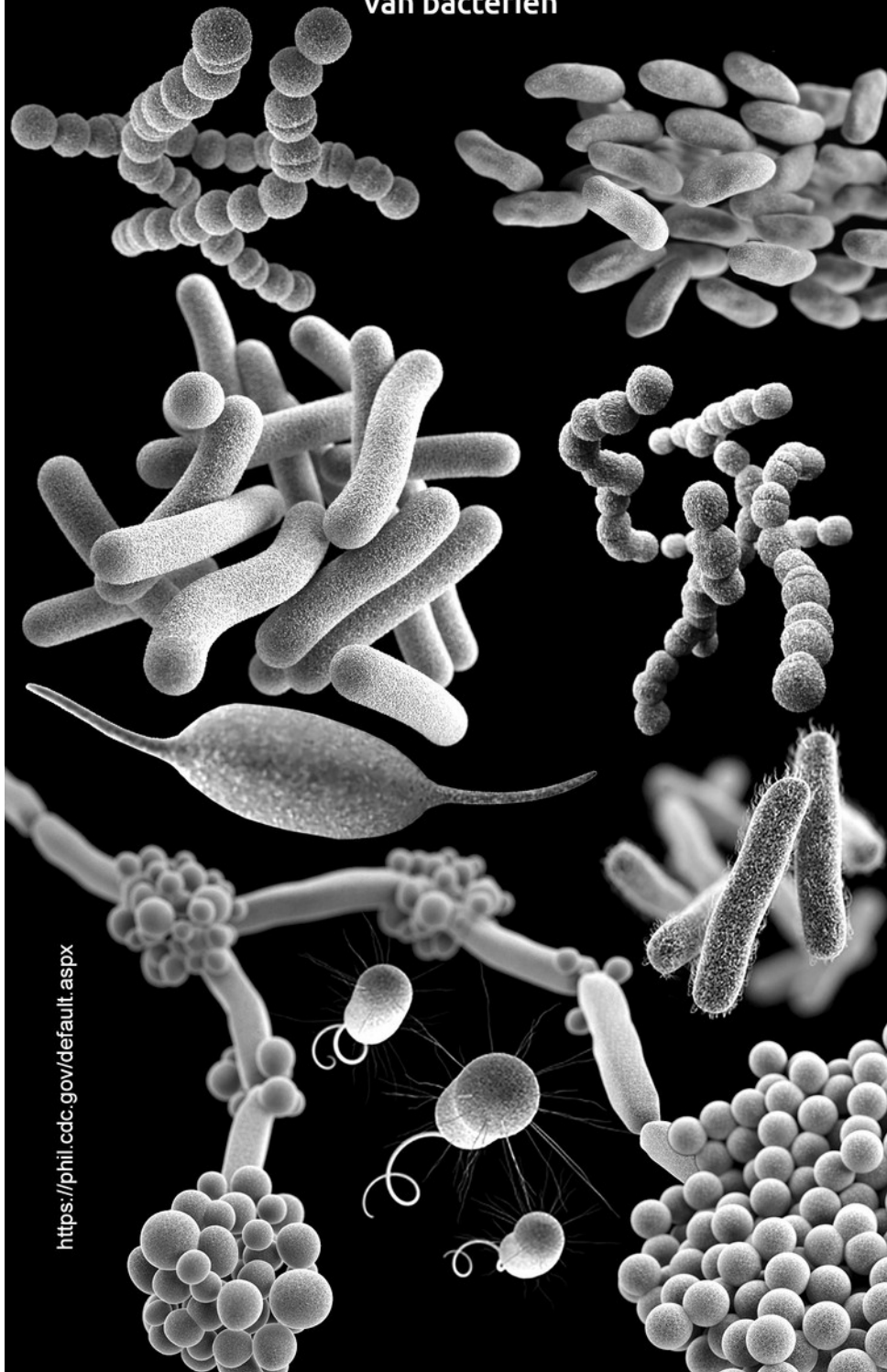
Dan zijn er ook nog de virussen, de meest voorkomende biologische entiteiten op aarde.<sup>5</sup> Er kunnen tien miljoen virussen voorkomen in de vorm van bacteriofagen (een virus dat bacteriën doodt) per milliliter zeewater, wat neerkomt op tien miljard in een liter, met honderd op één over-

treffen ze de bacteriën. Virussen zijn niet-cellulaire, parasitaire, niet-levende beestjes (probeer je er een beeld bij te vormen) die bacteriële gastheercellen moeten infecteren om zich voort te kunnen planten.<sup>6</sup> Ze blijken een nuttige cruciale rol te spelen op onze planeet.<sup>7</sup>

Mensen evolueerden op een planeet die al wemelde van het leven en waarvan het meeste microscopisch klein was. Als je je arm uitstrekt en deze gebruikt als maat voor de tijd sinds het leven op aarde begon, zouden de mensheid alleen de rand van je verste vingernagel vertegenwoordigen. Of, als het leven op aarde in vierentwintig uur zou zijn samengeperst, kwamen de mensen twee seconden geleden pas opdagen.<sup>8</sup>

Dit betekent dat de microben er al miljarden jaren waren voordat de mens arriveerde. Het betekent ook dat mensen niet onafhankelijk van microben zijn geëvolueerd. In tegendeel, we zijn geëvolueerd in een soep van micro-organismen. We ontwikkelden ons samen met microben, net als elk ander levend wezen, microben zijn in ons en ze zijn op ons en ze horen bij ons thuis. De cijfers zijn verbluffend. Wetenschappers schatten bijvoorbeeld dat er minstens tien en misschien wel honderd keer meer bacteriecellen op onze huid, in onze mond en in ons maagdarmkanaal leven (ons spijsverteringssysteem van mond tot anus en alles daartussenin) dan er menselijke cellen in ons lichaam zijn. Kun je dat bevatten? Tien tot honderd keer zoveel cellen in en op ons die niet onze cellen zijn! Die kunnen tienduizend niet-menselijke soorten of microbenstammen<sup>9</sup> vertegenwoordigen die zich in en op jou en mij nestelen. Dat zijn honderden biljoenen bacteriecellen in elke persoon, of we het nu leuk vinden of niet.<sup>10</sup> Nee, we moeten het leuk vinden omdat de microben een cruciale rol spelen in ons immuunsysteem en ons spijsverteringsstelsel en ons helpen ziekten te weerstaan.<sup>11</sup> Het zou moeilijk, zo niet onmogelijk zijn om op deze planeet te eten, ademen en te overleven zonder onze aanwezige micro-organismen. De microben op aarde zouden het daarentegen prima doen zonder ons.<sup>12</sup> Wat betekent nog een miljard jaar erbij voor hen? Wij mensen mogen hopen dat klimaatverandering of nucleaire oorlog ons tegen het einde van deze eeuw niet aan ons einde brengt. Volgens het woordenboek is een 'bloom' 'een grote, natuurlijk voorkomende gemeenschap van planten en dieren die een belangrijke habitat innemen'. Als die 'planten en dieren' microscopisch klein zijn, wordt dat een 'microbioom' genoemd. Dit is een term die iedereen zou moeten kennen en onthouden. Het is de populatie micro-organismen die we in en op ons hebben, ons microbioom. Dat is niet alleen belangrijk, maar we hebben ook allemaal onze eigen unieke samenstelling, bijna net zoiets als een persoonlijke vingerafdruk.<sup>13</sup> Ieder menselijk lichaam is een ecosysteem op zich. Bij de meeste zoogdieren (zoals mensen) die tot nu toe zijn bestudeerd, kunnen de dichtstbevolkte gebieden van het maagdarmkanaal, of 'darm', bijvoorbeeld honderd miljard eencellige organismen per gram bevatten, wat neerkomt op een totaal van 1,5 kilo bij een gemiddeld mens.<sup>14</sup> Ter vergelijking: een kwart theelepeltje suiker weegt een gram; voeg daar honderd miljard bacteriën aan toe, en je krijgt een idee van hoe het in je lichaam is. Dus als je lichaam 1,5 kilo microben bevat, heb je nu elke keer dat je op de weegschaal stapt en je gewicht ziet, iets nieuws om aan te denken. Je weegt niet alleen jezelf, je weegt ook je inwonende microben. De darmen worden niet alleen bewoond door bacteriën; het bevat ook residente protozoa, gist en schimmels,<sup>15</sup> waardoor het een van de meest dichtbevolkte ecosystemen op aarde is. Zelfs je mond kan meer dan zeshonderd soorten bacteriën bevatten.<sup>16</sup> In sommige delen van je lichaam kunnen tien miljoen bacteriën op een vierkante centimeter huid leven.

ONZICHTBARE WEZENS  
Moderne electronenmicrofoto's  
van bacteriën



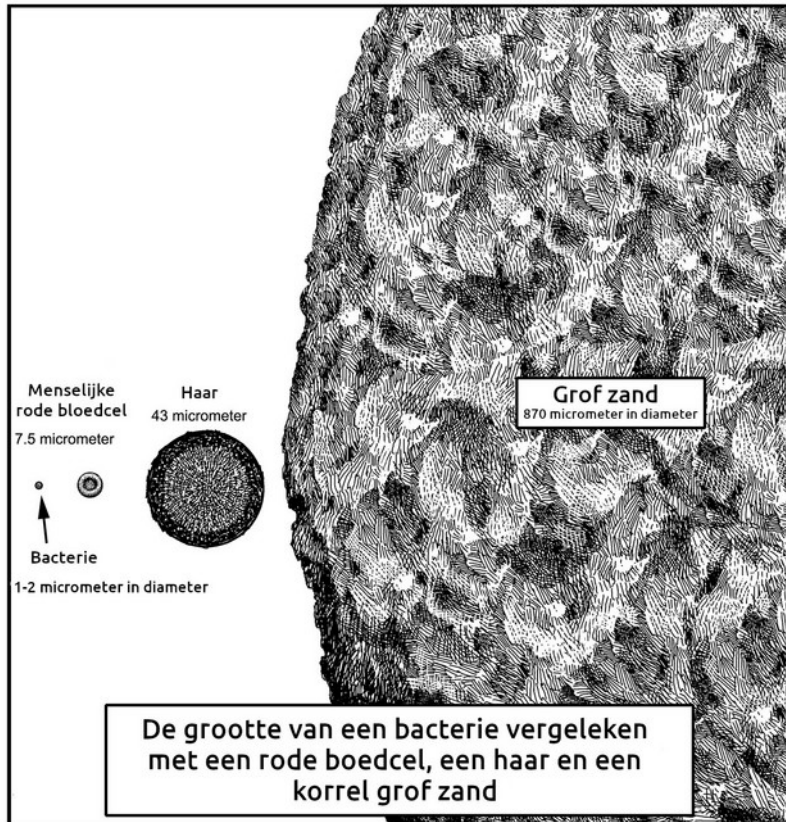
<https://phil.cdc.gov/default.aspx>

Gemiddeld leven er 150 verschillende soorten bacteriën in de palm van je hand.<sup>17</sup> Denk daar maar over na de volgende keer dat je je handpalm bekijkt of iemand de hand schudt!

Natuurlijk ontwikkelden microben zich ook samen met al het andere op de planeet.<sup>18</sup> De relaties met andere dieren kunnen opmerkelijk zijn. In feite lijkt elke diersoort zijn eigen darmmicrobiota te bevatten.<sup>19</sup> Termieten verteren hout vanwege de bacteriën in hun darmen. Zoogdieren kunnen plantaardige cellulose<sup>20</sup> niet verteren zonder dat de microben in hun maag met hen mee evolueerden. Koeien en andere herkauwers verteren daarom gras dankzij hun darmbacteriën,<sup>21</sup> hoewel hun magen ook virussen, schimmels en protozoa bevatten.<sup>22</sup> Vissen met licht-organen danken het licht aan bioluminescente bacteriën.<sup>23</sup> De symbiotische relatie tussen bladsnijdersmieren en schimmels gaat vijftig miljoen jaar terug.<sup>24</sup> Deze mieren kauwen bladeren tot pulp, voegen poep toe (mierenmest?) en inoculeren het dan met schimmel, die het voedsel voor de mieren produceert. Er zitten een half miljoen bacteriën in een enkele vrouwelijke bladluis die helpen bij het verteren van het sap dat de luis eet, een symbiotische relatie die tweehonderd miljoen jaar teruggaat.<sup>25</sup>

Microben maken de aarde tot een levend wezen, noem het Moeder Aarde, Gaia of Moeder Natuur. De kwetsbare atmosfeer van de aarde, een dunne laag gassen die de planeet bedekt met al het leven eronder, kan worden herleid tot microben. In feite wordt de helft van alle fotosynthese, die zuurstof uit de lucht produceert, toegeschreven aan microscopisch fytoplankton in de oceanen, waarvan de kleinste en meest voorkomende (*Prochlorococcus*) pas in 1986 door mensen werd ontdekt.<sup>26</sup> Een symbiotische relatie tussen virussen en fytoplankton in de oceanen lijkt het vermogen van het fytoplankton, om de fotosynthese langer op gang te houden, te vergroten dan anders mogelijk zou zijn. Aangezien tien miljoen van deze virussen in een milliliter zeewater kunnen voorkomen, kan een aanzienlijk deel van de zuurstof in de atmosfeer worden toegeschreven aan de invloed van virussen op zuurstofproducerende bacteriën.<sup>27</sup>

De relatie tussen microben en onszelf, ons lichaam en onze planeet is ongelooflijk ingewikkeld en grotendeels onbekend. Onze primitieve houding veroorzaakt de gedachte microben als gevaarlijk te beschouwen, als iets dat vernietigd en geëlimineerd moet worden. Meer kunnen we er helaas niet naast zitten.



Bron: Gest, Howard (1993). Vast Chain of Being. Perspectives in Biology and Medicine. Volume 36, No. 22, Winter 1993. University of Chicago, Division of Biological Sciences. p. 186.

## Microben - vriend of vijand?

Het verbaast me niet dat de gene die microben ontdekte geen arts of zelfs maar een wetenschapper was. Antony van Leeuwenhoek, geboren in 1632, was kamerheer (een soort opzichter) van de kamers van de sheriff in het stadhuis in Delft, Holland, in de jaren 1600. Hij was ook een landmeter en een wijnmeter (iemand die de hoeveelheid wijn in vaten meet), maar het was waarschijnlijk zijn handel in lakens, een bedrijf dat hij op zijn tweeëntwintigste begon, dat hem een plaats in de geschiedenisboeken opleverde.<sup>1</sup>

Leeuwenhoek heeft nooit een wetenschappelijk artikel gepubliceerd, nooit een boek geschreven, noch de microscoop uitgevonden, hoewel hij die wel heeft verfijnd. Tegen 1654 moest hij de vezels in zijn stoffen nauwkeurig kunnen onderzoeken, vermoedelijk om het aantal draden te tellen. Heden ten dage kan iedereen zich wel voorstellen wat er toentertijd gebeurde. In de jaren 1600 waren er lenzen van ruw glas beschikbaar als vergrootglas. Mensen die deze lenzen bij de uitoefening van hun vak gebruikten, werden beperkt door de mogelijkheden, wat soms ongetwijfeld frustrerend is geweest. Een intelligente en vindingrijke handelaar zal, indien mogelijk, proberen de instrumenten van zijn of haar vak te verbeteren. Dat lijkt Leeuwenhoek te hebben gedaan.

Hij werd zo bedreven in het maken van vergrootglazen dat hij de fijnste details in zijn lakens kon zien. Zijn nieuwsgierigheid nam de overhand en met zijn lenzen begon hij ergens anders naar te kijken. Uiteindelijk kwam hij bij meerwater en regenwater terecht, waarin hij zijn eerste microben zag. Fantastische wezens die hij 'beestjes' of kleine diertjes noemde.<sup>2</sup> Hij was ongeveer veertig jaar oud toen hij zijn eerste brief naar de Royal Society stuurde waarin hij zijn eerste waarnemingen met zijn microscopen beschreef. Natuurlijk waren er maar weinigen die hem geloofden, vooral de wetenschappers van die tijd niet. Totdat ze zelf door zijn eigen lenzen zagen wat hij in de onzichtbare wereld had waargenomen.

Uiteindelijk gaf de wetenschappelijke gemeenschap misschien met tegenzin toe, dat een niet-wetenschapper een van de belangrijkste wetenschappelijke ontdekkingen aller tijden had gedaan. Hoewel Leeuwenhoek tot aan zijn veertigste niets bijdroeg aan de wetenschap,<sup>3</sup> werd hij tegen de tijd dat hij achtenveertig werd, gekozen in de Royal Society of London. Een onderscheiding die ten deel valt aan personen die een belangrijke bijdrage leveren aan de verbetering van kennis op het gebied van wiskunde, technische en medische wetenschappen.

Leeuwenhoek stierf op eenennegentigjarige leeftijd, in 1723,<sup>4</sup> nog een opmerkelijke prestatie, gezien de gemiddelde levensverwachting in die tijd ongeveer 35 jaar was. Hij liet hij 247 microscopen en 172 lenzen na, hoewel hij nooit iemand had laten zien hoe je ze moest gebruiken.<sup>5</sup>

Het was bijna anderhalve eeuw later, in 1860, toen de wetenschap van de microbiologie werd geboren, grotendeels dankzij het werk van Louis Pasteur. Pasteur toonde aan dat fermentatie het resultaat was van microscopisch kleine wezens, waarvan sommigen in een laboratorium konden worden gekweekt.<sup>6</sup> Hij realiseerde zich ook dat bij slechte fermentaties, zoals in de bierindustrie, ongewenste micro-organismen de boel verontreinigen. De microbenjacht was nu geopend, vooral op de slechte!

In het begin van de 19e eeuw wisten artsen niet wat de oorzaak was van een ziekte als er micro-organismen bij betrokken waren. Ze hadden geen idee welke microscopisch kleine ziekteverwekkers er bestonden, en zelfs toen ze erover hoorden, spotten sommigen met het belachelijke idee van onzichtbare wezens. Artsen hadden zo hun eigen ideeën over het genezen van ziekten. Men deed aan aderlaten (het aftappen van bloed) en vergiftigden de betreffende persoon met kwik. Denk aan cholera, een ziekte waarvan we nu weten dat deze wordt veroorzaakt door drinkwater verontreinigd met *Vibrio cholerae*, een microscopisch kleine bacterie.

Tijdens de cholera-epidemie van 1832 in Amerika probeerden doktoren patiënten te genezen door aderlating en de 'grote genezer Mercurius' toe te dienen, ook wel bekend als kalomel, wat in die tijd de meest gebruikte cholera-remedie was. Andere manieren om patiënten of slachtoffers te behandelen, afhankelijk van hoe je er naar kijkt, zijn onder meer tabaksrookklysma's, elektrische schokken, injecties van zoutoplossingen in de aderen, strychnine, morfine en onderdompeling in ijswater.<sup>7</sup>

Tegenwoordig wordt kalomel gebruikt als fungicide en insecticide en wordt het als zeer giftig voor de mens beschouwd. De gemiddelde dodelijke dosis anorganische kwikzouten is ongeveer één gram. Het veroorzaakt verbranding van de mond en keel, maagpijn, braken, bloederige diarree, snelle en zwakke pols, oppervlakkige ademhaling, huidverbleking, uitputting, rillingen en flauwvallen. Een vertraagde dood door nierfalen zou dan nog kunnen volgen. Hierdoor ga je je wel afvragen hoeveel cholera-sterfgevallen daadwerkelijk door de bacteriën werden veroorzaakt en hoeveel door de behandelingen zelf.

In de jaren 1800 werd cholera toegeschreven aan 'groen en onrijp fruit, vooral kruisbessen, appels, peren en groene maïs'.<sup>8</sup> Sommige artsen schreven de cholera-epidemieën toe aan 'kleine voor het oog onzichtbare gevleugelde insecten'.<sup>9</sup> Anderen zeiden dat een tekort aan ozon in de atmosfeer cholera veroorzaakte, wat kon worden tegengegaan door zwavel, waarna zwavelmedicaties als warme broodjes over de toonbank gingen.<sup>10</sup> Artsen betoogden ook dat cholera geen besmettelijke ziekte was. Religieuze publicaties in 1832 schreven cholera toe aan de 'Heilige God' die goddeloze mensen als een hoop vuil wegvaagt.<sup>11</sup>

In 1849 publiceerde Dr. John Snow de theorie dat cholera een besmettelijke ziekte was die werd veroorzaakt door gif in de lichamen van de slachtoffers, verspreid door uitwerpselen, braken, en door vervuilde waterbronnen.<sup>12</sup> Hij ging zelfs zo ver dat hij de gemeenteraad in Londen ervan overtuigde een pomp in Broad Street uit te schakelen door de zwengel ervan te verwijderen. Zijn actie wordt algemeen beschouwd als het einde van de cholera-uitbraak in 1854, in de straat waar de vervuilde bron was gebruikt.<sup>13</sup>

In 1883 had een arts genaamd Robert Koch het organisme geïsoleerd dat cholera veroorzaakte, *Vibrio comma* (zoals het toen heette), een gebogen, komvormige bacterie.<sup>14</sup> Tegenwoordig wordt Koch beschouwd als de grondlegger van de bacteriologie, maar destijds had hij zo zijn tegenstanders. Vooral andere artsen die zijn theorie over bacteriën die cholera veroorzaken belachelijk vonden.



## Fallacies and Delusions of the Medical Profession.

BY ALEXANDER M. ROSS, M. D., TORONTO, 1888.

1888

**LESS THAN TWENTY-FIVE YEARS AGO** thousands upon thousands of human beings had up to that time been hurried into untimely graves by the lancet. Old and young alike were subjected to the fallacy of blood letting for the most trivial ailments; thus whole generations were swept into untimely graves by this bloody delusion, which, happily for the present generation, has been discarded.

**LESS THAN THIRTY-FIVE YEARS AGO** millions of human beings up to that time had gone to untimely graves, begging piteously for a cup of water to cool their parched lips, while the burning fire of fever was consuming their lives. Doctors in those days said: "Cold water is death; do not give a drop. Give the patient a dose of calomel and a spoonful of warm water." Not only were fever patients denied cold water—nature's remedy—but light and pure air were also denied them; and they were drugged with calomel, physicked with jalap, depleted of their life blood by the lancet, and starved until they gave up the ghost—a tribute to this medical delusion.

**LESS THAN TWENTY YEARS AGO** calomel was in constant use as a sovereign remedy for every ill that human flesh is heir to. This destructive delusion was not discarded until it had filled the world with hopeless, boneless and toothless wrecks. Hundreds of the wretched victims of this fallacy still live to curse this destructive delusion of the physicians of that day.

**ONE OF THE VERY LATEST MEDICAL DELUSIONS** is the "germ theory."

## MICROBES

As Described by Noted and Advanced Scientists.

1887

The word *Microbe* means small life, being derived from the Greek *Mikros*, small; *bios*, life. It was suggested by the late eminent French surgeon Sedillot, in a discussion which took place at the Paris Academy of Science on the 11th of March, 1878. He thought it the best word that could be used, as it only referred to small life, whether vegetable or animal, and decided nothing as to the nature of the beings in question. Since that time it has been adopted by the leading scientists of the country, and is now fast coming into general use. This is as it should be, for Germ Theory offers a wide field for investigation of which the masses have heretofore known but little. This condition of things cannot long continue as the influence exerted by the *Micro-organism*, known to the people as germs, is too great for them to very long consent to remain ignorant of the part that they play in the general economy of nature.

In addition to useful microbes there are others which are injurious to us, and a large number of diseases to which men and domestic animals are subject. The germs of these diseases, which are only the spores or seeds of these microbes, float in the air which we breathe and in the water which we drink, and thus penetrate into the interior of our bodies.

Hence we see the importance of becoming acquainted with these microbes. They are "the invisible agents of life and death."

Early in the last century the great Swede Naturalist, Linnaeus said, "A certain number of diseases result from animated invisible particles, which are dispersed through the air."

MONSIEUR PASTEUR, who for years has made them a special study, first discovered that these minute insects were the causes of spreading the most deathly contagion, through their astonishing rapidity of reproduction. Pasteur discovered them in myriads in human blood, in sheep, rabbits and rats. He found that the microbes was the direct cause of variolosis—or small pox—bronchitis, yellow fever and other contagious diseases.

The microbe in the human system attacked by variolosis, is thread-like, cylindrical, somewhat swelled. It is the smallest of all powerfully magnified animal organisms. It breeds by the thousands per minute. Pasteur, after making a close study of the microbe, discovered that the quickest way to exterminate them was by the free inhalation of oxygen gas or by liquids charged with that gas, BUT ADMITS THAT THE TIME MUST COME WHEN SOME LIQUID WILL BE DISCOVERED THAT WILL EFFECTUALLY DESTROY THE MICROBE, WHICH LIQUID MUST CONTAIN SUCH GASEOUS COMBINATIONS AS WILL DIRECTLY DESTROY IN THE HUMAN BODY, THOSE GERMS OR MICROBES OF DISEASE.

PROFESSOR TYNDALL says of the microbe. "They are found in myriads and countless shapes, floating in the air, de-roying man as well as beast and vegetation. The virtual triumph of the antiseptic system of surgery is based on the recognition of living contagia or microbes, as the agents of putrefaction, and this discovery made, it behooves the closest study of the subject by the physician, surgeon, chemist, agriculturalist—in fact by all men, to endeavor to discover some POWERFUL LIQUID SUBSTANCE, HEAVILY CHARGED WITH SOME SO FAR UNDISCOVERED GASEOUS SUBSTANCE THAT WILL PENETRATE THROUGH EVERY TISSUE OF THE HUMAN, ANIMAL OR VEGETABLE SYSTEM, AND EFFECTUALLY DESTROY THAT DEATH-DEALING PEST, THE MICROBE."

Officiële publicaties in 1885 voerden aan dat ‘noch commabacilli, slecht water, onhygiënische omstandigheden, noch enige andere oorzaak enig verband had met de opmars van cholera. Koch heeft geen bevredigend verband aangetoond tussen deze bacillen en cholera’. Men ging zelfs zo ver te zeggen dat Dr. Kochs veronderstelling ‘in de verbeelding van verlegen mensen ontstaat. Ontelbare zwermen onzichtbare, doodverspreidende atomen waartegen geen verdediging mogelijk is, slechts een ongefundeerd hersenspinsel’.<sup>15</sup> De poging om te bewijzen dat Koch ongelijk had, was mogelijk de drijfveer van sommige onderzoekers om opzettelijk water te drinken dat besmet was met grote aantallen cholerabacteriën, waarna ze geen cholera kregen. Dat was wat hen betrof voldoende bewijs dat Koch het bij het verkeerde eind had. We weten nu dat de vermenigvuldiging van een virulente bacterie in het menselijk lichaam, niet tot een ziekte hoeft te leiden. Toen onderzoekers rond 1900 bijvoorbeeld enorme hoeveelheden *Vibrios cholerae* uit vervuild water binnenkregen, kregen sommigen milde diarree, maar geen enkele ontwikkelde cholera. Andere experimenten waarbij vrijwilligers opzettelijk via orale toediening met dysenterie werden geïnfecteerd, resulteerden in slechts een paar mensen die symptomen van dysenterie ontwikkelden, terwijl de meeste gevrijwaard bleven.<sup>16</sup> Wat ze toen nog niet wisten, was dat wij mensen een microbiom hebben dat ons beschermt tegen binnendringende ziekteverwekkers. Daarover later meer.

Laten we teruggaan naar de jaren 1800 toen menselijke ontlasting zijn slechte reputatie aan het ontwikkelen was. In New York City leefde men in 1865 opeengepakt en onhygiënisch. Er woonden wel negentig mensen in een huis van vijf verdiepingen, met latrines op slechts twee meter afstand van het gebouw. Mogelijk leefden er zelfs meer dan honderd mensen in een huis van twee verdiepingen met maar één gemeenschappelijk toilethuisje. In een deel van de Lower East Side woonden duizend mensen op een gebied kleiner dan een voetbalveld.<sup>18</sup> Het is daardoor geen wonder dat menselijke uitwerpselen de drinkwatervoorraden vervuilden, en dat de cholera-epidemieën regelmatig hoogtij vierden. Andere epidemieën raasden rond op overbevolkte plaatsen met vervuild water, verontreinigde lucht, onvoldoende veilig voedsel en waar in het algemeen onhygiënische omstandigheden heersten. Toen bacteriën uit menselijke uitwerpselen het drinkwater vervuilden en ziekte-epidemieën veroorzaakten, begon *The War on Shit*. En die oorlog veranderde in *The War on Microbes*. Ironisch genoeg kunnen menselijke uitwerpselen hygiënisch, veilig en ziektevrij, nuttig en waardevol worden gemaakt door het simpelweg aan die vervelende microben te voeren via een proces dat compostering wordt genoemd. Maar weinigen waren op de hoogte van dit fenomeen in de tijd van massa-epidemieën. Toen ze erachter kwamen dat onbewerkte menselijke uitwerpselen een factor kunnen zijn voor de overdracht van ziekten, was de reactie om de uitwerpselen zo snel mogelijk te verwijderen, zo volledig mogelijk en zo ver mogelijk weg. Het zijn de microben. Zij zijn het probleem. Tenminste, dat dachten de mensen.



# MICROBES

AND THE

## MICROBE THEORY

SHOWING HOW MICROBES

CAUSE DISEASE

AND HOW THEY ARE DESTROYED BY

# Wm. Radam's Microbe Killer

SO AS TO PREVENT AND CURE DISEASE.

## De oorlog tegen Microbes

Het was de Britse wetenschapper Alexander Fleming die aan het eind van de jaren twintig het eerste antibioticum ontdekte, penicilline. Zijn team van wetenschappers was in staat om een wondermedicijn te produceren, net op tijd voor de Tweede Wereldoorlog, begin jaren veertig. Fleming ontving in 1945 de Nobelprijs voor de geneeskunde voor zijn werk.<sup>1</sup> Mensen ontdekten bacteriën, kwamen er vervolgens achter dat ze ziektes konden veroorzaken, en nu hadden ze munitie om ze te bestrijden. Antibiotica!

Denk een paar generaties verder en mensen beginnen eruit te zien als drugsverslaafden met een eetstoornis die ze niet kunnen stoppen of afremmen. We vallen microben aan die in ons lichaam leven en hebben eigenlijk geen idee waar we precies mee bezig zijn. Ja, sommige bacteriën kunnen ziekten veroorzaken, maar de meeste zijn goedaardig en noodzakelijk voor onze gezondheid. Desondanks zal het ons er niet van weerhouden om ze allemaal te doden. Met dit proces van massale slachting van microben, kweken we onbedoeld antibioticaresistente bacteriën, of superbacteriën.

Antibiotica zijn big business geworden, met een wereldwijde productie van momenteel meer dan honderd miljoen kilo per jaar<sup>2</sup>. De wereldwijde consumptie van antibiotica is tussen 2000 en 2015 met 65 procent gestegen.<sup>3</sup> Jaarlijks wordt in de Verenigde Staten 19 miljoen kilo antibiotica geconsumeerd, waarvan 80 procent door dieren die opgroeien voor de vleesproductie.<sup>4</sup> Bedenk dat er vóór 1940, sinds het begin der tijden, geen antibiotica op aarde zijn gebruikt. In 2015 werd ongeveer 11 miljoen kilo antibiotica verkocht die als belangrijk werden beschouwd voor menselijk gebruik voor gebruik in de veeteelt.<sup>5</sup>

Dieren die antibiotica krijgen, kweken antibioticaresistente bacteriën. Deze nare bacteriën komen in het vlees terecht en vervolgens in je lichaam als je het rauwe vlees in je keuken vastpakt. Er zijn nu aanwijzingen dat in de VS veertigduizend mensen of meer, elk jaar urineweg- en nierinfecties oplopen van *E. coli* die hun oorsprong hebben in pluimvee.<sup>6</sup>

In 2010 werden alleen al in de Verenigde Staten 258 miljoen kuren antibiotica aan mensen voorgeschreven, wat neerkomt op 833 recepten voor elke duizend mensen. Hiervan vele aan baby's. In feite kregen baby's in de VS 1.365 antibioticakuren per duizend baby's. Het gemiddelde Amerikaanse kind krijgt in de eerste twee levensjaren bijna drie kuren antibiotica. Daarna elk jaar een extra kuur gedurende de volgende acht jaar, gemiddeld zeventien tegen de tijd dat hij of zij eenentwintig is en dertig tegen de leeftijd van veertig.<sup>7</sup> Elke antibioticakuur kan een verregaand effect hebben op de microbiota van het lichaam, een effect dat jaren kan voortduren.

In 2014 schreven poliklinische zorgverleners in de VS meer dan 266 miljoen antibioticumrecepten voor, 835 antibioticumrecepten voor elke duizend mensen.<sup>8</sup> Toch is minstens 30 procent van de voorgeschreven orale antibiotica overbodig. Bijna driekwart van het totale aantal recepten dat wordt voorgeschreven, betreft behandeling tegen acute aandoeningen van de luchtwegen, waaronder astma, allergieën, verkoudheid en andere infecties die niet door bacteriën worden veroor-

zaakt. Die reageren daarom ook niet op antibiotica. Bovendien kreeg een derde van de patiënten die antibiotica voorgeschreven kreeg, voor drie veelvoorkomende aandoeningen van de luchtwegen, het verkeerde antibioticum toegediend.<sup>9</sup>

Zeventig procent van de kinderen die de praktijk van een kinderarts binnenloopt, loopt naar buiten met een antibioticumrecept. Zelfs als ze een infectie van de bovenste luchtwegen hebben, veroorzaakt door een virus, waarop een antibioticum geen effect heeft.<sup>10</sup> Ongeveer 40 procent van de Amerikaanse vrouwen krijgt tijdens de bevalling een antibioticum, en vrijwel alle in het ziekenhuis geboren baby's krijgen het direct na de geboorte.<sup>11</sup> Onze wereld is zo met antibiotica verzadigd dat een kind dat nu twee kopjes koemelk per dag drinkt, elke dag ongeveer vijftig microgram van het antibioticum tetracycline binnenkrijgt, dat als residu is achtergebleven.<sup>12</sup>

En wat dan nog? Houdt de oorlog tegen microbes ons niet schoon en veilig? Het antwoord is in één woord nee. Overmatig gebruik van antibiotica veroorzaakt zeer ernstige problemen. Het tast het microbiom aan, de onzichtbare wezens die van nature ons lichaam bevolken. Sommige van die microben kunnen zich echter aanpassen aan de antibiotica-aanval door antibioticaresistentie te ontwikkelen. Het is hun verdediging tegen onze munitie. Degenen die de antibiotica overleven, kunnen erg vervelend zijn. Aangezien onze natuurlijke beschermende populatie van microben is weggevaagd door de antibiotica, hebben de slechte de ruimte gekregen om zich als een gek te vermenigvuldigen en ons mogelijk zelfs te doden.

Wij mensen hebben microben ontdekt, uiteindelijk kwamen we erachter hoe we ze konden bestrijden. Maar nu zijn die kleine beestjes ons te slim af. Of in de woorden van wetenschappers: “de aanvankelijke hoop dat antibiotica infectieziekten zouden uitroeien, is hopeloos naïef en verkeerd gebleken. We beseften niet dat het gebruik van antibiotica. . . ons eigenlijk terecht deed komen in een langdurige oorlog tegen de hele bacteriële wereld”.<sup>13</sup>

Gezien het feit dat microben de aarde al bijna vier miljard jaar bewonen en nog steeds de meest voorkomende vormen van leven op aarde zijn,<sup>14</sup> zouden we ze misschien wat respect moeten tonen. Sommige bacteriën, bijvoorbeeld *E. coli*, kunnen zich elke twintig minuten voortplanten. Dat betekent dat een enkele cel die 's ochtends begint te reproduceren, tegen de middag uitgegroeid kan zijn tot tien miljard cellen.<sup>15</sup> Dat zijn in een korte tijd heel veel generaties, wat betekent dat er veel kansen om te evolueren zijn. Genetische mutatie, dat soort dingen. Daarover gesproken, bacteriën hebben een griezelig vermogen om genen uit te wisselen tussen verschillende soorten onderling. Ze kunnen ook antibioticaresistentie overdragen op andere bacteriën door een proces dat bekend staat als horizontale genoverdracht.<sup>16</sup> En wat denk je? Dat is precies wat ze doen. Als we onszelf en onze kinderen vol antibiotica pompen, zijn de microben die resistentie tegen de antibiotica ontwikkelen, degenen die blijven leven en zich vermenigvuldigen. We creëren antibioticaresistente bacteriën, iets waarop kan worden teruggekeken als een medische blunder die lijkt op bloedvergieten.

Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie is antimicrobiële resistentie nu een van de drie grootste bedreigingen en een van de grootste uitdagingen voor de volksgezondheid in de huidige tijd. In februari 2017 publiceerde de WHO haar allereerste lijst van antibioticaresistente ‘prioritaire pathogenen’, twaalf bacteriefamilies die de grootste bedreiging vormen voor de menselijke gezondheid. Deze bacteriën zijn resistent tegen antibiotica en kunnen genetisch materiaal overdragen aan andere bacteriën om die ook antibioticaresistent te maken.<sup>17</sup>

Elk jaar krijgen in de Verenigde Staten minstens twee miljoen mensen een antibioticaresistente infectie en sterven er minstens 23.000 mensen aan.<sup>18</sup> Een studie uit 2009 in verschillende Amerikaanse steden vond zelfs antibioticaresistente bacteriën in al het geteste leidingwater.<sup>19</sup>

Steeds meer resistente bacteriestammen verspreiden zich binnen de gezondheidszorg, waar het handenwassen zelden boven 60 procent uitkomt. Hierbij leveren artsen, geloof het of niet, de slechtste handenwasresultaten.<sup>20</sup> Dit zou een van de redenen kunnen zijn waarom een Johns Hopkins-studie uit 2013 beweerde dat elk jaar meer dan 250.000 mensen in de VS sterven ten gevolge van medische fouten, waardoor het de derde belangrijkste doodsoorzaak is na hartaandoeningen en kanker. Andere rapporten beweren dat de cijfers oplopen tot 440.000.<sup>21</sup>

Dan is er nog je persoonlijke microbiom. De microbe-populatie van je lichaam is belangrijk voor de ontwikkeling van je immuniteit en voor de bescherming van je lichaam tegen specifieke ziekteverwekkers. Die microscopisch kleine beestjes beschermen je gezondheid en helpen je je voedsel efficiënter te gebruiken. Omdat sommige bacteriën beter groeien in de aanwezigheid van andere bacteriën, kan vernietiging van specifieke bacteriestammen door antibiotica onze microbiota verstoren op een manier die we ons niet voor kunnen stellen.<sup>22</sup>

De verstoring van onze aanwezige microben houdt verband met inflammatoire darmaandoeningen en vele andere ziekten. Deze omvatten refluxziekte, astma, zwaarlijvigheid, diabetes, glutenintolerantie, voedselallergieën, coeliakie, de ziekte van Crohn, lupus, osteoporose en autisme, en niet te vergeten directe infecties, waaronder infecties van antibioticaresistente bacteriën zoals *Clostridium difficile* (*C. difficile*).<sup>23</sup> Een antibioticakuur van een week kan ertoe leiden dat antibiotica-resistente organismen jarenlang in je lichaam aanwezig blijven.<sup>24</sup>

Sommige vormen van autisme en autisme-spectrumstoornis kunnen verband houden met een disfunctioneel darmmicrobiom. Toen onderzoekers de probiotische bacteriën *Bacteroides fragilis* voerden aan muizen met dergelijke aandoeningen, verbeterden de resulterende veranderingen in hun darmmicrobiom het autisme-gerelateerd gedrag en verlichtten de symptomen van een autisme-spectrumstoornis.<sup>25</sup>

Wat betreft infecties: wanneer muizen werden gevoed met de ziekteverwekkende bacterie *Salmonella enteritidis*, veroorzaakten honderdduizend bacteriën een infectie bij ongeveer de helft van de muizen. Maar als de muizen eerst een enkele orale dosis van het antibioticum streptomycine kregen, enkele dagen voordat ze de ziekteverwekker kregen, waren er maar ongeveer drie bacteriën nodig om een infectie te veroorzaken! Andere antibiotica, waaronder penicilline, hadden hetzelfde effect. Dit fenomeen bleek ook bij mensen voor te komen.<sup>26</sup>

Verhoogde vatbaarheid voor nieuwe infecties is een bijwerking van antibioticagebruik, vermoedelijk omdat de microben die van nature in jou thuishoren en je verdedigen, door de medicijnen worden weggevaagd. Het verlies van nuttige darmbacteriën tijdens de vroege kinderjaren kan leiden tot zwaarlijvigheid,<sup>27</sup> wat nu een epidemisch probleem is in de VS. De Centers for Disease Control and Prevention hebben in 2017 een studie gepubliceerd waarin staat dat bijna 40 procent van de volwassen Amerikanen en bijna 20 procent van de adolescenten zwaarlijvig is, de hoogste cijfers ooit voor de VS.<sup>28</sup> Toeval? De algehele diversiteit van microbiota is bij personen met obesitas minder geworden.<sup>29</sup> Het lijkt erop alsof antibiotica hier een rol bij spelen. Het feit dat aan de meeste voedingsmiddelen die je in de winkel koopt, suiker wordt toegevoegd, helpt daar niet bij.

Sommige bacteriën zijn zozeer met de menselijke soort geëvolueerd dat theoretisch, hun uitscheidingsen hun gastvrouw kunnen stimuleren om bepaald voedsel te eten.<sup>30</sup> Stel je voor dat eencellige bacteriën hun gastheer als een gigantische robot rechtstreeks naar de donut-schappen of de chocolademelk drijven. Er is misschien wel veel meer aan de hand bij de obesitas-epidemie dan we momenteel begrijpen! Antibioticagebruik in het eerste levensjaar wordt in verband gebracht met een significant grotere kans op astma op zevenjarige leeftijd.<sup>31</sup> Je kunt je afvragen of het veranderde microbiom van een klein kind, later tot langdurige gezondheidsproblemen kan leiden.

Hoe komen kinderen eigenlijk aan hun microbiële vrienden? Theoretisch bezitten ze in de baarmoeder nog geen bacteriën. Die worden geïnculeerd op het moment dat ze de vagina verlaten.<sup>32</sup> Passage door het geboortekanaal door middel van natuurlijke geboorte, levert ons onze eerste bacteriële inenting op, voornamelijk door lactobacillus, bacteriën die van nature in de vagina verblijven en die baby's helpen melk te verteren.<sup>33</sup> De co-evolutie van mens en bacterie zou hier duidelijk moeten zijn. Baby's op de wereld gezet met een keizersnede missen deze initiële bacteriële kennismaking. In 2011 werden in de VS bij één op de drie moeders keizersneden uitgevoerd!<sup>34</sup> De meeste van onze bacteriën leven in de dikke darm. In het onderste deel bevat een milliliter inhoud (een vijfde van een theelepel) meer bacteriën dan dat er mensen op aarde zijn.<sup>35</sup> Dus als je uit het geboortekanaal komt, is de kans groot dat je ook een aantal van die bacteriën binnen krijgt. Meet als je de kans krijgt de afstand tussen een vagina en een anus maar eens. Je zult zien dat dit ongeveer twee en een halve centimeter is, kort genoeg voor bacteriële overdracht naar een pasgeboren baby.

Als antibiotica worden beperkt, of helemaal vermeden zoals bij een levensstijl met een dieet van biologisch geteeld of gefermenteerd voedsel, kan een microbiom met een hogere bacteriële diversiteit worden verwacht.<sup>36</sup> Biologische melkveebedrijven hebben een lagere meervoudige geneesmiddelen resistentie dan conventionele boerderijen.<sup>37</sup> Dit kan worden toegeschreven aan het vermijden van antibiotica.

Sommige mensen vragen zich misschien af hoe iemand antibiotica kan vermijden. Je hebt ze nodig, nietwaar? Tegenwoordig kan niemand kinderen op laten groeien zonder ze antibiotica te geven, toch? Terwijl ik dit schrijf, op mijn zesenzestigste, kan ik eerlijk beweren dat ik geen van mijn kinderen ooit antibiotica heb gegeven. Mijn drieëndertigjarige zoon heeft nog nooit een antibioticum gehad en heeft vermoedelijk een natuurlijk microbiom dat nog intact is, net als de meeste van mijn andere nakomelingen. Dat maakt zijn poep waardevol in deze tijd. Waarom? FMT, daarom.

Ja, er is een remedie tegen een verpest microbiom, en je zult dat niet leuk vinden. Het is stront. Fecale microbiota-transplantatie (FMT), om precies te zijn - de opzettelijke overdracht van uitwerpselen van de ene persoon naar de andere. Een persoon met een intact, volledig gediversifieerd natuurlijk microbiom kan die microben overdragen aan iemand die lijdt aan wat we antibioticavergiftiging zouden kunnen noemen, of het overmatig gebruik van antibiotica in die mate dat giftige antibioticaresistente bacteriën het hebben overgenomen en hun gastheer doden. *C. diff* is zo'n gevaarlijke antibioticaresistente bacterie. De behandeling van *C. diff* met FMT in één proef had een slagingspercentage van 94 procent in vergelijking met 31 procent bij het gebruik van medicijnen.<sup>38</sup> Dat is ongelooflijk gezien het feit hoe gemakkelijk het is om fecaal materiaal te verkrijgen versus farmaceutische producten. Dit laat zien hoe belangrijk de natuurlijke microben zijn

voor ons lichaam en waarom we ze intact moeten proberen te houden. Hoewel fecale transplantatie van de juiste donor een zieke ontvanger kan genezen, moet je hier niet thuis mee aan de slag gaan.

Zoals je kunt zien, heeft menselijke ontlasting een paar trucjes in petto. Of moet ik zeggen de bewoners van poep? Microben zijn al miljarden jaren op aarde. Wij mensen zijn hier nog maar net, en we moeten leren leven met onze onzichtbare burens. Als we dat doen, kunnen we ze inzetten om belangrijk werk voor ons te verrichten, zoals het eten van onze stront. Wanneer we menselijke ontlasting en ander organisch materiaal aan microben voeren, veranderen ze het weer in aarde. En dat heet compostering.



## Thermofielen

Niet alle microben zijn verrijnd genoeg om te genieten van een diner met menselijke drollen, maar velen doen dat wel. Misschien wel de meest mysterieuze en indrukwekkendste zijn de thermofielen, de warmteliefhebbers.

Bacteriën worden over het algemeen onderverdeeld in drie klassen die gebaseerd zijn op de temperaturen waarbij ze het beste gedijen. De lage-temperatuurbacteriën zijn de psychrofielen, waarvan de optimale temperatuur op 15°C of lager ligt.<sup>1</sup> De mesofielen leven bij gemiddelde temperaturen tussen 20°C en 45°C. Thermofielen gedijen boven 45°C, en sommige leven op of zelfs boven het kookpunt van water.<sup>2</sup>

In de jaren dertig ontdekten wetenschappers dat thermofielen de streptokokken, de lactobacillen, de karteldarmgroep, anaerobe en vooral aerobe sporenvormende staaftjes omvatten. Het waren die sporenvormende staaftbacteriën die wetenschappers zorgen baarden omdat ze in gepasteuriseerde melk werden aangetroffen. De hitte van pasteurisatie doodde hen niet. Als er iets was, bloeiden ze erin op. Wetenschappers vonden thermofielen in melk, koemest, aarde, stof, bladeren van planten en zelfs op ieder oppervlak van blootgesteld materiaal.<sup>3</sup>

Als je zelf een experiment wilt doen, moet je de volgende keer dat je een boom laat vermalen door een versnipperaar, de houtsnippers op een mooie hoop stapelen en er een compostthermometer in steken. Je zult merken dat als de stapel groot genoeg is, binnen ongeveer tweeënzeventig uur de interne temperatuur van de vermalen boom tussen 49°C en 54°C zal zijn. De warmte komt van de thermofiele bacteriën. Ze houden van een warme omgeving en zullen er een creëren als ze de kans krijgen. Maar waarom zijn ze daar eigenlijk? Waar komen ze vandaan?

Een opmerkelijke thermofiel is de *Geobacillus*, voorheen *Bacillus stearothermophilus*. Het is een aerobe, staaftvormige bacterie die sporen vormt. Het temperatuurbereik voor groei kan zo laag zijn als 35°C of zo hoog als 80°C, maar temperaturen tussen ongeveer 45°C en 70°C zijn normaal.<sup>4</sup> Ondanks dit zeer hete optimale temperatuurbereik, zijn deze mysterieuze thermofielen overal op aarde te vinden, de planeet met een gemiddelde oppervlaktetemperatuur tussen 7°C en 10°C.

Thermofiele bacteriën zijn gevonden op alle zeven continenten. In de Stille Oceaan, in de Middellandse Zee, in de Boliviaanse Andes op een hoogte van 3.600 meter, en zelfs op 10 kilometer hoog in de bovenste troposfeer. Ze zijn gevonden in oliebronnen, 2.100 meter onder de grond, in goudmijnen 3.000 meter onder de grond, en in de oceaan meer dan tien kilometer onder zeeniveau.<sup>5</sup> Dit zijn de bacteriën die graag menselijke uitwerpselen, weggegooid organisch materiaal en dode dieren eten, maar hun favoriete ontmoetingsplaatsen zijn warmwaterbronnen, geothermische bodems, hete ondergrondse olievelden, aardgasbronnen en hydrothermale ventilatieopeningen.<sup>6</sup> En composthoppen.

Thermofielen zijn niet nieuw voor de wetenschap. De term thermofiel werd waarschijnlijk voor het eerst gebruikt door Miquel in 1879 om organismen te beschrijven die groeien bij fataal hoge

temperaturen.<sup>7</sup> De eerste verslagen over organismen die bij zulke hoge temperaturen leven, werden in 1774 gepubliceerd door Pierre Sonnerat toen hij verslag deed van vissen die in water met een temperatuur van 69°C leefden. Andere onderzoekers rapporteerden de groei van algen in een hete bron in Karlsbad bij 70°C in 1837, in een andere hete bron bij een temperatuur van 98°C in 1846, cyanobacteriën in een hete geiser bij 83°C in 1866, evenals vele andere rapporten.<sup>8</sup>

Meer recentelijk zijn er talloze meldingen geweest van grote aantallen thermofielen die zelfs in koele bodems en koude oceaansedimenten werden aangetroffen.

Thermofiele bacteriën werden gevonden in IJslandse bodems waar de gemiddelde temperatuur 14°C is, en in de koele bodems van Noord-Ierland, de Andes en in het noorden van de VS. De lokale bodems in Noord-Ierland hebben voor hen nooit de minimaal benodigde temperaturen bereikt. Wetenschappers vragen zich af hoe deze thermofiele bacteriën in grote aantallen kunnen voorkomen in omgevingen waar ze helemaal niet kunnen groeien. Ze speculeren dat de populatie thermofielen op aarde 'enorm' is. Thermofiele bacteriën werden zelfs gevonden in de kernen van het stroomgebied van de Stille Oceaan in sedimenten die bijna zesduizend jaar oud zijn.<sup>9</sup>

Het antwoord lijkt te liggen in het vermogen van thermofiele bacteriën om sporen te vormen. Wanneer ze geen omstandigheden hebben die gunstig zijn voor groei (d.w.z. hoge temperaturen), vormen ze 'endosporen', een levenscyclusconditie die hun overleving op lange termijn mogelijk maakt.<sup>10</sup> Zeer lange termijn. Een wetenschapper schatte dat thermofiele endosporen maar liefst 1,9 miljard jaar kunnen overleven bij een temperatuur van 43°C, en zelfs nog langer als de temperaturen lager zijn.<sup>11</sup> Eén theorie suggereert dat de thermofielen tot de eerste levende wezens op deze planeet behoorden, die zich ontwikkelden en evolueerden tijdens het ontstaan van de aarde toen de oppervlaktetemperaturen behoorlijk hoog waren. Ze worden daarom wel de Universele Voorouder genoemd, naar schatting 3,6 miljard jaar oud.

Thermofielen zouden daarom wel eens het gemeenschappelijke voorouderlijke organisme van alle levensvormen op onze planeet kunnen zijn.<sup>12</sup> Thermofiele bacteriën zijn duidelijk geëvolueerd om organisch materiaal te ontbinden, als waren ze de conciërges van de aarde, of misschien de onzichtbare helpers van Moeder Aarde, die dingen al eeuwenlang hebben opgeruimd. Ze werken samen met mesofiele bacteriën, die de temperatuur van een organische massa genoeg moeten verhogen om thermofiele groei te stimuleren. Een team van microbiële worstelaars: mesofielen beginnen met de ontbinding van organisch materiaal, dit verhoogt de temperatuur voldoende om de thermofiele sporen te laten ontwaken. Het werk wordt dan overgedragen aan de thermofielen. Die geven zichzelf koorts en consumeren het organische materiaal, wat dat ook mag zijn (drollen, afval, dode dieren), en zetten het weer om in, nou ja, Moeder Aarde. Als er tijdens het proces menselijke ziekteverwekkers op de loer liggen in het organische materiaal (denk aan poep), zijn deze geen partij voor de thermofielen. Een stomende massa organisch materiaal dat wordt opgegeten door thermofielen is voor menselijke ziekteverwekkers een hel op aarde. En dat is precies waar ziekteverwekkende organismen naartoe moeten. Sterven zullen ze!

Moeder Aarde heeft ook nog wat trucjes in petto. Op elke vierkante meter van haar oppervlak laat ze vijftig tot meer dan tweehonderd bacteriën per seconde vrij. Deze worden door de wind meegenomen en kunnen dan twee tot vijftien dagen in de lucht verblijven voordat ze weer op aarde landen. Dat is waarschijnlijk de reden waarom sommige thermofielen tot ver in de troposfeer zijn gevonden. Voeg daar optredende stormen aan toe, zoals woestijnstofstormen, die een miljard ton

grond per jaar kunnen verplaatsen, en bacteriën kunnen in slechts drie tot vijf dagen de hele Atlantische Oceaan oversteken. De Stille Oceaan in een week tot tien dagen. Thermofiele sporen zijn gehard om te overleven. Ze zijn bestand tegen ultraviolet licht, uitdroging en extreme temperaturen, omstandigheden waarbij de meeste bacteriën het loodje zullen leggen.<sup>13</sup> Moeder Aarde verstrooit ze dus over de hele wereld als microscopisch kleine sporen, een vorm die ongelooflijk duurzaam en langdurig is. Ze vestigen zich weer op de grond en wachten geduldig af tot ze weer tot leven worden gewekt, indien nodig zelfs een miljard jaar. Het zijn de dienaren van Moeder Natuur, geduldig wachtend tot ze ons kunnen komen helpen.

<b>Vroege ontdekkingen van thermofiele bacteriën</b>			
<b>Ontdekker</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Miguel (1879 – 88)	0	0	42° – 70°C 65° – 70°C optimum
Van Tieghen (1881)	1. Streptococcus 2. Bacillus	Water waarin bonen waren gekookt	Tot 74°C Tot 77°C
Certee en Garrigou (1886)	1. Kleine staafjes 2. Draden	Hete bron in Luchon	45° – 64°C
Globig (1888)	0	0	0
Burrill (1889)	0	0	0
Schloessing (1889) Cohn (1893)		0	0
Flügge (1894)	Veel bacteriën	Steriele melk	24° – 44°C of 27° – 54°C
Leichman (1894)	0	0	0
Gorini (1895)		0	0
Karlinski (1895)	1. Bacillus Illidzensis capsulatis 2. Bacterium Ludwigi	Hete bron in Illidze, Bosnië	50° – 58°C 55° – 57°C
Rabinowitsch (1895)	Acht soorten thermofiele bacteriën	Meerdere bronnen, wijdverspreid in de natuur	0
Weber (1895)	Bacillus I Bacillus II Bacillus III	0	22° – 60°C 22° – 60°C 30° – 65°C

Bron: Morison, Lethe E. en Tanner, Fred M. (1921). Studies on Thermophilic Bacteria: Aerobic Thermophilic Bacteria from Water. Dept. Of Bacteriology, niv. Of Illinois Urbana.

## In de stront

*"Jezus heeft misschien water in wijn veranderd, maar wij veranderen stront in voedsel."*

De paus van poep.

Praten over microbiomen en bacteriën zal je het leven niet tot een feest maken. Als je iemand heel snel van onderwerp wilt zien veranderen, begin dan te praten over de zeshonderd soorten bacteriën die er in je mond leven. Zeg dat je poep wordt opgegeten door overal aanwezige onzichtbare wezens en je dat kunt bewijzen, en je zult merken dat degene met wie je praat langzaam achterom kijkt om snel ertussenuit te knijpen.

Maar er kunnen grappige dingen gebeuren op weg naar de composthoop. Kort nadat ik de eerste editie van dit boek had gepubliceerd, belde een non me op. Ik had zeshonderd exemplaren gedrukt en was ervan uitgegaan dat ze de rest van mijn leven zouden liggen te verstoffen in een opslagruimte omdat niemand geïnteresseerd zou zijn in het onderwerp 'menselijk ontlasting'. Maar slechts enkele dagen nadat het boek uitkwam, publiceerde de Associated Press een artikel waarin werd aangekondigd dat ik een boek over rommel had geschreven. Toen kreeg ik het telefoontje.

"Meneer Jenkins, we hebben onlangs een exemplaar van uw boek *Humanure* gekocht, en we willen u graag in ons klooster laten spreken."

"Waar wil je dat ik het over heb?"

"Over het onderwerp van uw boek."

"Composteren?"

"Ja, maar specifiek, menselijke ontlasting composteren."

Op dat moment had ik even geen woorden meer. Ik begreep niet waarom nonnen geïnteresseerd zouden zijn in het composteren van drollen, vermoedelijk die van henzelf. Ik probeerde me voor te stellen dat ik in een kamer vol nonnen stond en over rotzooi sprak. Maar ik hield het stotteren tot een minimum beperkt en accepteerde de uitnodiging.

Het was Earth Day, 1995. De presentatie verliep goed. Nadat ik had gesproken, liet de groep dia's van hun tuinen en composthoven zien, waarna we door hun compostvakken liepen en rondsnoefden in de wormenbakken. Daarna volgde een heerlijke lunch, waarin ik hen vroeg waarom ze geïnteresseerd waren in het composteren van menselijke ontlasting.

"Wij zijn *The Sisters of Humility*" (de zusters van nederigheid) antwoordden ze. "De woorden 'humble' en 'humus' komen van dezelfde semantische oorsprong, wat 'aarde' betekent. We denken ook dat deze woorden verband houden met het woord 'humaan'. Daarom werken we samen met de aarde als onderdeel van onze nederigheidsgelofte. We maken compost. En nu willen we leren hoe we compost kunnen maken van humanure, menselijke ontlasting. We zitten er aan te denken om een commercieel composttoilet te kopen, maar we willen eerst meer weten over de algemene concepten. Daarom hebben we u gevraagd om te komen." Dit was als in de stront zitten. Iemand anders is geïnteresseerd in het benutten van de kracht van micro-organismen om ook hun drollen te laten recyclen. Nonnen, niet in het minst. Er ging mij een lichtje op. Natuurlijk is composteren een daad van nederigheid. De mensen die genoeg om de aarde geven door organisch materiaal te recyclen, doen dat als een oefening in nederigheid, of ze dat nu beseffen of niet. Ze zul-

len er niet rijk en beroemd mee worden, maar het is een praktijk die hen tot betere mensen maakt en de aarde een betere plek. Menselijke ontlastingcomposteerders kunnen 's nachts onder de sterren staan en naar de hemel staren, en beseffen dat wanneer de natuur roept, hun uitscheidingen de planeet niet zal vervuilen. In plaats daarvan worden die uitscheidingen nederig verzameld, aan vriendelijke microben gevoerd en teruggestuurd naar de aarde als geneeskrachtig medicijn voor de bodem. Aan de andere kant lijkt de mensheid ver van de goedaardige symbiotische relatie met onze planeet te zijn afgedwaald. In plaats daarvan hebben ze het gezicht, zo niet het gedrag, van planetaire pathogenen aangenomen. Toch zijn menselijke wezens, net als alle andere levende wezens op deze planeet, onlosmakelijk verweven met de elementen van de natuur. We zijn draden in het tapijt van het leven. We ademen constant de atmosfeer in die de planeet omhult, we drinken de vloeistoffen die over en onder het aardoppervlak stromen, we eten de organismen die uit de huid van de planeet groeien. Vanaf het moment dat een eitje en een spermacel zich verenigen om ons voortbestaan te waarborgen, groeit en ontwikkelt ieder van ons uit de elementen die door de aarde en de zon worden geleverd. In wezen komen grond, lucht, zon en water in de baarmoeder van onze moeder samen om een nieuw levend wezen te vormen. Negen maanden later wordt er dan weer een mens geboren.

Mensen kunnen de volledige reden van hun bestaan niet bevatten, daarom verzinnen ze verhalen. Sommige mythen beweren dat mensen het hoogtepunt van het leven zijn en dat het hele universum is gecreëerd door een van onze eigen soorten. Tegenwoordig ontstaan er meer realistische perspectieven met betrekking tot de aard van het menselijk bestaan. De aarde zelf wordt erkend als een levend wezen, een niveau van Zijn dat immens veel groter is dan het menselijke niveau. De Melkweg en het universum worden gezien als nog hogere niveaus van Zijn, met meerdere universums waarvan wordt aangenomen dat ze al op een hoger niveau staan. Van al deze niveaus van Zijn wordt gedacht dat ze doordrenkt zijn met de energie van het leven, evenals met een vorm van bewustzijn die we niet eens kunnen beginnen te begrijpen. Naarmate wij mensen de kennis van onszelf uitbreiden en onze ware plaats in het uitgestrekte plan van dingen erkennen, moeten we ons aan de realiteit houden. We moeten onze absolute afhankelijkheid van het ecosysteem dat we de aarde noemen erkennen en proberen onze gevoelens van eigendunk in evenwicht te brengen met onze behoefte om in harmonie te leven met de grotere wereld om ons heen. Een van de manieren om met de planeet te harmoniseren is door organisch materiaal te recyclen en zo organisch afval te elimineren.

Aziaten hebben duizenden jaren lang menselijke uitwerpselen gerecycled. De Chinezen gebruiken menselijke mest in de landbouw sinds de Shang-dynastie, drie- tot vierduizend jaar geleden. De Chinezen, Koreanen, Japanners en anderen zijn geëvolueerd om menselijke uitwerpselen te zien als een natuurlijke hulpbron in plaats van als afvalmateriaal. Waar westerlingen 'menselijk afval' hadden, hadden zij 'nachtaarde'. Wij produceerden afval en vervuiling, zij produceerden bodemvoedingsstoffen en voedsel. Aziaten ontwikkelen al vierduizend jaar duurzame landbouw. Veertig eeuwen lang bewerkten deze mensen hetzelfde land met weinig of geen chemische meststoffen en produceerden ze in veel gevallen grotere oogsten dan westerse boeren, die door uitputting en erosie de bodems van hun eigen land in rap tempo verwoestten.

Een feit dat door mensen in de westerse landbouw grotendeels wordt genegeerd, is dat landbouwgrond in de loop van de tijd een grotere opbrengst moet produceren. De menselijke bevolking neemt voortdurend toe, beschikbare landbouwgrond niet.

Daarom moeten onze landbouwpraktijken ons elk jaar vruchtbaarder land achterlaten, niet minder vruchtbaar.

Al in 1938 kwam het Amerikaanse ministerie van landbouw tot de alarmerende conclusie dat 61 procent van het totale areaal met gewassen in de VS op dat moment al volledig of gedeeltelijk was verwoest of het grootste deel van zijn vruchtbaarheid had verloren.<sup>1</sup> Toch produceren we elke dag voedingsstoffen voor de bodem in de vorm van afgedankte organische materialen maar gooien die voedingsstoffen 'weg' door ze op vuilnishopen te storten of te verbranden. Waarom hebben we niet het Aziatische voorbeeld van de recycling van agronutriënten gevolgd? Het is zeker niet vanwege een gebrek aan informatie. Dr. F. H. King schreef een interessant boek, gepubliceerd in 1910, getiteld *Farmers of Forty Centuries*.<sup>2</sup> Dr. King was een voormalig hoofd van de Afdeling Bodembeheer van het Amerikaanse Ministerie van Landbouw, die aan het begin van de twintigste eeuw als agrarisch bezoeker door Japan, Korea en China reisde. Hij was geïnteresseerd in hoe mensen millennia lang dezelfde velden konden bewerken zonder hun vruchtbaarheid te vernietigen. Hij schreef:

*“Een van de meest opmerkelijke landbouwpraktijken die door een beschaafd volk worden omarmd, is de eeuwenlange conservering en het bijna universele gebruik van alle menselijke ontlasting in China, Korea en Japan, bij het wonderbaarlijk in stand houden van de bodemvruchtbaarheid bij de productie van voedsel. Om deze ontwikkeling te begrijpen, moet worden erkend dat minerale meststoffen, die zo algemeen in de moderne westerse landbouw worden gebruikt, tot in zeer recente tijden, voor alle mensen tot een fysieke onmogelijkheid behoorden. Dit feit moet in verband worden gebracht met het zeer lange ononderbroken leven van deze naties en met de enorme aantallen mensen die door hun boeren gevoed moesten worden.*

*Wanneer we nadenken over de uitgeputte vruchtbaarheid van onze eigen oudere landbouwgronden, waarvan er relatief weinig een eeuw lang dienst hebben gedaan, en over de enorme hoeveelheid minerale meststoffen die jaarlijks daarop worden aangebracht om de betaalde opbrengsten veilig te stellen, wordt het duidelijk dat de tijd rijp is dat er dringend aandacht moet worden besteed aan de methode die het Aziatische ras gedurende vele eeuwen heeft toegepast. Van China kan worden gezegd dat 0,2 hectare goede grond voldoende is voor het voeden van één persoon en dat het per hectare landbouwgrond gemiddeld 7,5 mensen op de drie meest zuidelijke eilanden van Japan voedt.*

*De Westerse mensheid is de meest extravagante afvalproducent die de wereld ooit heeft doorstaan. Zijn vernietigende ziekte is op elk levend wezen binnen zijn bereik neergedaald, hijzelf niet uitgezonderd. De vernietigende bezem in de ongecontroleerde handen van één generatie, heeft de bodemvruchtbaarheid, die alleen al eeuwen van leven zou kunnen accumuleren, de zee in geveegd. De vruchtbaarheid die de basis is van alles wat leeft.<sup>3</sup>”*

Volgens King's onderzoek wegen de gemiddelde dagelijkse uitwerpselen van de volwassen mens 1100 gram. Dat is alleen al in de VS 374 miljoen kilogram menselijke ontlasting per dag, dag in dag uit, geproduceerd en verspild. Andere onderzoekers schatten dat de menselijke ontlasting per persoon per jaar, ongeveer 5 kilo stikstof, fosfor en kalium (N, P en K) aan landbouwvoedingsstoffen bevat. Vermenigvuldigd met 330 miljoen, een ruwe schatting van de Amerikaanse bevolking aan het begin van de eenentwintigste eeuw, produceren Amerikanen elk jaar 1,65 miljard kilo waardevolle landbouwvoedingsstoffen<sup>4</sup> door zichzelf te ontlasten in een toilet. Bijna alles

wordt in het milieu weggegooid als afvalmateriaal of vervuilende stof, of zoals Dr. King het uitdrukt, 'in de zeeën, meren of rivieren en in de ondergrondse wateren gegoten'. Volgens King: *“De Internationale Concessie van de stad Shanghai verkocht in 1908 het recht aan een Chinese aannemer, om elke dag vroeg in de ochtend, woningen en openbare plaatsen te betreden en de nachtaarde te verwijderen, waarvoor zij voor meer dan \$ 31.000 aan goud ontvingen voor 78.000 ton menselijke uitwerpselen. Dit alles gooien we niet alleen weg, maar besteden er ook veel grotere sommen geld aan.”*<sup>5</sup>

Voor het geval je het niet hebt begrepen, de aannemer betaalde \$ 31.000 goud voor de menselijke ontlasting, wat door Dr. King 'nachtaarde' en ten onrechte 'afval' werd genoemd. Mensen betalen niet om afval te kopen, ze betalen geld voor dingen van waarde. Om verder te gaan met de cijfers van Dr. King, de Amerikaanse bevolking produceerde, aan het begin van de eenentwintigste eeuw, jaarlijks meer dan 136 miljard kilo ontlasting. Dat is een enorme hoop. Toegegeven, het verspreiden van onbewerkte menselijke uitwerpselen op landbouwpercelen, zoals in Azië gebeurt, zal in de Verenigde Staten nooit cultureel aanvaard worden, en terecht. Het agrarische gebruik van ruwe nachtaarde doet een aanslag op ons reukvermogen en biedt een overdrachtsroute voor verschillende menselijke ziekteverwekkende organismen. Amerikanen die naar het buitenland reisden en getuige waren van het gebruik van onbewerkte menselijke uitwerpselen in de landbouw, werden hier veelal door afgeschrikt. Die afkeer heeft bij veel oudere Amerikanen een onverzettelijk vooroordeel tegen, en zelfs angst voor, het gebruik van menselijke ontlasting als bodemverrijking bijgebracht. Er zijn echter maar weinig Amerikanen die getuige zijn geweest van het composteren van menselijke mest als eerste stap in de recycling ervan. Door op de juiste manier te composteren wordt de menselijke ontlasting omgezet in een aangenaam ruikend materiaal zonder ziekteverwekkers.

Hoewel het gebruik van ruwe menselijke uitwerpselen in de landbouw nooit een gangbare praktijk zal worden in de westerse wereld, kan en moet het gebruik van gecomposteerd menselijk afval, inclusief menselijke uitwerpselen, voedselresten en ander weggegooid organisch materiaal, een wijdverbreide en cultureel aangemoedigde gewoonte worden.

Hoe komt het dat Aziatische volkeren eeuwen geleden het begrip van het recyclen van menselijke voedingsstoffen hebben ontwikkeld, en wij niet? We zijn tenslotte de ontwikkelde wetenschappelijke natie, nietwaar? Dr. King maakt een interessante opmerking over westerse wetenschappers. Hij stelt:

*“Pas in 1888, na een langdurige oorlog van meer dan dertig jaar, werd door de beste wetenschappers van heel Europa uiteindelijk erkend en aangetoond dat vlinderbloemige planten die fungeren als gastheren voor lagere organismen die op hun wortels leven, grotendeels verantwoordelijk zijn voor het onderhoud van bodemstikstof. Ze halen het rechtstreeks uit de lucht waarnaar het wordt teruggevoerd bij de afbraakprocessen. Maar eeuwenlange praktijk had de boeren in het Verre Oosten geleerd dat de cultuur en het gebruik van deze gewassen essentieel zijn voor duurzame vruchtbaarheid. Dus werden in elk van de drie landen op zeer grote schaal peulvruchten verbouwd, afgewisseld met andere gewassen, met het uitdrukkelijke doel om de bodem te bemesten. Een van hun oude vaste praktijken.”*<sup>6</sup>

Het lijkt vreemd dat mensen die in het dagelijks leven hun kennis en ervaring opdoen, soms grotendeels worden genegeerd of gebagatelliseerd door de academische wereld en aanverwante over-



heidsinstanties. Dergelijke instanties mogen alleen het geleerde opvoeren wat binnen een institutioneel kader heeft plaatsgevonden. Als zodanig is het geen wonder dat de westerse mensheid zo traag naar een duurzaam bestaan op planeet Aarde lijkt toe te kruipen.

*“Hoe vreemd het ook mag lijken,” zegt King, “er is vandaag (begin 1900) en er is blijkbaar nooit, zelfs niet in de grootste en oudste steden van Japan, China of Korea, iets dat overeenkomt met de hydraulische systemen voor afvalwaterverwerking die tegenwoordig worden gebruikt in de Westerse naties. Toen ik mijn tolk vroeg of het niet de gewoonte van de stad was om tijdens de wintermaanden de nachtaarde in zee te lozen, als een snellere en goedkopere manier van opruimen (dan recyclen), kwam zijn antwoord direct en scherp: ‘Nee, dat zou verspilling zijn. We gooien niets weg. Het is teveel geld waard.’”*<sup>7</sup> *“De Chinees”, zegt King, “verspilt niets terwijl de heilige plicht van de landbouw voorop staat.”*<sup>8</sup>

Wat deden de mensen in het Westen in de tijd dat de Aziaten duurzame landbouw beoefenden en hun organische hulpbronnen recyclen, gedurende millennia? Waarom brachten onze voorouders hun mest ook niet terug naar de grond? Uiteindelijk is dat logisch.

De Aziaten die hun mest recycleden, gebruikten niet alleen een grondstof en verminderden de vervuiling, maar door hun uitwerpselen terug te brengen naar de grond, slaagden ze erin om de bedreigingen voor hun gezondheid te verminderen. Er was geen verrot rioolwater dat ziektekiemen kweekten en ratten aantrok. In plaats daarvan onderging de menselijke ontlasting voor het grootste deel een natuurlijk, niet-chemisch zuiveringsproces in de bodem. Zelfs met het terugbrengen van ruwe onbewerkte menselijke uitwerpselen naar het land slaagde men erin veel menselijke ziekteverwekkers in de mest te vernietigen en voedingsstoffen terug te geven aan de bodem.

Wat gebeurde er vanaf de 13e eeuw in Europa met betrekking tot openbare hygiëne? Grote epidemieën raasden er door de hele geschiedenis van Europa heen. De Zwarte Dood heeft in de veertiende eeuw meer dan de helft van de bevolking van Engeland gedood. In 1552 stierven alleen al in Parijs zevenenzestigduizend patiënten aan de pest. De dragers van deze ziekte waren vlooiën van geïnfecteerde ratten. Dineerden de ratten op vuilnishopen of ander rottend menselijk afval? Andere epidemieën waren onder meer de zweetziekte (toegeschreven aan onreinheid), cholera (verspreid door voedsel en water besmet door de uitwerpselen van geïnfecteerde personen), ‘gevangenskooorts’ (veroorzaakt door een gebrek aan sanitaire voorzieningen in gevangenissen), buiktyfus (verspreid door vervuild water met geïnfecteerde uitwerpselen), en tal van andere.

Andrew White, mede-oprichter van de Cornell University, schreef: *“Bijna twintig eeuwen sinds de opkomst van het christendom, en tot aan de periode binnen de levende herinnering, hebben de kerkelijke autoriteiten, bij het opduiken van een epidemische ziekte, in plaats van sanitaire maatregelen te bedenken, de noodzaak gepredikt voor het vergeven van de zonden tegen de Almachtige. In de belangrijkste steden van Europa, maar ook op het platteland in het algemeen, werden tot voor kort de meest gewone hygiënische voorzorgsmaatregelen verwaarloosd, en werden epidemische ziekten toegeschreven aan de toorn van God of de woede van Satan.”*<sup>9</sup>

Het is nu bekend dat de hoofdoorzaak van zo'n enorme opoffering van levens, een gebrek aan goede hygiëne was. Er wordt beweerd dat bepaalde theologische redeneringen in die tijd, de evolutie van goede hygiëne tegenhield.

Volgens White: *"Eeuw na eeuw heerste er het idee dat vuiligheid verwant was aan heiligheid."* Leven te midden van vervuiling werd door heilige mannen beschouwd als een bewijs van heiligheid. White somt talloze heiligen op, die delen of zelfs hun hele lichamen nooit wasten, zoals St. Abraham, die gedurende vijftig jaar noch zijn handen noch zijn voeten waste, of St. Sylvia, die nooit ook maar iets van haar lichaam waste, behalve dan haar vingers.<sup>10</sup>

Interessant is dat nadat de Zwarte Dood zijn grimmige kielzog in heel Europa had achtergelaten, 'een enorm vergroot deel van de vrijgekomen persoonlijke eigendommen van ieder Europees land in handen was van de kerk.'<sup>11</sup> Blijkbaar oogstte de kerk enig voordeel bij de dood van grote aantallen mensen. Misschien had de kerk een belang bij het handhaven van de publieke onwetendheid over de oorzaak van ziekten. Deze insinuatie is bijna te duivels om serieus in overweging te nemen. Of toch wel? Op de een of andere manier ontstond rond de 14e eeuw het idee dat joden en heksen de pest veroorzaakten. Joden werden verdacht omdat ze niet zo gemakkelijk aan de pest bezweken als de christelijke bevolking. Vermoedelijk kwam dat omdat ze een uniek sanitair systeem gebruikten dat bevorderlijker was voor de hygiëne, inclusief het eten van koosjer voedsel.

Niettemin concludeerde de christelijke bevolking dat de immuniteit van de joden het gevolg was van bescherming door Satan. Als gevolg hiervan werden in alle delen van Europa pogingen ondernomen om de plagen te stoppen door de Joden te martelen en te vermoorden. In de tijd van de pest werden naar verluidt alleen al in Beieren twaalfduizend Joden verbrand, en in heel Europa nog eens duizenden gedood.<sup>12</sup> In 1484 vaardigde de 'onfeilbare' paus Innocentius VIII een proclamatie uit, ter ondersteuning van de mening van de kerk, dat heksen de oorzaak waren van ziekten, stormen en een verscheidenheid aan kwalen die de mensheid troffen. Het gevoel van de kerk werd samengevat in één zin: 'Gij zult niet toestaan dat een heks leeft.' Van het midden van de zestiende tot midden zeventiende eeuw werden zowel vrouwen als mannen door zowel de protestantse als de katholieke autoriteiten met duizenden gemarteld en gedood. Er wordt geschat dat het aantal slachtoffers dat in die eeuw alleen al in Duitsland vielen, meer dan honderdduizend bedroeg.

Het volgende geval in Milaan, Italië, vat de ideeën over sanitaire voorzieningen in Europa in de zeventiende eeuw samen: De stad stond onder de controle van Spanje en had bericht van de Spaanse regering gekregen dat heksen ervan werden verdacht op weg te zijn naar Milaan om 'de muren te zalven' (smeer de muren in met ziekteverwekkende zalven). De kerk luidde alarm vanaf de preekstoel en bracht de bevolking op haar hoede. Op een ochtend in 1630 zag een oude vrouw die uit haar raam keek, een man die over straat liep zijn vingers aan een muur afvegen. Hij werd prompt aangegeven bij de autoriteiten. Hij beweerde dat hij gewoon inkt van zijn vingers veegde, dat hij van de inkthoorn had gewreven die hij bij zich had. Niet tevreden met deze uitleg, gooiden de autoriteiten de man in de gevangenis en martelden hem net zolang totdat hij 'bekende'. De martelingen gingen door totdat de man de namen van zijn 'handlangers' noemde, die vervolgens werden opgepakt en ook gemarteld. Zij noemden op hun beurt hun 'handlangers' en het proces ging door totdat de leden van de belangrijkste families in de aanklacht waren opgenomen. Ten slotte werd een groot aantal onschuldige mensen ter dood veroordeeld.<sup>13</sup>

Een afschuwelijke ziekte in de periode 1500 tot en met 1700 was de 'gevangenskooft'. De gevangenen van die tijd waren smerig. Mensen zaten opgesloten in kerkers die waren verbonden

met riolen, met weinig ventilatie of afvoer. Gevangenen ontwikkelden de ziekte en verspreide deze onder het publiek, vooral onder de politie, advocaten en rechters. In 1750 doodde de ziekte bijvoorbeeld twee rechters, de burgemeester, verschillende schepenen en vele anderen in Londen, waaronder natuurlijk ook gevangenen.<sup>14</sup>

De epidemieën in de protestantse koloniën in Amerika werden ook toegeschreven aan goddelijke toorn of satanische boosheid, maar toen de ziekten de indianen troffen, werden ze als gunstig beschouwd. “De pest onder de Indianen, vóór de komst van de Plymouth Colony, werd in een opmerkelijk werk uit die periode toegeschreven aan het goddelijke doel om New England vrij te maken voor de verkondigers van het evangelie.”<sup>15</sup>

Misschien is de reden dat de Aziatische landen in vergelijking met de westerse, zulke grote bevolkingsdichtheden kenden, dat ze ontsnapten aan een aantal van de plagen die in Europa voorkwamen. Vooral die zich verspreidden door het niet verantwoord recyclen van menselijke uitwerpselen. Ze ploegden hun mest terug het land in, terwijl westerlingen bezig waren met het verbranden van heksen en joden met hartelijke hulp van de kerk.

Onze voorouders kwamen uiteindelijk tot het inzicht dat slechte hygiëne een oorzakelijke factor was bij epidemische ziekten. Niettemin duurde het in Engeland tot het einde van de 19e eeuw dat verkeerde sanitaire voorzieningen en riolering als oorzaken werden vermoed. In die tijd stierven nog steeds grote aantallen mensen door epidemieën, met name cholera, waarbij alleen al in 1848-49 in Engeland minstens 130.000 mensen omkwamen. In 1849 publiceerde Dr. Snow zijn theorie dat cholera werd verspreid door water dat vervuild was met rioolwater. Maar zelfs daar waar het rioolwater van de bevolking werd afgevoerd, vervuilden de rioleringen nog steeds de drinkwatervoorraden.

De Engelse regering kon zich niet druk maken over het feit dat honderdduizenden voornamelijk arme burgers jaar na jaar stierven als ratten. Daarom verwierp het in 1847 een volksgezondheids-wetsvoorstel. In 1848 werd een wetsvoorstel uiteindelijk een wet in het licht van de laatste uitbraak, maar die was niet erg effectief. Het bracht echter de slechte sanitaire voorzieningen wel onder de aandacht van het publiek, zoals de volgende verklaring van de General Board of Health in 1849 impliceert: *“Huishoudens van alle klassen moeten worden gewaarschuwd dat hun eerste middel tot veiligheid ligt in het verwijderen van mesthopen en vast en vloeibaar vuil van elke soort, onder of rond hun huizen en gebouwen.”* Dit doet je afvragen of een composthoop in die tijd als een ‘mesthoop’ werd gezien en daarom gold als verboden. Sanitaire voorzieningen in Engeland waren slecht in het midden van de negentiende eeuw *“in 1858, toen de koningin en prins Albert een korte pleziercruise op de Theems wilden houden, bracht het stinkende water hen binnen een paar minuten terug aan land. Die zomer legde tijdens de aanhoudende hitte en droogte rottende oevers bloot, uit een overbevolkte, ongedraineerde stad. Vanwege de stank moest het Parlement vroeger opstaan.”* Een ander verhaal beschrijft hoe koningin Victoria uitkeek over de rivier en zich hardop afvroeg wat die stukjes papier waren die zo overvloedig voorbij dreven. Haar metgezel, die niet wilde toegeven dat de koningin naar gebruikt toiletpapier keek, antwoordde: *“dat, mevrouw, zijn foldertjes over dat baden verboden is”*.<sup>16</sup>

De Tories of 'Conservatives' van de Engelse regering dachten nog steeds dat geld uitgeven aan sociale diensten geldverspilling was en een onaanvaardbare inbreuk van de overheid op het privéleven. Een vooraanstaande krant, de Times, beweerde dat het risico op cholera te verkiezen was bo-

ven te worden gepest door de overheid met riolering. In 1866 werd echter uiteindelijk een belangrijke wet aangenomen, de Public Health Act, maar die werd met tegenzin gesteund door de Tories. Opnieuw woedde cholera onder de bevolking, en het is waarschijnlijk om die reden dat er überhaupt een daad werd gesteld. Eindelijk, tegen het einde van de jaren 1860, werd in Engeland een kader voor volksgezondheidsbeleid vastgesteld. Gelukkig was de cholera-epidemie van 1866 de laatste en minst rampzalige.<sup>17</sup>

De macht van de kerk nam uiteindelijk genoeg af zodat wetenschappers en artsen hun vertraagde zeggenschap over de oorsprong van ziekten konden krijgen. Onze moderne sanitaire systemen hebben voor de meesten van ons eindelijk een veilig leven opgeleverd, hoewel niet zonder tekortkomingen. De uiteindelijke oplossing die door het Westen werd ontwikkeld, was om menselijke uitwerpselen op te vangen in onze drinkwatervoorraden en vervolgens het vervuilde water weg te gooien, misschien eerst door te proberen de uitwerpselen te verwijderen - chemisch behandeld, verbrand of gedehydrateerd - om vervolgens het eindproduct te lozen. In de zee, in de atmosfeer, op het land en op stortplaatsen.

Tegenwoordig verlaten Aziaten de harmonieuze landbouwtechnieken die Dr. King bijna een eeuw geleden observeerde. In Kyoto, Japan, bijvoorbeeld, "wordt nachtaarde hygiënisch opgevangen tot tevredenheid van de gebruikers van het systeem, om vervolgens te worden verdund op een centraal verzamelpunt voor lozing op het riool en behandeling in een conventionele rioolwaterzuiveringsinstallatie."<sup>18</sup> Een lezer van het *Humanure Handbook* schreef een interessant verslag van Japanse toiletten in een brief aan de auteur, hier geparafraseerd:

*“Mijn enige echte [humanure] ervaring ... komt uit de tijd dat ik in Japan woonde, van 1973-1983. Omdat dit gedateerd is, zijn er dingen misschien veranderd (waarschijnlijk ten nadele aanzien toiletten en het leven tegen het einde van mijn verblijf ‘verwesterd’ werden).*

*Mijn ervaring komt voort uit het leven in kleine, landelijke steden maar ook in grootstedelijke gebieden (provinciehoofdsteden). Huizen en bedrijven hadden een toiletruimte binnenshuis. De opvang: Enkel de urine en uitwerpselen werden gedeponereerd in de grote metalen tank onder het toilet (gehurkte stijl, enigszins verzonken in de vloer en gemaakt van porselein). Er werd geen afdek- of koolstofhoudend materiaal gebruikt. Het stonk!! Niet alleen de badkamer, maar het hele huis! Er waren veel vliegen, ook al waren de ramen voorzien van horren. Maden waren het grootste probleem. Ze kropen langs de zijkanten van de tank naar het toilet en de vloer en kwamen soms zelfs tot buiten de badkamer op de gang. Mensen goten constant een soort giftige chemische stof in de gewelven om de geur en maden te beheersen.*

*Het hielp niet - in feite vluchtten de maden de tank uit om aan de chemicaliën te ontsnappen. Af en toe viel er een slipper in de walgelijke met maden gevulde tank (men deed speciale ‘badslippers’ aan in plaats van ‘huisslippers’ bij het betreden van de badkamer). Je wilde er niet aan denken om die eruit te halen! Kleine kinderen kun je niet naar het toilet laten zonder dat een volwassene ze vasthoudt. Ze konden erin vallen! Legen: Toen de tank vol was (ongeveer elke drie maanden), belde je een particuliere pompwagen die een grote slang in een buitenopening plaatste om de vloeibare massa weg te zuigen. Je moest ze betalen voor hun diensten. Ik weet niet precies wat er daarna met de mest gebeurde, maar in de landbouwgebieden in de buurt van de velden waren grote (drie meter in diameter) ronde, betonnen, verhoogde containers, vergelijkbaar met het uiterlijk van een bovengronds zwembad. In de containers, zo kreeg ik te horen, zat de mest uit de*

*'pompwagens'. Het was een groenachtig bruine vloeistof en aan het oppervlak groeide algen. Ik kreeg te horen dat dit werd verspreid over landbouwpercelen."*

In 1952 werd ongeveer 70 procent van de Chinese menselijke ontlasting gerecycled. Dit was in 1956 gestegen tot 90 procent en vormde een derde van alle in het land gebruikte mest.<sup>19</sup> Maar de laatste tijd zit in China de recycling van menselijke ontlasting in het slop. Het gebruik van kunstmest is tussen midden jaren zestig en midden jaren tachtig met ongeveer 600 procent gestegen. Tussen 1949 en 1983 is het stikstof- en fosforgebruik in de landbouw met een factor tien toegenomen, terwijl de landbouwpbrengsten slechts verdrievoudigden.<sup>20</sup> Chinese boeren gebruiken nu gemiddeld 120 kilo stikstof per hectare per jaar, meer dan vier keer het wereldwijde gemiddelde. Het verbruik van kunstmest in Azië is sneller gestegen dan in enig ander deel van de wereld.<sup>21</sup> Het hoge gebruik van stikstofkunstmest in China draagt nu bij aan wijdverbreide milieuproblemen, zoals verslechtering van de waterkwaliteit, bodemverzuring, uitstoot van broeikasgassen en verstoring van de wereldwijde stikstofcyclus. China's eerste nationale vervuilingsonderzoek in 2010 wees de landbouw aan als een belangrijke vervuiler.<sup>22</sup>

China produceerde in 2008 meer dan 3,5 miljoen ton rioolwater per dag. Naar schatting drinken nu zeshonderd miljoen Chinezen water dat is verontreinigd door menselijk of dierlijk afval.<sup>23</sup> Uit oppervlaktewatercontrole, op meer dan twaalfduizend locaties in China, bleek dat een op de vijf waterbronnen niet geschikt waren voor menselijk contact en dat 13 procent te vervuild was om dan ook maar ergens voor te worden gebruikt. In Shanghai, een van de modernste steden van China was water, volgens een rapport uit 2017 van tweeënvijftig van de vijftenzestig meetpunten, niet geschikt voor menselijk contact.<sup>24</sup> Vijfentachtig procent van het water in de rivieren van Shanghai was in 2015 ondrinkbaar, en meer dan 56 procent was voor geen enkel doel geschikt. In Peking was bijna 40 procent van het water zo vervuild dat het ook nergens voor kon worden gebruikt. In Tianjin, een Noord-Chinese stad met vijftien miljoen inwoners, kan minder dan 5 procent van het water worden gebruikt om te drinken. In 2015 werd 3,78 miljard kubieke meter ongezuiverd afvalwater in China geloosd, waarvan 1,98 miljoen kubieke meter alleen al in Peking. Dat is water dat in rivieren en meren wordt gedumpt en niet kan worden gebruikt voor de landbouw en industrie en zelfs niet voor decoratieve doeleinden.<sup>25</sup> Geschat wordt dat alleen al in een jaar tijd bijna vijfhonderdduizend ton menselijke ontlasting in de Huangpu-rivier wordt gedumpt. In 1988 deden zich in Shanghai een half miljoen gevallen van hepatitis A voor, veroorzaakt door vervuild water. *"In toenemende mate wenden locale Chinese autoriteiten zich tot verbranding of stortplaatsen als manieren om hun afval te verwijderen in plaats van het te recyclen en te composteren, wat betekent dat China, net als het westen, het probleem op de schouders van toekomstige generaties legt."*<sup>26</sup>

Maar laten we China niet onder het vergrootglas leggen. India heeft ook enorme problemen met watervervuiling, net als veel andere gebieden in de wereld. De 1.370 kilometer lange Yamunarivier, die door Delhi stroomt, is naar verluidt een rivier van 'vervuild slib', verontreinigd met industriële chemicaliën, drijvend plastic en 'menselijk afval' (eigenlijk zijn al deze dingen 'menselijk afval'). In 2017 bevatte de rivier 22 miljoen fecale coliforme bacteriën per 100 ml water. Ter vergelijking: in Vermont, als het water daar slechts 235 fecale coliforme bacteriën per 100 ml bevat, wordt het als te vervuild beschouwd om in te baden.<sup>27</sup> India genereert elke dag bijna twee miljoen ton menselijke stront, en hoewel 80 procent van het huishoudelijk afvalwater de huizen verlaat als rioolwater, wordt ongeveer 80 tot 90 procent daarvan niet behandeld.<sup>28</sup> Bijna 38 mil-

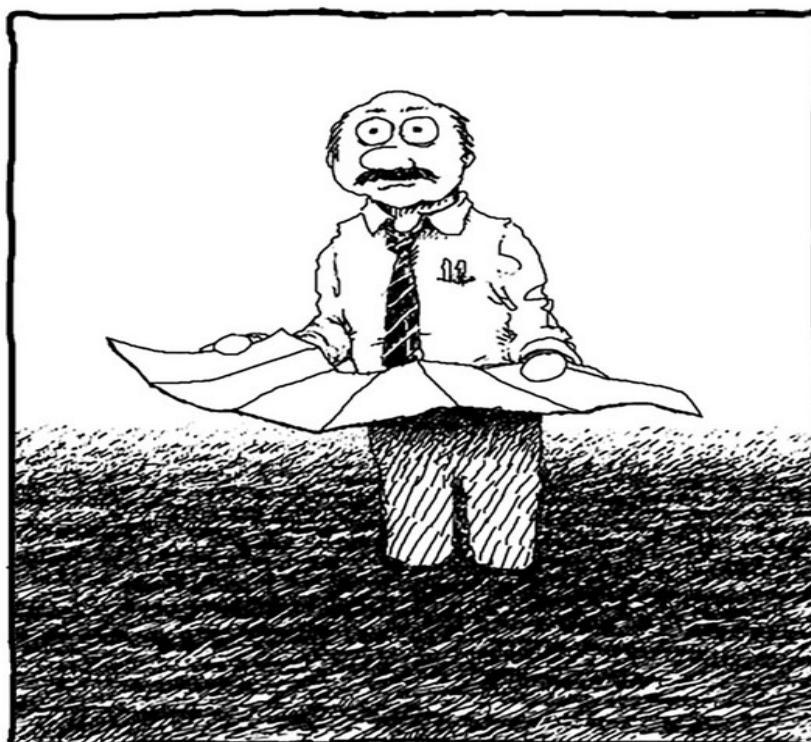
jard liter rioolwater stroomt er elke dag de rivieren van India in<sup>29</sup>, waardoor onbehandeld rioolwater de belangrijkste bron van waterverontreiniging is en ten gevolge van diarree jaarlijks de dood van 350.000 Indiase kinderen tot gevolg heeft.<sup>30</sup>

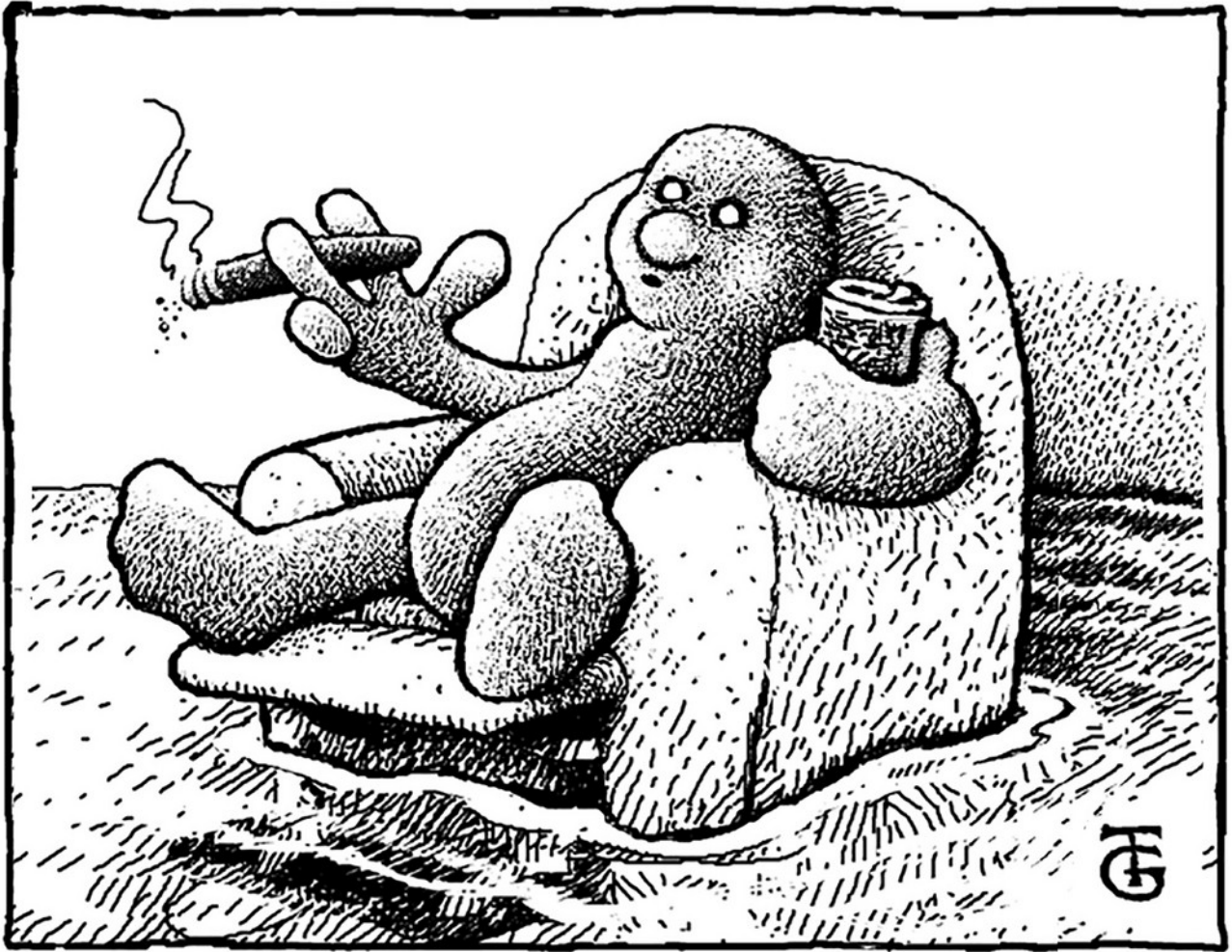
Afvalwaterzuiveringsinstallaties in de Verenigde Staten verwerken elke dag ongeveer 34 miljard liter afvalwater.<sup>31</sup> Toch worden 3,5 miljoen Amerikanen elk jaar ziek na zwemmen, varen, vissen of zelfs na het aanraken van water dat vervuild is met 'menselijk afval', huishoudelijke chemicaliën, producten voor persoonlijke hygiëne, farmaceutische producten en alles wat er nog meer in het riool wordt gedumpt. Elk jaar ontsnapt meer dan 860 miljard liter vervuild water uit Amerikaanse riolen, genoeg om de hele staat Pennsylvania tot aan je enkels onder water te zetten.<sup>32</sup> Volgens de EPA vinden er jaarlijks drieëntwintigduizend tot vijfenzeventigduizend riooloverstromingen plaats in Amerika, en drie tot tien miljard liter onbehandeld afvalwater wordt in het milieu geloosd.<sup>33</sup>

Krijgen kinderen buikgriep? Het zou door de regen kunnen komen. Onderzoekers hebben een toename van 11 procent vastgesteld bij Amerikaanse kinderen die vier dagen na zware regenval naar een arts gingen met een acute gastro-intestinale aandoening, grotendeels als gevolg van fecale verontreinigingen zoals bacteriën, protozoa en virussen van rioolwater dat in waterleidingen en lokale waterwegen terecht was gekomen.<sup>34</sup>

Een rapport uit 2012, over de waarde van de menselijke ontlasting in het Afrikaanse land Niger, toonde aan dat de gemiddelde productie van uitwerpselen per gezin per jaar overeenkomt met ongeveer honderd kilo kunstmest.<sup>35</sup> Men kan het zich niet veroorloven om deze hoeveelheid kunstmest te kopen, maar men produceert het wel zelf met natuurlijke processen en realiseert zich dat niet eens.

Hoe zet je stront weer om in voedsel? Hoe werkt het proces? Is het veilig? Het antwoord is kortom, composteren. Maar laten we eerst eens kijken wat er op een bepaalde dag gewoonlijk gebeurt met meneer Drollemans.





## Een dag uit het leven van een drol

In mijn jeugd luisterde ik graag naar de verhalen van veteranen die spraken over hun tijd in de Koreaanse oorlog. Meestal richtten ze na een biertje of twee hun gesprek op de 'buitentoiletten' die door de Koreanen werden gebruikt. Ze waren verbaasd, zelfs verbijsterd over het feit dat de Koreanen voorbijgangers naar hun latrines probeerden te lokken door de toiletten bijzonder aantrekkelijk te maken. Het idee dat iemand de poep van iemand anders zou willen, bracht de veteranen altijd hartelijk aan het lachen. Deze mening vat de houding samen van bijna iedereen die is opgevoed met een spoeltoilet. Menselijke ontlasting is een afvalproduct dat we moeten weggooiën en alleen idioten denken daar anders over. Een van de gevolgen van deze houding is dat Amerikanen geen idee hebben, en het waarschijnlijk ook niet kunnen schelen, waar hun 'menselijk afval' naartoe gaat nadat het uit hun achterste is gekomen. Zolang ze er maar niets meer mee te maken hoeven hebben.

### Open defecatie

Waar het naartoe gaat, hangt af van het type 'afvalverwijderingssysteem' dat wordt gebruikt. Laten we beginnen met de eenvoudigste: de Mexicaanse biologische vergister, ook wel 'de zwerfhond' genoemd. Ik heb eind jaren zeventig een paar maanden in het zuiden van Mexico doorgebracht in Quintana Roo op het schiereiland Yucatan. Er waren daar geen toiletten, mensen gebruikten gewoon de zandduinen langs de kust. Toch, geen probleem. Een van de kleine, onverzorgde en alomtegenwoordige Mexicaanse honden wachtte op een afstandje met kwijl in de bek tot je je ding had gedaan. Je uitwerpselen begraven zou in die situatie een gebrek aan respect voor de hond zijn geweest. Niemand wil zand in zijn eten. Het duurde nooit langer dan zestig seconden voordat een goede, gezonde, dampende drol bij het krieken van de dag aan de Caribische kust, een warme maaltijd werd voor de beste vriend van een mens. Jammie.

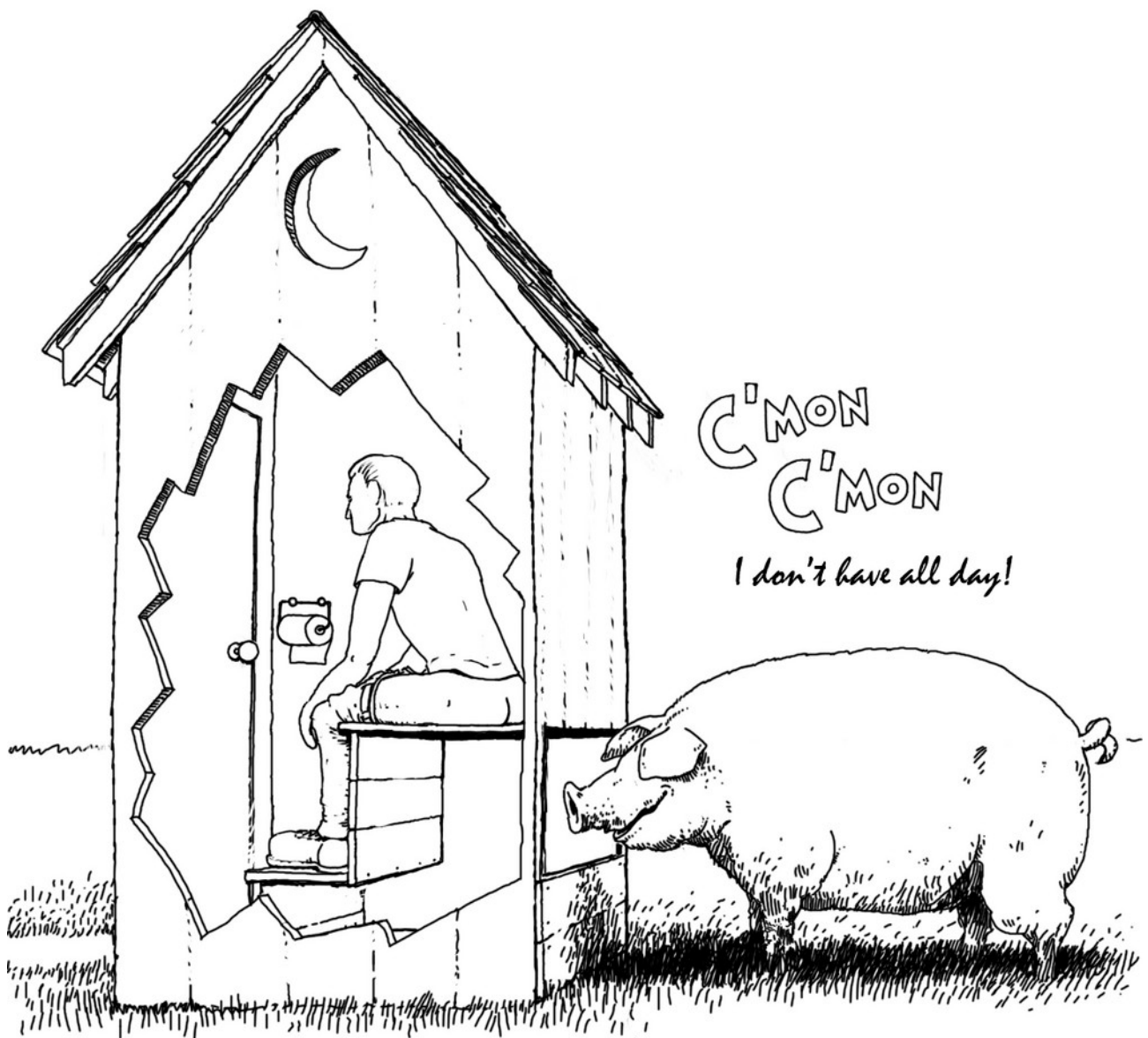
Tegenwoordig ontlasten ongeveer 892 miljoen mensen nog steeds in de openlucht, tegen meer dan 1,2 miljard in 2000. Van degenen die het nog steeds buiten doen, woont 90 procent in Centraal- en Zuid-Azië en in Afrika bezuiden de Sahara.<sup>1</sup>

### Latrines

De volgende op ladder van verfijning is het ouderwetse toilethuisje, ook wel bekend als de latrine. Simpel gezegd, je graaft een gat in de grond en poept er dan in, keer op keer totdat het gat vol is, waarna het dan meestal bedekt wordt met afval. Het is fijn om een klein gebouwtje of 'huisje' over het gat te hebben om wat privacy en beschutting te bieden. Tegenwoordig worden latrines wereldwijd door miljoenen mensen gebruikt. In Amerika begraven we de uitwerpselen nog steeds in de vorm van zuiveringsslib op stortplaatsen. Latrines veroorzaken gezondheids-, milieu- en esthetische problemen. Het gat is toegankelijk voor vliegen en muggen die ziekten kunnen overbrengen. De kuilen lekken verontreinigende stoffen, zelfs in droge grond. En de stank kan gruwelijk zijn, kinderen in ontwikkelingslanden ontlasten liever in de open lucht dan dat ze een stinkende latrine gebruiken. In droge grond kunnen latrines drie meter onder het gat en een meter zij-



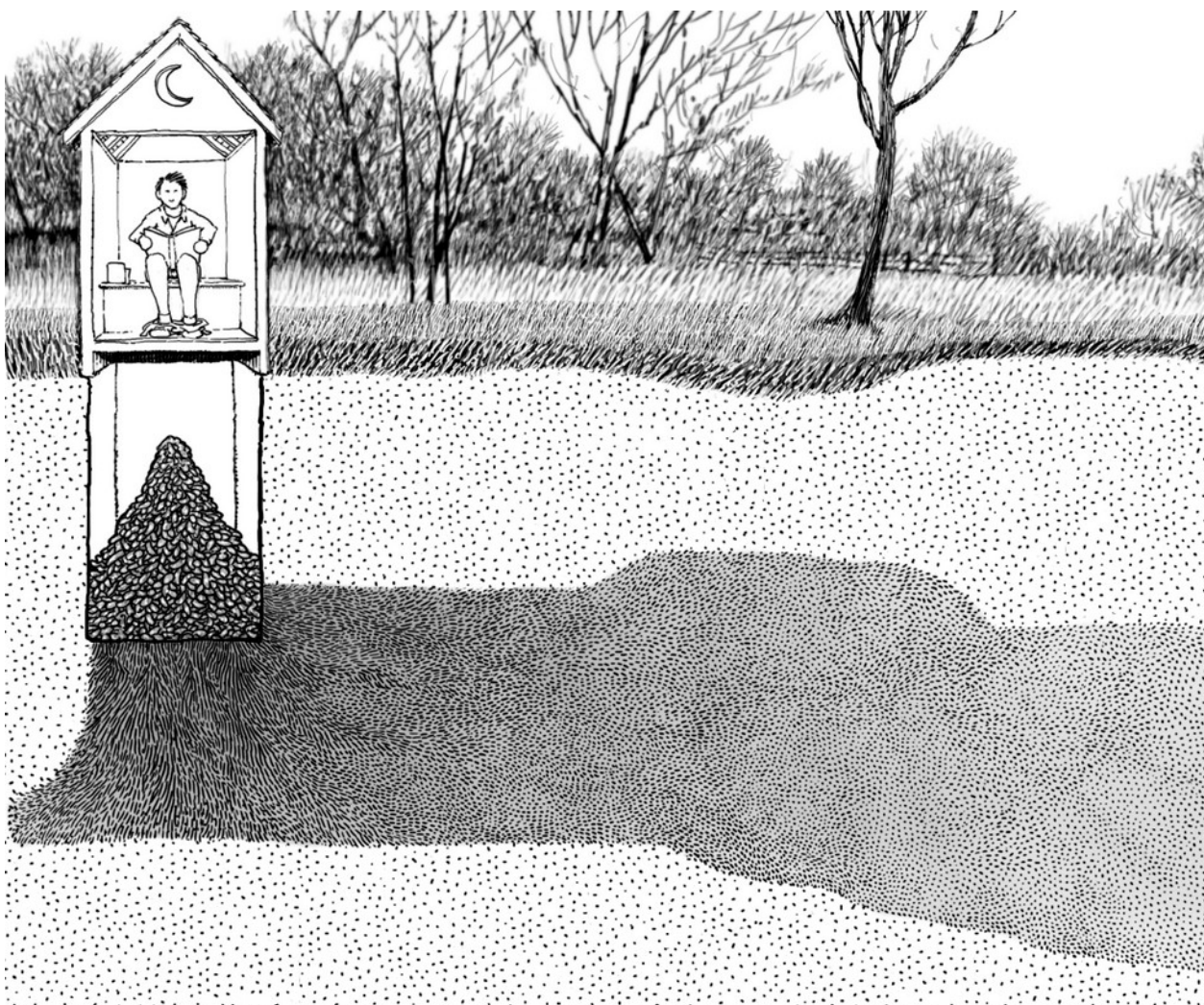
waarts vervuiling verspreiden. In natte bodems kunnen ze vijftien meter zijwaarts in de richting van de grondwaterstroom lekken.



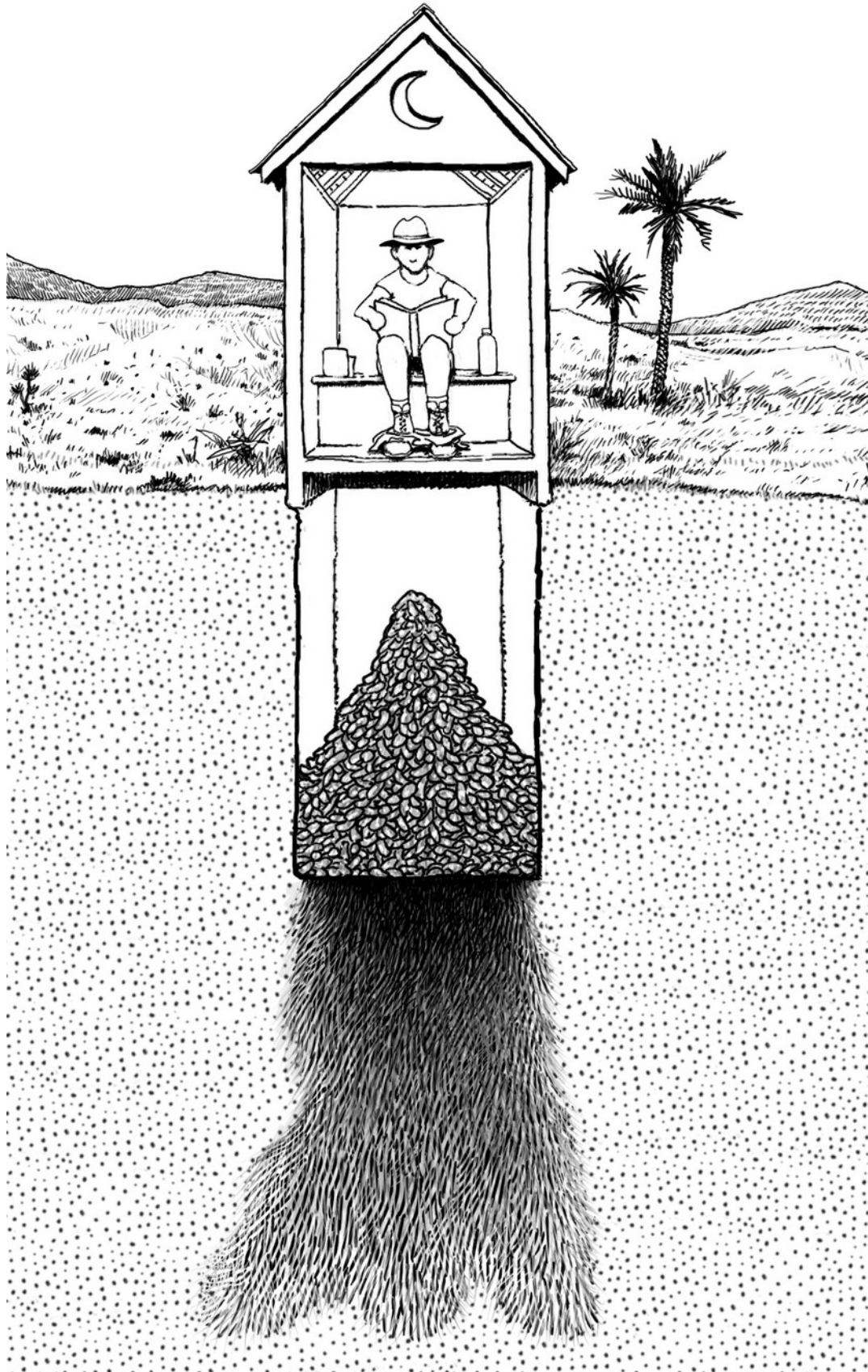
## Septische systemen

Nog een stapje hoger op de sanitatieladder, vind je de septic tank, een veelgebruikte methode om menselijke uitwerpselen en afvalwater in landelijke en voorstedelijke gebieden te verwijderen. In dit systeem worden de drollen uitgescheiden in een pot en vervolgens met drinkbaar water door een afvoer gespoeld. Het woord 'septisch' komt van het Griekse septikos, wat 'verrot maken' betekent. Tegenwoordig betekent het nog steeds 'verrotting veroorzaken', dat wil zeggen 'de ontbinding van organisch materiaal, resulterend in de vorming van stinkende producten.' In 1700 voor Christus, bijna vierduizend jaar geleden, gebruikte koning Minos van Kreta toiletten die door de

regen werden doorgespoeld. Ruim drieduizend jaar later, in 1596, werd het moderne spoeltoilet uitgevonden. Bijna driehonderd jaar later, in 1872, vond Thomas Crapper een verbeterd ontwerp uit dat nog steeds wordt gebruikt. In 1855 had George Vanderbilt in een Amerikaans huis de eerste badkamer met een ligbad, een wastafel en een spoeltoilet.<sup>2</sup> Aan het eind van de 19e eeuw verschenen septic tanks, ontworpen om het afvalwater van spoeltoiletten op te vangen. Halverwege de jaren 1900 werd het gebruikelijk om de overloop van deze tanks af te voeren in met grind omzoomde infiltratievelden.<sup>3</sup>



*Afbeelding 1: Ondergrondse vervuilingspluim uit een latrine in natte grond.*



*Afbeelding 2: Ondergrondse vervuilingspluim van een latrine op droge grond*

Drollen stromen door rioolbuizen en ploffen vervolgens in grote ondergrondse opslagtanks van beton, glasvezel of plastic. De zwaardere vaste stoffen bezinken naar de bodem van de tank, terwijl de overloopvloeistoffen wegvloeien in een infiltratieveld, dat bestaat uit een reeks geperforeerde afvoerbuizen die zich onder het grondoppervlak bevinden, waardoor de vloeistof de grond in kan sijpelen. In de tank zal het afvalwater naar verwachting anaërobe afbraak ondergaan. Wanneer septische putten vol raken, worden ze leeggepompt door pompwagens, en het septage zal per vrachtwagen naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie worden vervoerd om daar te worden geloosd.

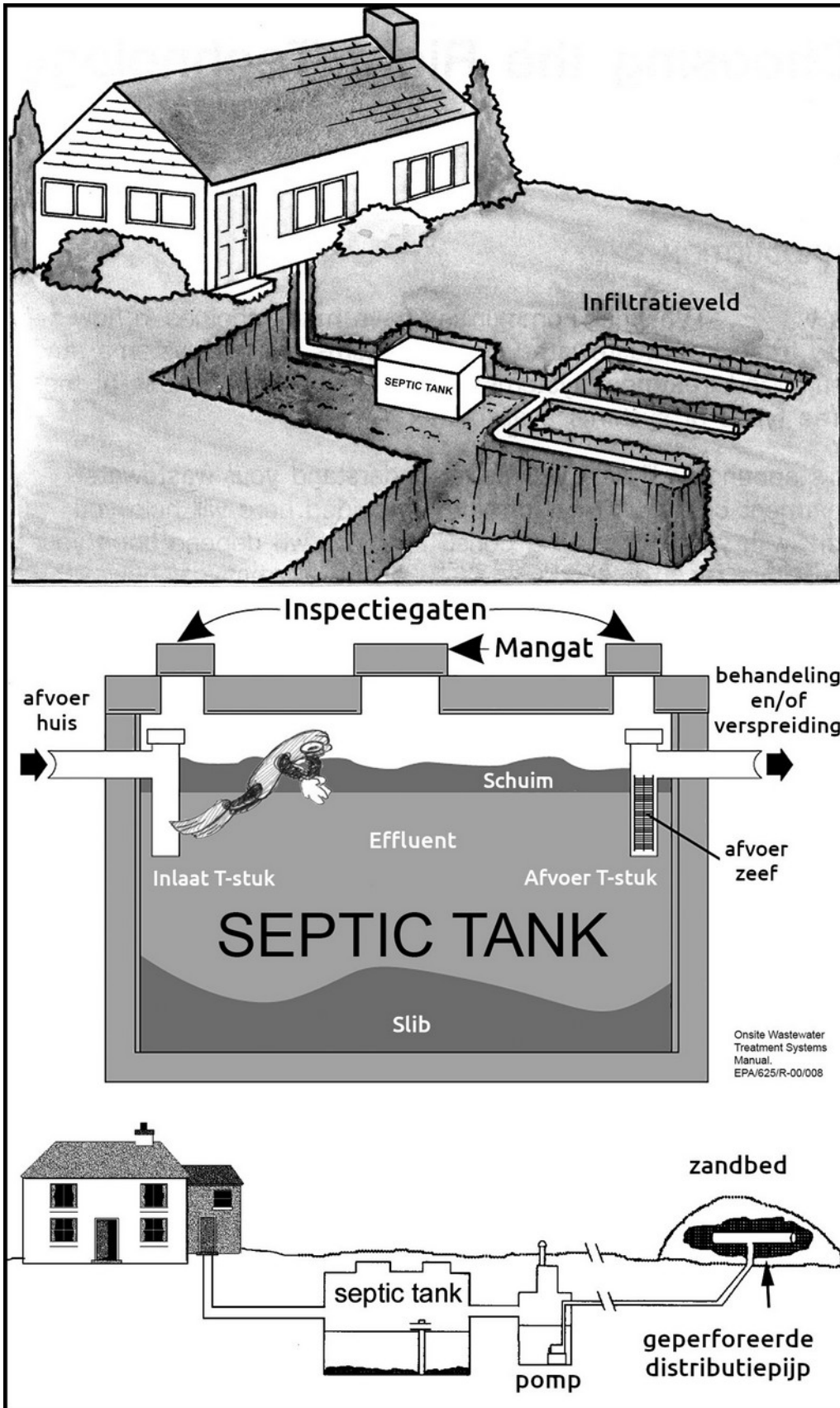
In slecht doorlaatbare grond, laag gelegen gebieden of grond met een hoog kleigehalte, zal een standaard infiltratieveld niet werken. Vooral niet als de grond verzadigd is met regenwater of gesmolten sneeuw. Afvalwater loopt niet weg in grond die al verzadigd is. In dat geval wordt een zandhoop voor het afvalwaterafvoersysteem gebruikt. Wanneer de septic tank niet goed leegloopt, zal een pomp in werking treden die de overloopvloeistof bovengronds in een hoop zand en grind pompt. Geperforeerde buizen in de hoop laten het afvalwater door de hoop naar beneden zakken. Zandheuvelds zijn meestal bedekt met aarde en gras. Volgens lokale grondbedrijven kostte de bouw van zandheuvelds aan het begin van de eenentwintigste eeuw \$ 5.000 tot \$ 12.000. Ze moeten worden gebouwd volgens exacte overheidsspecificaties en zijn pas bruikbaar als ze een officiële inspectie hebben doorstaan. Hoewel septische systemen tegenwoordig op grote schaal worden gebruikt en als belangrijke en noodzakelijke afvalverwijderingssystemen worden beschouwd, hebben ze toch hun problemen. Aan het einde van de 20e eeuw waren er 22 miljoen septische systeemlocaties in de Verenigde Staten, die een kwart tot een derde van de Amerikaanse bevolking bedienden, waarvan er vele verontreinigende stoffen zoals bacteriën, virussen, nitraten, fosfaten, chloriden in het milieu lieten lekken, en organische verbindingen zoals trichloorethyleen. Een EPA-onderzoek naar chemicaliën in septic tanks vond toluen, methyleenchloride, benzeen, chloroform en andere vluchtige synthetische organische verbindingen waarvan vele kankerverwekkend zijn. Die stoffen zijn te herleiden tot chemisch huishoudelijk gebruik.<sup>6</sup>



Giftige chemicaliën komen vaak in het milieu terecht via septische systemen omdat mensen ze in het riool dumpen. De chemicaliën zijn afkomstig van pesticiden, verf, toiletreinigers, afvoerontstoppers, ontsmettingsmiddelen, oplosmiddelen voor textielreiniging, antivries, roestwerende middelen, septic tank- en beerputreinigers en vele andere schoonmaakmiddelen. Er werd alleen al door de inwoners van Long Island in één jaar tijd zelfs meer dan anderhalf miljoen liter schoonmaakmiddelen voor septic tanks gebruikt die synthetische organische chemicaliën bevatten. Bovendien tasten sommige giftige chemicaliën metalen leidingen aan, waardoor er ook zware metalen in de septische systemen terechtkomen.<sup>7</sup> In 1960 hadden veertien miljoen Amerikaanse huizen septische systemen. Het aantal steeg tot zeventien miljoen in 1970 en ongeveer zesentwintig miljoen in 2005, waarbij elke dag ongeveer 15 miljard liter afvalwater werd geproduceerd. De vervuiling van grondwater, meren en kustwateren wordt in verband gebracht met het falen van septische systemen, meestal ten gevolg van slecht onderhoud. Een studie van Chesapeake Bay wees uit dat de twee miljoen septische systemen uit de omgeving, elk jaar ongeveer 4,5 miljoen kilo stikstof in de baai lozen. De Indian River Lagoon in Florida ontvangt jaarlijks ongeveer 700 ton stikstof uit de vijfenveertigduizend lokale septische systemen. Driekwart van de stikstof die de Buttermilk Bay in Massachusetts in stroomt, is afkomstig van septische systemen. Systemen faalden met percentages van 50 tot 70 procent in Minnesota, 60% in West Virginia, 50% in Louisiana, 40% in Nebraska, 30-50 procent in Missouri, 25 tot 30 procent in Ohio en 25% in Massachusetts. In Indiana meldde een rapport dat in die staat maar liefst 70 procent van de achthonderdduizend systemen faalden. Ondertussen kunnen volgens de EPA jaarlijks 168.000 virale en 34.000 bacteriële ziekten worden herleid tot slecht onderhouden septische systemen.<sup>8</sup>

Septische systemen zijn niet ontworpen om menselijke ziekteverwekkers te elimineren die de septic tank binnen kunnen dringen. In plaats daarvan zijn septische systemen ontworpen om menselijk afvalwater op te vangen, de vaste stoffen te laten bezinken, ze tot op zekere hoogte anaëroob af te breken, en vervolgens het effluent in de bodem te laten infiltreren. Daarom kunnen septische systemen zeer pathogeen zijn, waardoor de overdracht van ziekteverwekkende bacteriën, virussen, protozoa en darmparasieten via het systeem mogelijk is. Te veel septische systemen binnen een bepaald gebied zullen het natuurlijke zuiveringsvermogen van de bodem overbelasten en ervoor zorgen dat grote hoeveelheden afvalwater het onderliggende grondwater kan vervuilen. Een dichtheid van meer dan vijftien huishoudelijke septische systemen per vierkante kilometer, zal ervoor zorgen dat het gebied doelwit kan worden voor bodemverontreiniging, aldus de EPA.<sup>9</sup>

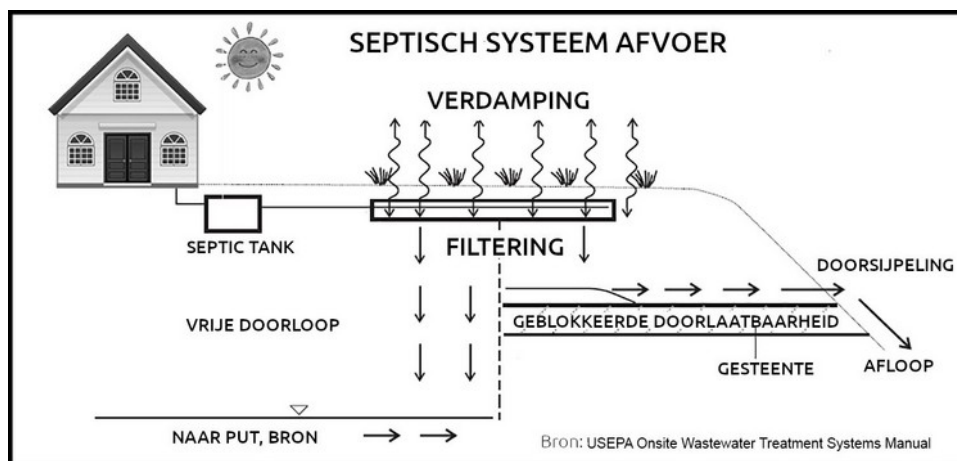
In veel gevallen worden mensen met septic tanks gedwongen om een aansluiting op het riool te maken wanneer leidingen beschikbaar komen. Een zaak aan het Amerikaanse Hooggerechtshof in 1992 behandelde een situatie waarbij burgers in New Hampshire gedwongen werden om een aansluiting te maken op het riool die eenvoudigweg onbehandeld, ongezuiverd rioolwater in de rivier de Connecticut loosde, en dat al gedurende zevenenvijftig jaar. Ondanks deze lompe afvoermethode, eiste de wet dat huiseigenaren die binnen dertig meter van het stadsrioel woonden, zich erop moesten aansluiten. Dit barbaarse afvalwaterverwijderingssysteem bleef functioneren tot 1989, toen de nationale en federale wetten voor de behandeling van afvalwater, dwongen om het lozen van ongezuiverd afvalwater in de rivier te stoppen. De bewoners klaagden de stad aan en eisten schadevergoeding toen het lozen werd beëindigd, en ze wonnen!<sup>10</sup>





## Afvalwaterbehandelingsinstallaties

Er is nog een stap hoger op de ladder in het verfijnen van afvalwaterzuivering: de afvalwaterzuiveringsinstallatie of rioolwaterzuiveringsinstallatie. De afvalwaterzuiveringsinstallatie is eigenlijk een enorme, zeer geavanceerde septic tank, omdat hij de ontlasting van grote aantallen mensen opvangt. Het is onvermijdelijk dat wanneer je in water poept of plast, je het water vervuult. Om milieuverontreiniging te voorkomen, moet dat 'afvalwater' op de een of andere manier geschikt worden gemaakt om terug te keren in het milieu.



Het afvalwater dat de zuiveringsinstallatie binnenkomt, is voor 99 procent vloeibaar, omdat al het gootsteenwater, douchewater en al het andere dat via de riolering loopt, ook in de installatie terecht komt. In sommige gevallen komt ook het regenwater via gecombineerde rioleringen de afvalwaterzuiveringsinstallatie binnen. Industrieën, ziekenhuizen, benzinstations en elke andere plaats met een afvoer draagt bij aan het mengsel van verontreinigende stoffen in de stroom afvalwater.

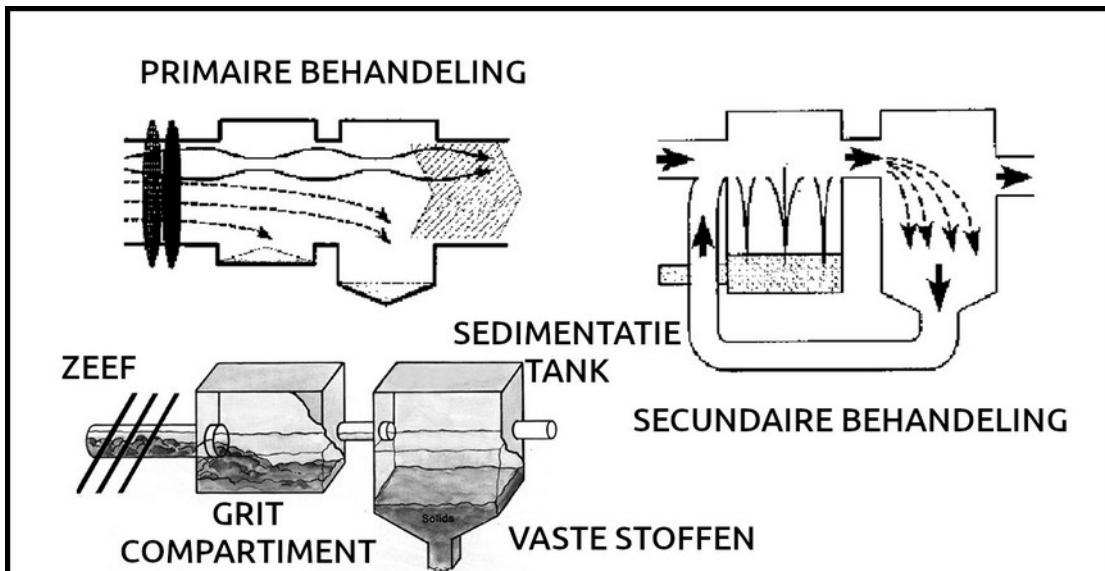
Er zijn bijna vijftienduizend afvalwaterzuiveringsinstallaties in de VS, voor bijna 240 miljoen mensen, die afvalwater opvangen, behandelen en verwijderen.<sup>11</sup> De rioelstelsels hebben een verwachte levensduur van vijftig jaar, maar de apparatuur die in het zuiveringssysteem wordt gebruikt, gaat slechts vijftien tot twintig jaar mee. Van de 1 miljoen kilometer aan rioolleidingen zal in 2020 naar verwachting 44 procent in slechte staat verkeren.<sup>12</sup> In 2012 werden de uitgaven voor het onderhoud aan de bestaande afvalwaterzuiveringsinstallaties in Amerika geschat op 102 miljard dollar. Voeg daar nog eens 96 miljard aan toe om rioolleidingen te repareren of te vervangen, en bijna 50 miljard om gecombineerde riooloverstorten aan te passen,<sup>13</sup> en het is duidelijk dat er geld bespaard moeten gaan worden. Ter vergelijking: de ongeveer 250 miljard dollar die nodig is voor al de afvalwaterinfrastructuur in de Verenigde Staten, wordt in ongeveer veertien weken uitgegeven door het Ministerie van 'Defensie'. Maar door het in slechte staat verkeren van veel van de afvalwatersystemen, met verouderde leidingen en onvoldoende capaciteit, wordt elk jaar naar schatting 3.400 miljard liter ongezuiverd rioolwater in het milieu geloosd.<sup>14</sup> Als we geld uitgeven aan 'defensie' voor de verdediging van het land, hoe zit het dan met het verdedigen tegen milieuvervuiling? Kunnen we een deel van dat geld ook gebruiken om de riolering te verbeteren? 53 procent van de door de EPA beoordeelde rivier en beken, 71 procent van de beoordeelde meren,

79 procent van de beoordeelde rivierdelta's en 98 procent van de beoordeelde kustlijnen van de Grote Meren, is geclassificeerd als 'aangetast door milieuverontreiniging'.<sup>15</sup>

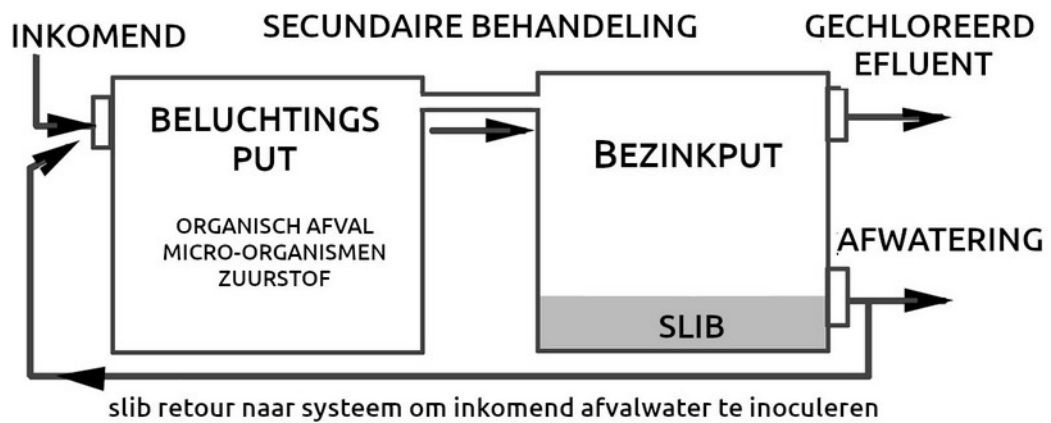
Veel moderne afvalwaterzuiveringsinstallaties gebruiken een proces van actiefslibbehandeling waarbij zuurstof krachtig door het afvalwater wordt geblazen om de microbiële vertering van de vaste stoffen te activeren. De microben die het slib verteren, bestaan uit bacteriën, schimmels, protozoa, raderdieren en nematoden.<sup>16</sup> Deze beluchttingsfase wordt gecombineerd met een bezinkingsfase waarbij de vaste stoffen naar de bodem dalen om daarna te kunnen worden verwijderd. De verwijderde vaste stoffen, bekend als zuiveringsslib of eufemistisch als 'biosolids', worden ofwel gebruikt om het binnenkomende afvalwater opnieuw te enten, of worden ontwaterd tot een consistentie van droge modder. Volgens de EPA wordt nu meer dan 50 procent van alle biologische vaste stoffen gerecycled voor landbouwdoeleinden, hoewel het slib op minder dan 1 procent van de landbouwgrond wordt gebruikt.<sup>17</sup> Een deel ervan wordt gecomposteerd. In de Verenigde Staten werd in 2004 ongeveer 7,2 miljoen ton droge slib op een nuttige manier gebruikt of afgevoerd.<sup>18</sup> Alleen al in New York City wordt elke dag twaalfhonderd ton zuiveringsslib geproduceerd. Men heeft dat ooit in de oceaan gedumpt, maar dat werd in 1988 verboden. Het zuiveringsslib van New York wordt nu gestort op locaties in Pennsylvania, Virginia en New York. Een deel van het zuiveringsslib van New York City wordt met kalk gestabiliseerd in fabrieken in Pennsylvania of Colorado.<sup>19</sup> De kalk verhoogt de pH, waardoor de bacteriën dood gaan. Het met kalk gestabiliseerde slib kan vervolgens worden gecomposteerd met andere organische materialen, of eenvoudig rechtstreeks worden aangebracht op land waar kalk in de bodem nodig is.

Het resterende afvalwater wordt gezuiverd en geloosd op een waterlichaam. De gemeentelijke afvalwaterstromen in de VS bedroegen in 2012 121 miljard liter per dag, waarvan slechts 7 tot 8 procent werd hergebruikt.<sup>20</sup> In Noord-Amerika wordt volgens een VN-rapport jaarlijks 70,7 biljoen liter afvalwater geproduceerd. Hiervan wordt 50,7 biljoen liter behandeld (sommigen schatten dit op een hoeveelheid die ongeveer gelijk is aan de jaarlijkse waterhoeveelheid van de Niagara Falls). Slechts 3,8 procent van het gezuiverde afvalwater wordt hergebruikt.<sup>21</sup>



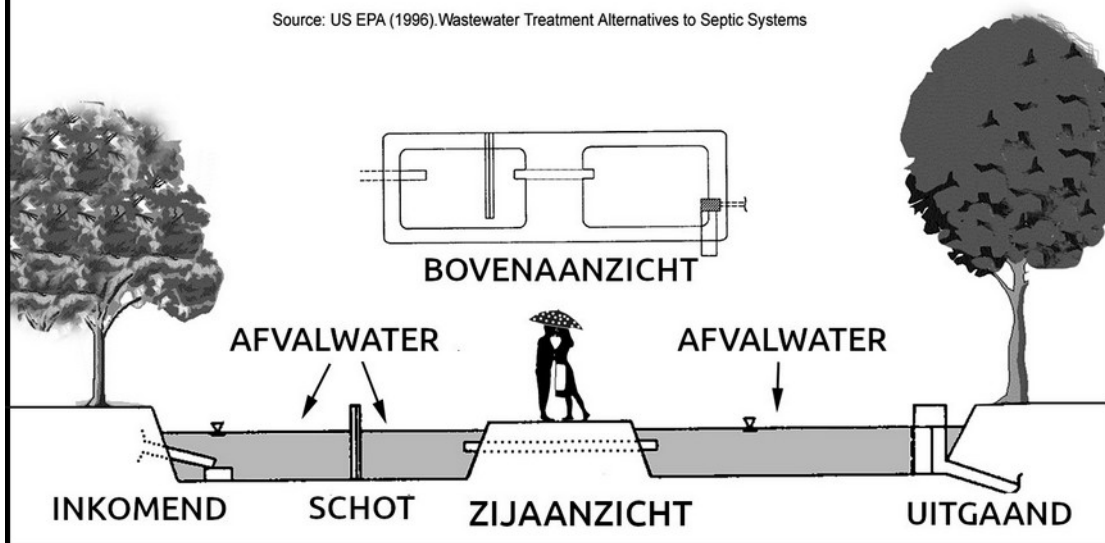


**GEACTIVEERD SLIB BIOLOGISCHE VASTE STOFFEN**



**LAGUNESYTEEM MET 3 COMPARTIMENTEN**

Source: US EPA (1996). Wastewater Treatment Alternatives to Septic Systems

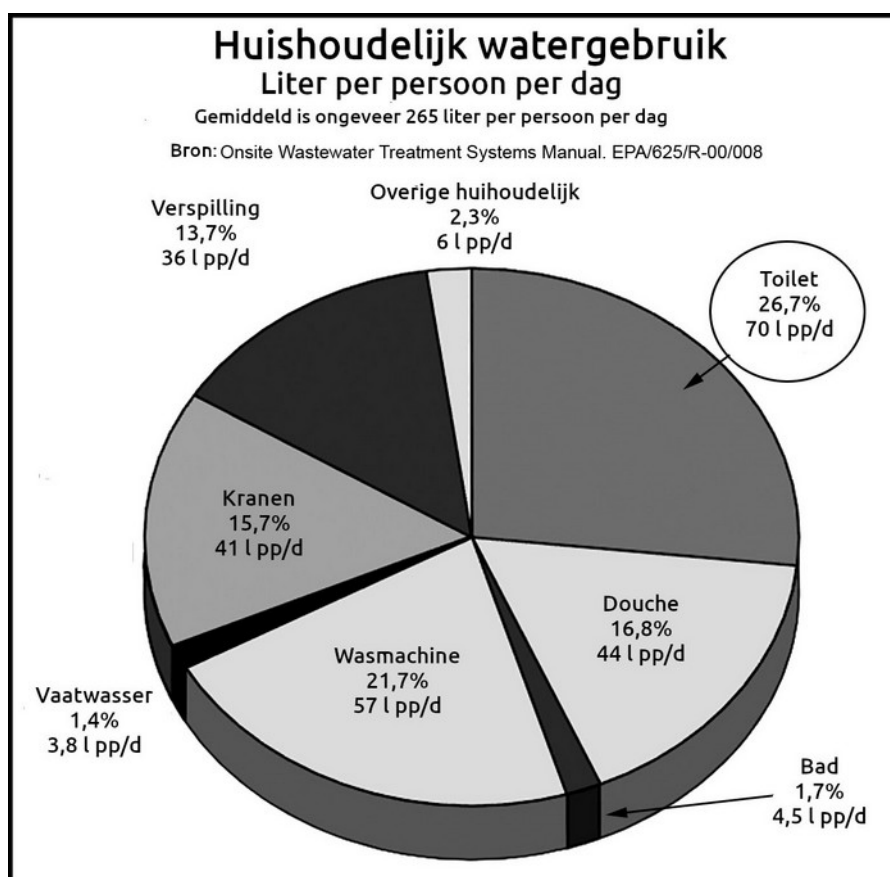


Op wereldschaal wordt 80 procent van het door mensen geproduceerde afvalwater geloosd op het oppervlaktewater. Dat veroorzaakt niet alleen gezondheids- en milieuproblemen, maar draagt ook aanzienlijk bij aan de uitstoot van broeikasgassen in de vorm van lachgas en methaan.

Onbehandeld rioolwater produceert drie keer zoveel uitstoot ten opzichte van gezuiverd afvalwater, een aanzienlijk percentage van de totale wereldwijde uitstoot van broeikasgassen die door steden over de hele wereld geproduceerd wordt.<sup>22</sup>

Ernstige pathogene vervuiling treft ongeveer 25 procent van de Latijns-Amerikaanse rivieren, 10 tot 25 procent van de Afrikaanse rivieren en tot 50 procent van de Aziatische rivieren, grotendeels als gevolg van rioolstelsels die ongezuiverd afvalwater lozen. De grootste bron van ziekteverwekkers in Latijns-Amerika zijn de rioleringen. In Afrika is het niet afgevoerd huishoudelijk afvalwater, en in Azië is het de riolering, op de voet gevolgd door niet afgevoerd huishoudelijk afvalwater. Door het afvalwater weg te halen uit bevolkte gebieden, hebben riolen daar de gezondheidsrisico's verminderd, maar door het afvalwater in het oppervlaktewater te lozen, hebben riolen de gezondheidsrisico's simpelweg van de ene naar de andere plek verplaatst.

Ernstige organische vervuiling treft ongeveer 14 procent van alle rivierlopen in Latijns-Amerika, Afrika en Azië, en treft arme plattelandsbewoners die afhankelijk zijn van vis als de belangrijkste eiwitbron in hun dieet.



Organische vervuiling wordt veroorzaakt door het vrijkomen van grote hoeveelheden organische stoffen in het oppervlaktewater. Door de afbraak van deze materialen in water krijgen de vissen geen zuurstof meer.<sup>23</sup> Hoewel afvalwaterzuiveringsinstallaties voorkomen dat ongezuiverd rioolwater het oppervlaktewater vervuult, worden ze op veel plaatsen in de wereld niet toegepast. Aan de andere kant kan het effluent van afvalwaterzuiveringsinstallaties bacteriën, virussen, protozoa en darmwormen bevatten. Er kunnen aanzienlijke hoeveelheden bacteriën in gezuiverd afvalwater aanwezig zijn, zelfs na sedimentatie, secundaire zuivering, coagulatie en flocculatie (scheiding van de vaste stoffen van de vloeistoffen). Bacteriën kunnen worden vernietigd door ultraviolette straling, chloor of ozon te gebruiken. Virussen zijn moeilijker te elimineren dan bacteriën vanwege hun kleine formaat en hun resistentie tegen chloor. Ook protozoa en wormen kunnen resistent zijn tegen chloor.<sup>24</sup>

Hier nog wat triviale zaken: in 2014 gebruikten Amerikanen voor bijna \$ 10 miljard aan toiletpapier om alle poep door het toilet te spoelen, en de verkoop zou naar verwachting met ongeveer 2 procent per jaar toenemen.<sup>25</sup> Volgens sommige schattingen gebruiken Amerikanen elk ongeveer 25 kilo toiletpapier per jaar, dat is totaal ongeveer 8 miljard kilo per jaar, 50 procent meer dan Europeanen.

De jaarlijkse hoeveelheid toiletpapier van elke Amerikaan zou 7 kilometer lang zijn, waarmee hij 284 bomen in zijn leven gebruikt. Zet deze feiten maar eens af tegen de gemiddeld drie jaar van je leven dat je op een toilet zit!<sup>26</sup>

# CAUTION

## Wet Weather Discharge Point

THIS OUTFALL MAY DISCHARGE RAINWATER MIXED WITH UNTREATED SEWAGE DURING OR FOLLOWING RAINFALL AND CAN CONTAIN BACTERIA THAT CAN CAUSE ILLNESS.

IF YOU SEE A DISCHARGE DURING DRY WEATHER:  
PLEASE CALL 311 - REFER TO CSO OUTFALL #RH-031  
Or Contact: New York Department of Environmental Conservation  
Division of Water Regional Office  
47-40 21st St., Long Island City, NY 11101  
718-482-4900  
New York State Wet Weather Discharge Point  
SPDES Permit #NY 0027073



## Afvalwaterstabilisatiebekkens

Misschien wel een van de oudste bekende methoden voor afvalwaterzuivering is het afvalwaterstabilisatiebassin, ook wel oxidatievijver of waterbekken genoemd. Ze worden vaak aangetroffen in landelijke gebieden waar grond beschikbaar en goedkoop is. Dergelijke bekkens zijn meestal slechts 0,8 tot 1,2 meter diep, maar ze variëren in grootte en kunnen ook een diepte hebben van drie meter of meer.<sup>27</sup> Ze zijn afhankelijk van algen, bacteriën en zoöplankton om het organische gehalte van het afvalwater omlaag te brengen. Een ‘gezond’ bekken zal groen van kleur lijken vanwege de dichte algenpopulatie. Deze bekkens hebben ongeveer een oppervlakte van een hectare nodig voor elke tweehonderd mensen die worden bediend. Mechanisch beluchte bekkens hebben slechts een derde tot een tiende van het oppervlak nodig ten opzichte van niet-beluchte stabilisatiebekkens. Het is beter om meerdere kleinere bekkens in serie te hebben in plaats van één grote. Normaal gesproken worden minimaal drie ‘cellen’ gebruikt. Op de bodem verzamelt zich slib en dat moet mogelijk om de vijf of tien jaar worden verwijderd en vervolgens op een verantwoorde wijze worden afgevoerd.<sup>28</sup>

## Chloor

Afvalwater dat zuiveringsinstallaties verlaat, wordt in de VS vaak met chloor behandeld voordat het in het milieu terecht komt. Chloor wordt sinds het begin van de 20e eeuw gebruikt en is een van de meest geproduceerde industriële chemicaliën. Elk jaar wordt in de VS meer dan 10 miljoen ton geproduceerd met een waarde van \$ 72 miljard.<sup>29</sup> Jaarlijks wordt ongeveer 5 procent, of 544 miljoen kilo, van het geproduceerde chloor gebruikt voor afval- en drinkwaterzuivering. De dodelijke vloeistof of groen gas wordt gemengd met het water van rioolwaterzuiveringsinstallaties om ziekteverwekkende micro-organismen te doden voordat wordt geloosd in beken, meren, rivieren en zeeën. Het wordt ook via waterbehandelingssystemen aan huishoudelijk drinkwater toegevoegd. Chloor doodt micro-organismen door hun celmembranen te beschadigen.<sup>30</sup>

Chloor ( $\text{Cl}_2$ ) komt in de natuur niet voor. Het is een krachtig gif dat reageert met water waarmee het een sterk oxiderende oplossing produceert die de vochtige weefselbekleding van de menselijke luchtwegen kan beschadigen. Tien tot twintig delen per miljoen (ppm) chloorgas in lucht irriteert gemakkelijk de luchtwegen, zelfs een korte blootstelling aan niveaus van duizend ppm (een deel op de duizend) kan al fataal zijn.<sup>31</sup>

In 1976 meldde de Amerikaanse EPA dat chloor niet alleen vissen vergiftigde, maar ook de vorming van kankerverwekkende verbindingen zoals chloroform kon veroorzaken. Enkele bekende effecten van op chloor gebaseerde verontreinigende stoffen op het dierenleven zijn onder meer geheugenproblemen, groeiachterstand en kanker bij mensen, reproductieve problemen bij nertsen en otters, broedproblemen en sterfte bij meerforel, en embryo-afwijkingen en sterfte bij bijtschildpadden.<sup>32</sup>

In een nationaal onderzoek bij 6.400 gemeentelijke afvalwaterzuiveringsinstallaties schatte de EPA dat twee derde van hen te veel chloor gebruikte, met dodelijke gevolgen voor alle niveaus in de aquatische voedselketen. Chloor beschadigt de kieuwen van vissen en remt hun vermogen om zuurstof op te nemen. Het kan ook gedragsveranderingen bij vissen veroorzaken, waardoor migratie en voortplanting worden beïnvloed. Chloor in rivieren kan chemische ‘dammen’ creëren die de vrije beweging van sommige trekvisserij verhinderen. Gelukkig is er sinds 1984 98 procent

minder chloor gebruikt door rioolwaterzuiveringsinstallaties. Toch is chloorgebruik nog steeds een wijdverbreid probleem omdat veel afvalwaterinstallaties het nog steeds op kleine waterstromen lozen.<sup>33</sup>

Een andere controversie die verband houdt met het gebruik van chloor betreft 'dioxine', een veelgebruikte term voor een groot aantal gechloreerde chemicaliën die door de EPA zijn geclassificeerd als stoffen die mogelijk kankerverwekkend zijn voor de mens. Het is bekend dat dioxines kanker veroorzaken bij proefdieren, maar de effecten ervan op mensen staan nog steeds ter discussie. Dioxines, bijproducten van de chemische industrie, concentreren zich in de voedselketen en worden afgezet in menselijke vetweefsels. Een sleutelingrediënt bij de vorming van dioxine is chloor, en er zijn aanwijzingen dat een toename van het gebruik van chloor leidt tot een overeenkomstige toename van de hoeveelheid dioxine in het milieu, zelfs in gebieden waar de enige dioxinebron de atmosfeer is.<sup>34</sup> In de bovenste laag van de atmosfeer slokken chloormoleculen ozon uit luchtverontreiniging op, in de lagere atmosfeer binden ze zich met koolstof om organische chloorverbindingen te vormen.

Enkele van de elfduizend commercieel gebruikte organische chloorverbindingen bevatten gevaarlijke verbindingen zoals DDT, PCB's, chloroform en tetrachloorkoolstof. Organische chloorverbindingen komen zelden in de natuur voor, en levende wezens hebben er weinig weerstand tegen. Ze zijn niet alleen in verband gebracht met kanker, maar ook met neurologische schade, immuunonderdrukking en reproductieve en ontwikkelingseffecten. Wanneer chloorproducten via de afvoer in een septic tank worden weggespoeld, produceren ze organochloor. Hoewel nuttige microorganismen veel giftige chemicaliën kunnen afbreken en onschadelijk kunnen maken, zijn sterk gechloreerde verbindingen verontrustend resistent tegen dergelijke biologische afbraak.<sup>35</sup>

Naar schatting wordt 79 procent van de Amerikaanse bevolking blootgesteld aan chloor, en dan hebben we het niet over keuzenzout (natriumchloride).<sup>36</sup> Meer dan 98 procent van de Amerikaanse watervoorzieningssystemen die drinkwater desinfecteren, gebruiken chloor. De EPA vereist dat behandeld leidingwater een detecteerbaar chloorgehalte heeft (tot vier delen per miljoen), wat volgens de EPA "geen bekend of verwacht gezondheidsrisico vormt, inclusief een toereikende veiligheidsmarge." Toch suggereerde een studie dat elk jaar minstens tweeënveertighonderd gevallen van blaaskanker en vijfenzestighonderd gevallen van endeldarmkanker in de VS verband houden met de consumptie van gechloreerd drinkwater.<sup>37</sup> Deze associatie is het sterkst bij mensen die al meer dan vijftien jaar water met chloor drinken.<sup>38</sup>

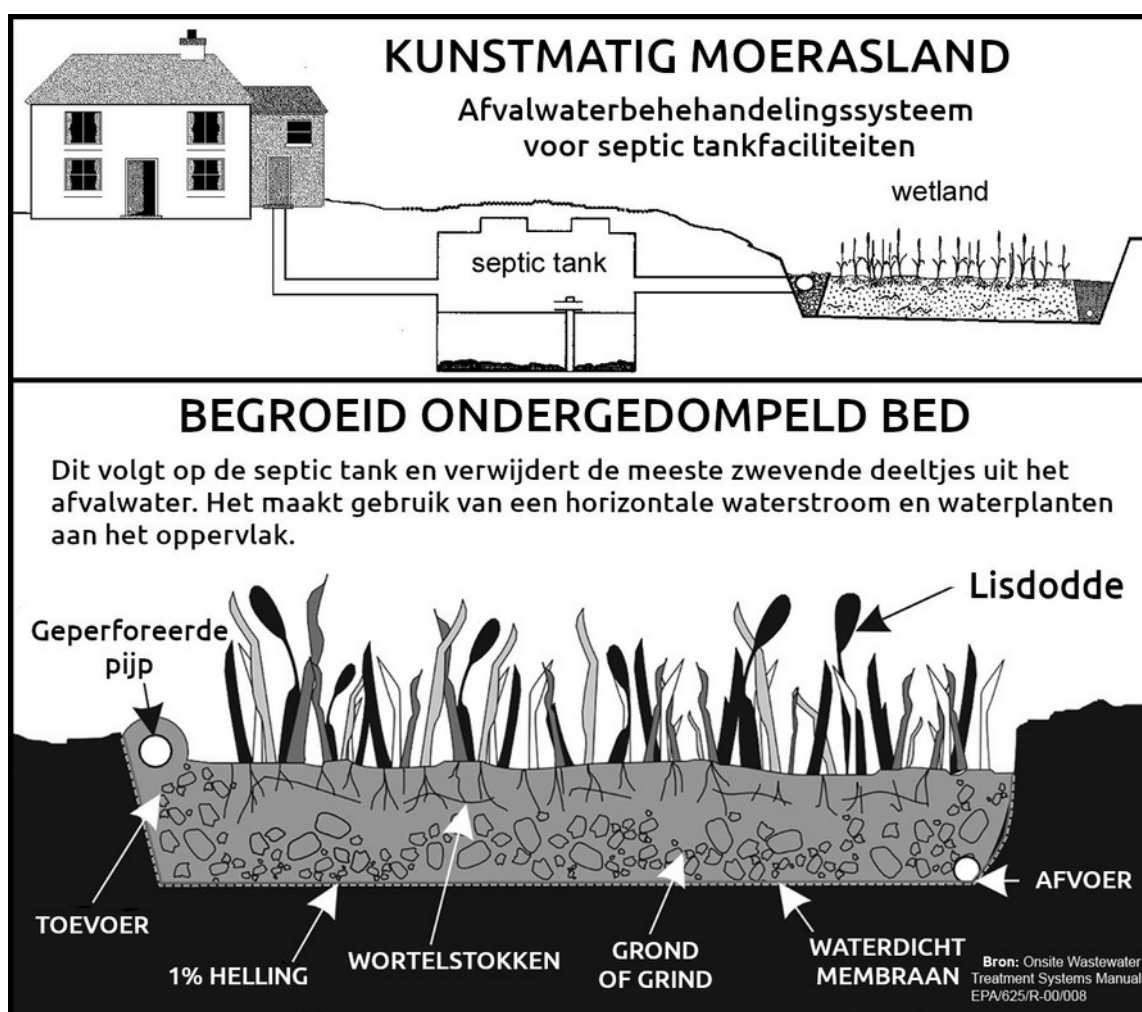
De Amerikaanse volksgezondheidsdienst meldde dat zwangere vrouwen die routinematig drinken of baden in gechloreerd kraanwater, een groter risico lopen op het krijgen van premature of kleine baby's of baby's met aangeboren afwijkingen.<sup>39</sup>

Volgens de chloorindustrie gebruikt 87 procent van de watersystemen in de VS vrij chloor, terwijl 11 procent chlooramine gebruikt, een combinatie van chloor en ammoniak. De behandeling met chlooramine wordt steeds wijdverspreider vanwege de gezondheidsproblemen met chloor.<sup>40</sup>

## Helofytenfilters

Er zijn nieuwe systemen in ontwikkeling om afvalwater te zuiveren. Een voorbeeld van zo'n systeem is het helofytenfilter of kunstmatig drasland-systeem, dat afvalwater door een aquatisch milieu leidt dat bestaat uit planten zoals waterhyacinten, biezten, eendenkroos, lelies en lisdodden. De planten fungeren als moerasfilters en de microben die op hun wortels gedijen, breken stikstof- en fosforverbindingen en giftige chemicaliën af. De planten nemen ook zware metalen op, ze kunnen dan later worden geoogst om daarna te verbranden of naar een stortplaats te brengen.<sup>41</sup>

Volgens de EPA laat de opkomst van de technologie van helofytenfilters een groot potentieel zien als een kosteneffectief alternatief voor afvalwaterzuivering. De wetlands-methode zou relatief betaalbaar, energiezuinig, praktisch en effectief zijn. De zuiveringsefficiëntie van goed aangelegde helofytenfilters zou goed vergelijkbaar zijn met conventionele zuiveringssystemen.<sup>42</sup>



Een ander systeem maakt gebruik van op zonne-energie werkende, kasachtige technologie om afvalwater te zuiveren. Dit systeem maakt gebruik van honderden soorten bacteriën, schimmels, protozoa, slakken, planten en vissen, onder andere om geavanceerde niveaus van afvalwaterzuivering te produceren. Deze "zonne-aquatische systemen" zijn experimenteel, maar wekken hoge verwachtingen.<sup>43</sup>

## Gebruik van rioolslib in de landbouw

Toen ik aan de opzichter van mijn plaatselijke afvalwaterzuiveringsbedrijf vroeg of de drie en een half miljoen liter slib die de fabriek elk jaar produceert, afkomstig van een bevolking van achtduizend mensen, naar de landbouw ging, zei hij: "Het kost zes maanden en \$ 5.000 om daar een vergunning voor te krijgen. Een ander probleem is dat als gevolg van de regelgeving, het slib niet op het oppervlak mag blijven liggen nadat het is aangebracht, het moet kort na het aanbrengen worden ondergeploegd. Als boeren vinden dat het tijd is om hun velden te ploegen, ploegen ze. Ze kunnen niet op ons wachten, en wij kunnen geen slib klaar hebben liggen op het moment dat zij willen ploegen.' Dus gaat het naar een stortplaats.

Het kan nog zo goed zijn, problemen die verband houden met het gebruik van zuiveringsslib in de landbouw zijn onder meer grondwater-, bodem- en gewasverontreiniging met pathogenen, zware metalen, nitraten en giftige en kankerverwekkende organische verbindingen.<sup>44</sup> Zuiveringsslib is veel meer dan organisch materiaal alleen. Het kan DDT, PCB's, kwik en andere zware metalen bevatten.<sup>45</sup> Een wetenschapper beweert dat in de Verenigde Staten elk jaar meer dan 75 miljoen liter gebruikte motorolie in de riolen wordt gedumpt.<sup>46</sup> Volgens de Amerikaanse Public Interest Research Group hebben de grootste industriële faciliteiten van Amerika alleen al in 1989 meer dan 250 miljoen kilo aan giftige stoffen in de riolering van de VS geloosd. Tussen 1990 en 1994 werd nog eens 200 miljoen kilo giftige chemicaliën in rioolwaterzuiveringssystemen gedumpt, hoewel er wordt gezegd dat de werkelijke niveaus van giftige lozingen wel eens veel hoger zouden kunnen liggen dan dat.<sup>47</sup>

Onderzoek heeft aangetoond dat zware metalen zich in veel grotere mate in het plantaardige weefsel van de plant ophopen dan in de vruchten, wortels of knollen. Daarom, als men voedselgewassen moet verbouwen op grond die is bemest met zuiveringsslib dat is verontreinigd met zware metalen, kan het verstandig zijn om wortelen of aardappelen te produceren in plaats van sla.<sup>48</sup> Cavia's die experimenteel met snijbiet gevoerd werden, die was gekweekt in grond die was bemest met zuiveringsslib, vertoonden geen waarneembare toxicologische effecten. Hun bijnieren vertoonden echter verhoogde antimoonspiegels, hun nieren hadden verhoogde cadmiumspiegels, de levers verhoogd mangaan en andere weefsels hadden een verhoogd tingehalte.<sup>49</sup>

Ironisch genoeg kan het composteren van slib helpen om zware metalen uit de voedselketen te houden. Volgens een onderzoek verminderde gecomposteerd slib de opname van lood in sla die opzettelijk was geplant in met lood verontreinigde grond. De sla die werd verbouwd in de vervuilde grond die werd verbeterd met gecomposteerd slib, had een 64 procent lagere loodopname dan sla die in dezelfde grond was geplant, maar zonder de compost. De gecomposteerde grond verminderde ook de loodopname in spinazie, bieten en wortels met meer dan 50 procent.<sup>50</sup> Gecomposteerd zuiveringsslib dat microbiologisch actief is, kan volgens onderzoekers ook worden gebruikt om gebieden te ontgiften die zijn verontreinigd door nucleaire straling of olie. Het is duidelijk dat compostering van zuiveringsslib een veel te weinig toegepast alternatief is op stortplaatsen. Het flink bevorderen lijkt wel op zijn plaats te zijn.<sup>51</sup>

De concentraties zware metalen in compost gemaakt met slib, lijken zo laag dat ze niet als een probleem hoeven te worden beschouwd, grotendeels omdat met metaal verontreinigd slib bij compostering sterk wordt verdund door ander schoon organisch materiaal.<sup>52</sup>

Aan de andere kant bevat zuiveringsslib naar schatting tien miljard micro-organismen per gram en kan het veel menselijke pathogenen bevatten.<sup>53</sup> Het is bijvoorbeeld bekend dat meer dan 140 enterische virussen mogelijk in huishoudelijk rioolwater en slib terechtkomen, sommige hebben een besmettelijke dosis van slechts tien virale deeltjes nodig.<sup>54</sup> Talrijke onderzoeken in verschillende delen van de wereld hebben de aanwezigheid van darmpathogene bacteriën en dierlijke parasieten in rioolwater en slib bevestigd.<sup>55</sup>

#### ***Minimaliseer afvalwater***

- ***Sluit regenwaterafvoeren nooit aan op de riolering of rioolwater op regenwater.*** Regenwaterafvoeren nemen na regen grote hoeveelheden water op van daken, gebouwen, land en verharde gebieden. Het aansluiten van toiletten en andere huishoudelijke afvoerleidingen op regenwaterleidingen kan ertoe leiden dat afvalwater door open goten stroomt. Dit is schadelijk voor het milieu en een ernstig gevaar voor de gezondheid.
- ***Composteer je voedselrestanten.*** Het afvoeren van keukenafval via voedselrestenvermalers onder gootstenen\* kan extra belasting opleveren voor rioolwaterzuiveringssystemen en stikstof en fosfor aan ons oppervlaktewater toevoegen. Probeer je keuken- en tuinafval thuis te composteren.
- ***Bespaar water.*** Draai de kraan dicht tijdens het tandenpoetsen. Neem kortere douches. Repareer lekkende kranen. Gebruik de wasmachine alleen als je een volle trommel hebt. Installeer een toilet met dubbele spoelknop en een waterbesparende douchekop.
- ***Spoel nooit schadelijke stoffen door gootstenen, toiletten of regenwaterafvoeren.*** Benzine, vet, olie, pesticiden, herbiciden en oplosmiddelen zoals verfafbijtmiddelen mogen niet in gootstenen, toiletten of regenwaterafvoeren terecht komen.
- ***Gebruik biologisch afbreekbare en fosfaatvrije wasmiddelen of zeep.*** Fosfaatvrije wasmiddelen voegen minder nutriënten toe aan het riool.

[<https://environment.des.qld.gov.au/management/water/pollution/wastewater>]

\* Deze systemen worden met name in de VS veel toegepast (vert.)

Vanwege hun grootte en dichtheid, concentreren en nestelen parasitaire wormeneitjes zich in zuiveringsslib van afvalwaterzuiveringsinstallaties. Een onderzoek wees uit dat microscopisch kleine spoelwormeitjes in alle stadia van het afvalwaterzuiveringsproces in slib konden worden teruggevonden en dat twee derde van de onderzochte monsters levensvatbare eitjes bevatte.<sup>56</sup> Agrarisch gebruik van het slib kan de bodem dus besmetten met zesduizend tot twaalfduizend levensvatbare parasitaire wormeneitjes per vierkante meter per jaar. Deze eitjes, die snel sterven als ze worden gecomposteerd, kunnen in sommige bodems vijf jaar of langer blijven leven.<sup>57</sup> Bovendien kunnen salmonellabacteriën in zuiveringsslib op grasland, enkele weken levensvatbaar blijven, waardoor het noodzakelijk is om begrazing op weiland na het aanbrengen van slib te beperken.

Runderlintworm (*Taenia saginata*), die vee gebruikt als tussengastheer en mensen als laatste gastheer, kan ook vee infecteren dat graast op een met slib bemest weiland. Deze lintwormeitjes kunnen een jaar op drassige weilanden overleven.<sup>58</sup>

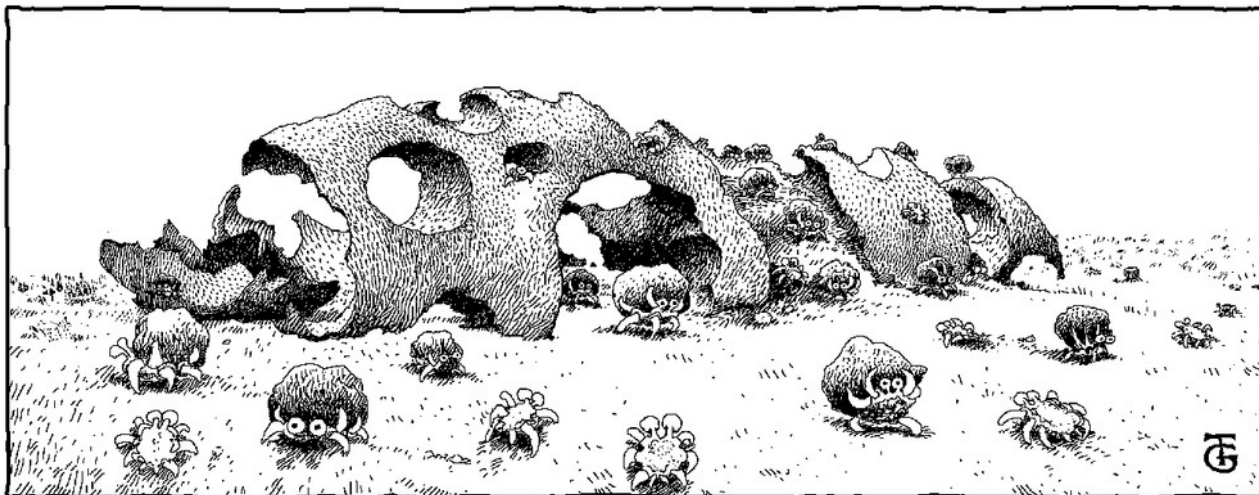
Bacteriën die in zuiveringsslib weten te overleven, vertonen een hoge mate van resistentie tegen antibiotica, met name penicilline. Elke bacterie die in staat is tot genetische overdracht, kan genen voor antibioticumresistentie verspreiden naar andere bacteriën. Omdat antibiotica tegenwoor-



dig een belangrijke verontreiniging vormen in zuiverings-slib, kunnen mutaties zich verspreiden naar organismen in het slib en naar natuurlijke microben.<sup>59</sup>

Onderzoekers van Cornell hebben gesuggereerd dat zuiverings-slib kan worden opgeruimd door het in bossen te gebruiken, en dat korte onderbroken toepassingen daar geen nadelige gevolgen hebben voor de wilde dieren. Ze wijzen erop dat het probleem, om van slib af te komen, verergerd door het feit dat veel stortplaatsen naar verwachting in de toekomst zullen sluiten en dat het storten in de oceaan verboden is. Volgens het Cornell-model zou een ton droge slib per jaar, per hectare bos geen probleem moeten zijn.<sup>60</sup> Alleen de staat New York produceert al 370.000 ton droge slib per jaar, waarvoor jaarlijks 370.000 hectare bos nodig zou zijn voor het opruimen ervan. Negenenveertig andere staten produceren 7 miljoen ton droog slib. Dan is er nog de manier om uit te zoeken hoe je het slib in de bossen kunt krijgen en hoe je het daar kunt verspreiden. Laten we aannemen dat de hele wereld de afvalwaterfilosofie heeft overgenomen die we in de Verenigde Staten hebben: poepen in drinkwater en vervolgens proberen dat vervuilde water te zuiveren. Hoe zou dat scenario eruit zien? Ten eerste kan dat helemaal niet. In verschillende stadia van het proces is tussen de 1.000 en 2.000 ton water nodig om 1 ton menselijke ontlasting door te spoelen. In een wereld met zes miljard mensen die volgens een conservatieve schatting dagelijks 1,3 miljoen ton uitwerpselen produceren, is de hoeveelheid water die daarvoor nodig is niet beschikbaar.<sup>61</sup> Denk ook maar eens aan het toenemend aantal stortplaatsen dat nodig is om de toenemende hoeveelheden zuiverings-slib te storten, en de tonnen giftige chemicaliën die nodig zijn om het afvalwater te 'steriliseren', dan zul je je beseffen dat deze manier van afvalwaterverwerking verre van duurzaam is. Op de lange termijn dient dit de behoeften van de mensheid niet. Volgens Barbara Ward, president van het International Institute for Environment and Development, "liggen de conventionele westerse waterrioleringsmethodes, simpelweg buiten het bereik van de meeste wereldgemeenschappen. Ze zijn veel te duur. En ze vragen vaak om een hoeveelheid watergebruik dat lokale waterbronnen niet in staat zijn om te leveren." Volgens Lattee Fahm in zijn boek *The Waste of Nations - The Economic Utilization of Human Waste in Agriculture*: "In de huidige wereld (1980) produceren ongeveer 4,5 miljard mensen ongeveer 5,5 miljoen ton uitwerpselen in 24 uur, bijna twee miljard ton per jaar. De mensheid maakt nu een periode door waarin de wereldbevolking in vijfendertig jaar of minder zal verdubbelen. In dit nieuwe universum is er maar één levensvatbare en ecologisch consistente oplossing voor de problemen met menselijke uitwerpselen: de verwerking en toepassing ervan vanwege zijn agronutriëntengehalte."<sup>62</sup> Dit sentiment wordt herhaald door onderzoekers van de Wereldbank, die stellen: "Geschat wordt dat de achterstand van meer dan een miljard mensen, die nu niet van water of sanitaire voorzieningen worden voorzien, zal toenemen. Niet afnemen. Er wordt ook geschat dat de meeste opkomende economieën geen watertransportsystemen kunnen financieren, zelfs niet als er leningen beschikbaar zouden zijn."<sup>63</sup> De 1 miljard mensen zonder toilet, waar de onderzoekers het in 1980 al over hadden, namen inderdaad in aantal toe. In 2018 waren het er al 2,3 miljard. De Wereldgezondheidsorganisatie en UNICEF hebben in 2017 een rapport uitgebracht waarin staat dat 4,5 miljard mensen een gebrek hebben aan veilig beheerde sanitaire voorzieningen, waaronder de 892 miljoen mensen die nog steeds in de open lucht ontlasten.<sup>64</sup> Een rapport uit 2016 gaf aan dat het gebrek aan toegang tot sanitaire voorzieningen, de wereldeconomie alleen al in 2015, \$ 222,9 miljard kostte. Meer dan de helft van die kosten hielden verband met vroegtijdig overlijden.<sup>65</sup> Waterverontreiniging veroorzaakte in 2015 1,8 miljoen doden, terwijl onveilig water jaarlijks ongeveer een miljard mensen ziek maakt. Pathogene microben uit uitwerpselen van mens en dier vor-

men een belangrijke bron van waterverontreiniging. Onbedoelde, illegale of opzettelijke lozingen uit rioolinstallaties, dragen veel bij aan de schadelijke ziekteverwekkers in oppervlaktewater. Volgens de EPA hebben elk jaar 3,5 miljoen Amerikanen gezondheidsproblemen, zoals huiduitslag, rode ogen, luchtweginfecties en hepatitis, alleen al door rioolwater aan de kust.<sup>66</sup> Maar menselijke uitwerpselen zijn een natuurlijke substantie die naar de aarde kan worden teruggebracht om voedsel voor mensen te produceren. Het hoeft helemaal geen vervuilende stof te zijn.



## Compost

### *Begrijp me niet verkeerd...*

Composteren is net als het bedrijven van landbouw, een menselijke activiteit. Compost zul je niet in de natuur vinden, net zo min als een maïsveld, tenzij het mensen waren die het creëerden. Je zult ook geen mierenhoop in de natuur vinden, tenzij er mieren waren die het maakten. Mieren creëren mierenhopen, mensen maken compost.

Compost is gemaakt van organisch materiaal dat afkomstig is van planten en dieren. Mensen gooien organisch materiaal op stapels waar natuurlijke, altijd aanwezige microben ze consumeren (herinner je je de thermofielen, de huishoudsters van Moeder Natuur?). Tijdens het proces zetten de microben organische materialen om in wat sommige mensen humus noemen, anderen noemen het grond of aarde, maar rechtstreeks is het aan te duiden als compost. Het microbiële proces dat het organische materiaal omzet in compost, genereert interne biologische warmte, warmte die wordt gegenereerd door de microben zelf, microben die leven in de aanwezigheid van zuurstof en daarom aangeduid worden als aerob.

Dus daar heb je het: Compost heeft per definitie drie componenten:

1. mensen maken of beheren het
2. het proces genereert interne biologische warmte
3. de organismen die zich vermenigvuldigen in de compost doen dit in aanwezigheid van zuurstof.

Als niet aan deze drie voorwaarden is voldaan, dan composteert het niet en mag het eindproduct geen compost heten.

In 2018 definieerde de US Composting Council (USCC) compost als: ‘het product vervaardigd door middel van de gecontroleerde aerobe, biologische ontleding van biologisch afbreekbare materialen. Het product heeft mesofiele en thermofiele temperaturen ondergaan, die de levensvatbaarheid van ziekteverwekkers en onkruidzaden aanzienlijk verminderen en stabiliseert de koolstof zodat deze gunstig is voor plantengroei.’

De Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO) keurde de nieuwe definitie voor compost goed omdat deze het thermofiele proces voor het verwijderen van ziekteverwekkers benadrukt, en onderscheid maakt tussen veel producten die vaak worden verward met compost. Dit definieert volledig wat onze producten zijn, zodat als er mensen zijn die hun producten compost willen noemen dat niet kunnen doen zonder aan deze definitie voorbij te gaan,” volgens Ron Alexander, van het USCC liaison met AAPFCO, die jaren had gewerkt aan de aangepaste definitie<sup>1</sup>. Veel mensen noemen veel dingen ten onrechte compost, en dat brengt ook schade toe aan de compostindustrie. “We willen niet dat het product van de compostindustrie verward wordt met andere producten na al het werk dat we hebben geïnvesteerd in de praktijk- en kwaliteitsnormen,” volgens Alexander. De nieuwe definitie helpt producenten van andere producten, van biochar tot mulch tot gedehydrerd voedsel, wormenuitscheiding en anaeroob digestaat (vergiste biomassa), om hun producten duidelijker te onderscheiden als zijnde geen compost. Bijvoorbeeld "vermicompost" is een verkeerde benaming. De juiste term is vermicultuur. ' Het eindproduct van vermicultuur is geen compost, het is een wormenmest. Vermicultuur wordt niet gedomineerd door aerobe micro-organismen die biologische warmte opwekken. Het wordt gedomineerd door rode wormen. Thermofiele micro-organismen zouden die wormen doden. Het eindproduct is niet hetzelfde als compost, en het mag ook geen compost worden genoemd. Net zoals veel andere dingen die compost worden genoemd.

Zo zijn ‘composttoiletten’ bijvoorbeeld geen composttoiletten. Compostering vindt niet plaats in toiletten, tenzij er intern biologisch warmte wordt gegenereerd, wat hoogst onwaarschijnlijk is om redenen die we later bespreken. Wat mensen 'composttoiletten' noemen, zou beter aangeduid kunnen worden als 'droogtoiletten' of 'biologische toiletten'. Maar we komen erin deze bespreking in meer detail in een apart hoofdstuk op terug.

De definitie van compost uit 2018 is belangrijk omdat de compostindustrie hard gewerkt heeft om mensen te trainen en voor te lichten over natuurlijke processen die microben gebruiken om menselijke ziekteverwekkers te verminderen of te elimineren.

Dit is met name relevant voor het recyclen van menselijke mest. We kunnen niemand de schuld geven van incorrect verwijzen naar rottende vegetatie of bruin, vergaan of gehydrateerd organisch materiaal als compost.' Composteren is een jonge wetenschap en er zijn in het algemeen maar weinig mensen binnen het publiek die er veel vanaf weten. Met de vloedgolf aan verkeerde informatie die op het internet en elders te vinden is is het geen wonder dat er zoveel misverstanden bestaan. De term ‘compost’ komen we tegen in de literatuur die op zijn minst teruggaat tot het jaar 1600. Niemand minder dan Shakespeare gebruikte het woord in Hamlet (Act 3, Scene 4):

*"Biecht het op aan de hemel*

*Bekeer je wat verleden tijd is, vermijd wat moet komen*

*En strooi de compost niet over het onkruid  
Om ze ranker te maken.'*

Leeuwenhoek was in 1600 nog niet geboren, micro-organismen waren nog toekomstmuziek. Ze hadden destijds ook geen compost-thermometers en geen manier om de temperaturen van composthopen te bepalen, als er überhaupt al sprake was van verhoogde temperaturen.

Blijkbaar werd iedere hoop verrot organisch materiaal ooit 'compost' genoemd. Zo adviseerde een landbouwgids uit 1831: "Als u geen tijd heeft gehad om al het onkruid op uw terrein te verwijderen, zul je in ieder geval moeten proberen te voorkomen dat het uitzait, door de toppen af te snijden met een zeis of sikkel, en het zal een goed gebruik zijn om het resultaat van uw arbeid op te slaan in uw schuur, of op uw compostbed.'

Ze voegden eraan toe: "De juiste grond voor bloembollen is over het algemeen een lichte voedselrijke grond, gemengd met een aanzienlijk deel fijn zeezand, en de algemeen gebruikte compost, moet bestaan uit een derde deel fijn zand, een zesde deel rijke leem, voor een derde deel uit koemest en een voor één zesde bladeren van bomen.'<sup>2</sup>

Een *Materia Medica*, gepubliceerd in 1834, beveelt het gebruik aan van "compost van mest, as en stikstofrijke grond" bij het kweken van papaver voor opium<sup>3</sup>.

Evenzo gaf een boek uit 1851 poëtisch advies voor het verbouwen van tabak: "*With rich manure first saturate your land, Or better, mix the compost well with sand, Then with this mixture cover o'er your field, And for your care, it bounteous crops will yield.*"<sup>4</sup>

In het Nederlands: Verzadig eerst uw land met rijke mest, of beter, meng de compost goed met zand. Bedek met dit mengsel uw veld, en uw arbeid wordt beloond met een overvloedige oogst.

Hoewel 'compost' duidelijk iets was dat mensen in de negentiende eeuw voor tuinieren, tuinbouw en landbouw tot hun voordeel gebruikten, was het ook iets waar in stedelijke gebieden op neergekeken werd. Zoals dit rapport uit 1865 van de Detroit Board of Health onthult: "Deze commissie heeft geleerd van de sanitaire afdelingsinspectie, en van hun eigen observaties, dat er in veel delen van de stad, steegjes te vinden zijn vol met rottende compost en menselijke drek, en steegjes en goten vol stilstaand water ..."<sup>5</sup>

In 1885 werden composthopen eveneens als hinderlijk voor de volksgezondheid ervaren: "Het belangrijkste onderdeel van de verdediging tegen ziekten ... allemaal rottende en ontkiemende groenten, moeten eruit worden verwijderd samen met opeenhopingen van allerlei afval, en het geheel moet worden vernietigd door verbranding of verplaatst naar de composthoop om van daar te worden afgevoerd."

Het lijkt erop dat 'compost' een dubbele persoonlijkheid had ontwikkeld, een Jekyll & Hyde-reputatie, soms goed, soms slecht, afhankelijk van wie je het vroeg. Elke stapel afval, mest en houtas zou kunnen worden beschouwd als compost. En het hoefde geen hoop te zijn, een kuil mocht ook.

In 1911 omschrijft professor F. H. King in zijn boek 'Farmers of Forty Centuries' compostkuilen in China als ingevulde holtes plantaardig materiaal, as en aarde, bedekt met modder of water. "Het doel is dat de vezels van al het organische materiaal volledig worden afgebroken, het resultaat een product dat de consistentie heeft van mortel. Natte mortel. Deze 'compost' wordt vervol-

gens op de grond uitgespreid om te drogen.<sup>6</sup> Het woord 'fermentatie' werd net als 'compost' te pas en te onpas gebruikt, omdat de inhoud van een composthoop werd beschouwd als fermenterend. Maar fermentatie in de biochemie, wordt gedefinieerd als de extractie van energie uit koolhydraten in de afwezigheid van zuurstof,<sup>7</sup> terwijl compostering een aerob proces is in de aanwezigheid van zuurstof. Verzadigde, ondergedompelde, anaerobe processen leveren niet datgene op wat wij vandaag de dag compost zouden noemen. Dit onderscheid is belangrijk: het omzetten van organisch materiaal door micro-organismen tijdens het composteringsproces is niets minder dan magisch. Denk maar aan menselijke mest en al die vervelende ziekteverwekkers die voor kunnen komen in de uitwerpselen van zieke personen. Compostering van de menselijk ontlasting zal die ziekteverwekkende organismen elimineren, of in ieder geval reduceren tot niet detecteerbare niveaus. Anaerobe processen kunnen dat niet beweren, zoals eerder werd opgemerkt in de bespreking van afvalwaterzuiveringssystemen. Compost krijgt echter een slechte reputatie doordat mensen dingen compost noemen die het niet zijn. Zo publiceerde National Geographic een artikel in 2016 dat stelde: "Chinese boeren gebruiken regelmatig anaerobe (zuurstofarme) composteringstechnieken bij het bemesten van hun rijstvelden."<sup>8</sup> Maar anaerobe composteringstechnieken bestaan helemaal niet. Als het anaerob is, gaat het niet om composteren. Een onderzoek uit 2011 verklaarde: "Compost latrines bereiken geen temperaturen die voldoende hoog zijn om alle ziekteverwekkers te vernietigen." En "ziekteverwekkers, voornamelijk wormen, waren nog aanwezig in opgeslagen compost na de contacttijd van zes maanden." Maar deze latrines composteerden niet, en ze zouden geen compostlatrines mogen worden genoemd - ze produceerden geen compost. Dezelfde studie concludeerde ook: "De meerderheid van compostlatrines in ontwikkelingslanden bereiken geen temperatuur die hoog genoeg zijn om te zorgen voor volledige vernietiging van pathogenen."<sup>9</sup> Dat komt omdat ze dat niet zijn. Bij het composteren in latrines betreft het droogtoiletten, een onderwerp dat we later nog eens zullen bekijken. De woorden "compost" en "composteren" worden verkeerd gebruikt. Als lid van de redactie van het vakblad *Compost Science and Utilization*, en na het bekijken van gerelateerde onderzoeksartikelen over composteren en composttoiletten, weet ik dat er een verregaand misverstand bestaat over wat composteren is. Niet alleen onder de het publiek in het algemeen, maar ook in de academische wereld. Wanneer promovendi of postdoctorale onderzoekers melden dat pathogene organismen in hun 'compost' niet is verdwenen, terwijl ze in feite niet composteerden en helemaal geen compost hadden, dan schaadt dat de composteerindustrie. Dit zijn geen op zichzelf staande incidenten, dit is een wijdverbreid probleem.

Een deel van ons misverstand over compost is terug te voeren tot aan de beginjaren van de compostwetenschap. F. H. King's 'Farmers of Forty Centuries' ging in detail in op Chinese 'compostsystemen'. King laat foto's zien van ondiepe plassen water, die hij 'compostkuilen' noemt. "Bij het voorbereiden van de compostering, worden kuilen gegraven, zoals te zien is in de illustratie. Hierin wordt grove mest gegooid en eventueel ruw materiaal in de vorm van stengels of ander afval dat mogelijk beschikbaar is. Deze bestanddelen worden gedrenkt in de zachte modder dat op de bodem van het reservoir ligt."<sup>10</sup>

King beschreef een Chinees 'composthuis' dat was gebouwd om compost te maken. "Bij het bereiden van de 'compost' worden de dagelijks aangevoerde materialen uitgespreid aan één kant van de compostbodem tot de hoop een hoogte heeft bereikt van 1,5 meter. Nadat een 30 centimeter is gelegd en verstevigd, wordt 5 centimeter aarde of modder over het oppervlak verspreid en

het proces wordt herhaald totdat de volledige hoogte is bereikt. Water wordt voldoende toegevoegd om het geheel verzadigd te houden en om de temperatuur onder die van het lichaam te houden. Na een aantal weken worden de 'composthoppen' overgeheveld naar de andere kant van het gebouw."<sup>11</sup>

King beschreef verder nog een andere 'compostkuil': "Daarin ging alle mest en organisch materiaal van het huishouden en de straat, alle organische kluiten en stengels van het veld, alle as die niet direct verspreid was (op de grond), evenals wat aarde. Voldoende water werd met tussenpozen toegevoegd om de inhoud volledig verzadigd te houden tot bijna ondergedompeld. . . ." <sup>12</sup>

Wat King beschreef, was duidelijk niet waarnaar we vandaag zouden verwijzen als het om compost gaat. Door organisch materiaal in water of modder onder te dompelen ontstaan anaerobe omstandigheden waarin de temperatuur waarschijnlijk niet hoger zal zijn dan de temperatuur van het menselijk lichaam. Onthoud dat compostbacteriën aeroob zijn en zich niet zullen vermenigvuldigen in een anaerobe omgeving. Desalniettemin was het schrijven van King invloedrijk in zijn tijd.

Een groot deel van de huidige populariteit van compost in het Westen kan worden toegeschreven aan het werk van Sir Albert Howard, die in 1943 'An Agricultural Testament' schreef en verschillende andere werken over aspecten van wat nu bekend is geworden als biologische landbouw. Howard's discussies over composteringstechnieken richtten zich op het Indore-proces van compostering, een proces dat ontwikkeld was in Indore, India, tussen de jaren 1924 en 1931, slechts veertien jaren nadat King zijn boek publiceerde. Howard beschreef het Indore-proces als "een eenvoudige ontwikkeling van het Chinese systeem". <sup>13</sup>

Howard was onder de indruk van de Chinese landbouw. Hij stelde: "De Chinese boer heeft een manier gevonden om zijn velden van humus te voorzien met behulp van een apparaat om compost te maken. Compost is de naam die wordt gegeven aan het resultaat van het systeem dat natuurlijk organisch materiaal mengt en afbreekt op een hoop of in een kuil om een product te krijgen dat lijkt op datgene wat een bos op de bodem produceert."<sup>14</sup> Elk systeem waar organisch materiaal wordt afgebroken produceert 'compost', aldus Howard. Tegenwoordig maken we onderscheid tussen aerobe systemen zoals compostering en anaerobe systemen, aangezien de resultaten totaal verschillend zijn.

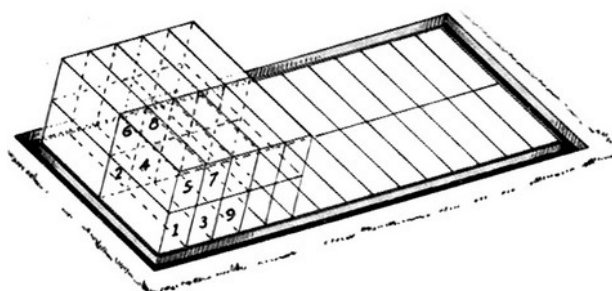
Het Indore-proces werd voor het eerst in detail beschreven in Howard's werk 'The Waste Products of Agriculture', uit 1931, dat hij samen met Y. D. Wad schreef. Hierin stellen de auteurs: "Het Indore-proces maakt gebruik van alle landbouwproducten en produceert een essentiële mest.' Ze vervolgen met: "een succesvol systeem voor het maken van compost moet ook voldoen aan de volgende voorwaarden: minimale arbeid, een geschikte koolstof-stikstofverhouding, een aeroob proces met voldoende water, geen stikstofverlies, een stabiel eindproduct, microbiële stimulatie van de grond waaraan de compost wordt toegevoegd, en een schoon en hygiënisch proces in het algemeen."<sup>15</sup> Moderne composteers zouden het hier zeker mee eens zijn. Het composteringsproces van Indore werd ook in kuilen gedaan. Howard: "Een handig formaat voor een compostkuil is 9 bij 4 meter met schuine zijanten bij een diepte van 60 cm. De diepte van de kuil is het belangrijkste vanwege de beluchtingsfactor. Het mag nooit dieper zijn dan 60 centimeter.' De kuilen zijn gevuld met een mengsel van mest, 'urine-aarde', houtas, schimmel en bacteriële inoculanten, plantaardige residuen en strooisel voor dieren."<sup>16</sup> "De urine-aarde en houtas zijn net zo

essentieel bij de productie van compost als de plantenresten zelf."<sup>17</sup> Tegenwoordig weten we dat noch aarde, noch houtas vereisten zijn in compost.



## Hoe 'compost' te maken? (U.S. Army 1940)

Het leger lijkt beïnvloed te zijn door de geschriften van Sir Albert Howard in de jaren dertig, te oordelen naar de grootte en de rechthoekige, verticale stapels. Er is bijna niets in deze instructie dat daadwerkelijk relevant is voor het maken van compost in de 21e eeuw, vooral niet het besproeien van de stapel met giftige chemicaliën.



Een compostplateau wordt geconstrueerd door een stuk grond, 50 voet lang en 20 voet breed, af te vlakken, een greppel van 12 inch breed en 12 inch diep te graven rond het gebied met verticale zijkanten.

Bouw een tweede greppel, zeer ondiep, niet meer dan 3 inch diep en 4 inch breed, en gelegen net binnen de rand van het plateau.

De mest wordt als volgt op het plateau geplaatst: Begin bij een hoek, plaats de mest op een vlak van 3 ½ voet lang en 10 voet breed, stapel het op tot een hoogte van 4 tot 5 voet, en pak het heel strak in en werk de zijkanten netjes af. De zijkanten moeten te allen tijde verticaal worden gehouden.

De mestvoorraad van de tweede dag wordt op dezelfde manier op de aangrenzende hoek geplaatst. Op de derde dag wordt de voorraad mest direct naast de eerste hoop geplaatst en op de vierde dag naast de tweede hoop en op de vijfde dag wordt de voorraad bovenop de eerste hoop gestapeld.

De mest wordt dus in opeenvolgende kleine secties op het plateau geplaatst, zoals weergegeven in het diagram. Dit wordt gedaan om de kweek van vliegen tot een zo klein mogelijk gebied te beperken. De mest moet vochtig worden gehouden om de afbraak te bevorderen.

**De zijkanten van de stapel moeten dagelijks worden besproeid met een mengsel van cresol, kerosine en stookolie.**

In de greppels wordt ruwe olie of een lichte wegeolie gebruikt, waarbij de grond in de greppel zichtbaar vochtig wordt gehouden met olie.

**Bij de voorbereiding van het plateau moet alle begroeiing op een afstand van 2 voet van de randen worden verwijderd, de aarde hier stevig aangedrukt en grondig geolied.**

Evenzo moet de aarde achter de greppels worden ontdaan van vegetatie, worden ingepakt en geolied. De greppels dienen te allen tijde schoon te worden gehouden. Een plateau van dit formaat zou voldoende moeten zijn om twee maanden lang voor de mest van 100 dieren te zorgen.

*Bron: Essentials of Field Sanitation, gepubliceerd op de Medical Field Service School Carlisle Barracks, Pennsylvania. Herziene editie 1940.*

Volgens verschillende verslagen over het leven in Amerika in de negentiende eeuw, werden ondiepe kuilen gebruikt als stortplaats voor organisch afval, houtas en ander huishoudelijk- en boerderijafval. Misschien boden deze de varkens een plek om in te rollen en te snuffelen, waarbij hun gewicht een middel was om het materiaal aan te drukken, zodat het zich niet verspreidde, evenals dat het een middel was om water en modder voor de varkens te verzamelen waarin ze lekker konden genieten. Dit systeem aanpassen naar een recyclingsproces voor organische stoffen zou logisch zijn, aangezien open stapels afval worden bevolkt door vliegen en zouden gaan stinken, tenminste totdat de varkens het organische materiaal vertrappen in de modder waar het anaeroob kan afbreken.

Zodra de materialen in de kuil zijn gedeponeerd, is volgens Howard, “De fermenterende massa nu klaar voor de ontwikkeling van een actieve schimmel (De eerste stap in de compostproductie)”<sup>18</sup> In onze moderne tijd composteren we bovengronds, niet in kuilen. De massa gist niet (anaeroob), het ondergaat aerobe afbraak, en de eerste fase van compostering is bacterieel. Eerst mesofiel, dan thermofiel, maar niet door schimmel. Compost maken is veel eenvoudiger dan wat Howard beschreef. Ik kan me niet voorstellen dat je een kuil moet graven om een composthoop te maken. Ga maar naar buiten en graaf maar eens een gat van 60 centimeter diep en je zult zien wat ik bedoel. Howard gaf toe dat de kuilen zich tijdens zware regenval met water zullen vullen en raadde aan om compost-’hopen’ te bouwen tijdens het regenseizoen. “De afmetingen van de hopen mogen niet groter zijn dan twee bij twee meter aan de bovenkant, 2,5 x 2,5 meter aan de onderkant en 60 centimeter hoog. De afmetingen van deze moessonhopen ... mogen niet overschreden worden, anders heb je zeker beluchtingsproblemen.”<sup>19</sup> Zulke afmetingen hebben tegenwoordig helemaal geen zin, maar in een ander hoofdstuk gaan we in op het maken van compost.

Een bewateringsschema moet strikt opgevolgd worden in het Indore-proces, “anders zal het afbraakproces stoppen” volgens Howard. En drie keer keren van de massa was nodig “om verzekerd te zijn van een gelijkmatig mengsel, gelijkmatige afbraak en voor het verkrijgen van de juiste hoeveelheid water en lucht, evenals toevoer van geschikte bacteriën”. Als vliegen of geuren verschijnen, “moet de hoop in een keer worden omgedraaid, met de toevoeging van mestslurry en houtas”. De eerste maal keren moest plaatsvinden zestien dagen nadat de hoop was gevormd, de tweede keer één maand nadat de hoop was gevormd, en de derde maal twee maanden nadat de hoop was gevormd. Het is geen wonder dat keren werd aanbevolen. Zeker de onderste vierentwintig centimeter van de stapel, die ondergronds was, was anaeroob en moest naar boven worden gebracht om uit te lekken.

Drie maanden nadat de hoop is gevormd, “is de mest klaar, klaar om te worden toegepast op het land. Als ze langer dan drie maanden op hopen wordt bewaard gaat de stikstof zeker verloren.”<sup>20</sup> Nogmaals, en met alle respect, onrijpe compost is fytoxisch (doodt planten), en ik heb nog nooit compost gemaakt die in drie maanden rijp was. En ook heb ik geen stikstofverlies gezien als gevolg van het laten rijpen van compost. Natuurlijk heb ik anderen wel horen beweren dat hun compost binnen drie maanden klaar was, maar dat was het waarschijnlijk helemaal niet, en ik zal in een ander hoofdstuk uitleggen waarom niet.

Het Indore-proces werd vervolgens omarmd door landbouwers - er werd een miljoen ton compost gemaakt in theeplantages in India in 1938. Acht gemeentelijke compostkuilen waren in bedrijf in

Zuid-Afrika tegen 1942. Iemand had een compostkeermachine uitgevonden, deze werd gedemonstreerd in Engeland in 1944. Ter plekke werd een honderdtal machines verkocht.<sup>21</sup> Tegen de jaren veertig was de wetenschap en de handel in compost in volle gang.

Het was ooit gebruikelijk in Azië om een ruwe vorm van menselijke uitwerpselen, die bekend stond als ‘nachtaarde’, op landbouwpercelen te verspreiden. Hoewel dit de grond verrijkte, zorgde dit ook voor een transmissieroute van ziekteverspreidende organismen. In de woorden van Dr. J. W. Scharff, voormalig gezondheidsfunctionaris in Singapore (1940): “Hoewel de groenten er goed op groeien, is de praktijk om menselijke mest rechtstreeks op de velden te verspreiden gevaarlijk voor de gezondheid. Het is bekend dat het in China tot verschillende ziekten en zelfs de dood leidt.’ Het is hier interessant Dr. Scharff’s voorgestelde oplossing te noemen: “We zijn geneigd de installatie van een door water gedragen systeem te beschouwen als een van de uiteindelijke doelen van de beschaving.”<sup>22</sup> De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) ontmoedigde ook het gebruik van nachtaarde: “Nachtaarde wordt soms als meststof gebruikt, waarbij het een groot gevaar vormt, door het bevorderen van de transmissie van door voedsel overgedragen darmziekten en haakwormen.”<sup>23</sup>

Compostering daarentegen, creëert een omgeving die ziekteverwekkende organismen die in menselijke mest kunnen voorkomen, vernietigt. Hierbij ontstaat een prettig, aangenaam ruikende compost die veilig is voor groentetuinen. Gecomposteerde mest is totaal verschillend van zowel nachtaarde als het anaerobe digestaat dat de Chinezen waarschijnlijk produceerden in met water gevulde ‘compostkuilen’.

Misschien is het beter onder woorden gebracht door praktijkdeskundigen: “Uit een enquête uit de literatuur over nachtaardebehandeling, kan duidelijk worden geconcludeerd dat de enige veilige nachtaardemethode die een effectieve en in wezen totale garantie biedt op de-activering van pathogenen, inclusief de meeste resistente wormen (intestinaal wormen) zoals *Ascaris* (spoelworm), eitjes en alle andere bacteriële en virale pathogenen, een warmtebehandeling is tot een temperatuur van 55° tot 60°C gedurende meerdere uren.”<sup>24</sup> Deze experts verwijzen specifiek naar de warmte van een echte composthoop.

## Compost in de praktijk

Composteren is niet hetzelfde als het verwijderen van afval. Het is recyclen van organisch materiaal. Composteren is een afvalvrij proces. We composteren geen afval, afval gooien we weg, daarom wordt het afval genoemd. Iedereen die je vertelt dat hij of zij afval composteert weet niet wat afval is. Afval is dat wat niet wordt gecomposteerd, het is verspild. Je zoekt niet naar afval om te composteren, je zoekt naar organisch materiaal om te composteren. Composteren is een continue natuurlijke kringloop waarbij organisch materiaal wordt gerecycled om aarde te maken voor planten, die op hun beurt voedsel produceren dat wordt gegeten door dieren, die op hun beurt mest, kadavers en voedsel- en landbouwresten produceren. Deze organische bijproducten van het leven worden dan gecomposteerd en de cyclus gaat verder, zonder afval.

De composteringsindustrie is ontstaan uit de afvalverwijderingsindustrie. Afvalbeheerders hadden de vrachtwagens, de apparatuur, de machines, de industrieterreinen, de vergunningsopties, en wat er nog meer nodig was om in de composteerarena te springen. De ongelukkige consequentie hiervan is dat ze naar organisch materiaal verwijzen als zijnde afval. Ja, het was afval toen ze het op stortplaatsen kieperden. Het is geen afval wanneer het wordt gecomposteerd.

Het organische materiaal dat wordt gebruikt om compost te maken, kan van alles zijn dat op aarde heeft geleefd, of van een levend wezen afkomstig is, zoals mest, planten, bladeren, zaagsel, turf, stro, gemaaid gras, etensresten en urine. Een vuistregel is dat alles wat zal rotten, composteert. Inclusief dingen als katoenen kleding, wollen tapijten, lompen, papier, dierlijke karkassen, ongewenste reclamefolders en karton. Compostering zet organisch materiaal, zelfs menselijke uitwerpselen, om tot een stabiel materiaal dat geen insecten of hinderlijke dieren aantrekt. Rijpe compost kan veilig worden gehanteerd, voor onbepaalde tijd bewaard en is gunstig voor de groei van planten. Compost houdt vocht vast en verhoogt daardoor de capaciteit van de bodem om water te absorberen en vast te houden. Er wordt gezegd dat het negen keer zijn gewicht aan water vasthoudt (900 procent), in vergelijking met zand dat slechts 2 procent kan bevatten en klei 20 procent.<sup>1</sup> Compost voegt ook voedingsstoffen met langzame afgifte toe, essentieel voor plantengroei. Het creëert lucht in de bodem, helpt de pH van de grond in evenwicht te brengen, maakt de grond donker waardoor het helpt om warmte te absorberen, en ondersteunt microbiële populaties die leven toevoegen aan de bodem. Voedingsstoffen zoals stikstof in compost komen langzaam vrij gedurende het groeiseizoen, waardoor ze minder vatbaar zijn voor verlies door uitspoelen dan meer oplosbare chemische meststoffen.<sup>2</sup> Organisch materiaal uit compost stelt de bodem in staat om pesticiden, nitraten, fosfor en andere chemicaliën die verontreinigende stoffen kunnen worden, te immobiliseren en af te breken. Compost bindt ook verontreinigende stoffen in bodemsystemen, waardoor hun uitloogbaarheid en opname door planten wordt verminderd.<sup>3</sup>

De opbouw van de bovenlaag van de bodem door Moeder Natuur is een eeuwenlang proces. Compost toevoegen zal helpen om vruchtbaarheid snel te herstellen waar de natuur anders honderden jaren voor nodig zouden hebben. Mensen zijn in staat de bodem binnen relatief korte perioden uit te putten. Door ons afgedankt organisch materiaal terug te geven aan het land, kunnen we de vruchtbaarheid in relatief korte tijd weer herstellen. Vruchtbare grond levert beter voedsel op en bevordert daarmee een goede gezondheid.

## **De voordelen van compost**

### Verrijkt de bodem

- Levert organisch materiaal
- verbetert vruchtbaarheid en productiviteit
- onderdrukt plantenziekten
- ontmoedigt insecten
- verhoogt de wateropnamecapaciteit
- voorziet de bodem van nuttige micro-organismen
- reduceert of elimineert de behoefte aan meststoffen
- stabiliseert de bodemtemperatuur

### Gaat vervuiling tegen

- reduceert de methaanuitstoot van stortplaatsen
- reduceert of elimineert organisch afval
- reduceert of elimineert rioolwater

### Bestrijdt bestaande verontreinigingen

- breekt giftige chemicaliën af
- bindt zware metalen
- reinigt verontreinigde lucht
- reinigt regenwaterstromen

### Herstelt de bodem

- biedt ondersteuning bij herbebossen
- helpt bij het herstellen van fauna habitat
- helpt bij terugvorderen van afgegraven land
- helpt beschadigde moerassen te herstellen
- helpt bij het voorkomen van erosie en overstromingen

### Vernietigt pathogenen

- kan menselijke ziekteverwekkers vernietigen
- kan plantenziekten bestrijden
- kan ziekteverwekkers van vee vernietigen

### Bespaart geld

- kan gebruikt worden bij voedselproductie

- kan vuilafvoerkosten terugdringen
- reduceert de behoefte aan water, meststoffen en bestrijdingsmiddelen
- kan met winst verkocht worden
- verlengt stortplaatsgebruik
- is een minder kostbare saneringsmethode

*Bron: US EPA (oktober 1997) Compost New Applications for an Age-old Technology. EPA530-F-97-047. En ervaringen van de schrijver.*

De Hunza's in Noord-India zijn uitgebreid bestudeerd. Sir Albert Howard rapporteerde: “Toen de gezondheid en de lichaamsbouw van de verschillende Noord-Indiase rassen in detail werden bestudeerd, waren de beste die van de Hunza's: een sterk, lenig en krachtig volk dat in een van de hoge bergvalleien van de Gilgit Agency woonde. . . . Er is weinig of geen verschil tussen de soorten voedsel die door deze bergbewoners worden gegeten ten opzichte van de rest van Noord-India. Er is echter een groot verschil in de manier waarop ze voedingsmiddelen verbouwen. . . . Er wordt de grootste zorg besteed om alle menselijke, dierlijke en plantaardig [afval] in de bodem terug te brengen nadat ze eerst samen zijn gecomposteerd. Land is beperkt: van de manier waarop het wordt verzorgd, hangt het leven af.”<sup>4</sup>

Compost wordt bovengronds gemaakt op hopen, in bakken, vaartuigen en zwaden (lange rijen). Er zijn verschillende redenen om composteerbare materialen bovengronds te stapelen. Een gesloten stapel (versus een open stapel of zwad) zorgt ervoor dat het materiaal niet voortijdig uitdroogt of afkoelt. Er is een hoog vochtgehalte (50-60 procent) nodig om de micro-organismen goed te laten functioneren.<sup>5</sup> Een ingesloten hoop helpt uitspoeling en verstopping te voorkomen en houdt warmte vast. Een nette, gesloten hoop laat zien dat je weet waar je mee bezig bent als je compost maakt in je achtertuin of binnen je gemeenschap, in plaats van dat het eruit ziet als een vuilnisbelt. Compostbakken houden, in tegenstelling tot open stapels, ook hinderlijke dieren tegen, zoals honden. Een bak hoeft geen geld te kosten, je kan het maken van gerecycled hout, cementblokken, hooibalen, hergebruikte pallets of wat dan ook.

Een stapel maakt het gemakkelijker om de compost te bedekken. Wanneer vers materiaal wordt toegevoegd aan een composthoop, vooral als dit stinkt, is het essentieel om deze af te dekken met schoon organisch materiaal om geurtjes te verwijderen en om te voorkomen dat vliegen worden aangetrokken. Toegegeven, grootschalige gemeentelijke compostering wordt vaak gedaan in zwaden, dit zijn lange open stapels organisch materiaal die meestal onbedekt zijn. Deze open hopen moeten vaak worden gedraaid en gemixt omdat de blootliggende oppervlakken vliegen aantrekken en niet kunnen opwarmen zoals in de kern gebeurt. Je zult ervaren dat men bij deze grootschalige zwadenactiviteiten vaak geen dierlijke mest accepteert, zeker geen menselijke mest, en vaak zelfs geen etensresten. Dit vanwege stank en vliegen die dit zal veroorzaken wanneer de onbedekte hopen in de zon liggen te rotten of worden omgewoeld waarbij gassen en een hele reeks andere substanties vrijkomen in de lucht. Het goede nieuws is dat stinkend materiaal zoals menselijke ontlasting, dode dieren en voedselresten kunnen worden gecomposteerd op gesloten, afge-

dekte hopen die helemaal niet omgewoeld hoeven te worden. Geur- en vliegenproblemen worden daardoor volledig geëlimineerd. Een ingesloten composteringstechniek elimineert ook kosten en arbeid die nodig zijn om de composthopen te keren. We zullen in de volgende hoofdstukken meer op deze kwestie ingaan.

## Vocht

Compost moet vochtig worden gehouden. Een droge hoop werkt niet, het zal daar gewoon blijven liggen zoals die is. Het is verbazingwekkend hoeveel vocht een actieve composthoop kan opnemen. Wanneer mensen die geen ervaring hebben met composteren, zich een composthoop in iemands achtertuin proberen voor te stellen met menselijke ontlasting erin, stellen ze zich een gigantische, door vliegen besmette, stinkende hoop drollen voor die schadelijke, stinkende vloeistoffen uit de onderkant zal laten lekken. Een composthoop is echter geen stapel vuilnis of afval. Dankzij het composteringswonder wordt de hoop organisch materiaal een levende, ademende, organische massa, die net als een spons behoorlijk wat vocht opneemt. De stapel zal waarschijnlijk geen lekprobleem veroorzaken, tenzij hij slecht wordt beheerd of wordt blootgesteld aan aanhoudende zware regenval. In dat laatste geval kan hij dan eenvoudig worden afgedekt met een dak, een zeildoek of zelfs alleen met hooi of stro. Waarom hebben composthopen vocht nodig? Om te beginnen verliest compost veel vocht aan de lucht tijdens het composteringsproces, vooral wanneer de stapels worden omgedraaid of gewoeld. Het is niet ongebruikelijk dat composthopen met 40 tot 80 procent krimpen.<sup>6</sup> Zelfs als vochtige materialen worden gecomposteerd, kan een hoop aanzienlijk indrogen.<sup>7</sup> Een aanvankelijk vochtgehalte van 65 procent kan volgens sommige onderzoekers in slechts een week tijd teruglopen tot 20 of 30 procent, waarschijnlijk ten gevolge van het keren of omwoelen van de hete stapels.<sup>8</sup> Omdat compost water nodig heeft, is de kans groter dat men vocht aan de compost moet toevoegen dan dat men te maken krijgt met overtollig vocht dat eruit lekt.

Micro-organismen lopen ook niet, ze zwemmen. Ze hebben geen poten zoals landdieren, en ze hebben vocht nodig voor hun beweeglijkheid. Microben leven in biofilms die de deeltjes en oppervlakten in een composthoop bedekken. Wanneer de compost uitdroogt, vertraagt de biologische activiteit en stopt deze uiteindelijk. De hoeveelheid vocht die een composthoop ontvangt of nodig heeft, is afhankelijk van het materiaal dat aan de hoop wordt toegevoegd en van de locatie waar de stapel ligt. In het noordwesten van Pennsylvania valt er bijvoorbeeld gemiddeld ongeveer één meter neerslag per jaar. Blootgestelde composthopen buiten hebben onder deze omstandigheden zelden water nodig. Volgens Sir Albert Howard is het ook niet nodig om een composthoop water te geven op een locatie in Engeland waar de jaarlijkse regenval vierentwintig centimeter is. Niettemin kan het water dat benodigd is voor het maken van compost ongeveer 750 tot 1135 liter zijn voor elke kubieke meter afgewerkte compost.<sup>9</sup> Aan deze vochtbehoefte kan worden voldaan wanneer menselijke urine in de compost wordt gebruikt en de hoop voldoende regen krijgt. Extra water kan afkomstig zijn van vochtige organische bestanddelen zoals voedselresten. Als er niet voldoende regen valt en de inhoud van de stapel niet vochtig is, zoals in een woestijnachtige situatie, is water geven waarschijnlijk nodig om een vochtgehalte te produceren dat gelijk is aan dat van een uitgeknepen spons. Hiervoor kan wellicht volstaan worden met (grijs) huishoudelijk afvalwater of opgevangen regenwater. De laatste tijd verzamel ik afgedankt bier van een plaatselijk-

ke brouwerij in emmers van twintig liter en giet dat over mijn composthop. De hopen zijn er dol op. Wijn dat over is gebleven bij het maken van brandewijn is ook een favoriet. Zolang de stapel maar bovengronds is blijft hij aeroob. Aerobe bacteriën krijgen te maken met zuurstofgebrek als ze in vloeistof verdrinken, wat bijvoorbeeld op de bodem van een kuil met stilstaand water kan voorkomen.

Anaerobe afbraak is een langzamer, koeler proces dat gewoonlijk stinkt. Anaerobe stank kan ruiken naar rotte eieren (veroorzaakt door waterstofsulfide), zure melk (veroorzaakt door boterzuren), azijn (azijnzuren), braaksel (valeïne-zuren) en bederf (alcoholen en fenolverbindingen).<sup>10</sup> Het is duidelijk dat we dergelijke geuren willen voorkomen door een aeroob systeem te handhaven, niet een anaeroob systeem.

## Houd het afgedekt

Compost hoeft iemands reukvermogen niet op de proef te stellen. Echter, om dit waar te laten zijn, dienen eenvoudige regels te worden nageleefd:

(1) Leg nooit organisch materiaal bovenop een composthoop (met uitzondering van het afdek materiaal). Voeg altijd nieuw organisch materiaal (etensresten, de inhoud van de toiletemmer, dode dieren, enz.) toe aan de stapel door eerst een gat bovenaan in het midden te graven, en gooi daar je materiaal in. Hark de bestaande compost er daarna overheen en dek het vervolgens af met het afdek materiaal, wat ons brengt bij:

(2) Houd de inhoud van een composthoop bij gebruik van ingesloten composteersystemen zoals achtertuin of gemeenschappelijke bakken, altijd afgedekt met schoon materiaal zoals stro, hooi, gras, onkruid en bladeren.

Als je een droogtoilet gebruikt, moet je hier iedere keer ook de net gedeponeerde inhoud afdekken. Goede materialen hierbij zijn onder meer zaagsel, turfmos, bladeren, rijstschillen, kokos, suikerrietbagasse en nog veel meer, op voorwaarde dat ze een fijne consistentie hebben met een bepaald vochtgehalte. We komen later op dit onderwerp terug.

Goede afdekmaterialen voor een composthoop buitenshuis zijn onkruid, stro, hooi, bladeren, gras en andere materialen die omvangrijk, droog of groen kunnen zijn, maar niet houtachtig, zoals boomtakken. Compost afdoende bedekken met een schoon organisch materiaal is het simpele geheim van geurpreventie. Het houdt ook vliegen en ander ongedierte weg van de compost. Het Amerikaanse leger heeft ooit hun composthop besproeid met een mengsel van giftige chemicaliën om vliegen op afstand te houden, ongetwijfeld tot grote ontsteltenis van de microben binnenin. Een simpele laag stro, gras, bladeren of ander afdek materiaal over de composthop, zou veel beter hebben gewerkt.

Goed afdek materiaal isoleert de hoop, absorbeert regen en voorkomt uitdroging. Door uitdroging werken de compost-micro-organismen niet meer. Net als bij vorst. Composthop werken niet als ze bevroren zijn. De micro-organismen wachten echter gewoon tot de temperatuur voldoende is gestegen voor dooi, waarna ze gewoon weer aan het werk gaan. Aan een bevroren composthoop kun je materiaal blijven toevoegen. Na de dooi zal de hoop gaan stomen alsof er niets is gebeurd.



## Koolstof en stikstof

Een goede mix van ingrediënten (een goede koolstof / stikstofbalans in compostjargon) is vereist voor een mooie, warme composthoop. Omdat de meeste bestanddelen die gewoonlijk aan een composthoop in de achtertuin worden toegevoegd, veel koolstof bevatten - bijvoorbeeld bladeren - moet een bron van stikstof worden opgenomen in het mengsel van ingrediënten. Dit is niet zo moeilijk als het lijkt. Je kunt stapels onkruid naar je composthoop brengen en hooi, stro, bladeren en etensresten, maar je kunt dan nog steeds een tekort aan stikstof hebben. De oplossing is natuurlijk simpel: mest toevoegen. Waar je mest kunt halen? Van een dier natuurlijk maar waar vind je die? Kijk maar eens in de spiegel.

Rodale stelt in *The Complete Book of Composting* dat de gemiddelde tuinman misschien moeite heeft om mest voor de composthoop te bemachtigen, maar met een beetje vindingrijkheid en een grondige zoektocht kun je het vinden. Een tuinman in het boek getuigt dat als hij helemaal klaar is met het bouwen van een goede composthoop, er altijd één grote vraag is geweest die hem bezighield: waar ga ik de mest vinden? Ik durf ook te wedden dat het gebrek aan mest een van de redenen is waarom je composthoop niet de bloeiende humusfabriek is die het zou kunnen zijn.

Hmmm. Waar kan een groot dier zoals een mens dierlijke mest vinden? Goh, dat is een moeilijke. Laten we daar eens goed over nadenken. Misschien kunnen we met een beetje vindingrijkheid en een grondige zoektocht een bron vinden. Waar is die spiegel eigenlijk? Is daar misschien een aanwijzing te vinden?

Een manier om de mix van ingrediënten in je composthoop te begrijpen, is door de C / N-verhouding te gebruiken. Eerlijk gezegd is de kans dat een gemiddelde persoon de hoeveelheden koolstof en stikstof van haar organisch materiaal meet en bewaakt, bijna nihil. Als compostering dit soort saaie werkzaamheden vereist, zou niemand het doen.

Door echter al het organische afval te gebruiken dat een gezin produceert, inclusief menselijke poep, urine, etensresten, onkruid uit de tuin en gemaaid gras, aangevuld met wat materiaal uit de landbouw, zoals een beetje stro of hooi, en misschien wat verrot zaagsel of wat verzameld blad van de gemeente, kan men een goede mix van koolstof en stikstof verkrijgen voor een succesvolle compostering.

## Koolstof / Stikstofverhoudingen

Materiaal	% N	C/N verhouding
Aardappelschillen	1,5	25
Amarant	3,6	11
Appelpulp	1,1	13
Bladeren	0,9	54
Bloed	10-14	3
Brood	2,1	
Cranberryplant	0,9	61
Fruit	1,4	40
Garnalen (residu)	9,5	3,4
Geactiveerd slib	5-6	6
Gemaaid gras	2,4	12-19
Groeteproducten	2,7	19
Hardhoud (gemiddeld)	0,09	560
Hardhout schors	0,241	223
Haverstro	1,05	48
Hele raap	1	44
Hele wortel	1,6	27
Hooi (algemeen)	2,1	
Hooi (peulvruchten)	2,5	16
Humanure	5-7	5-10
Kalkoenenmest	2,6	16
Karton	0,1	400-563
Katoenzaad	7,7	7
Kippenmest	8	6-15
Koeienmest	2,4	19
Koffieprut		20
Kool	3,6	12
Kranten	0,6-1,4	398-852
Maiskolven	0,6	56-123
Maisstengels	0,6-0,8	60-73
Mosselen (residu)	3,6	2,2
Mosterd	1,5	26
Olijfschillen	1,2-1,5	30-35

Paardenmest	1,6	25-30
Papier		100-800
Peper	2,6	15
pluimveekarkassen	2,4	5
Postelein	4,5	8
Raapstelen	2,3	19
Rijstkaf	0,3	121
Rioolslib	2-6,9	5-16
Rode klaver	1,8	27
Ruw zaagsel	0,11	511
Schapenmest	2,7	16
Sla	3,7	
Slachtafval	7-10	02-04
Sojabonenmeel	7,2-7,6	4-6
Stalmest	2,25	14
Stro (algemeen)	0,7	80
Stro (haver)	0,9	60-73
Stro (tarwe)	0,4	80-127
Tarwestro	0,3	128-150
Telefoonboeken	0,7	772
Timothy hooi	0,85	58
Tomaat	3,3	12
Ui	2,65	15
Urine	15-18	0,8
Varen	1,15	43
Varkensmest	3,1	14
Verrot zaagsel	0,25	200-500
Visafval	10,6	3,6
Vleesafval	5,1	
Vuilnis (ruw)	2,15	15-25
Waterhyacint		20-30
Zachthout (gemiddeld)	0,09	641
Zachthout schors	0,14	496
Zeewier	1,9	19

## Stikstofverlies en Koolstof / Stikstofverhouding

Oorspronkelijke C/N verhouding	Stikstofverlies (%)
20	38,8
20,5	48,1
22	14,8
30	0,5
35	0,5
76	-8

Bronnen: Gotaas, Harold B. (1956) *Composting-Sanitar Disposal and Reclamation of Organic Wastes* (p.44). World Health Organization, Monograph Series Number 31 Geneva. and Rynk, Robert, ed (1992) *On-Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultura Engineering Service. Ph: (607) 255-7654. Pp. 106-113 Some data from Biocycle, Journal of Composting and Recycling, July 1998, p. 18, 61, 62; and January 1998, p.20

## Samenstelling van verschillende mest

Mest	% Vocht	% N	% Fosfor	% K
Mens	66-80	5-7	3-5,4	1,0-2,5
Rund	80	1,67	1,11	0,56
Paard	75	2,29	1,25	1,38
Schaap	68	3,75	3,75	1,25
Varken	82	3,75	1,87	1,25
Kip	56	6,27	5,92	3,27
Duif	52	5,68	5,74	3,23
Rioolwater	--	5-10	2,5-4,5	3,0-4,5

Bron: Gotaas Harold B. (1956), *Composting Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*. Pp 35, 37, 40. World Health Organization, Monograph Series Number 31, Geneva

## Samenstelling van Humanure

<b>Fecaal materiaal</b>	
<b>135-270 gram per persoon per dag,</b>	
<b>nat gewicht</b>	
Organisch materiaal (droog gew.)	88-97%
Vochtgehalte	66-80%
Stikstof	5-7%
Fosfor	3-5,4%
Potassium	1-2,5%
Koolstof	40-55%
Calcium	4-5%
C/N verhouding	5-10

<b>Urine</b>	
<b>1,0-1,3 liter per persoon per dag</b>	
Vocht	93-96%
Stikstof	15-19%
Fosfor	2,5-5%
Potassium	3-4,5%
Koolstof	11-17%
Calcium	4,5-6%

Bron: Gotaas, *Composting* (1956), p. 35

## Ontledingssnelheden van geselecteerd zaagsel

Zaagsel	Relatieve ontledingssnelheid
Red Ceder	3,9
Douglasspar	8,4
Witte Den	9,5
Westerse Witte Den	22,2
Gemiddeld zachthout	12
Kastanje	33,5
Gele populier	44,3
Zwarte Walnoot	44,7
Witte Eik	49,1
Gemiddeld hardhout	54,6
Tarwestro	54,6
Hoe lager het nummer, des te trager de ontledingssnelheid. Hardhoutzaagsel ontleedt sneller dan zachthoutzaagsel.	

Bron: Haug, Roger T. (1993), *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press, Inc, 2000 Corporate Blvd. N.W., Boca Raton, FL 33431 U.S.A. as reported in *BioCycle – Journal of Composting and Recycling*. December, 1998. p. 19.

Een goede C/N-verhouding voor een composthoop ligt tussen 20/1 en 35/1.<sup>11</sup> Dat zijn 20 delen koolstof op 1 deel stikstof, tot 35 delen koolstof op 1 deel stikstof. Voor het gemak kun je afgaan op een optimale 30/1-verhouding. Koolstof kun je zien als iets dat afkomstig is van planten en dat zal verbranden als het droog is. As brandt niet, het is dat wat er overblijft na verbranding, dus zit daar geen koolstof meer in. Rotsen branden niet, dus kalk is ook geen koolstofbron. De meeste landbouw- of plantenresten uit de natuur zullen, indien opgedroogd, brandbaar zijn. Dat zijn je koolstofbronnen. Voor micro-organismen is koolstof de basisbouwsteen van het leven en een energiebron. Stikstof is nodig voor zaken als eiwitten, genetisch materiaal en de structuur van cellen. Voor een uitgebalanceerd dieet hebben micro-organismen die compost verteren ongeveer 30 delen koolstof nodig voor elk deel stikstof dat ze consumeren. Als er een te veel aan stikstof is, kunnen de micro-organismen het niet allemaal gebruiken en gaat het overschot verloren in de vorm van stinkend ammoniakgas. Stikstofverlies door overtollige stikstof in een composthoop (een lage C/N-verhouding) kan meer dan 60 procent bedragen. Bij een C/N-verhouding van 30 of 35 op 1 kan slechts 0,5 procent van de stikstof verloren gaan. Een teveel aan stikstof in je compost is niet dat wat je wilt, de stikstof zal als ammoniakgas in de lucht ontsnappen en stikstof is te waardevol voor planten om het in de atmosfeer te laten verdwijnen.<sup>12</sup> Als je een stikstofrijke grondstof hebt, zoals menselijke poep, kippenmest, urine, enzovoort, voeg dan gewoon meer koolstof toe. Hoeveel? Net zoveel tot je niets meer ruikt, zo eenvoudig is het echt. Gebruik je neus, dat is een geweldig hulpmiddel!

Menselijke ontlasting en urine alleen composteren kan niet. Het is te nat, bevat te veel stikstof en niet genoeg koolstof. Micro-organismen kokhalzen net als mensen bij de gedachte het op te moeten eten. Omdat er niets erger is dan de gedachte aan enkele miljarden kokhalzende micro-organismen, moet er koolstofhoudend materiaal aan de ontlasting worden toegevoegd om er een aantrekkelijk diner van te maken. Agrarische restproducten zoals hooi, stro, onkruid of zelfs papierproducten kunnen die benodigde koolstof leveren, indien gemalen tot de juiste consistentie. Voedselresten zijn over het algemeen al C/N-gebalanceerd, dus kunnen ze met gemak aan je composthoop worden toegevoegd.

Zaagsel van houtzagerijen heeft een vochtgehalte van 40 tot 65 procent, wat prima is voor compost.<sup>13</sup> Zaagsel van de houthandel daarentegen is ovengedroogd en hierdoor inert (futloos). Daarom is het niet zo wenselijk in compost, tenzij het wordt gerehydrateerd met water (of urine uit je droogtoilet) voordat het wordt toegevoegd aan de composthoop. Als je een voorraad ovengedroogd zaagsel hebt en dat wil gebruiken als afdekmateriaal in een droogtoilet, laat het zaagsel dan buiten staan in een open bak waaruit water kan weglekken, en laat de regen toe. Het wordt dan gerehydrateerd en biologisch geactiveerd. Het maakt het als er meer vocht in zit tot een veel beter biofilter voor geurbestrijding, en het is beter voor je composthoop. Om het eenvoudig te houden, gooi je het zaagsel gewoon buiten op een open hoop en laat je het op die manier nat worden, ervan uitgaande dat het regent.

Zaagsel van de houthandel kan tegenwoordig soms vervuild zijn met houtbeschermingsmiddelen zoals gechromateerd koperarsenaat (CCA) van onder druk behandeld hout. Zowel chroom als arseen zijn kankerverwekkende stoffen voor de mens, dus vermijd dergelijk hout en zaagsel. De EPA (Environmental Protection Agency) is sinds december 2004 begonnen met een vrijwillige geleidelijke stopzetting van CCA-hout voor huis tuin en keukengebruik, maar er is nog steeds veel van in omloop.<sup>14</sup>

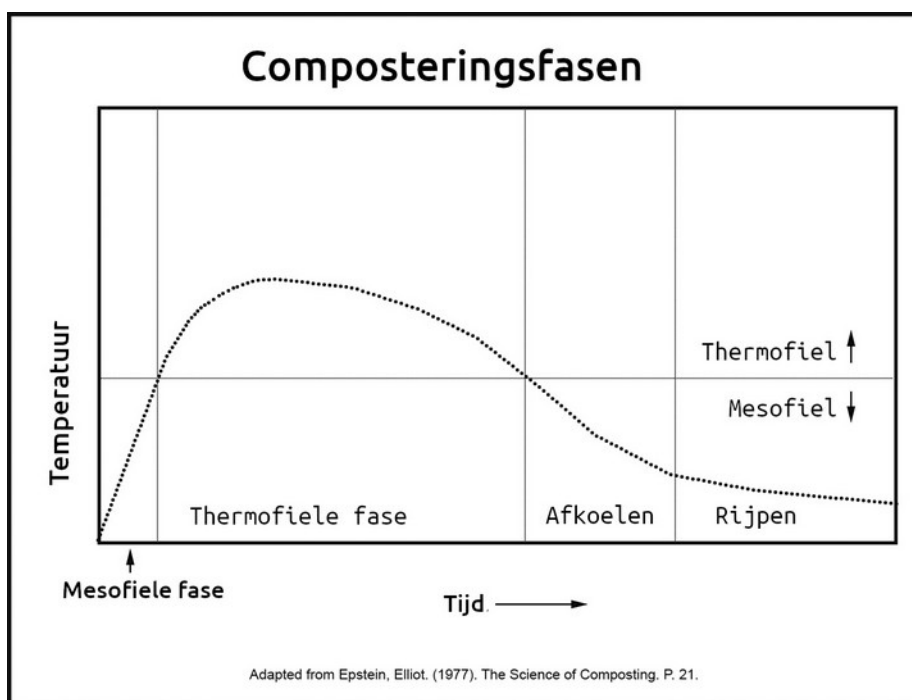
Sommige achtertuincomposteerders verwijzen naar organische materialen als '*browns*' and '*greens*'. De *browns* (zoals gedroogde bladeren) leveren koolstof en de *greens* (zoals vers gemaaid gras) leveren stikstof. Het wordt aanbevolen om twee tot drie volumes *browns* te mengen met één volume *greens* om een mix te produceren met de juiste C / N-verhouding (koolstof – stikstof) voor compostering.<sup>15</sup> Aangezien de meeste composteerders geen menselijke mest composteren, ligt er bij velen een hoop materiaal in hun compostbak dat weinig activiteit vertoont. Wat meestal ontbreekt zijn stikstof en vocht, twee cruciale ingrediënten voor elke composthoop. Beiden worden door menselijke ontlasting geleverd wanneer ze worden verzameld met urine en een koolstofhoudend afdekmateriaal. De humane mix kan vrij bruin zijn, maar is ook vrij hoog in stikstof. De genoemde *brown and green*-benadering is dus niet nodig bij het composteren van menselijke ontlasting samen met ander huishoudelijk organisch materiaal. Laten we eerlijk zijn, composteerders van menselijke ontlasting zijn een klasse apart.

Hoe zit het met maandverbanden en wegwerpluiers? Natuurlijk composteren ze, maar ze laten strookjes plastic achter in je voltooide compost. Niet zo heel fraai. Het is natuurlijk prima als je het niet erg vindt om plastic uit je compost te vissen. Het is iets wat ik jarenlang deed toen ik in de handel verkrijgbaar maandverband composteerde. Gebruik anders katoenen luiers en wasbaar maandverband.

Ik heb persoonlijk nooit wegwerpluiers gecomposteerd omdat ik ze nooit heb gebruikt. Mijn kinderen gebruikten allemaal katoenen luiers toen ze nog baby's waren. Fecaal materiaal werd met toiletpapier van de luiers geschrapt in het composttoilet. De luiers werden vervolgens gedrenkt in een luiyremmer met water, uiteindelijk uitgewrongen, gewassen en opnieuw gebruikt. Het vervuilde water uit de luiyremmer werd op de composthoop gestort.

Wc-papier composteert ook. Evenals de kartonnen rolletjes. Ongebleekt, gerecycled toiletpapier is ideaal. Of je kunt het ouderwetse toiletpapier gebruiken, in de VS waren dat maïskolven. Popcornkolven werkten het beste, die zijn zachter. Maïskolven composteren echter niet heel gemakkelijk, dus je hebt een goed excuus om ze niet te gebruiken. Er zijn meer dingen die niet zo goed composteren: eierschalen bijvoorbeeld, botten en haar om er maar een paar te noemen. Maar deze dingen zullen je composthoop niet verstoren. Gooi ze er gerust in.

Compostprofessionals hebben het idee opgevat dat houtsnippers goed zijn voor het maken van compost. Wanneer beginnende composteerders tegenwoordig compost willen maken, is het eerste dat ze willen weten waar ze houtsnippers kunnen krijgen. Maar houtsnippers composteren helemaal niet zo goed, tenzij ze tot fijne deeltjes worden vernalen, zoals in zaagsel. Zelfs commerciële composteerders geven toe dat ze de houtsnippers eruit moeten zeven als de compost klaar is omdat ze niet zijn ontbonden. Toch staan ze erop om het te gebruiken, omdat ze de compostconsistentie doorbreken en hun grote hoeveelheden organisch materiaal luchtig houden. Een thuiscomposteerder moet houtsnippers vermijden en andere vulmaterialen gebruiken die sneller worden afgebroken, zoals hooi, stro, zaagsel en onkruid. Gooi nooit houtachtige planten, zoals jonge boompjes, op je composthoop. Ik huurde op een zomer een jonge vent in om wat struikgewas voor me op te ruimen en hij legde de kleine jonge boompjes niets vermoedend op mijn composthoop. Later trof ik ze aan, ze hadden zich als een soort wapeningsstaal door de stapel heen gevlochten. Ik durf te wedden dat de oren van de jongen die dag pijn deden, ik vervloekte hem behoorlijk. Gelukkig hoorde alleen de composthoop me.



## Composteringsfasen

Er is een enorm verschil tussen een achtertuincomposteerder en een gemeentelijke composteerinrichting. Gemeentelijke composteerdere verwerken grote hoeveelheden organisch materiaal tegelijk, terwijl achtertuincomposteerdere elke dag continu kleine hoeveelheden organisch materiaal produceren. Gemeentelijke composteerdere zouden daarom batch-composteerdere kunnen worden genoemd, en achtertuincomposteerdere continuecomposteerdere. Wanneer organisch materiaal in een batch wordt gecompoteerd, zijn de vier verschillende fasen van het composteringsproces duidelijk. Hoewel dezelfde fasen optreden tijdens continuecompostering, zijn ze niet zo duidelijk als bij een batch, en in feite kunnen ze gelijktijdig plaatsvinden in plaats van opeenvolgend.

De vier fasen omvatten:

1. de voorafgaande mesofiele fase
2. de hete thermofiele fase
3. de afkoelfase
4. de rijpingsfase

Compostbacteriën combineren koolstof met zuurstof om kooldioxide en energie te produceren. Een deel van de energie wordt gebruikt door de organismen voor voortplanting en groei, de rest wordt als warmte afgegeven. Wanneer een hoop organisch materiaal begint te composteren, planten mesofiele bacteriën zich voort en vermenigvuldigen ze zich, waardoor de temperatuur van de composteringsmassa stijgt tot ongeveer 44°C. Dit is de eerste fase van het composteringsproces. Onder de mesofiele bacteriën kunnen zich *E. coli* en andere bacteriën uit het menselijke darmkanaal bevinden, maar deze worden al snel in toenemende mate tegengewerkt door de temperatuur, aangezien de thermofiele bacteriën het overnemen in het overgangsbereik tussen 44°C en 52°C. Hiermee begint de tweede fase van het proces, wanneer thermofiele micro-organismen erg actief worden en veel warmte produceren. Deze fase kan dan doorgaan tot ongeveer 70°C in grotere composthopen.<sup>16</sup> Dergelijke hoge temperaturen zijn niet gebruikelijk in kleinere composthopen zoals die in de achtertuin. De verwarmingsfase vindt vrij snel plaats en kan enkele dagen, weken of vele maanden duren, afhankelijk van de hoeveelheid en de aard van het materiaal dat wordt gecompoteerd. Het warmste gebied is meestal gelegen in het hart van de composthoop, op de plaats waar je je verse materiaal zou moeten toevoegen. Bij batchcompost kan de gehele te composteren massa in één keer thermofiel worden. De thermofiele fase schakelt ziekteverwekkers vrij snel uit, waarna het meeste organische materiaal verteerd lijkt te zijn maar het grovere organische materiaal nog niet. Dit gebeurt wanneer de derde fase van compostering, de afkoelfase, plaatsvindt. Tijdens deze fase komen de micro-organismen die werden weggejaagd door de thermofielen, terug in de compost en gaan dan aan de slag met het verteren van de meer resistente organische materialen. Schimmels en macro-organismen zoals regenwormen en pissebedden breken ook de grovere elementen af tot compost. Nadat de thermofiele fase is voltooid, zijn alleen de direct beschikbare voedingsstoffen in het organische materiaal verteerd. Er zit nog veel voedsel op de stapel en er is nog veel werk aan de winkel voor de verschillende wezens in de compost. Het duurt vele maanden om sommige van de meer resistente organische materialen af te breken, zoals lignine, dat afkomstig is van houtachtige materialen. Net als mensen zijn bomen geëvolueerd met een huid die resistent is tegen bacteriële aanvallen, en in een composthoop zijn deze lignines be-

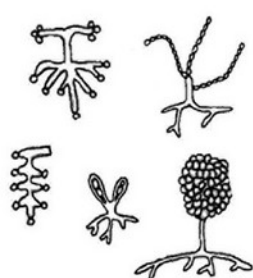
stand tegen afbraak door thermofielen. Andere organismen, zoals schimmels, kunnen lignine wel afbreken, mits ze voldoende tijd krijgen.

De laatste fase van het composteringsproces wordt de uithardings-, verouderings- of rijpingsfase genoemd en is een belangrijke. Professionals in commerciële compostering willen hun compost liefst zo snel mogelijk klaar hebben, waarbij ze soms de rijpingstijd van de compost opofferen. Een gemeentelijke compostbeheerder merkte op dat als hij zijn composttijd kon verkorten tot vier maanden, hij drie partijen compost per jaar kon maken in plaats van de twee die hij eerder maakte, waardoor zijn verdienste met 50 procent toenam. Gemeentelijke composteerders zien dagelijks vrachtwagenladingen organisch materiaal hun terreinen op komen, en ze willen voorkomen dat ze er in verdrinken. Daarom voelen ze de behoefte om hun materiaal zo snel mogelijk door het composteringsproces te loodsen om ruimte te maken voor het nieuwe spul. Amateurcomposteerders hebben dat probleem niet, hoewel er onder hen veel lijken te zijn die geobsedeerd zijn om zo snel mogelijk compost te maken. Het rijpen is echter een kritieke belangrijke fase van het bereidingsproces en mag niet worden versneld. Een lange rijpingstijd voegt een vangnet toe aan het elimineren van ziekteverwekkers. Veel menselijke ziekteverwekkers hebben slechts een beperkte levensvatbaarheid in de bodem, en hoe langer ze worden blootgesteld aan de microbiologische concurrentie binnen de composthoop, hoe groter de kans is dat ze een snelle dood sterven. Onrijpe compost produceert stoffen die fytotoxinen worden genoemd en giftig zijn voor planten. Het kan ook de bodem van zuurstof en stikstof beroven en hoge niveaus van organische zuren bevatten. Dus ontspan, leun achterover, leg je voeten omhoog en laat je compost tot volle wasdom komen voordat je erover nadenkt om het te gaan gebruiken. Wachten kost niets. Laat de microben je vertellen wanneer ze klaar zijn. Bewaar een compostthermometer in je stapel en laat hem daar staan als je denkt dat je klaar bent. Steek hem precies in het midden van de hoop zodat de wijzerplaat tegen het oppervlak van het afdek materiaal zit. Verplaats hem niet. Naarmate de hoop kleiner wordt, lijkt het alsof de wijzerplaat omhoog beweegt vanaf het oppervlak. Maar het is niet de wijzerplaat die beweegt, het is het oppervlak dat naar beneden zakt. Dit toont je de hoeveelheid krimp die optreedt. Ook geeft de wijzerplaat de temperatuur van de kern aan. Zodra die temperatuur de omgevingstemperatuur (buitenluchttemperatuur) heeft bereikt, is je hoop waarschijnlijk klaar. Neem bij twijfel een monster, doe het in een pot of kopje en laat er een zaadje in ontkiemen, bijvoorbeeld een komkommer-, of pompoenzaadje. Als de compost onrijp is, ziet de zaailing er ongezond uit.

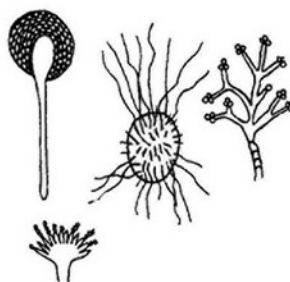


## COMPOST MICRO-ORGANISMEN

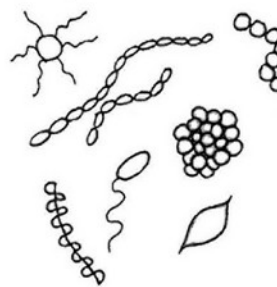
1000 MAAL VERGROOT



**Actinomyceten**  
100 duizend - 100 miljoen  
per gram compost



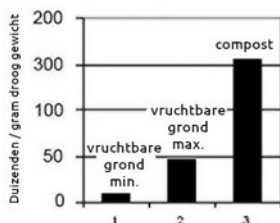
**Schimmels**  
10 duizend - 1 miljoen  
per gram compost



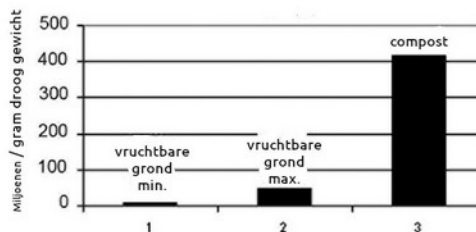
**Bacteriën**  
100 miljoen - 1 miljard  
per gram compost

Reproduced with permission from On-Farm Composting Handbook. NRAES-54, published by NRAES, Cooperative Extension, 152 Riley-Robb Hall, Ithaca, New York 14853-5701. (607) 255-7654. Quantities of microorganisms from: Sterritt, Robert M. (1988). *Microbiology for Environmental and Public Health Engineers*. p. 200. E. & F. N. Spon Ltd., New York, NY 10001 USA.

**Schimmelpopulaties in vruchtbare grond en compost**



**Bacteriepopulaties in vruchtbare grond en compost**



U.S. EPA (1998). EPA53 0-B-98-001, March, 1998

## MICRO-ORGANISMEN IN COMPOST

### Actinomyceten

*Actinobifida chromogena*  
*Microbispora bispora*  
*Micropolyspora faeni*  
*Nocardia* sp.  
*Pseudocardia thermophilia*  
*Streptomyces rectus*  
*S. thermofuscus*  
*S. thermoviolaceus*  
*S. thermovulgaris*  
*S. violaceus-ruber*  
*Thermoactinomyces sacchari*  
*T. vulgaris*  
*Thermomonospora curvata*  
*T. viridis*

### Schimmels

*Aspergillus fumigatus*  
*Humicola grisea*  
*H. insolens*  
*H. lanuginosa*  
*Malbranchea pulchella*  
*Myriococcum thermophilum*  
*Paecilomyces variotti*  
*Papulaspora thermophila*  
*Scytalidium thermophilum*  
*Sporotrichum thermophile*

### Bacteriën

*Alcaligenes faecalis*  
*Bacillus brevis*  
*B. circulans* complex  
*B. coagulans* type A  
*B. coagulans* type B  
*B. licheniformis*  
*B. megaterium*  
*B. pumilus*  
*B. sphaericus*  
*B. stearothermophilus*  
*B. subtilis*  
*Clostridium thermocellum*  
*Escherichia coli*  
*Flavobacterium* sp.  
*Pseudomonas* sp.  
*Serratia* sp.  
*Thermus* sp.

Palmisano, Anna C. and Barlaz, Morton A. (Eds.) (1996). *Microbiology of Solid Waste*. Pp. 125-127. CRC Press, Inc., 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, FL 33431 USA.

De eenvoudigste manier om te bepalen wanneer de afgewerkte compost moet worden gebruikt, is door eenvoudig een jaarlijks systeem te volgen. Als een hoop eenmaal volledig is opgebouwd, wacht dan ongeveer een jaar totdat je deze gaat gebruiken. Dat betekent dat bakken de juiste maat moeten hebben, om ze in een jaar vol te krijgen en vervolgens met rust te kunnen laten, terwijl één of meerdere bakken gedurende het volgende jaar worden gevuld. Zodra de tweede bak (of set bakken) gevuld is, kan de eerste worden gelegegd en kan de compost worden gebruikt.

Als je je compost blijft omwoelen, loopt je het risico dat deze voortijdig afkoelt. Je denkt misschien dat het na drie maanden klaar zal zijn, maar het had nog door gecomposteerd als je het met rust had gelaten. Ik heb ervaren dat compost in hopen van een kubieke meter die met rust wordt gelaten, zes maanden of langer boven 55°C blijft, en grotere hopen meer dan een jaar. Laat de microben je vertellen wanneer ze klaar zijn. Gebruik een compostthermometer en ze zullen je het duidelijk maken. Als de composttemperatuur hoger is dan de temperatuur van de buitenlucht, zijn de microben nog bezig. Je hoeft de composthopen niet om te woelen of om te keren. Er zijn tal van redenen om dit niet te doen. Aangezien dit een omstrepen en belangrijk onderwerp is, komt het omwoelen van composthopen in een ander hoofdstuk ook nog aan de orde.

Compost wordt normaal gesproken bevolkt door drie algemene categorieën micro-organismen: bacteriën, actinomyceten en schimmels. Actinomyceten zijn organismen tussen bacteriën en schimmels die lijken op schimmels en vergelijkbare voedingsvoorkeuren en groeigewoonten hebben. Ze worden vaker aangetroffen in de latere stadia van het compostingsproces en er wordt algemeen aangenomen dat ze volgen na de thermofiele bacteriën. Zij, op hun beurt worden voornamelijk gevolgd door schimmels, tijdens de laatste fasen van het proces. Er zijn minstens 100.000 soorten schimmels bekend waarvan de meeste microscopisch klein zijn.<sup>17</sup> De meeste schimmels kunnen niet groeien bij temperaturen van 50°C omdat dat te heet is, hoewel thermofiele schimmels hittetolerant zijn. Schimmels zijn meestal afwezig in compost boven 60°C en actinomyceten boven 70°C. Boven 82°C stopt de biologische activiteit vrijwel geheel.<sup>18</sup>

Om een idee te krijgen van de microbiële diversiteit die normaal in de natuur wordt aangetroffen, bedenk dan dat een theelepeltje inheemse graslandbodem zeshonderd tot achthonderd miljoen bacteriën bevat, bestaande uit tienduizend soorten, plus misschien wel vijfduizend soorten schimmels, waarvan de mycelia zich mijlenver uit kan strekken. In dezelfde theelepeltje kunnen zich tienduizend individuele protozoa van misschien wel duizend soorten bevinden, plus twintig tot dertig verschillende nematoden van wel honderd soorten. Klinkt nogal druk. Goede compost zal uitgeputte, gezuiverde, chemisch opgebouwde bodems opnieuw oculeren met een breed scala aan nuttige micro-organismen.<sup>19</sup>

## Elimineren van pathogenen

Dit gedeelte zou passend zijn in het volgende hoofdstuk, *Compost wonderen*, aangezien het zeker wonderbaarlijk lijkt dat Moeder Natuur ons een eenvoudig, gratis, niet-chemisch, niet-farmacologisch, niet-technisch, biologisch hulpmiddel biedt voor het uitschakelen van ziekteverwekkende organismen - een hulpmiddel dat voor bijna iedereen toegankelijk is, als ze maar wisten dat het bestond. Maar het bestaat wel, en het is misschien vooral dit kenmerk dat compost zijn unieke waarde geeft en het onderscheidt van andere vormen van organische recycling. Dit is ook de reden waarom professionals in de compostindustrie niet willen dat niet-gecomposteerd, afgebroken organisch materiaal ten onrechte wordt gekenmerkt als 'compost'.

Compost doodt menselijke ziekteverwekkers (pathogenen). Dit is een gevestigde wetenschap en heel belangrijk. Dit is wat composteren zo waardevol maakt, vooral bij het composteren van menselijke ontlasting en andere organische materialen die mogelijk dragers van ziekteverwekkers zijn.

Een veel gestelde vraag hierbij is: hoe weet je nou dat alle mogelijke ziekteverwekkers in alle delen van een composthoop zijn gedood? Het antwoord is eenvoudig: dat weet je niet. En je zal het ook nooit weten. Tenzij je natuurlijk elke kubieke centimeter van je compost in een laboratorium op ziekteverwekkers onderzoekt. Hoe weet je dat alle ziekteverwekkende bacteriën op je handen zijn verwijderd toen je ze waste? Dat weet je ook niet, maar dat betekent niet dat je daarom maar moet stoppen met het wassen van je handen. Evenmin heeft het zin daarom maar niet te gaan composteren, omdat je geen 100 procent verwijdering van potentiële ziekteverwekkers kunt garanderen. Composteren is een saneringsprocedure, net zoals handen wassen of tandenpoetsen. Het werkt, dus daarom doen we het. Er zijn praktische procedures die de sanitaire voorzieningen in composthoven zullen verbeteren, die we zullen bespreken in het hoofdstuk Tao van de Compost.

Een combinatie van factoren veroorzaakt de eliminatie van pathogenen in compost, waaronder:

- concurrentie om voedsel tussen de verschillende compostmicro-organismen
- remming en antagonisme door compostmicro-organismen
- het consumeren door compostorganismen
- biologische warmte gegenereerd door compostmicro-organismen
- antibiotica geproduceerd door compostmicro-organismen

Bijvoorbeeld wanneer ziekteverwekkers werden gekweekt:

1. in een incubator zonder compost bij 50°C
2. in compost bij 50°C

In de incubator leefden ze zeventien dagen. Maar in de compost stierven ze na slechts zeven dagen. Dit gaf aan dat het meer dan alleen de temperatuur is die het lot van pathogene bacteriën bepaalt. De andere hierboven genoemde factoren zijn ongetwijfeld ook van invloed op de levensvatbaarheid van niet-inheemse micro-organismen, zoals menselijke pathogenen, in een composthoop. Die factoren hebben baat bij een diverse microbiële populatie, die het beste wordt bereikt bij temperaturen onder 60°C. Een onderzoeker stelt dat er significante afnames van het aantal

ziekteverwekkers zijn waargenomen in composthopen die in temperatuur niet hoger kwamen dan 40°C.<sup>20</sup>

Het lijkt geen twijfel dat de warmte die door thermofiele bacteriën wordt geproduceerd, pathogene micro-organismen, virussen, bacteriën, protozoa, wormen en eieren doodt die in compostbestanddelen kunnen leven. Een temperatuur van 50°C, indien gehandhaafd gedurende vierentwintig uur, zou volgens sommige bronnen voldoende zijn om alle ziekteverwekkers te doden (deze kwestie wordt uitgebreider behandeld in het hoofdstuk *Wormen en ziekte*). Bij een lagere temperatuur duurt het langer om ziekteverwekkers te elimineren. Bij een temperatuur van 46°C kan het bijna een week duren voordat ziekteverwekkers tot niet meer waarneembare niveaus zijn teruggebracht, bij een hogere temperatuur duurt het slechts enkele minuten. Wat we nog moeten bepalen, is hoe laag die temperaturen kunnen zijn en hoe lang ze nog steeds een bevredigende eliminatie van pathogenen kunnen bereiken.

Sommige onderzoekers houden vol dat alle ziekteverwekkers uiteindelijk bij omgevingstemperatuur (normale luchttemperatuur) zullen sterven. Toen Westerberg en Wiley zuiverings-slib composteerden dat was ingespoten met poliovirus, salmonella, rondwormeieren en *Candida albicans*, ontdekten ze dat na drieënveertig uur composteren 'er geen levensvatbare indicatororganismen konden worden gedetecteerd', en het poliovirus geïnactiveerd was binnen het eerste uur. Ze concludeerden dat een composttemperatuur van 60°C tot 70°C gedurende drie dagen alle ziekteverwekkers zou doden.<sup>21</sup> Dit fenomeen is bevestigd door vele andere onderzoekers, waaronder Gotaa, die aangeeft dat pathogene bacteriën in composttemperaturen van 55-60°C niet langer dan dertig minuten tot een uur kunnen overleven.<sup>22</sup> Het eerste doel bij het maken van compost van menselijke mest zou daarom moeten zijn, om een composthoop te maken die voldoende opwarmt om menselijke ziekteverwekkers die in de mest kunnen worden aangetroffen, te elimineren.

Desalniettemin is de hitte van de composthoop een veel geprezen eigenschap van compost die kan worden overdreven. Mensen denken misschien dat het alleen de hitte van de composthoop is die ziekteverwekkers vernietigt, dus willen ze dat hun compost zo heet mogelijk wordt. Dit is een vergissing. Compost kan zelfs te heet worden. Als dat het geval is, vernietigt het de biodiversiteit van de microbiële gemeenschap. Zoals een wetenschapper stelt, heeft onderzoek aangetoond dat temperatuur niet het enige mechanisme is dat betrokken is bij de onderdrukking van ziekteverwekkers, en dat temperaturen die hoger zijn dan noodzakelijk, onder bepaalde omstandigheden zelfs een belemmering kunnen vormen voor effectieve ontsmetting.<sup>23</sup> Mogelijk zal slechts één soort (bijv. *Bacillus tearothermophilus*, ook wel bekend als *Geobacillus*) de composthoop domineren tijdens perioden van overmatige hitte, waardoor de andere bewoners van de compost worden verdreven of zelfs gedood, waaronder schimmels en actinomyceten, evenals de grotere zichtbare organismen.

Een te hete composthoop kan zijn eigen biologische gemeenschap vernietigen en een massa organisch materiaal achterlaten die opnieuw bevolkt zal moeten worden om de noodzakelijke omzetting van organisch materiaal in de compost voort te zetten. Dergelijke gesteriliseerde compost zal eerder gekoloniseerd worden door ongewenste micro-organismen zoals salmonella. Onderzoekers hebben aangetoond dat de biodiversiteit van compost een barrière vormt voor kolonisatie door dergelijke ongewenste bacteriën. Bij afwezigheid van een biodiverse 'inheemse flora', zoals veroorzaakt door overtollige hitte, kon salmonella opnieuw groeien.<sup>24</sup> De microbiële biodiversiteit

van compost is ook belangrijk omdat het helpt bij de afbraak van organisch materiaal. In compost op hoge temperatuur van 80°C kon bijvoorbeeld slechts ongeveer 10 procent van de vaste stof uit zuiveringsslib in drie weken worden afgebroken, terwijl bij 50°C – 60°C 40 procent van de vaste stoffen werd afgebroken in slechts zeven dagen. De lagere temperaturen zorgden blijkbaar voor een rijkere diversiteit aan levende microben die op hun beurt een groter effect hadden op de afbraak van het organische materiaal. Een onderzoeker gaf aan dat optimale ontledingssnelheden optreden binnen het temperatuurbereik van 55 – 59°C, en optimale thermofiele activiteit optreedt bij 55°C, wat beide geschikte temperaturen zijn voor vernietiging van pathogenen.<sup>25</sup> Een studie uitgevoerd aan de Michigan State University suggereerde echter dat optimale ontbinding plaatsvindt bij een nog lagere temperatuur van 45°C.<sup>26</sup> Een andere onderzoeker stelt dat maximale biologische afbraak optreedt bij 45°C – 55°C, terwijl maximale microbiële diversiteit een temperatuurbereik van 35°C – 45°C vereist.<sup>27</sup> Blijkbaar zit er nog een zekere mate van flexibiliteit in deze schattingen, aangezien de compostwetenschap op dit moment niet helemaal nauwkeurig is. Voor de achtertuincomposteerder is het onwaarschijnlijk dat beheersen van overmatige hitte een punt van zorg zal zijn, aangezien kleinere hoeveelheden organisch materiaal geen temperaturen ontwikkelen die net zo hoog zijn als die van grotere massa's. Sommige thermofiele actinomyceten, evenals mesofiele bacteriën, produceren antibiotica die een aanzienlijke potentie vertonen ten opzichte van andere bacteriën. Tot de helft van de thermofiele stammen kan antimicrobiële verbindingen produceren, waarvan is aangetoond dat sommige effectief zijn tegen *E. coli* en *Salmonella*. Een thermofiele stam met een optimale groeitemperatuur van 50°C produceert een stof die de genezing van geïnfecteerde oppervlaktewonden aanzienlijk heeft bevorderd in klinische tests bij menselijke proefpersonen. Het product of de producten stimuleerden ook de groei van verschillende celtypen, waaronder verschillende weefselculturen van dieren en planten en eencellige algen.<sup>28</sup> De productie van antibiotica door compost-micro-organismen helpt theoretisch bij de vernietiging van ziekteverwekkers die mogelijk in het organische materiaal hebben bestaan vóór compostering. Zelfs als elk stukje composteermateriaal niet wordt blootgesteld aan de hoge binnentemperaturen van de composthoop, draagt het composteringsproces niettemin enorm bij aan het creëren van hygiënisch organisch materiaal. Of, met de woorden van een groep composteringsprofessionals: 'De hoge temperaturen die worden bereikt tijdens het composteren, ondersteund door de concurrentie en antagonisme tussen de micro-organismen (d.w.z. biodiversiteit), verminderen het aantal ziekteverwekkers bij planten en dieren aanzienlijk. Hoewel sommige resistente pathogene organismen kunnen overleven, en andere kunnen blijven bestaan in koelere delen van de hoop, is het ziekterisico niettemin aanzienlijk verminderd.'<sup>29</sup> Als een achtertuin- of gemeenschapscomposteerder enige twijfel of bezorgdheid heeft over de aanwezigheid van pathogene organismen in zijn of haar afgewerkte compost, kan hij of zij de compost gebruiken voor tuinbouwdoeleinden in plaats van voor de moestuin. Compost kan een verbazingwekkende partij bessenstruiken, bloemen, struiken of bomen laten groeien. Bovendien zullen vohardende ziekteverwekkers afsterven nadat de compost op de grond is aangebracht, wat niet verwonderlijk is aangezien ziekteverwekkers de voorkeur geven aan de warme en vochtige omgeving van het menselijk lichaam. Zoals onderzoekers van de Wereldbank het zeiden: 'Zelfs ziekteverwekkers die in de compost achterblijven, lijken snel in de bodem te verdwijnen.'<sup>30</sup> Compost kan ook worden getest op pathogenen door composttestlaboratoria.

Sommigen zeggen dat een paar ziekteverwekkers in aarde of compost oké is. 'Een ander punt dat de meeste mensen niet beseffen is dat geen enkele compost of grond volledig ziekteverwekkervrij

is. Je moet het ook niet eens willen dat het volledig pathogeenvrij is, omdat het verdedigingsmechanisme van het menselijk lichaam iets nodig heeft om mee te oefenen. Een klein aantal ziekteverwekkende organismen is dus wenselijk. Maar dat is het.' Van pathogenen wordt gezegd dat ze 'minimale infectiedoses' hebben, die sterk variëren van het ene type pathogeen tot het andere, wat betekent dat een aantal pathogenen nodig is om een infectie op gang te brengen. Het idee dat compost steriel moet zijn is daarom onjuist. Het moet hygiënisch zijn, wat betekent dat het een sterk verzwakte, verminderde of vernietigde populatie ziekteverwekkers moet hebben. De gemiddelde achtertuincomposteerder weet meestal wel of zijn of haar gezin gezond is. Gezonde gezinnen hoeven zich geen zorgen te maken en kunnen erop vertrouwen dat hun compost veilig kan worden teruggegeven aan de bodem, mits de eenvoudige instructies met betrekking tot composttemperaturen, bewaartijden en compostbeheer uit dit boek worden opgevolgd, zoals besproken in het Tao van de Compost-hoofdstuk.

## Aardwormen en vermicultuur

Wormen maken geen compost, mensen doen dat. Dus 'wormencompostering' is zowel onjuist als misleidend. Dit soort misverstanden dringt door in de Amerikaanse cultuur. Volgens het Amerikaanse ministerie van landbouw bijvoorbeeld: 'Vermicompostering is composteren met wormen, een gemakkelijke en een milieuvriendelijke manier om van het meeste keukenafval af te komen.'<sup>32</sup> Maar het composteert niet door wormen, het is vertering door wormen. Het eindproduct is wormenpoep, geen compost. Ik moet hieraan toevoegen dat het ook geen afvalverwijdering is, het is het recyclen van etensresten. Ik voer een zware strijd om de taal op te schonen en te laten evolueren en het dan taalkundig juist te krijgen, een zware klus ja, maar iemand zal het moeten doen!

Vermicultuur omvat het gebruik van roodwormen zoals *Eisenia Fetida* of *Lumbricus Rubellus* om hen organisch materiaal te laten consumeren. Hetzij in speciaal ontworpen wormbakken of in grootschalige openluchthopen. Roodwormen geven de voorkeur aan een donkere, koele, goed beluchte ruimte en gedijen in vochtig materiaal zoals versnipperde kranten. Keukenvoedselresten die in wormbakken worden gedeponerd, worden door de wormen geconsumeerd en omgezet in wormenuitscheiding, die vervolgens kan worden gebruikt net als afgewerkte compost om planten te laten groeien. Vermicultuur is populair bij kinderen die graag naar de wormen kijken, en bij volwassenen die liever het gemak prefereren om wormenuitscheiding te kunnen maken onder hun aanrecht of in een kast. Hoewel bij vermicultuur zowel micro-organismen als regenwormen betrokken zijn, is het niet hetzelfde als composteren. De hete stadia van compostering zal alle regenwormen verdrijven uit de hete zones van de composthoop. Ze kunnen echter weer naar binnen migreren nadat de compost is afgekoeld. Van regenwormen wordt gemeld dat ze wortelende nematoden, pathogene bacteriën en schimmels eten, evenals kleine onkruidzaden.<sup>33</sup> Wanneer compost rechtstreeks op de kale grond wordt gemaakt, is er onder de hoop een groot oppervlak beschikbaar voor natuurlijke regenwormen die in en uit de compost kunnen migreren. Aan goed geplaatste composthopen op de blote grond zouden geen regenwormen hoeven te worden toegevoegd, omdat ze van nature al naar de compost zullen migreren wanneer hen dat het beste uitkomt. Mijn compost zit zo vol met natuurlijke regenwormen in bepaalde ontwikkelstadia, dat hij wanneer hij wordt uitgegraven, soms op spaghetti lijkt. Regenwormen kunnen op zich een be-

langrijke rol spelen bij het maken van compost, hun uitscheiding kan een bijdrage zijn aan een composthoop, maar hun uitscheiding alleen is geen compost.

## Oefening baart kunst

Een zojuist bekeerde composteerder kan overweldigd raken door alles wat bij composteren komt kijken: bacteriën, actinomyceten, schimmels, thermofielen, mesofielen, koolstof-stikstofverhoudingen, zuurstof, vocht, temperaturen, bakken, ziekteverwekkers, behandelingen en biodiversiteit. Hoe vertaal je dit naar je eigen persoonlijke situatie? Hoe word je een ervaren composteerder, een meester compostmaker? Dat is makkelijk, gewoon door het te doen. Blijf het ook doen. Leg de boeken opzij (niet deze natuurlijk) en doe ouderwetse praktijkervaring op. Er is geen betere manier om het te leren. Met kennis opdoen uit boeken kom je een eind, maar niet ver genoeg. Een boek als dit is er om je te inspireren, je interesse op te wekken en dient als naslagwerk. Maar je moet buiten aan de slag gaan als je echt wilt leren. Werk met de compost, probeer het proces in de vingers te krijgen, bekijk je compost, ruik het eindproduct, koop of leen een compostthermometer zie hoe goed je compost opwarmt, en gebruik je compost dan bij het verbouwen van je voedsel. Vertrouw op je compost. Maak het een deel van je leven. Zie de noodzaak en waardeer het. In korte tijd tijd, zonder lijstjes en grafieken, promovendi en hun zorgen, zal je compost zo goed als de beste zijn. Misschien zullen we ooit net als de Chinezen prijzen uitreiken voor de beste compost van de provincie, en dan nationale competities houden. Er is hoop. Letterlijk.

## Compostwonderen



Compostmicro-organismen zetten niet alleen organisch materiaal om in compost en elimineren ziekteverwekkers, maar ze breken ook giftige chemicaliën af tot eenvoudigere, goedaardige, organische moleculen. Deze chemicaliën omvatten benzine, dieselbrandstof, vliegtuigbrandstof, olie, vet, houtconserveringsmiddelen, polychloorbifenylen (PCB's), afval van steenkoolvergas-sing, afval van raffinaderijen, insecticiden, herbiciden, TNT en andere explosieven.<sup>1</sup> Tijdens een onderzoeksstudie werden composthopen vervuild met insecticiden en herbiciden. Na vijftig da-gen composteren was het insecticide (carbofuran) volledig afgebroken en het herbicide (triazine) voor 98,6 procent. In een ander geval, toen met diesel en benzine verontreinigde grond zeventig dagen werd gecomposteerd, was de totale hoeveelheid aardolie-koolwaterstoffen met ongeveer 93 procent verminderd.<sup>2</sup> Bodem verontreinigd met dicamba-herbicide in een gehalte van drieduizend



delen per miljoen, vertoonde na slechts vijftig dagen composteren geen detecteerbare niveaus van deze giftige verontreiniging meer. Zonder compostering duurt het biologisch afbraakproces jaren.

Schimmels in compost produceren een stof die petroleum afbreekt, waardoor het beschikbaar komt als voedsel voor bacteriën.<sup>3</sup> Een man die een partij zaagsel, dat met dieselolie was verontreinigd composteerde, zei: "We hebben tests op de compost uitgevoerd, maar we konden de olie niet eens meer vinden!" De compost had het blijkbaar allemaal 'opgegeten'.<sup>4</sup> Schimmels produceren ook enzymen die kunnen worden gebruikt om chloor te vervangen bij het fabriceren van papier. Onderzoekers in Ierland hebben ontdekt dat schimmels die uit composthopen worden gehaald, een goedkoop en biologisch alternatief kunnen bieden voor giftige chemicaliën.<sup>5</sup> Composteren is de afgelopen jaren ook gebruikt om andere giftige chemicaliën af te breken. Zo werd de met chloorfenol verontreinigde grond gecomposteerd met turf, zaagsel en ander organisch materiaal. Na vijftientig maanden was de concentratie van chloorfenol met meer dan 98 procent gedaald. In andere compostproeven werd freonverontreiniging met 94 procent verminderd, PCB's met maximaal 98 procent en trichloorethyleen met 89 tot 99 procent.<sup>6</sup> Een deel van deze afbraak is te wijten aan de werking van schimmels bij lagere (mesofiele) temperaturen.<sup>7</sup>

Sommige bacteriën lusten zelfs uranium. Een microbioloog heeft gewerkt met een bacteriestam die normaal 60 meter onder het aardoppervlak leeft. Deze micro-organismen eten de uranium en scheiden het vervolgens uit. De chemisch gewijzigde uraniumuitwerpselen worden als gevolg van het microbiële verteringsproces onoplosbaar in water en kunnen bijgevolg worden verwijderd uit het water dat het had verontreinigd.<sup>8</sup>

Een Oostenrijkse boer beweert dat de micro-organismen die hij op zijn velden bracht, hebben voorkomen dat zijn gewassen werden besmet door de straling van Tsjernobyl. De onfortuinlijke Russische kerncentrale had de velden van hem en zijn burens besmet. Sigfried Lubke heeft zijn groenbemers bespoten met compostmicro-organismen, vlak voordat hij ze onderploegde in de grond. Deze praktijk leverde een bodem op die rijk was aan humus en vol microscopisch leven. Na de ramp in Tsjernobyl werden de gewassen afkomstig van velden in het landbouwgebied rondom Lubke, niet meer verkocht vanwege grote hoeveelheden radioactieve cesiumbesmetting. Toen ambtenaren echter de gewassen van Lubke testten, konden ze geen spoor van cesium meer vinden. De ambtenaren voerden herhaalde tests uit omdat ze niet konden geloven dat één boerderij geen radioactieve besmetting vertoonde, terwijl de omliggende boerderijen dat wel deden. Lubke vermoedt dat de humus het cesium had 'opgegeten'.<sup>9</sup>

Compost is ook in staat om met TNT vervuilde grond uit munitiefabrieken te saneren. De micro-organismen in de compost verteren de koolwaterstoffen in TNT en zetten ze om in kooldioxide, water en eenvoudige organische moleculen. De vroegere voorkeursmethode bij het saneren van verontreinigde grond was verbranding. Composteren kost echter veel minder en levert materiaal op dat waardevol is (compost), in tegenstelling tot verbranding, dat as oplevert dat als giftig afval moet worden afgevoerd. Toen het Umatilla Army Depot in Hermiston, Oregon, een verontreinigde locatie met vijftienduizend ton vervuilde grond composteerde in plaats van deze te verbranden, bespaarde dat ongeveer 2,6 miljoen dollar. Hoewel de Umatilla-bodem zwaar vervuild was met TNT en Royal Demolition Explosives, konden er na compostering geen explosieve stoffen meer worden gedetecteerd. De grond kwam zelfs in een betere conditie dan voordat deze vervuild raakte".<sup>10</sup> Vergelijkbare resultaten zijn verkregen op de luchtmachtbasis Seymour Johnson in North

Carolina, de Louisiana Army Ammunition Plant, de US Naval Submarine Base in Bangor, Washington, Fort Riley in Kansas, en het Hawthorne Army Depot in Nevada.<sup>11</sup>

Het US Army Corps of Engineers schat dat de belastingbetaler honderden miljoenen dollars zou besparen als compostering in plaats van verbranding zou worden gebruikt om de resterende Amerikaanse munitielocaties op te ruimen. Het vermogen van compost om giftige chemicaliën te bioremediëren is vooral zinvol als men bedenkt dat er alleen al in de VS duizenden locaties van het Ministerie van Defensie zijn die nog moeten worden gesaneerd.

Enig succes in de bioremediatie van PCB's tijdens composteerproeven is aangetoond door onderzoekers van de Michigan State University. In het beste geval lag het PCB-verlies binnen het bereik van 40 procent. Ondanks de gechloreerde aard van de PCB's, slaagden onderzoekers er toch in om micro-organismen te verkrijgen die het spul konden afbreken.<sup>12</sup>

Hoe veelbelovend compostbioremediatie ook lijkt, het kan niet alle wonden genezen. Sterk gechloreerde chemicaliën vertonen een aanzienlijke weerstand tegen microbiologische afbreekbaarheid. Blijkbaar zijn er stoffen die zelfs een schimmel niet blijft.<sup>13</sup> Zo is er bijvoorbeeld de ellendeling Clopyralid (3,6-dichloorpicolinezuur), een 'persistente herbicide' vervaardigd door Dow AgroSciences dat in het begin van de eenentwintigste eeuw grote hoeveelheden commerciële compost verontreinigde. Clopyralid heeft een paar neven, waaronder: Aminopyralid (Dow AgroSciences), Aminocyclopyrachlor (DuPont) en Picloram (Dow AgroSciences). Deze hardnekkige herbiciden blijven meestal onveranderd tijdens microbiële vertering. In feite kunnen microben deze chemicaliën concentreren omdat ze voor hen een afvalmateriaal zijn. Planten die te lijden hebben van deze bestrijdingsmiddelresiduen in compost, vertonen groeiachterstand, verminderde vruchtzetting, vervorming van het blad, enzovoort. Gevoelige plantenfamilies zijn onder meer erwten, bonen, linzen, klaver, tomaten, aardappelen, zonnebloemen, petunia's, madeliefjes, sla, asters, komkommers, pompoen en watermeloen. Persistente herbiciden kunnen van enkele maanden tot drie jaar of langer aanwezig blijven voordat ze volledig zijn afgebroken. Als je je afvraagt waarom sommige composteringsbedrijven geen grasmaaisel van golfbanen accepteren en zelfs koeienmest weigeren, dan weet je nu waarom. Zelfs een composthoop kan een slechte dag hebben.<sup>14</sup>

## Compost filtert vervuiling

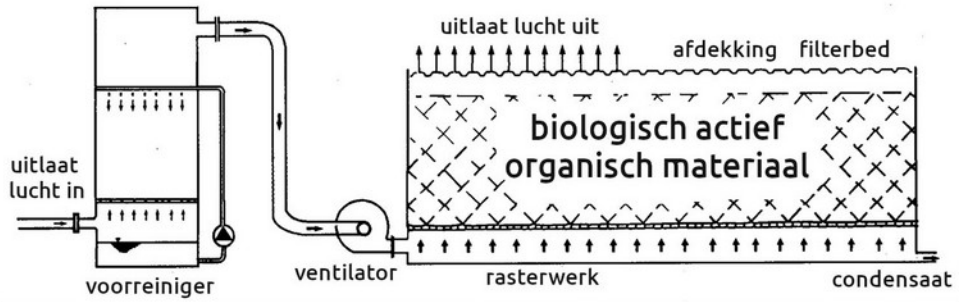
Compost kan geuren absorberen. Biologische filtratiesystemen, 'biofilters' genaamd, worden gebruikt in grootschalige composteerinstallaties waar uitlaatgassen worden gefilterd om geur te verwijderen. Deze biofilters zijn opgebouwd uit lagen organisch materiaal zoals houtsnippers, turf, aarde en compost, waardoor de af te voeren lucht wordt aangezogen om eventuele verontreinigingen te verwijderen. De micro-organismen in het organische materiaal eten de verontreinigingen en zetten ze om in kooldioxide en water.

Zaagsel en andere fijngemalen organische materialen op koolstofbasis zijn ook uitstekende biofilters in droogtoiletten. 'Afdekmaterialen', zoals ze worden genoemd, worden gebruikt om de inhoud van de toiletten te bedekken. Sommige werken dusdanig goed dat de toiletten binnenshuis kunnen worden geplaatst, zelfs naast een bed.

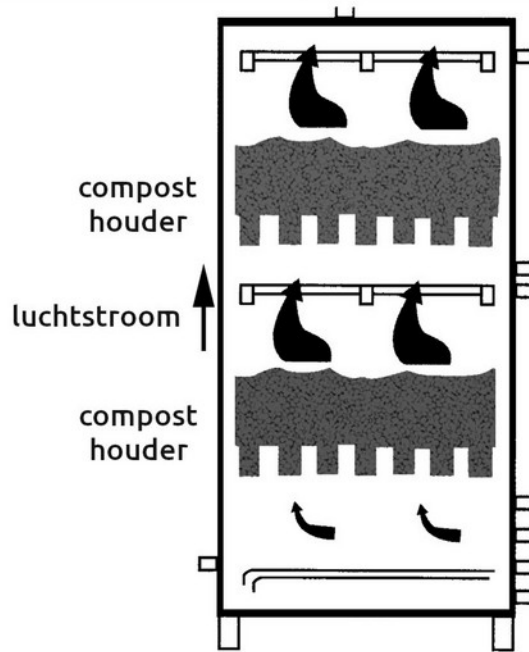
In Rockland County, New York, kan een commercieel biofiltratiesysteem voor compostering 2300 kubieke meter lucht per minuut verwerken en garandeert het geen waarneembare geur meer op of buiten de eigendomsgrens van het terrein. Een andere faciliteit in Portland, Oregon, gebruikt biofilters om spuitbussen te saneren voordat ze worden vernietigd. Na een dergelijke sanering worden de bussen niet langer als gevaarlijk beschouwd en kunnen ze gemakkelijker worden afgevoerd. In dit geval realiseerde men over een periode van anderhalf jaar een besparing van 47.000 dollar op de verwijderingskosten voor gevaarlijk afval. Biofilters voor gassen kunnen een consistente verwijderingsefficiëntie van vluchtige organische stoffen tot 99,6 procent realiseren, wat niet slecht is voor een stel micro-organismen.<sup>15</sup> Na een jaar of twee wordt het biofilter weer opgebouwd met nieuw organisch materiaal en wordt het oude spul gewoon gecomposteerd of op het land aangebracht.

Compost wordt ook gebruikt om regenwater mee te reinigen. De compost is in staat zware metalen, olie, vet, pesticiden, sediment en meststoffen eruit te halen. Dergelijke compostfilters kunnen meer dan 90 procent van alle vaste stoffen, 82 tot 98 procent van de zware metalen en 85 procent olie en vet verwijderen met een filtersnelheid tot 200 liter per seconde. Hiermee wordt voorkomen dat regenwater het oppervlaktewater vervuult.<sup>16</sup>

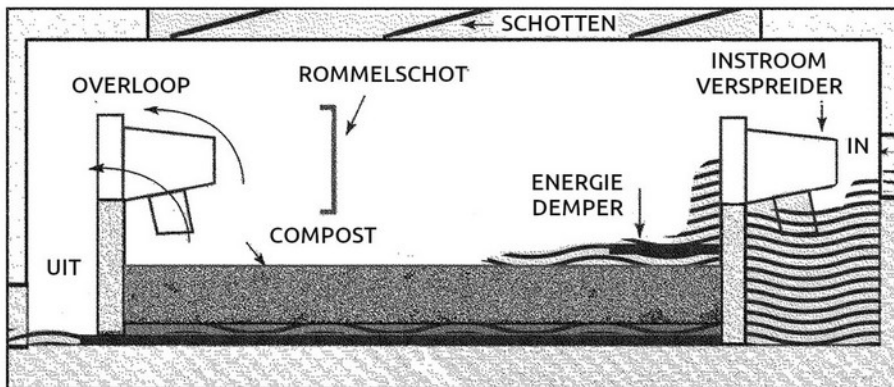
# BIOFILTERS



## DAMP COMPOST BIOFILTER



## COMPOST REGENWATER BIOFILTER



Bron: US EPA

## Compost beschermt tegen plantenziekten

Compostmicroben gaan direct de concurrentie aan met de organismen die ziekten bij planten veroorzaken, of remmen of doden ze. Daarom moet ziek plantmateriaal worden gecomposteerd in plaats van het terug te brengen naar het land, waar herbesmetting van de ziekte kan plaatsvinden. Plantpathogenen worden ook gegeten door micro-geleedpotigen, zoals mijten en springstaarten, die vaak in compost worden aangetroffen.<sup>17</sup> Compostmicro-organismen kunnen ook antibiotica produceren die plantenziekten onderdrukken.

Aan de bodem toegevoegde compost, kan ziekteresistente-genen in planten activeren en ze voorbereiden op een betere afweer tegen plantpathogenen. Systemisch verworven resistentie veroorzaakt door compost in bodems stelt planten in staat om de effecten van ziekten zoals anthracnose en wortelrot door *Pythium* bij komkommers te weerstaan. Experimenten hebben aangetoond dat wanneer slechts een deel van de wortels van een plant zich in met compost gemodificeerde grond bevindt, terwijl de andere wortels zich in zieke grond bevinden, de hele plant toch resistent kan worden tegen de ziekte.<sup>18</sup>

Onderzoekers hebben aangetoond dat compost chili-verwelking (*Phytophthora*) bestrijdt in testpercelen van chilipepers, asymmetrische stengelziekte in bonen, *Rhizoctonia* wortelrot in zwarteogen-bonen,<sup>19</sup> *Fusarium oxysporum* in potplanten en pompoenziekten dempt.<sup>20</sup> Het wordt nu erkend dat de bestrijding van wortelrot met compost, net zo effectief kan zijn als synthetische fungiciden, zoals methylbromide. Slechts een klein percentage van de compostmicro-organismen kan echter ziekteresistentie in planten veroorzaken, wat opnieuw het belang van biodiversiteit in compost benadrukt.

Uit studies van onderzoeker Harry Hoitink bleek dat compost de groei van ziekteverwekkende micro-organismen in kassen remt door nuttige micro-organismen aan de kasgrond toe te voegen. Hij en een team van wetenschappers hebben een patent aangevraagd voor compost die plantenziekten reduceert of onderdrukt, veroorzaakt door drie dodelijke micro-organismen: *Phytophthora*, *Pythium* en *Fusarium*. Telers die deze compost in hun bodems gebruikten, verminderden hun oogstverliezen tot 1 procent binnen een reeks van 25 tot 75 procent, zonder fungiciden toe te passen. De studies suggereerden dat steriele bodems optimale kweekomstandigheden zouden kunnen bieden voor plantenziekte verwekkende micro-organismen, terwijl een rijke diversiteit aan micro-organismen in de bodem, zoals die in compost, de grond ongeschikt zou maken voor de verspreiding van ziekteverwekkende organismen.<sup>21</sup>

Van compostthee is ook aangetoond dat het ziekteverlagende eigenschappen heeft in planten. Compostthee wordt gemaakt door rijpe, maar niet al te rijpe compost drie tot twaalf dagen in water te laten weken. De 'thee' wordt vervolgens gefilterd en onverdund op planten gespreid, waarbij de bladeren worden bedekt met levende bacteriekolonies. Wanneer het bijvoorbeeld op zaailingen van rode dennen werd gespoten, nam bacterievuur aanzienlijk in kracht af.<sup>22</sup> Echte meeldauw (*Uncinula necator*) op druiven werd met succes onderdrukt door compostthee gemaakt van compost van rundermest.<sup>23</sup> "Compostthee kan op gewassen worden gespreid om bladoppervlakten te bedekken en daarmee feitelijk de plaatsen te bezetten die gekoloniseerd hadden kunnen worden door ziekteverwekkers", zegt een onderzoeker die eraan toevoegt: "Er zijn een beperkter

aantal plaatsen op een plant dat een ziekteverwekker zou kunnen besmetten, als die ruimtes worden ingenomen door nuttige bacteriën en schimmels. Het gewas is dan resistent tegen infectie."<sup>24</sup>

Toen wetenschappers houtsnippers inoculeerden met drie verschillende plantpathogenen en ze vervolgens composteerden, ontdekten ze dat een temperatuur van 40°C, wanneer deze gedurende meer dan vijf dagen werd overschreden, voldoende was om alle drie de organismen te doden.<sup>25</sup>

Fusarium, een ziekteverwekkende schimmel die graangewassen aantast, werd gecomposteerd door andere onderzoekers. Ze ontdekten dat Fusarium-soorten in geïnfecteerde granen snel werden uitgerooid in zwadcompost. Toen de temperatuur 51°C bereikte, waren de ziekteverwekkers na slechts twee dagen geëlimineerd. Bij lagere temperaturen kon het tot tweeëntwintig dagen duren voordat ze volledig verdwenen waren.<sup>26</sup>

Naast het helpen bestrijden van bodem- en plantenziekten, trekt compost regenwormen aan, helpt het planten bij het produceren van groeistimulatoren en helpt het bij het bestrijden van parasitaire nematoden.<sup>27</sup> Compost-biopesticiden worden tegenwoordig steeds effectievere alternatieven voor chemische insectenverdelgers. Deze '*designercomposts*' worden gemaakt door bepaalde ongediertebestrijdende micro-organismen aan compost toe te voegen, waardoor een compost ontstaat met een specifieke plaagdodende capaciteit.<sup>28</sup> Composteren vernietigt ook onkruidzaden. Onderzoekers merkten op dat na drie dagen in compost van 55°C, alle zaden, van de acht bestudeerde onkruidsoorten, dood waren.<sup>29</sup>

## Compost recyclet de dood

Elk jaar worden er in de VS 7,3 miljard kippen, eenden en kalkoenen grootgebracht. Voordat ze op de markt komen, sterven er ongeveer 37 miljoen aan ziekten en andere natuurlijke oorzaken.<sup>30</sup> Deze dode vogels en andere dode dieren van alle soorten en maten kunnen eenvoudig worden gerecycled door compostering.

Het proces zet de karkassen niet alleen om in compost die rechtstreeks naar de velden van de boer kan worden teruggevoerd, maar het vernietigt in de eerste plaats ook de ziekteverwekkers en parasieten die de vogels mogelijk hebben gedood. Het verdient de voorkeur de zieke dieren ter plaatse te composteren, op de boerderij waar ze vandaan kwamen, in plaats van ze naar elders te vervoeren en het risico te lopen de ziekte te verspreiden. Een gehandhaafde temperatuur van 55°C gedurende ten minste drie opeenvolgende dagen, maximaliseert de vernietiging van pathogenen.

Composteren is een eenvoudige, economische, milieuvriendelijke en effectieve methode om de diersterfte te beheersen. Karkassen worden begraven in een composthoop. De totale benodigde tijd varieert over het algemeen van twee tot twaalf maanden, afhankelijk van de grootte van het dier en andere factoren zoals de temperatuur van de omgevingslucht. Rottende karkassen in de grond begraven is geen goed idee. Daar kunnen ze het grondwater vervuilen, zoals doorgaans gebeurt wanneer er geen compostering wordt toegepast. Composteren van karkassen kan zonder geuren, vliegen of aasetende dieren of vogels. Dierlijke karkassen die kunnen worden gecomposteerd, omvatten volwassen varkens, runderen, paarden, vissen, schapen, kalveren en andere dieren. Het composteren van dode dieren is hetzelfde als het composteren van elk ander organisch materiaal. De karkassen zorgen voor stikstof en vocht, terwijl zaagsel, stro, maïsstengels en papier, voorzien in koolstof en vulling voor luchttoevoer. Het composteren kan in tijdelijke bakken die gemaakt zijn van stro of hooibalen. Een laag absorberend organisch materiaal bedekt de bodem van de bak en fungeert als een biologische spons voor overtollige vloeistoffen. Grote dieren worden op hun rug in de compost gelegd, met hun buik- en borstholte geopend en afgedekt met organisch materiaal. Zaagsel van zagerijen is een van de meest effectieve materialen gebleken om dode dieren mee te composteren. Na het vullen van de bak met goed geprepareerde dode dieren, wordt de bovenkant bedekt met schoon organisch materiaal dat fungeert als biofilter voor geurbestrijding. Na het composteringsproces kunnen grote botten achterblijven, deze breken uiteindelijk af nadat ze in de bodem terecht zijn gekomen.<sup>31</sup> Karkassen van kleinere dieren, zoals honden, kunnen zonder voorafgaande voorbereiding in de compostbak worden gedeponeerd.

Wanneer een klein dier is gestorven en het karkas moet worden gerecycled, graaf dan eenvoudig een gat bovenaan in het midden van je composthoop, deponeer het karkas in het gat, bedek het met de aanwezige compost en met een schone laag organisch materiaal zoals stro, onkruid of hooi. Je zult het karkas daarna nooit meer zien. Deze methode kun je ook gebruiken voor vis, vleesresten, melkproducten en andere organische materialen die anders aantrekkelijk zouden kunnen zijn voor hinderlijke dieren.

Ik heb een paar eenden en kippen op mijn boerderij, en af en toe gaat er wel eens een dood. Een beetje graven in de composthoop om een holte in de bovenkant te creëren, plof het karkas erin, en een volgend wezen is op weg naar reïncarnatie. Ik heb deze techniek ook regelmatig gebruikt voor het recyclen van andere karkassen van kleine dieren, zoals muizen, kuikentjes en babykonij-

nen. Nadat ik regenwormen van mijn composthoop heb verzameld om te gaan vissen in de plaatselijke vijver, fileer ik de vangst. De visresten gaan rechtstreeks de compost in en worden op dezelfde manier begraven als andere dode dieren. Mijn meest recente compostbak in de achtertuin (2018) bevatte negenentwintig dode dieren, voornamelijk wasberen en opossums, maar ook de kippen en eenden die deze roofdieren hadden gedood. Het afdekken van de karkassen met toilethoud uit het droogtoilet blokkeerde de geur compleet. Als je vier dode wasberen van 15 kilo tegelijk in je compostbak gooit, kan het afschuwelijk stinken als de inhoud van de bak niet voldoende wordt afgedekt. Begraaf het karkas daarom altijd in de stapel, bedek het met toiletmateriaal of etensresten om de ontbinding te versnellen, hark de bestaande compost eroverheen en leg er dan een dikke laag stro of ander schoon afdek materiaal bovenop. Ruik je nog steeds iets? Voeg dan meer afdek materiaal toe totdat je niets meer ruikt. Laat je leiden door je neus. Uiteraard zijn dit ingesloten hopen die niet van hun plaats komen. Composthopen vol menselijke mest en dode dieren wil je echt niet ompspitten. Deze composteringsmethode wordt verder uitgelegd in het hoofdstuk Tao van Compost.

Mijn buitenkatten zul je nooit betrappen op graven in de compost op zoek naar een lekker hapje. Evenmin als mijn hond - en honden eten zo ongeveer alles - maar niet wanneer dat begraven is in een goed beheerde composthoop. In de veertig jaar dat ik op mijn boerderij woon, komen beren steeds vaker voor. Ze hebben de vuilnisbakken in de buurt vaak doorzocht, de vogelhuisjes in mijn tuin leeg geroofd, mijn bijenkorven omver gegooid, zijn op mijn veranda geweest en hebben mijn hordeur kapot getrokken, maar ze hebben nooit enige interesse getoond in mijn composthopen.

Zorg er echter wel voor dat je compostbak stevige zijwanden heeft en leg dan eenvoudig een stuk stijf hekwerk op de compost. Dat is alles. Je compost is veilig, tot het moment dat dieren leren hoe ze kniptangen moeten gebruiken.

## **Compost recyclet dierenmest**

Een dame vroeg me of je een hondendrol kunt composteren. Ik vertelde haar dat ik een hele hond kan composteren, dus waarom een hondendrol dan niet? Toen onze grote collie een paar jaar geleden midden in de winter van ouderdom stierf, vond haar bevroren karkas een mooi plekje op de bodem van een compostbak. Een jaar later was er alleen nog een kale schedel en een klein stukje vacht over. Alle compost belandde in een van mijn bloembedden, waar ik, als de bloemen bloeien, vaak aan hond Sylvie terugdenk. Het idee om hondenmest te composteren is onderschreven door J. I. Rodale in *The Encyclopedia of Organic Gardening*. Hij stelt: "Hondenmest kan worden gebruikt in de composthoop, het is het rijkst aan fosfor als de honden met de juiste zorg worden gevoerd en hun deel van de botten krijgen." Volgens BioCycle (oktober 2016) heeft San Francisco alleen al 120.000 honden die jaarlijks anderhalf miljoen kilo hondenpoep produceren. Compostmicroben kunnen dat allemaal opeten.



## Compost recyclet zelfs reclamefolders

Composteren is ook een oplossing voor ongewenst reclamedrukwerk. Bij een proefcomposteringsproject in Dallas-Ft. Worth, Texas, werd jaarlijks achthonderd ton onbestelbare partijepost gegenereerd. Deze post werd gemalen in een kuipmolen, bedekt met houtsnippers om het niet weg te laten waaien, en vervolgens gemengd met dierentuilmest, schapendarmen en weggegooid fruit en groenten. Alles werd vochtig gehouden en grondig gemengd. Het resultaat: een afgewerkte compost die ‘net zo goed is als elke andere in de handel verkrijgbare compost’. Er groeide ook een mooie tros tomaten in.<sup>32</sup>

Hoe het zit met kranten in achtertuincompost? Ja, kranten zullen composteren, maar er zijn enkele zorgen over papier. Ten eerste zijn de glanzende pagina's van tijdschriften bedekt met een vernis die compostering vertraagt. Anderzijds kunnen de inkt op petroleum gebaseerde oplosmiddelen bevatten of oliën met pigmenten die giftige stoffen en zware metalen bevatten zoals chroom, lood en cadmium, in zowel zwarte als gekleurde inkt. Pigment voor kranteninkt is nog steeds afkomstig van benzeen, toluen, naftaleen en andere benzeenringkoolwaterstoffen die schadelijk kunnen zijn voor de menselijke gezondheid als ze zich ophopen in de voedselketen. Gelukkig gebruiken nogal wat kranten tegenwoordig inkt op basis van soja in plaats van inkt op petroleumbasis. Als je echt wilt weten welk type inkt er in je krant zit, bel dan je krantenuitgever en vraag ernaar. Houd anders het glanzende papier of de gekleurde pagina's in je compost tot een minimum beperkt. Bedenk dat idealiter compost wordt gemaakt om voeding voor mensen te produceren. Proberen de verontreinigingen er indien mogelijk buiten te houden.<sup>33</sup>

Woods End Laboratory in Maine deed enig onderzoek naar het composteren van vermalen telefoonboeken en krantenpapier dat als strooisel voor melkvee was gebruikt. De inkt in het papier bevatte veel voorkomende kankerverwekkende chemicaliën, maar na compostering met koeienmest waren de gevaarlijke chemicaliën met 98 procent verminderd.<sup>34</sup> Het lijkt er dus op dat als je versnipperde kranten gebruikt voor strooisel in je koeienstal, je deze moet composteren om de meeste giftige elementen uit het krantenpapier te verwijderen. Het zal waarschijnlijk ook acceptabele compost opleveren, vooral als het wordt gecomposteerd met mest en ander organisch materiaal.

## Farmaceutische producten in compost

Met de golf van antibioticagebruik in Amerika en andere farmaceutisch producten, zal een welkenkend persoon zich afvragen wat er met al die medicijnen gebeurt nadat ze zijn ingenomen en uitgescheiden? Hoe zit het met de medicijnen die mensen hebben gekocht, maar niet hebben gebruikt en in plaats daarvan weggegooid? Hoe zit het met geneesmiddelen in je compost? Breekt compostering de medicijnen zelfs af? Zijn sommige geneesmiddelen erger dan andere? Gebruiken planten geneesmiddelen? Dit zijn goede vragen. Er spelen veel problemen.

Om een idee van de verhoudingen te krijgen: het verwijderingsprogramma van Alameda County in Californië bijvoorbeeld, levert alleen al de ongelooflijke hoeveelheid van zeven ton aan voor-

geschreven geneesmiddelen per jaar op, die uit de staat moeten worden verscheept om te worden verbrand.<sup>35</sup> Daarmee komen ze tenminste niet in het toilet en in het water terecht.

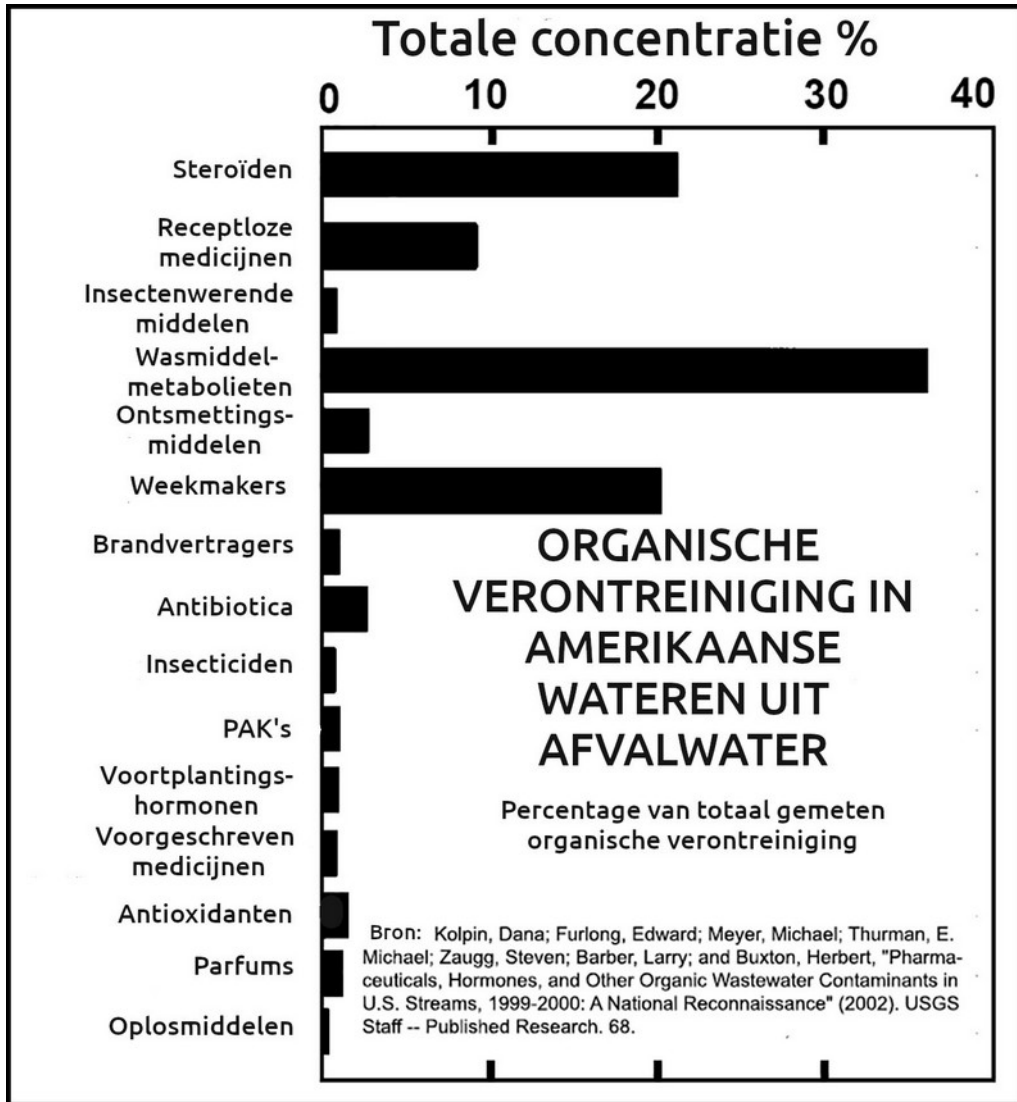
Om antwoorden te krijgen, moeten wetenschappers en onderzoekers antibiotica en geneesmiddelen nemen en deze in composteersystemen introduceren, en vervolgens de effecten op de geneesmiddelen volgen en registreren. Helaas doet niemand dergelijk onderzoek in combinatie met het composteren van menselijk mest, want in de VS is humanure compost niet erg verkrijgbaar. Aan de andere kant is er wel zuiveringsslibcompost en compost van dierlijke mest beschikbaar. We zullen dus de onderzoeksresultaten hiervan moeten bekijken om een idee te krijgen wat compostering doet met geneesmiddelen en andere chemicaliën die mensen en andere dieren uitscheiden of in het milieu gooien.

Ongeveer 170.000 openbare watersystemen in de VS worden gecontroleerd op bijna tachtig schadelijke stoffen, waaronder bacteriën, virussen, pesticiden, aardolieproducten, sterke zuren en enkele metalen. Maar water wordt ook vervuild door niet gecontroleerde chemicaliën zoals farmaceutische producten, parfum, eau de cologne, huidlotions en zonnebrandmiddelen. Ons lichaam metaboliseert slechts een fractie van de medicijnen die we binnenkrijgen, het grootste deel van de rest wordt uitgescheiden en komt via toiletten in het afvalwater terecht. Ziekenhuizen en verpleeghuizen lozen ook medicijnen via de riolering. Bovendien zijn de miljoenen tonnen aan dierlijke mest die wordt gegenereerd door pluimvee- en veeteeltbedrijven in de VS, ook besmet met hormonen en antibiotica, die onvermijdelijk in het grond- of oppervlaktewater terechtkomen.<sup>36</sup>

Een onderzoek uitgevoerd door de US Geological Survey vond medicijnresten in 80 procent van de watermonsters tijdens een bemonstering van 139 stromen in dertig staten. De medicijnen omvatten antibiotica, antidepressiva, bloedverdunners, hartmedicatie, hormonen en pijnstillers. De meest voorkomende verbindingen waren steroïden, insectenwerende middelen, cafeïne, Triclosan (een antimicrobieel desinfectiemiddel), brandvertragers en metabolieten van detergentia.<sup>37</sup> Andere medicijnen die onze wateren verontreinigen zijn onder meer Carbamazepine (een middel tegen epilepsie), fibraten (cholesterolmedicatie) en geurchemicaliën zoals Galaxolide en Tonalide. Waterzuiveringsinstallaties en afvalwaterzuiveringsinstallaties zijn niet ontworpen om deze verontreinigingen te verwijderen. In feite kunnen de chemicaliën geconcentreerd raken in het zuiveringsslib dat door de installaties wordt geproduceerd.<sup>38</sup> Ongeveer de helft van het zuiveringsslib dat in de VS wordt geproduceerd, wordt op het land aangebracht. Hierdoor kunnen verontreinigende stoffen in de bodem terecht komen welke na verloop van tijd kunnen bio-accumuleren bij herhaalde toediening van het slib. Alleen al in de USEPA's 2013 Biennial Review werden 35 nieuwe chemicaliën en zes nieuwe microbiële verontreinigende stoffen geïdentificeerd in zuiveringsslib, maar gegevens over de gezondheidseffecten van deze verontreinigingen waren niet aanwezig.<sup>39</sup> Zuiveringsslib wordt gebruikt bij grootschalige landschapsontwikkeling, bouwgrond voor huizen, tuinen, verlaten mijnen, boerderijen en elders. Fluoroquinolonen, antibacteriële geneesmiddelen die voor mens en dier worden gebruikt, 'raken bijvoorbeeld sterk geconcentreerd in zuiveringsslib'. Verspreiden van zuiveringsslib in bodems is daarom een mogelijke route voor deze medicijnen om in het milieu terecht te komen. Bovendien blijven Fluoroquinolonen tot enkele maanden na verspreiding aanwezig in met slib behandelde grond.<sup>40</sup>

In één studie werd gekeken naar de afbraak van drie geneesmiddelen: Naproxen (ontstekingsremmend geneesmiddel), Carbamazepine (anticonvulsivum) en Fluoxetine (antidepressivum) in

grond, slib en bodemslibmengsels (maar niet in compost). De Carbamazepine en Fluoxetine werden niet afgebroken, terwijl de Naproxen langzaam afbraken. Toen het antibioticum Sulfamethazine werd toegevoegd, vertraagde de afbraak van Naproxen echter, wat aangeeft dat combinaties van geneesmiddelen of de toevoeging van antibiotica aan de verontreinigde ‘stoofpot’, anders reageren op bodemomgevingen dan individuele geneesmiddelen. De tijd nodig om geneesmiddelen in de bodem af te breken kan variëren van dagen tot jaren.<sup>41</sup>



Herhaaldelijk op het land aanbrengen van zuiveringsslib kan leiden tot plaatselijke concentraties van verontreinigende stoffen. Een studie gaf bijvoorbeeld aan dat gebromeerde brandvertragers twintig jaar na de laatste toepassing van organische vaste stoffen nog steeds in bijna achtduizend keer hogere concentraties dan achtergrondconcentraties in bodemonsters werden aangetroffen. In een andere studie waren vijftien van de negentien farmaceutische medicijnen zes maanden na irrigatie met verontreinigd afvalwater nog steeds in de bodem aanwezig.<sup>42</sup>

In de Verenigde Staten produceert men elk gemiddeld ongeveer 540 liter afvalwater per persoon per dag, dat 85 gram vaste organische stoffen bevat, waarvan een groot deel uit giftige chemicaliën bestaat. In één onderzoek werden negen soorten zuiveringsslib van gemeentelijke afvalwaterzuiveringsinstallaties uit zeven verschillende staten geanalyseerd op 87 verschillende organische waterverontreinigingen, waaronder geneesmiddelen, steroïden, hormonen, detergenten, geurstoffen, weekmakers, brandvertragers, ontsmettingsmiddelen en pesticiden. Veel van deze verontreinigingen verlaten de afvalwaterzuiveringsinstallaties onveranderd of onvolledig verwijderd en komen daardoor in het milieu terecht. Er werden minimaal 30 en maximaal 45 verontreinigende organische vaste stoffen gedetecteerd in elk monster.

Het onderzoek wees uit dat de organische verontreinigingen geconcentreerd zijn in het slib. Deze verontreinigingen kunnen bij mensen en andere dieren een verhoogde kans op kanker en voortplantingsstoornissen veroorzaken, evenals antibioticaresistentie bij pathogene bacteriën.<sup>43</sup>

Hoe zit het met composteren? Zal het antibiotica, farmaceutische producten en organische verontreinigingen verwijderen? In één onderzoek werd grond die verontreinigd was met het geneesmiddel probenecide (medicijn tegen jicht) en methaqualon (een kalmeringsmiddel) gecomposteerd. Dit waren organische actieve verbindingen, dus verwijdering uit de bodem was belangrijk. De resultaten toonden aan dat de meest effectieve verwijdering plaatsvond bij 25°C, hoewel de verwijdering van probenecide in het thermofiele stadium varieerde van 75 tot 100 procent. Compostering "verwijderde de verontreinigingen tot de afgesproken limieten." De compost werd vervolgens gebruikt voor landschappelijke doeleinden.<sup>44</sup>

Interessant is dat de mesofiele temperaturen effectiever waren in het verwijderen van de verontreinigingen, vermoedelijk omdat er dan een grotere diversiteit aan micro-organismen aanwezig is met meer 'gereedschappen' tot hun beschikking. Dit fenomeen werd herhaald in een studie met polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), verontreinigende organische stoffen die wijdverspreid zijn in het milieu, vaak worden aangetroffen in de bodem, giftig en zelfs kanker-  
verwekkend zijn. Deze studie "bewees dat mesofiele condities beter presteerden dan thermofiele condities. De hoogste verwijdering van PAK's met drie en vier ringen werd waargenomen in reactoren met mesofiele omstandigheden.' Aan de andere kant vond de hoogste verwijdering van vijf-  
voudige PAK's plaats onder thermofiele omstandigheden. Compostering, in dit geval, "werd beschouwd als een biostimulatiestrategie met een hoog rendement voor de afbraak van persistente PAK's. . . ."45

Jaarlijks wordt in de VS bijna 14 miljoen kilo antibiotica gebruikt voor veeteeltdoeleinden, waarvan ongeveer 70 procent wordt uitgescheiden in de mest. Een studie toonde aan dat sulfachloropyrazine (een medicijn voor pluimvee) met 58 tot 82 procent afnam na slechts acht dagen composteren. Een ander experiment toonde een verwijdering van 99 procent van oxytetracycline (een antibioticum) na 35 dagen composteren, terwijl een reductie van minder dan 15 procent werd be-

reikt bij kamertemperatuur. Na vijftig dagen van thermofiele temperaturen was een ander antibioticum, chloortetracycline, met meer dan 99 procent verminderd; de antibiotica monensin en tylosine werden teruggebracht van 54 naar 76 procent, terwijl het antibacteriële geneesmiddel sulfamethazine in deze periode helemaal niet werd afgebroken.<sup>46</sup> Een andere studie wees uit dat compostering effectief is bij het verminderen van salinomycine (een breedspectrumantibioticum) in mest.<sup>47</sup>

Van 2001 tot 2003 werd in de VS jaarlijks ongeveer drieënhonderd ton tetracycline-antibiotica geproduceerd voor dieren. oxytetracycline is de meest toegediende tetracyclineverbinding. Als milieuverontreinigende stof kan het algen, schaaldieren en bodembacteriën aantasten, antibioticaresistente bacteriën creëren en levert het risico's op voor de besmetting van de voedselketen. Ongeveer 23 procent van de oxytetracycline die aan kalveren wordt gevoerd, komt in de mest terecht. Hoewel dit antibioticum aanwezig was in de mest die werd gecomposteerd, bleek het het composteringproces niet te beïnvloeden. Binnen de eerste zes dagen van compostering waren de niveaus van oxytetracycline met 95 procent verlaagd.

De onderzoekers adviseerden boeren te informeren over de persistentie van oxytetracycline in onbehandelde mest en om mest te composteren om oxytetracyclineresiduen te verminderen. Dergelijke residuen in mest werden daarentegen niet effectief verminderd tijdens anaerobe vergisting.<sup>48</sup> Ander onderzoek wees uit dat aërobe zwadcompostering van mest de hoeveelheid chloortetracycline (een antibioticum), sulfamethazine (antibacterieel geneesmiddel) en tylosine (een antibioticum) aanzienlijk zou verminderen.<sup>49</sup> Aanvullend onderzoek omvatte drie veel voorkomende klassen antibiotica (tetracyclines, sulfonamiden en macroliden). Tijdens het composteren, zowel in veldonderzoek als in laboratoriumonderzoek, daalden de concentraties van alle drie de antibiotica tot acceptabele niveaus. Het is interessant om op te merken dat de afname van tetracycline en sulfonamideconcentraties sterk afhankelijk waren van de aanwezigheid van zaagsel, terwijl er geen invloed was van zaagsel op tylosine.<sup>50</sup> Een andere studie onderzocht drie soorten antibiotica, waaronder chloortetracycline, oxytetracycline en tetracycline bij het composteren van varkensmest. Tijdens de compostering op proefschaal werden ze met respectievelijk 74 procent, 92 procent en 70 procent afgebroken.<sup>51</sup> Toen bijproducten van de papaverproductie vijftig dagen thermofiel werden gecomposteerd om morfine te verwijderen, daalde het morfinegehalte na dertig dagen tot onder detecteerbare niveaus, zelfs als de zwadcompost helemaal niet werd gedraaid.<sup>52</sup> Zowel mannelijke als vrouwelijke menselijke hormonen vertoonden een afname van 84 tot 90 procent na 139 dagen composteren in pluimveemest. Hoewel de niveaus van hormonen tijdens het composteren werden verlaagd, werden ze in die periode niet volledig geëlimineerd.<sup>53</sup> Misschien was een langere rijpingsfase nodig?

Hoe zit het met restmedicijnen in kadavers? fenylbutazon (een ontstekingsremmend medicijn) was niet te detecteren na compostering. Ivermectine (een ontwormingsmiddel) had tegen het einde van het composteringproces niet-detecteerbare niveaus bereikt. Het lot van barbituraten na compostering wisselt en vereist verder onderzoek. "Studies beginnen net de impact van compostering op medicijnen en medicijnresten aan het licht te brengen ... Hoewel er meer onderzoek nodig is, ondersteunen recente en lopende studies het gebruik van compostering. . . ." <sup>54</sup>

Ongeveer 70 procent van de medicijnen die we binnenkrijgen, scheiden we ook weer uit. Veel van de geneesmiddelen lozen we via onze urine uit ons lichaam. Hoewel urine gemakkelijk kan worden gecomposteerd, is er een subgroep van gebruikers van 'droogtoiletten' die de voorkeur

geeft om urine te scheiden en direct op planten in de tuinen te gieten, vooraf verdund met water. Een studie in Duitsland gaf aan dat er 124 actieve farmaceutische middelen in de gemiddelde Duitse urine zit, wat ongelooflijk is. De studie concludeerde: "het wordt aanbevolen om geen urine te gebruiken voor de bevruchting van voedselgewassen, van mensen die medicatie gebruiken."<sup>55</sup> Ze bedoelen ongetwijfeld een directe bemesting. Vooraf composteren van urine is gebaat bij een zelfde sanering zoals die wordt bereikt bij het composteren van verontreinigde mest, slib en grond.

Nemen eetbare planten medicijnen op uit verontreinigde bodems? Tijdens een experiment in een kas bestudeerde men de opname van carbamazepine (een anticonvulsivum), difenhydramine (een antihistaminicum) en fluoxetine (een antidepressivum), en twee producten voor persoonlijke verzorging - triclosan (een antibacterieel middel) en triclocarban (een ander antibacterieel middel) in de sojabonenplant. Na 60 en 110 dagen groei bleken carbamazepine, triclosan en triclocarban geconcentreerd te zijn in wortelweefsels en getransloceerd naar bovengrondse delen van de plant, inclusief de bonen. Accumulatie en translocatie van difenhydramine en fluoxetine bleek beperkt. Groei in biologische vaste stoffen resulteerde in hogere concentraties in de plant, waarschijnlijk door de hogere concentraties verontreinigingen. Met behulp van door irrigatie toegevoegde verontreinigingen, was er meer beschikbaar voor opname en translocatie in het plantweefsel.<sup>56</sup>

Bij een andere studie in een kas, gebruikte men maïs, uien en kool. Alle drie de gewassen namen chloortetracycline (een antibioticum) op, maar geen tylosine (een ander antibioticum). De concentraties chloortetracycline in plantenweefsels waren klein, maar de concentraties namen toe met toenemende hoeveelheid antibiotica in de mest. Deze studie wijst op de mogelijke risico's voor de gezondheid van de mens bij de consumptie van verse groenten die worden geteeld in grond waaraan mest met antibiotica is toegevoegd. De risico's kunnen groter zijn voor mensen die allergisch zijn voor antibiotica. Ook bestaat de mogelijkheid van verhoogde antimicrobiële resistentie als gevolg van menselijke consumptie van deze gewassen.<sup>57</sup> Het is duidelijk dat verontreinigde mest in de landbouw, moet worden gecomposteerd in plaats van het puur te gebruiken.

Aanvullend onderzoek bevestigt ook dat geneesmiddelen worden opgenomen door planten die worden gekweekt in grond die is bemest met zuiveringsslib. "De opname van ciprofloxacine, norfloxacine, floxacine, sulfadimethoxine en sulfamethoxazol werd aangetoond in sla. De opname van fluoroquinolonen en sulfonamiden door planten zoals sla, lijkt geen groot risico voor de gezondheid van de mens op te leveren, aangezien de gedetecteerde niveaus van de onderzochte geneesmiddelen relatief laag waren in vergelijking met de bodemconcentraties."<sup>58</sup> Dezelfde antibiotica werden onderzocht in tarwe, wortelen en aardappelen, gekweekt in met rioolslib bemeste grond. De tarwekorrels hadden niets opgenomen, maar de aardappelen en wortelen wel. Genoeg om de onderzoekers te laten waarschuwen dat planten als aardappels en wortels een risico voor de gezondheid kunnen vormen.<sup>59</sup>

Dan zijn er ook nog de medicijnen voor chemotherapie. Ik kon niet veel onderzoek vinden naar het effect van compostering op deze medicijnen, maar er wordt veel voor gewaarschuwd. Deze medicijnen vallen niet alleen rechtstreeks het DNA aan, maar ze passeren kankerpatiënten als actieve chemicaliën in urine, ontlasting, braaksel, speeksel en zweet. Een van de krachtigste en gevaarlijkste chemo is cyclofosfamide. Onbedoelde besmetting met dit medicijn kan kanker, ge-

boortefwijkingen, miskramen, leukemie en blijvende onvruchtbaarheid veroorzaken. Patiënten kunnen zelfs vormen van kanker krijgen die al jaren niet meer voorkomen. Cyclofosfamide kan bijvoorbeeld, hoewel het wordt gebruikt om borstkanker te behandelen, blaaskanker veroorzaken. Toch spoelen we de uitscheidingen van kankerpatiënten routinematig door het toilet. Hoewel de American Cancer Society aanbeveelt om het toilet twee keer door te spoelen, klinkt dit op de een of andere manier niet erg geruststellend. De ACS waarschuwt dat toiletten die worden gebruikt door kankerpatiënten gevaarlijk kunnen zijn, evenals de lippen van een chemopatiënt (ze raden aan om niet te zoenen). Chemotherapie medicijnen kunnen kankerpatiënten verlaten als actieve en gevaarlijke chemicaliën. Septische systemen en afvalwaterzuiveringsinstallaties kunnen 98 procent ervan niet verwijderen, dus komen ze intact in plassen, meren, rivieren, en uiteindelijk in onze drinkwatervoorraden terecht.<sup>60</sup>

Toen het geneesmiddel tegen kanker, salinomycine, werd gecomposteerd in mest, concludeerden de onderzoekers: "op basis van de onderzoeksresultaten die zijn verkregen, blijkt dat de composteringstechniek effectief is in het verminderen van salinomycine in mest."<sup>61</sup>

Wat doe je als je chemotherapie gebruikt en ook een droogtoiletgebruiker bent? Ik durf niet te raden, want de jury is er nog niet over uit. Ik hoop dat er meer onderzoek zal worden gedaan waarin de giftige chemomedicijnen gedurende een langere periode aan echte compostering wordt onderworpen. We kunnen ook hopen dat de farmaceutische industrie behandelingen voor kanker zal ontwikkelen die niet zo schadelijk en bedreigend zijn.

## Zware metalen

En dan nog een veelgestelde vraag over compost en droogtoiletten. "Hoe zit het met de zware metalen?" Mijn antwoord: welke zware metalen? Waar komen de zware metalen vandaan? Als je zware metalen poept, heb je een serieus probleem. Hoe zouden anders zware metalen in je droogtoilet terechtkomen? Het lijkt erop dat er mensen zijn die hebben gehoord dat zware metalen compost kunnen besmetten, waardoor alle compost last zal hebben van zware metalen. Nee dus, dat is helemaal niet waar.

Maar zware metalen kunnen wel een probleem zijn voor de composteerindustrie, afhankelijk van de bron waar de grondstoffen die worden gecomposteerd vandaan zijn gekomen. Sommige grondstoffen zijn verontreinigd met zware metalen zoals lood, koper en cadmium, met name vanuit vast stedelijk afval. Grond kan ook worden verontreinigd door langdurig gebruik van rioolwater voor irrigatie, uitgebreid gebruik van chemische meststoffen en pesticiden en onzorgvuldige opslag van industrieel en mijnafval. Je shit daarentegen is schoon (om het maar zo te zeggen). Tenzij je zware metalen eet. Onthoud dat wat je in aan composthoop toevoegt, datgene is wat micro-organismen willen eten. Zware metalen eten ze niet. Aan de andere kant kan compost metalen wel sterk binden en hun opname door zowel planten als dieren helpen te voorkomen, waardoor de overdracht van metalen uit verontreinigde grond naar de voedselketen wordt voorkomen.<sup>62</sup> Een onderzoeker voerde met lood verontreinigde grond aan ratten, sommige met toegevoegde compost en sommige zonder. De grond waaraan compost was toegevoegd, had geen toxische effecten, terwijl de grond zonder compost wel enkele toxische effecten had.<sup>63</sup> Planten gekweekt in met lood vervuilde grond waaraan 10 procent compost was toegevoegd, vertoonden een vermindering van



de loodopname van 82,6 procent, vergeleken met planten die werden gekweekt in grond zonder compost.<sup>64</sup> Maar het is ingewikkelder dan dit. Bij een onderzoek uit 1997 waren bijvoorbeeld drie compostsoorten getest: één gemaakt van rundermest, één van zuiveringsslib en één van vast stedelijk afval. De compost van rundermest had de minste verontreiniging met zware metalen, de compost van rioolslib bevatte meer zink, koper en lood dan de compost van mest, en de compost van het stedelijk afval bevatte de zwaarste metalen van alle drie. Na zes jaar veroorzaakte de slibcompost 'geen noemenswaardige toename van het gehalte aan zware metalen in grond en planten.' Aan de andere kant verhoogde de compost van het stadsafval de concentraties zink, koper, nikkel, lood, cadmium en chroom in de bodem, en in het geval van lood en cadmium ook in de vegetatie en de vruchten.<sup>65</sup>

In een ander experiment, gepubliceerd in 2013, werden twee soorten compost (compost uit perskoeken van olijven en compost van gemeentelijk vast afval) toegepast in de bodem in een mediterrane omgeving. Aan het einde van de eerste vier jaar veroorzaakte geen van de compost een ophoping van zware metalen in de grond of de planten.<sup>66</sup>

Studies hebben aangetoond dat compost een veelbelovende strategie is om zware metalen in bodems te immobiliseren door de bodemeigenschappen te veranderen. Reacties tussen zware metalen en organisch materiaal in compost kunnen de giftige toestand van zware metalen in een niet-giftige toestand veranderen. Compost toegepast in vervuilde landbouwgrond kan ook de biologische beschikbaarheid van zware metalen verminderen, waardoor de schade aan planten, bodemdieren en micro-organismen wordt verminderd. Compost kan ook het gehalte aan zware metalen in water met 85 tot 89 procent verminderen door chemische absorptie.<sup>67</sup>

Hoewel compost de beschikbare vormen van zwaar metaal voor planten meestal vermindert, kan de toevoeging van compost aan de bodem de opname van zware metalen door planten ook verhogen, afhankelijk van de plantensoort. Ook kan de uitgebreide toepassing van compost, gemaakt van grondstoffen die zijn verontreinigd met zware metalen, het risico op verontreiniging door zware metalen in de bodem vergroten. Stabiele, goed gerijpte compost lijkt het grootste effect te hebben op het binden van zware metalen, vergeleken met onrijpe compost. De verschillende metalen reageren ook anders op compost. Terwijl sommige metalen dankzij de compost in de grond kunnen worden gebonden en uit het plantmateriaal worden gehouden, kunnen andere in dezelfde grond juist meer vrij komen bij dezelfde planten. Planten die de neiging hebben om zware metalen op te nemen, kunnen strategisch worden gebruikt om de metalen uit de bodem te halen. Hierna kunnen ze op de een of andere manier worden verwijderd, waarmee de verontreiniging met zware metalen in de bodem effectief wordt teruggebracht. Het is ook interessant om op te merken dat regenwormen de toxiciteit van zware metalen in compost lijken te verminderen.<sup>68</sup> Zoals ik al zei, het is ingewikkeld.

Samenvattend: de mens is geen bron van vervuiling door zware metalen, maak je dus geen zorgen over je droogtoilet. Maak je wel zorgen over compost gemaakt van sterk verontreinigde grondstoffen zoals stedelijk afval, vooral als deze afkomstig is uit industriële gebieden. De oplossing is om de afgevoerde materialen afzonderlijk te gebruiken, zodat afval of afvalwater dat zware metalen bevat in quarantaine kan worden geplaatst en op de juiste manier kan worden afgevoerd of gerecycled.

Volgens een studie uitgevoerd in Bangladesh is het niet verwonderlijk dat de verontreiniging van zware metalen in afval toeneemt naarmate de sociaaleconomische status groeit.<sup>69</sup> Overigens zijn de maximaal toegestane gehalten aan zware metalen in Klasse A+ Compost (voor gebruik in biologische landbouw) in Europa als volgt: (gram per ton)<sup>70</sup>

- lood: 45
- cadmium: 0,7
- koper: 70
- nikkel: 25
- kwik: 0,4
- zink: 200
- chroom: 70

Tot slot, terwijl je dit leest, zijn er mogelijk al weer tientallen, zo niet honderden onderzoeken geweest naar antibiotica en zware metalen in compost, sinds dit boek is geschreven. Ik hoop dat dit hoofdstuk een geschikte inleiding is tot de informatie die op dit moment beschikbaar is.

## Compost Mythen

### De hoop ompspitten

Wat is een van de eerste dingen die in je opkomen als je denkt aan compost? De hoop moet ompspit. Vroege onderzoekers die baanbrekend werk schreven op het gebied van compostering, zoals King, Howard, Gotaas en Rodale, benadrukken het overhoop gooien van composthoppen. Bijvoorbeeld Robert Rodale schreef in de uitgave van *Organic Gardening* van februari 1972: “Wij raden je aan om de hoop in de eerste paar maanden minstens drie keer om te keren, en daarna een jaar lang eens in de drie maanden.’ Uit deze filosofie is een grote industrie voortgekomen die dure apparatuur maakt voor het draaien van compost waarbij veel geld, energie en kosten gepaard gaan.

Voor sommige compostprofessionals is de suggestie dat compost helemaal niet gekeerd hoeft te worden, een soort van godslastering. ‘Natuurlijk moet je draaien, het is een composthoop, in hemelsnaam.’

Zou het dan toch? Nou, nee, eigenlijk niet, vooral niet als je een achtertuincomposteerder bent, en zelfs niet als je een grootschalige beroepscomposteerder bent. De noodzaak om te spitten is een van de mythen van compostering.

Compost ompspitten dient mogelijk vier basisdoelen. Als eerste wordt verondersteld dat er zuurstof aan de composthoop moet worden toegevoegd, wat goed zou zijn voor de aerobe micro-organismen. We worden gewaarschuwd dat als we onze compost niet keren, deze anaeroob wordt, gaat stinken en ratten en vliegen aantrekt. Ten tweede zorgt het draaien van de compost ervoor dat alle delen van de hoop in aanraking komen met de hoge interne temperatuur, waardoor de aanwezige ziekteverwekkers compleet afsterven en er veilige, goed afgewerkte compost ontstaat. Ten derde, hoe meer we de compost ompspitten, hoe meer hij wordt gehakt en gemengd, en hoe beter het resultaat eruit ziet als het klaar is, waarbij het ook nog eens beter verkoopbaar wordt. Ten vierde kan veelvuldig draaien het composteringsproces versnellen.

Aangezien achtertuincomposteerders hun compost niet echt op de markt zullen brengen, maakt het meestal niet uit of het fijnkorrelig of enigszins grof is. Men heeft meestal geen goede reden om haast te maken. Daarom vallen de laatste twee redenen om de composthoop te draaien af. Laten we naar de eerste twee kijken.

Voor aerobe compost is zuurstof nodig en er zijn er tal van manieren om een composthoop te beluchten. Een daarvan is door lucht in te blazen of door lucht door de stapel heen te zuigen met behulp van ventilatoren, zoals gebruikelijk is bij grootschalige composteerinstallaties. Hierbij wordt lucht onder de composthoppen vandaan gezogen en door een biofilter geblazen. Door de aanzuiging komt er lucht via de bovenkant in de organische massa, waardoor het luchtig blijft. Op een dergelijke manier mechanisch composteren is niet noodzakelijk in de achtertuin, in tegenstelling

tot grootschalig composteren waar de berggen zo groot zijn dat ze zichzelf kunnen verstikken als er geen geforceerde beluchting plaatsvindt. Beluchting kan ook worden bereikt door gaten in de composthoop te prikken en pijpen erin te steken. Dit is populair bij sommige achtertuincomposteerders. Een derde manier is om de stapel fysiek om te scheppen. Een vierde, grotendeels genegeerde manier, is echter om de compost op te bouwen in een bak boven de grond waarbij kleine luchtruimten tussen de structuren kunnen zijn gevangen in de compost. Dit wordt gedaan door materialen te gebruiken zoals hooi, stro, onkruid en dergelijke. Wanneer een composthoop correct is opgebouwd, is er geen extra beluchting nodig. Zelfs bioprofessionals zoals Rodale geven toe dat ‘goede compost kan worden gemaakt zonder handmatig te keren als de bestanddelen zorgvuldig in de hoop zijn gelaagd, goed geventileerd en het een juist vochtgehalte heeft.’<sup>1</sup>

Denk aan Sir Albert Howard en de composteringsmethode van Indore in India in de vroege jaren 1900. Volgens velen is dat waar composteren is begonnen als wetenschap en als wijdverbreide praktijk. Howard's hopen waren open hopen met blootgestelde buitenoppervlakken. Als je mest en etensresten opeen stapelt op een open hoop, zullen je snel twee dingen opvallen: vliegen en geuren, die beide hoogst ongewenst zijn. Wat je niet kunt zien, maar zult snel beseffen, is dat de binnenkant van de hoop opwarmt terwijl de buitenkant koud blijft. Alle drie de condities kunnen worden gecorrigeerd door de organische massa herhaaldelijk om te spitten, zoals Howard instrueerde. Er is echter een alternatief. Toen ik grootschalige composteerbedrijven in Arizona bezocht als onderdeel van een Compost Operator's Training Course, merkte ik dat bijna alle compostbedrijven weigerden voedselresten of mest te accepteren, maar alleen tuin- en snoeiafval. Ze composteerden allemaal buiten op hopen of zwaden en blijkbaar wilde geen van hen de vliegen en geuren van mest en rottend voedsel bestrijden.

Ik ontmoette een groep Braziliaanse agronomen in Mozambique toen ik daar een opdracht had om zwart water uit de latrines van een school te composteren. Toen de agronomen erachter kwamen dat ik compost aan het maken was, begonnen we een levendige discussie. Ongeveer drie jaar eerder hadden ze composteren geïntroduceerd bij boeren in Brazilië als middel om mest en ander organisch materiaal te recyclen. De boeren waren enthousiast om te leren hoe je compost moest maken. Dat was drie jaar geleden, dus vroeg ik hoe het vandaag gaat.

‘Oh, ze waren ermee gestopt.’

‘Waarom?!’

‘Omdat het ompspitten van de hopen veel te veel werk was, dus lieten ze het er gewoon maar helemaal bij zitten!’

‘Maar je hoeft composthopen helemaal niet te draaien,’ zei ik. ‘Dat is enorm veel werk en het is niet nodig. Geen wonder dat ze stopten.’

Mijn eerste reis naar Haïti in 2010, kort na de aardbeving, was om mensen te leren hoe ze droogtoiletten moesten maken en gebruiken, aangezien ze geen toiletten hadden en met vele duizenden in tenten woonden. Ik begon te werken met een lokale groep die al een klein composteringsbedrijf had. In een ommuurd buitenverblijf stapelden ze etensresten en organisch afval op een grote hoop. Het zat natuurlijk onder de vliegen en het rook bepaald niet best. Wanneer de stapel eenmaal groot genoeg was, probeerden ze hem om te draaien met schoppen, maar omdat hij was bezaaid met boombladeren, weefselrestanten en ander soortgelijk materiaal, was het buitengewoon moeilijk om dit met de hand te doen. Machines waren niet beschikbaar. Ik zei, ‘nee, nee, nee, zo maak je geen compost! Waarom zo?’

‘Omdat een leraar uit Europa vertelde dat dit de manier was waarop het moest worden gedaan.’  
‘Maar composteren is eenvoudig. Laat microben het werk doen. Vooral als je dingen composteert die allemaal stinken als de hel, zoals de inhoud van toiletten, dode dieren en etensresten, die vliegen, ratten en honden aantrekken als je je hoop niet correct beheert. De truc is altijd om de compost verticaal en bedekt te houden.’

In Haïti hebben we pallets gebruikt en die op hun kant gezet als zijwanden voor de bakken. Voor de pallets moesten we elk ongeveer \$ 5 betalen. In Afrika gebruikten we gaas dat tot ronde bakken was gevormd. Deze bakken of korven kosten ongeveer \$ 15 per huishouden. Het gaat erom het organische materiaal verticaal boven de grond te houden. Als het bovengronds is en niet onder water (zoals Howard's kuilen), zal de organische massa aeroob zijn. Er is dan geen geforceerde beluchting nodig. Porren, woelen, graven of keren is niet nodig. De tweede truc is om een dikke laag ‘bedekkingsmateriaal’ onder de stapel te leggen, en vervolgens een laag bedekkingsmateriaal te creëren rond de compostmassa. Leg ten slotte ook altijd een flinke laag afdekmateriaal bovenop de stapel. In Haïti gebruikten we suikerriet-bagasse, een bijproduct van de rumindustrie, als afdekmateriaal. Thuis gebruik ik meestal stro. Wanneer je vers materiaal aan je compostbak toevoegt, trek dan het afdekmateriaal opzij, graaf een gat in de onderliggende compost, deponer het nieuwe materiaal in het gat, bedek het met de bestaande compost, trek het afdekmateriaal er weer overheen en voeg dan nieuw afdekmateriaal toe indien nodig. Dit voert vers materiaal rechtstreeks naar het midden van de stapel, het laat geen blootliggende oppervlakken achter en elimineert geuren, vliegen en de noodzaak om de stapel te spitten of om te woelen. Het is zo eenvoudig. Ik kan je verzekeren dat als je de inhoud van toiletten composteert, je de hoop echt niet wilt ompspitten als dat niet nodig is. Ik draaide mijn stapels plichtsgetrouw gedurende de eerste tien jaar, zoals ons werd opgedragen, en bedacht toen de alternatieven. Het is enorm veel werk om composthoppen te keren (de Braziliaanse boeren hadden gelijk), en waarom zou je het doen als het niet nodig is? Compost maken kan net zo iets zijn als brood bakken: je stopt het in de oven, laat het bakken en beroert het niet totdat het helemaal gaar is. Dan haal je het eruit en is het klaar. Bij het maken van compost plaats je het organisch materiaal in de bak die is omhuld door afdekmateriaal, zoals een brooddeeg in een broodpan, en wacht dan af. Als de temperatuur daalt tot de omgevingstemperatuur van buiten, en niet eerder, dan kun je het brood uit de oven halen. De vuistregel is dat als de hoop volledig is opgebouwd, je een jaar moet wachten met het oogsten van de compost (plus of minus een paar maanden). Er zijn verschillende andere dingen waarmee je rekening moet houden - de composthoop mag bijvoorbeeld niet te hoog zijn, maar de details van het composteren in bakken worden besproken in het hoofdstuk Tao van Compost.

Hoe zit het met het zuurstofgehalte van de hoop? Onderzoekers hebben zuurstofniveaus gemeten bij grootschalige composteringsbedrijven in zwaden (een zwad is een lange, smalle, blootgestelde stapel compost). Een ervan rapporteerde: "Metingen van de zuurstofconcentratie in de zwaden tijdens de meest actieve fase van het composteringsproces, toonde aan dat binnen vijftien minuten na het draaien van het zwad - zogenaamd beluchten - de toegevoerde zuurstof al op was."<sup>2</sup> Andere onderzoekers vergeleken de zuurstofniveaus van grote gedraaide en onberoerd gelaten hopen batch-compost en kwamen tot de conclusie dat composthoppen grotendeels zelfbeluchtend zijn. “Het effect van composthoppen keren was het verversen van het zuurstofgehalte, gemiddeld (slechts) 1,5 uur (boven het 10%-niveau), waarna het daalde tot minder dan 5% en in de meeste gevallen tot 2% tijdens de actieve fase van compostering. Zelfs zonder te draaien, brengen alle

stapels uiteindelijk hun zuurstofniveaus in balans naarmate de rijping nadert, wat aangeeft dat zelfbeluchting alleen, het composteringsproces voldoende levert. Met andere woorden, het draaien van de hopen heeft een tijdelijke maar weinig blijvende invloed op het zuurstofgehalte.' Deze proeven vergeleken compost die niet werd gedraaid, op z'n kop werd gezet, eens in de twee weken omgewoeld en tweemaal per week werd gekeerd.<sup>3</sup> Interessant genoeg gaven dezelfde onderzoeken aan dat bacteriële pathogenen werden vernietigd, ongeacht of de stapels werden omgedraaid of niet, waarbij werd verklaard dat er geen bewijs was dat bacteriepopulaties werden beïnvloed door keerschema's. Er waren geen overlevende E. coli- of salmonella-stammen, wat aangeeft dat er "geen statistisch significante effecten waren die toe te schrijven waren aan het omspitten". Hoe vaker composthopen worden gedraaid, des te meer voedingsstoffen ze verliezen. Toen de afgewerkte compost werd geanalyseerd op organisch materiaal en stikstofverlies, vertoonde de niet omgespitte compost het minste verlies. Hoe vaker de compost werd gedraaid, des te groter was het verlies van zowel stikstof als organisch materiaal. En ook, hoe vaker de compost werd omgespit, hoe duurder het werd. Niet gekeerde compost kost \$ 3,05 per natte ton om te produceren, terwijl de compost die twee keer per week wordt gekeerd \$ 41,23 per natte ton kost, een stijging van 1.350 procent. De onderzoekers concludeerden dat "compostmethoden die intensivering vereisen (veelvuldig draaien) merkwaardige resultaten zijn van willen composteren volgens de nieuwste methoden en technologische ontwikkelingen, zoals met name blijkt uit populairere vakbladen. Ze lijken niet gebaseerd te zijn op wetenschappelijk onderbouwde studies. Door zorgvuldig te composteren om goede mengsels te verkrijgen en het keren te beperken, kan het ideaal van een kwaliteitsproduct tegen lage kosten worden bereikt."<sup>4</sup> Een andere studie concludeerde dat de keurfrequentie van zwadcompost van snoeimateriaal de beluchting niet verbeterde, weinig invloed had op de temperatuur, en de bulkdichtheid van de compost verhoogde, waardoor de zuurstofbeschikbaarheid in feite afnam.<sup>5</sup>

Wanneer grote hopen compost worden gedraaid, geven ze emissies af van onder meer *Aspergillus fumigatus*-schimmels, die gezondheidsproblemen bij mensen kunnen veroorzaken. Aërosolconcentraties van statische (niet-omgespitte) hopen zijn relatief klein of ontbreken in vergelijking met mechanisch gedraaide compost. Metingen dertig meter benedenwinds vanaf statische hopen toonden aan dat de aerosolconcentraties van *A. fumigatus* niet significant boven de achtergrondniveaus lagen en "33 tot 1800 keer minder" waren dan die van gedraaide hopen.<sup>6</sup>

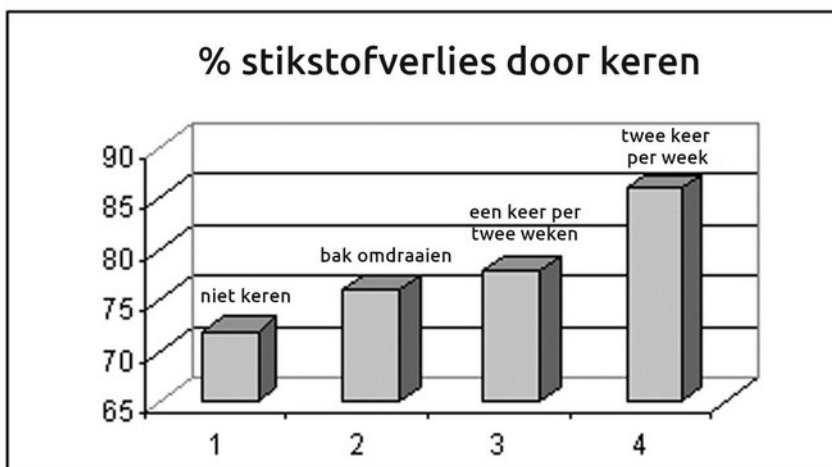
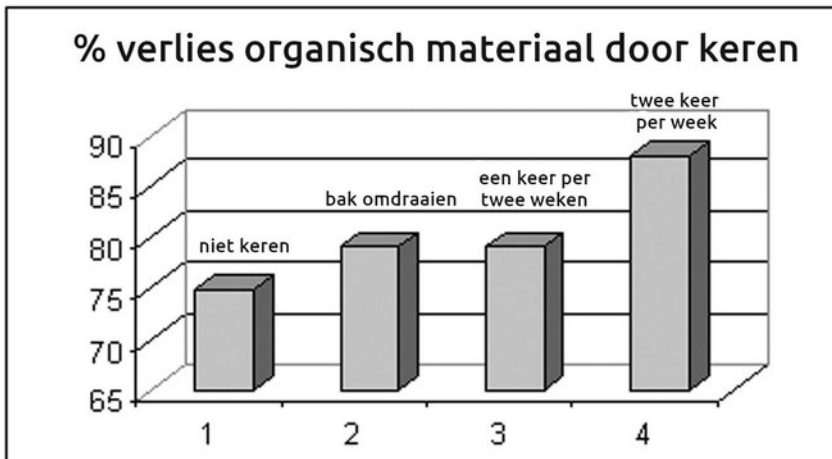
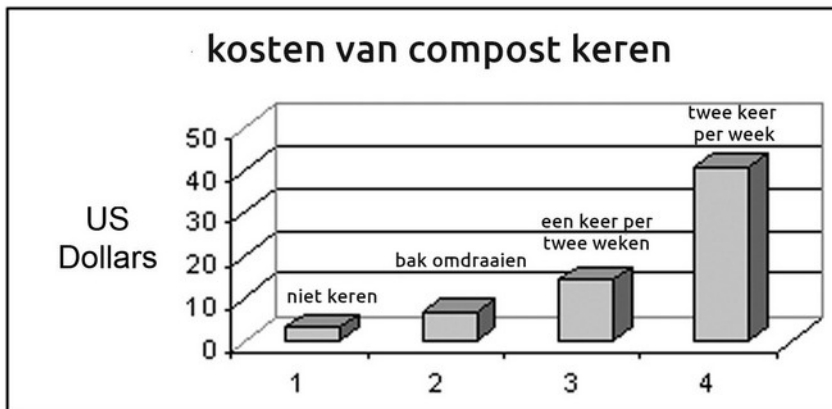
Het Cornell Waste Management Institute publiceerde in 2007 een document waarin de problemen werden samengevat met betrekking tot bio-aërosolen van compost die vrijkomen bij het keren en zeven van compost. Verhoogde niveaus van bio-aërosolen van openlucht-composteerinstallaties kunnen benedenwinds worden gedetecteerd tot afstanden van 200 tot 500 meter. Ze kunnen deeltjes van bacteriën, schimmels, virussen, allergenen, endotoxinen, antigenen, verschillende gifstoffen, glucanen, schimmelcomponenten, pollen, plantenvezels, enzovoort bevatten. Compost bio-aerosols kunnen ook zwavel- en stikstofverbindingen, vluchtige vetzuren, ketonen, terpenen, aldehyden, alcoholen en ammoniakverbindingen bevatten die worden geassocieerd met compostgeuren.<sup>7</sup>

De bio-aerosolen kunnen een breed scala aan nadelige gezondheidseffecten en infecties veroorzaken, waaronder besmettelijke ziekten, acute toxische effecten, allergieën en kanker, evenals mogelijk vroeggeboorte of late abortussen en huidaandoeningen. Mensen kunnen door herhaalde blootstelling gevoelig worden voor sommige bio-aerosolen. Deeltjes en stukjes bacteriën (endo-

toxine), sporen en schimmeldraden kunnen irritatie, allergie en toxische reacties veroorzaken. Bij omwonenden werd een verband gevonden tussen hun afstand tot een open lucht composteerinstallatie en luchtweg- en algemene gezondheidsklachten, maar niet met allergieën of infectieziekten. Bij werknemers namen acute en chronische gezondheidseffecten op luchtwegen, irritatie van slijmvliesmembraan, huidziekten en ontstekingsmarkers toe. Verschillende onderzoeken wijzen uit dat ademhalings symptomen en luchtwegontsteking overheersen. Composteermedewerkers hadden significant meer symptomen en aandoeningen van de luchtwegen en de huid dan controlepersoneel. Bij medewerkers van composteringsbedrijven werden ook verhoogde antilichaamconcentraties tegen schimmels en actinomyceten gevonden.<sup>8</sup>

Het minimaliseren van agitatie, sproeien van water om stof te beheersen en het bewaken van windsnelheid en -richting om te voorkomen dat de wind vat krijgt op de compost wanneer deze in de richting van de burens waait, kan de impact helpen minimaliseren. Zoals eerder vermeld, heeft de keurfrequentie weinig invloed op het belucht houden van composthoop, in plaats daarvan kan meer keren de bulkdichtheid verhogen en de luchtstroom door de composthoop verminderen. Een deken van afgewerkte compost bovenop een onafgewerkte hoop kan de uitstoot van geur en vluchtige organische stoffen verminderen, aldus het Cornell-document.<sup>9</sup> In plaats daarvan raad ik schoon afdek materiaal aan, zoals hooi, stro of iets dergelijks, het kan later worden verwijderd en gebruikt om de volgende batch compost te maken. Een royale hoeveelheid bedekkingsmateriaal en het ongemoeid laten van de hoop zal de geuremissie tot nul reduceren, waardoor de negatieve gezondheidseffecten van het inademen van compost-bio-aerosolen wordt tegengegaan. De vluchtige vetzuren, ketonen, terpenen, aldehyden, alcoholen, ammoniak, bacteriën, schimmels, virussen, allergenen, endotoxines, antigenen, verschillende gifstoffen, glucanen, schimmelcomponenten, pollen, plantenvezels, enzovoort die in de composthoop zitten, horen daar in thuis. Wat heeft het voor zin om ze de lucht in te sturen?

Als keren geen significant effect heeft op het zuurstofgehalte van de hoop, waarom gebeurt dit dan toch? Ik verwacht dat op een dag een van deze composteermedewerkers een hoop correct zal opbouwen, deze afdekken en hem daarna gewoon met rust zal laten. Nadat de hoop volledig is gerijpt, zal hij of zij deze uitgraven en mooie compost aantreffen. De micro-organismen deden het vuile werk, en ze vonden het geweldig. Door in koude klimaten composthopen te keren, kunnen ze ook teveel warmte verliezen. Het wordt aanbevolen dat composteers in koude regio's minder of helemaal niet draaien.<sup>10</sup> Ik raad aan om helemaal niet te draaien. Wat heeft het eigenlijk voor zin om de hitte van de stapel te reduceren, ongeacht het klimaat? Dat is wat ompitten met de hoop doet. En dat is ook de reden waarom er grote dampwolken uit grote composthopen stromen terwijl ze door machines worden gedraaid. En er is naast hitte nog veel meer dat aan de lucht ontsnapt.



Bron: Brinton, William F. Jr. (1997). Sustainability of Modern Composting - Intensification Versus Cost and Quality. Woods End Institute, PO Box 297, Mt. Vernon, Maine 04352 USA.



## Compost inoculanten

Moet je je composthoop inoculeren? Het antwoord is nee. Dit is misschien wel een van de meest verbazingwekkende aspecten van compostering. In oktober 1998 maakte ik een reis naar Nova Scotia, Canada, om daar de plaatselijke composteeractiviteiten te observeren. De provincie had bij wet bepaald dat er vanaf 30 november van dat jaar geen organisch materiaal meer naar stortplaatsen mocht worden gebracht. Tegen eind oktober, toen de 'ban-date' naderde, werd vrijwel al het plaatselijk organisch afval verzameld en naar composteerinstallaties vervoerd waar het effectief werd gerecycled. Het organische materiaal werd gecontroleerd op verontreinigingen zoals flessen en blikjes, door een molen gehaald en uiteindelijk in een betonnen compostbak geschoven. Binnen vierentwintig tot achtenveertig uur steeg de temperatuur van het materiaal tot 70° C. Inoculanten waren niet nodig. De thermofiele bacteriën waren er al.

Onderzoekers hebben grondstoffen gecomposteerd met en zonder entmateriaal en ontdekten dat, "hoewel rijk aan bacteriën, geen van de inoculanten het composteringsproces versnelde of het eindproduct verbeterde... Het falen van de inoculanten om de composteringscyclus te veranderen is te wijten aan de geschiktheid van de reeds aanwezige inheemse microbiële populatie en aan de aard van het proces zelf... Het succes van composteren zonder het gebruik van speciale inoculanten in Nederland, Nieuw-Zeeland, Zuid-Afrika, India, China, de VS en een groot aantal andere plaatsen, is een overtuigend bewijs dat inoculanten en andere toevoegingen niet essentieel zijn bij het composteren van (organische) materialen."<sup>11</sup> In *The Science of Composting* wordt het onderwerp samengevat door te stellen: "er zijn geen gegevens in de literatuur bekend die erop wijzen dat de toevoeging van inoculanten, microben of enzymen het composteringsproces versnelt.' In plaats daarvan lijkt "deeltjesgrootte, optimale vochtigheid en optimale koolstof-stikstofverhouding... de beste omstandigheden te bieden voor een optimale compostering."<sup>12</sup> Andere onderzoekers komen tot vergelijkbare conclusies.<sup>13</sup>

Aan de andere kant gaf een onderzoek uit 2017 aan dat men in composteerinstallaties in China microbiële inoculanten begonnen te gebruiken. Ze concludeerden dat de toevoeging van een inoculant bij het composteren van varkensmest "de temperatuur in het vroege stadium van compostering verhoogde en de rijpingstijd verkortte in vergelijking met niet-geïnoculerende processen."<sup>14</sup>

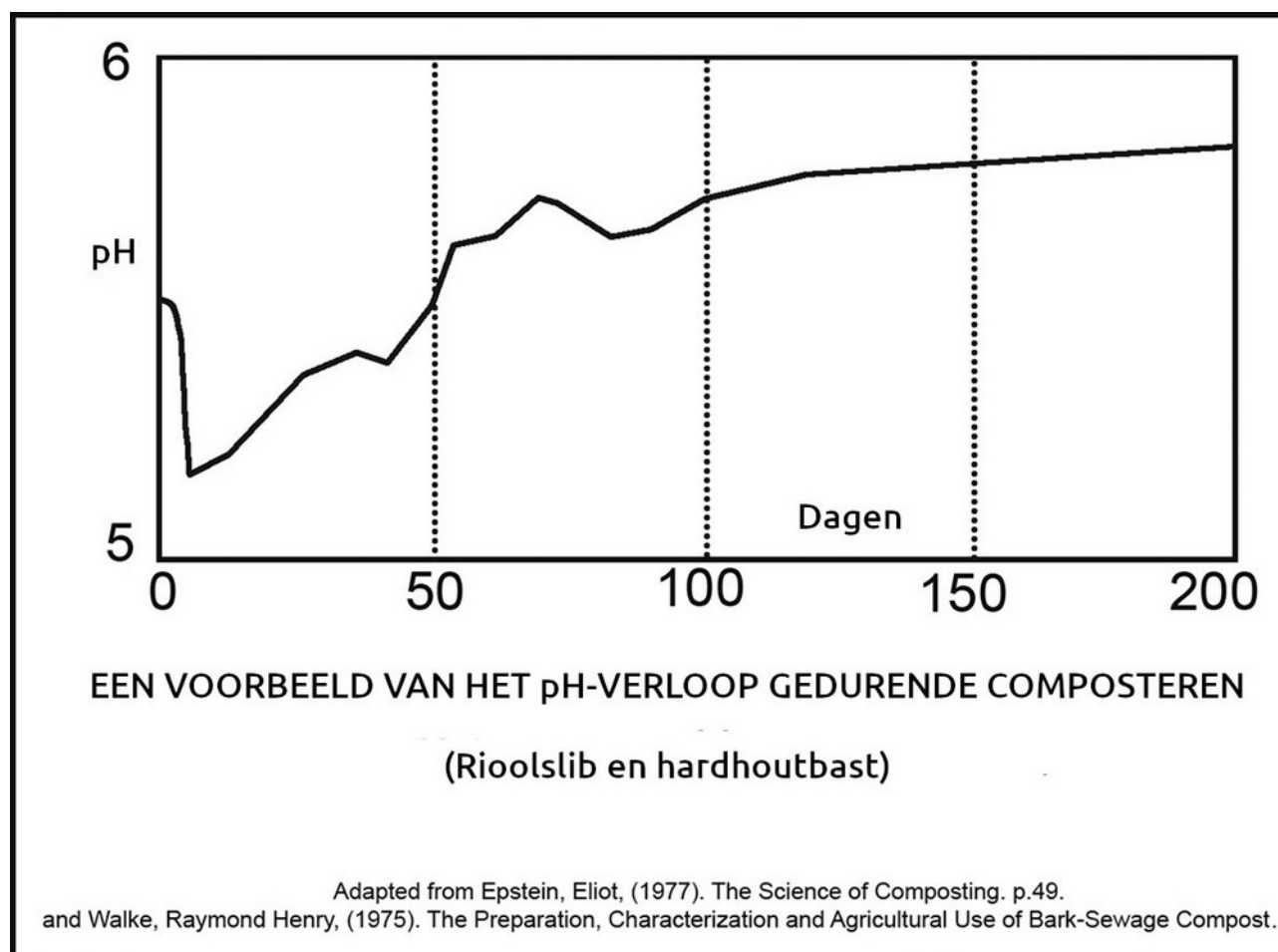
\* organismen toevoegen – vert.

## Kalk

De overtuiging dat aan composthopen kalk moeten worden toegevoegd, is een veel voorkomende misvatting die waarschijnlijk teruggaat tot Sir Albert Howard en het Indore-proces. Ook andere minerale toevoegingen zijn niet nodig in je compost. Als je grond kalk nodig heeft, doe de kalk dan in je grond, niet in je compost. Bacteriën eten geen kalksteen, in feite wordt kalk gebruikt om bacteriën in zuiveringsslib te doden - het wordt kalk-gestabiliseerd slib genoemd.

Gerijpte compost is niet zuur. De pH van afgewerkte compost moet iets hoger zijn dan 7 (neutraal). Wat pH is? Het is een maatstaf voor zuurgraad en alkaliniteit die varieert van 1 tot 14. Neu-

traal is 7. Onder de 7 is zuur, boven de 7 is basisch of alkalisch. Als de pH te zuur of te basisch is, wordt de bacteriële activiteit belemmerd of volledig gestopt. Kalk en houtas verhogen de pH, maar houtas kan rechtstreeks aan de bodem worden toegevoegd. De composthoop heeft het niet nodig. Het lijkt misschien logisch dat je datgene in je composthoop stopt wat je ook in de grond wil hebben, aangezien de compost uiteindelijk in de bodem terecht komt. Maar wat je in aan de compost toevoegt, is wat de micro-organismen in de compost willen of nodig hebben, niet wat de tuingrond wil of nodig heeft.



Sir Albert Howard, een van de meest bekende voorstanders van compostering, en J.I. Rodale, een andere vooraanstaande biologische landbouwer, adviseerden kalk toe te voegen aan composthoopen.<sup>15</sup> Ze leken hun redenering te baseren op de overtuiging dat de compost zuur kan worden tijdens het composteringsproces, en dat daarom de zuurgraad moet worden geneutraliseerd door kalk aan de hoop toe te voegen. De pH van compost lijkt aan het begin van het composteringsproces te dalen, maar deze stijgt later vanzelf weer.

De auteur die in het ene boek het toevoegen van kalk aan composthoopen aanbeveelt, zegt in een ander boek: “De beheersing van de pH bij compostering is zelden een probleem dat aandacht behoeft als het materiaal aerobisch wordt gehouden... de toevoeging van alkalisch materiaal is zelden nodig bij aerobe afbraak en kan in feite meer kwaad dan goed doen, omdat het verlies van stikstof door de ontwikkeling van gasvormig ammoniak groter zal zijn bij de hogere pH.”<sup>16</sup> Onderzoekers



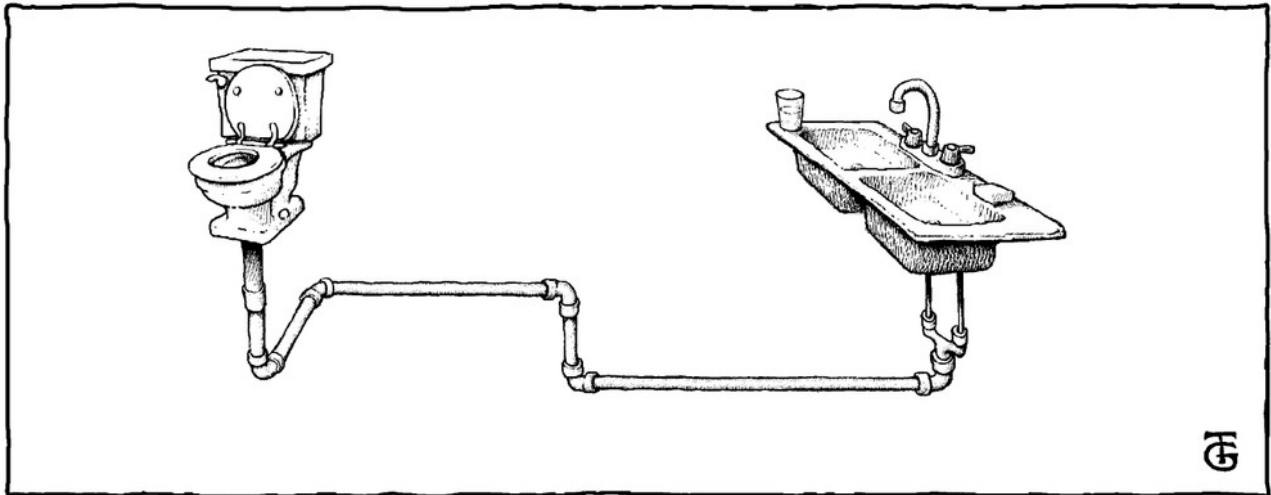
blaadjes, krabgras, huisdierenmest, broodproducten, rijst, theezakjes en misschien wel het ergste van allemaal: menselijke ontlasting. Vermoedelijk moet men half opgegeten boterhammen met pindakaas uit de compostemmer halen, of een sandwich met mayonaise of kaas, of een overgebleven salade met saladedressing, bedorven melk, of sinaasappelschillen, die allemaal naar de vuilstort moeten om daar te worden begraven onder tonnen afval in plaats van te worden gecomposteerd. De Amerikaanse EPA somt de volgende materialen op waarvan ze zeggen dat ze niet thuis gecomposteerd mogen worden: zuivelproducten, boter, melk, zure room, yoghurt, eieren, zieke planten, vetten, vet, reuzel, oliën, vlees, visgraten, uitwerpselen van honden en katten en vuile kattenbakvulling, en nog meer.<sup>20</sup> Gelukkig heb ik nooit dergelijke instructies gekregen en heeft mijn familie alles wat op die lijst staat gecomposteerd. Ja, alle theezakjes gaan in de compost, inclusief de labels en de touwtjes. In de wintermaanden maak ik vaak versgeperst citroensap en doe ik emmers citrusschillen in de compost. Ik heb jarenlang maandverband gecomposteerd en waarschijnlijk heb ik tot nu toe minstens vijftig dode dieren door mijn ongeveer een kubieke meter grote compostbak gefietst. We doen dit thuis al veertig jaar zonder problemen. Waarom zou het voor ons werken en voor iemand anders niet? Het antwoord in twee woorden, als ik een gok mag wagen, is menselijke ontlasting, een basisvoedsel voor onze compostmicroben en ander verboden compostmateriaal. Wanneer compost opwarmt, wordt veel van het organisch materiaal snel afgebroken. Dit geldt voor oliën en vetten, of in de woorden van wetenschappers: "Gebaseerd op bewijs over compostering van afval uit vetafscheiders, kunnen lipiden (vetten) snel worden afgebroken door bacteriën, waaronder actinomyceten, onder thermofiele omstandigheden."<sup>21</sup> Het probleem met de materialen van de 'verboden' lijst is dat ze mogelijk thermofiele omstandigheden vereisen om de beste resultaten te behalen. Anders kunnen ze gewoon in de composthoop aanwezig zijn en aantrekkelijk worden voor rondstruinende honden, katten of ratten. Ironisch, wanneer de verboden materialen, inclusief menselijke ontlasting, worden gecombineerd met andere te composteren ingrediënten, zullen thermofiele omstandigheden het gaan winnen. Wanneer de menselijke ontlasting en de andere controversiële organische materialen worden gescheiden van compost, kunnen thermofiele omstandigheden uitblijven. Dit is een situatie die waarschijnlijk vrij vaak voorkomt in veel composthoven in achtertuinen. De oplossing is niet om bestanddelen van de hoop te scheiden, maar om stikstof en vocht toe te voegen, zoals dat vaak voorkomt in mest.

Bovendien maakt de manier waarop je je compost beheert ook een verschil. Leg nooit iets op je composthoop, voeg altijd materialen toe in de hoop. En bewaar altijd een royale hoeveelheid, schoon, organisch afdek materiaal op je compost, zoals gras, hooi, stro, onkruid of bladeren. Wanneer je die overgebleven karbonade in je actieve composthoop begraaft en het vervolgens bedekt met schoon afdek materiaal, is er voor een rondscharrelende hond of rat geen aanleiding om er überhaupt interesse in te tonen. Docenten zouden hun studenten een betere dienst bewijzen als ze de waarheid zouden vertellen - bijna elk organisch materiaal zal composteren - in plaats van hen de verkeerde indruk te geven dat sommige gewone voedingsstoffen dat niet zullen doen. Toegegeven, sommige dingen composteren niet zo goed. Botten zijn er een van, maar ze kunnen geen kwaad in een composthoop. Wat niet te composteren: zaagsel van gewolmaniseerd onder druk behandeld hout, dat nu grotendeels door de EPA verboden is voor thuisgebruik, maar nog steeds beschikbaar is voor commercieel en agrarisch gebruik. Onderzoekers in 2017, aan de andere kant, composteerden hout verontreinigd met arseen, chroom, koper en loodmenie, samen met zuiveringszand, en concludeerden dat 'behandeld hout ... de kwaliteit van biologische vaste compostbestanddelen niet significant zal verminderen.'<sup>22</sup> Andere onderzoekers hebben met creosoot behan-

deld hout gecomposteerd en geconcludeerd dat compostering ‘een uiterst efficiënte en duurzame verwerking van verontreinigd hout’ was.<sup>23</sup> Probeer geen dingen te composteren die de microben niet willen eten, zoals as (hout of kolen), gemalen mineralen, zware metalen, plastic, rubber, glas en synthetische meststoffen. Het bezitten van een composthoop is als een geit in je achtertuin. Voer hem met wat hij graag eet, en je maakt hem gelukkig!

**A behind the scenes look at  
our editorial staff at work.**





## Hoofdstuk 12

# Composttoiletten en Droogtoiletten

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) definieerde in 2018 een toilet als “een gebruikersinterface binnen een sanitairstelsel waar uitwerpselen worden opgevangen, en kan elk type toiletbril of latrineplaat, voetstuk, pan of urinoir bevatten. Er zijn verschillende soorten toiletten, bijvoorbeeld stortbak-spoeltoiletten, droogtoiletten en urinescheidingstoiletten. De opbouw van het toilet kan een op zichzelf staand bouwwerk zijn, of het toilet kan zich in een gebouw bevinden...” Ze voegen eraan toe dat ‘miljarden mensen leven zonder toegang te hebben tot zelfs de meest elementaire sanitaire voorzieningen. Miljarden meer worden blootgesteld aan schadelijke ziekteverwekkers door het inadequate beheer van sanitaire systemen, waardoor mensen worden blootgesteld aan uitwerpselen in hun gemeenschappen, in hun drinkwater, versproducten en door hun recreatieve wateractiviteiten.’<sup>1</sup>

Het blijft me verbazen dat veel, zo niet de meeste burgers van de VS, ongeveer 4 procent van de wereldbevolking, geen idee hebben hoe de overige 96 procent van de mensheid leeft. Mensen die opgroeien met spoeltoiletten en nooit een ander type sanitair hebben gekend, kunnen zich niet voorstellen hoe het is om zonder toilet te leven. Maar honderden miljoenen mensen ontlasten nog steeds in de openlucht, wat betekent dat ze elke dag buiten in een veld, achter een boom of in hun achtertuin knoeien. Nog veel meer hebben alleen een gat in de grond als toilet, wat als een verbetering kan worden gezien ten opzichte van in de openlucht ontlasten. De gaten bevinden zich meestal ver van het woongedeelte omdat ze vol stront zitten, stinken als de hel en miljoenen vliegen voortbrengen. Dus is het toilet dertig meter verderop. Buiten, in de regen, 's nachts, en misschien hebben ze wel kleine kinderen die er ook mee om moeten gaan. Of misschien zijn ze bedlegerig, bejaard, niet in staat om te lopen of geamputeerd, hebben ze diarree, of zijn ze tijdelijk ziek. We hebben het hier over aantallen van miljarden, mensen die nog nooit een spoeltoilet hebben gehad, noch hun voorouders, noch hun nakomelingen. Wat sommigen als vanzelfsprekend beschouwen, is voor anderen niet mogelijk en zal dat ook nooit worden.

Het bieden van comfortabele, veilige, handige, geurloze sanitaire toiletten binnenshuis voor deze mensen is een dilemma dat ontwikkelaars en sanitairspecialisten generaties lang heeft bezig gehouden. Miljardairfilantropen proberen het toilet opnieuw uit te vinden door weer een nieuw hightech verwijderingsapparaat te maken, flink geprijsd, buiten het bereik van degenen die het het meest nodig hebben. Miljarden mensen leven van twee Euro per dag of minder, ze gaan geen Nano Toilet kopen. Ze gaan door met kakken in een gat in de grond totdat iemand hen een realistisch alternatief kan laten zien dat ze zich kunnen veroorloven.

Een groot deel van het probleem is psychologisch. Merk op dat menselijke uitwerpselen in de westerse cultuur gewoonlijk ‘menselijk afval’ worden genoemd. Als je menselijk afval zegt, gaat men er automatisch van uit dat je het over menselijke uitwerpselen hebt. Maar hoe zit het met de bergen menselijk afval die elke dag op stortplaatsen in het hele land worden gestort? Hoe zit het met de vervuiling in onze wateren door rioolstelsels en fabrieksafvalwater, de deeltjes in onze lucht uit schoorstenen, uitlaatpijpen en andere bronnen van vervuiling? Hoe zit het met de lichaamsbelasting van synthetische chemicaliën die we constant allemaal in ons dragen, die sigarettenpeuk die je uit het raam van je auto gooide? Dat is menselijk afval! Waarom wordt dan alleen onze poep als menselijk afval beschouwd?

Ironisch genoeg zijn menselijke uitwerpselen eigenlijk een recyclebare hulpbron. Het heeft waarde als voedsel voor microben. De microben eten het op, samen met zowat alle andere organische stoffen die we naar ze toe kunnen gooien, en ze zetten het om in compost. Wanneer compostering wordt gebruikt als sanitairstelsel, kan rioolwater worden geëlimineerd, evenals ziekten die verband houden met fecale verontreiniging van het milieu. Toiletten kunnen binnenshuis comfortabel worden geplaatst, waar ze veilig en gemakkelijk zijn. En ze kunnen geurvrij zijn. Er is geen afval omdat er niets wordt verspild, en het resultaat is compost geschikt voor het verbouwen van voedsel.

Een van de baanbrekende werken over het composteren van 'nachtaarde' (een combinatie van menselijk fecaal materiaal en urine) werd in 1956 gepubliceerd door Harold B. Gotaas, hoogleraar sanitaire techniek aan de University of California, Berkeley (*World Health Organization Monograph Series Number 31*). In de 205 pagina's tellende publicatie wordt het woord ‘afval’ 254 keer gebruikt! Iedereen zou een heel boek over composteren kunnen schrijven zonder het woord ‘afval’ ook maar één keer te gebruiken, want composteren is het recyclen van organische materie, niet het weggooien van afval. Toch is ‘composteerafval’ een ongelukkig oxymoron dat nog steeds op grote schaal wordt gebruikt, vooral onder compostprofessionals en academici. Het is gewoon geen afval als het wordt gerecycled, wat het ook is. Als ik organisch materiaal composteer en iemand zegt dat er afval wordt gebruikt, zeg ik 'laat me het afval zien - wijs het aan'. Als het proces is voltooid, is er alleen compost, er is geen afval en er wordt niets verspild. Ik weet dat het lijkt alsof ik dit punt in dit boek erin probeer te rammen, en dat is ook zo. Als we kunnen begrijpen wat afval werkelijk is, zullen we uiteindelijk misschien ook begrijpen dat onze excreties waardevol zijn en constructief hergebruikt kunnen worden. De miljardairs die zich zorgen maken over de wereldwijde sanitaire kwestie zouden moeten nadenken over recycling, niet over verwijdering. Denk buiten de kaders!

In 2018 verklaarde de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) dat mensen recht hebben op water en sanitaire voorzieningen: “Na decennia van verwaarlozing wordt overal het belang van toegang



tot veilige sanitaire voorzieningen voor iedereen, nu terecht erkend als een essentieel onderdeel van de universele gezondheidszorg. Maar een toilet alleen is niet voldoende om deze doelen te bereiken. Veilige, duurzame en goed beheerde systemen zijn een vereiste.” Ze voegen eraan toe: "Het mensenrecht op sanitaire voorzieningen geeft iedereen recht op sanitaire voorzieningen die privacy bieden, waardigheid garanderen, en die fysiek toegankelijk, betaalbaar, veilig, hygiënisch, beveiligd, sociaal en cultureel aanvaardbaar zijn."<sup>2</sup>

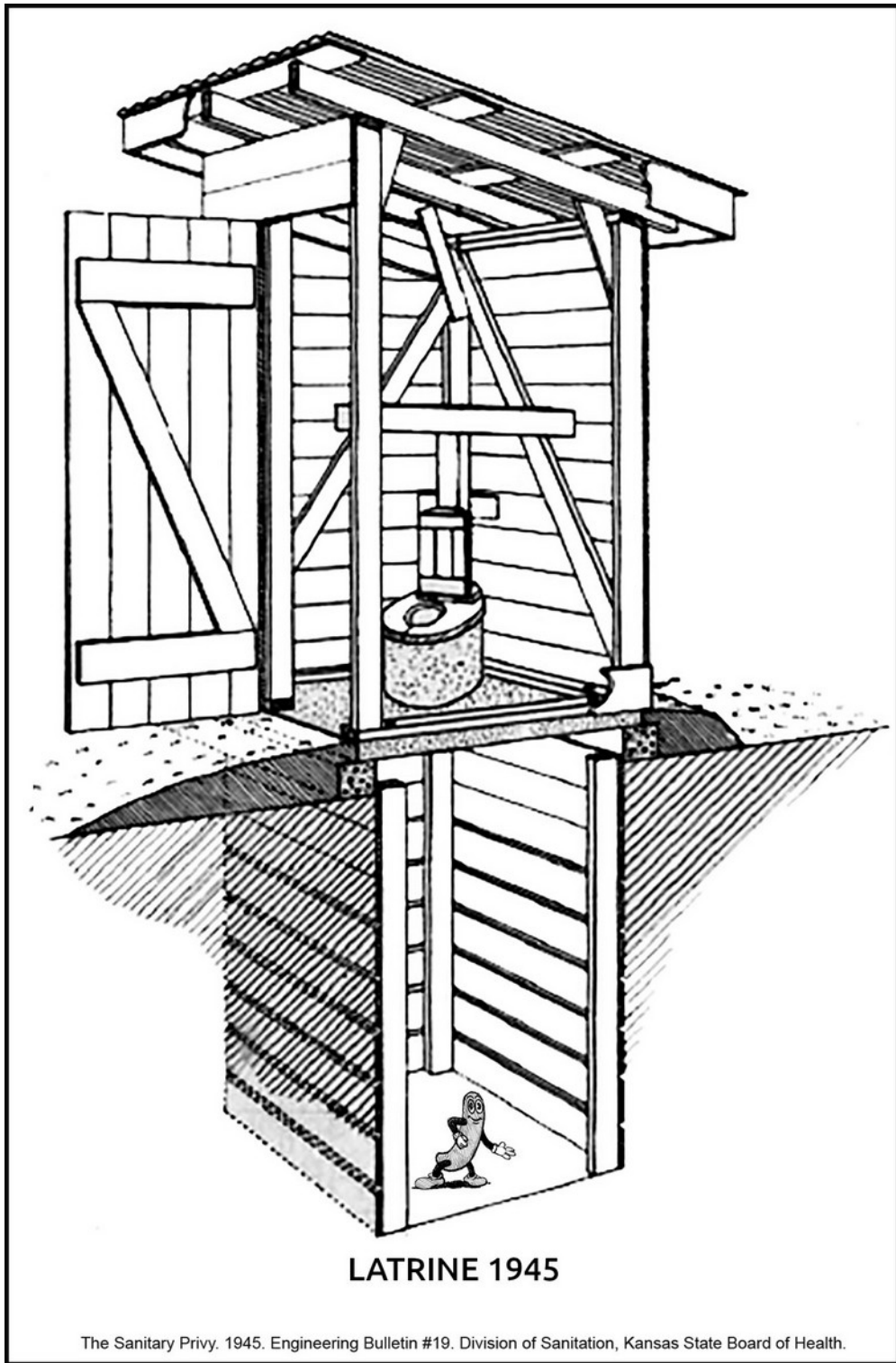
De Verenigde Naties zitten op dezelfde lijn: “Water- en sanitaire voorzieningen en diensten moeten voor iedereen beschikbaar en betaalbaar zijn, zelfs voor de allerarmsten. De kosten voor water- en sanitaire voorzieningen mogen niet hoger zijn dan 5% van het inkomen van een huishouden, wat betekent dat diensten geen invloed mogen hebben op het vermogen van mensen om andere essentiële goederen en diensten aan te schaffen, waaronder voedsel, huisvesting, gezondheidszorg en onderwijs. Bijna twee op de drie mensen die geen toegang hebben tot schoon water, moeten rondkomen van minder dan twee euro per dag, terwijl een op de drie van minder dan een euro per dag moet zien rond te komen.”<sup>3</sup>

In 2013 beschreef de WHO ‘verbeterde’ sanitaire voorzieningen met “een latrine waarin de put volledig bedekt is door een plaat of platform die is voorzien van een hurkgat of zitplaats. Het platform moet stevig zijn en kan van elk type materiaal zijn gemaakt (beton, blokken met aarde of modder, cement, enz.) zolang het de put voldoende bedekt zonder de inhoud van de put bloot te stellen anders dan door het hurkgat of de zetel.”<sup>4</sup>

Dit is een verbetering ten opzichte van enkel een gat in de grond met een paar planken die de put overspannen waar men kan hurken en poepen. Het is bekend dat kleine kinderen in deze ‘niet verbeterde’ latrines vallen en sommigen daar overlijden.

En aangezien we het over hurken hebben, ik kan je niet vertellen hoeveel mensen mij al hun mening hebben gegeven over dat hurken de natuurlijke manier is om ‘het te doen’. Men zegt dat mensen over de hele wereld liever hurken, omdat dit de enige manier is om je darmen grondig te legen, enzovoort. Deze theorie heb ik kunnen testen tijdens een reis in Afrika in 2018 waar alleen hurktoiletten beschikbaar waren. Wat ik ontdekte was dat mensen hurken omdat ze geen andere keus hebben. Wat zouden ze anders moeten doen als ze in een gat of in de open lucht poepen? Rechtop staan? Knielen? Probeer maar eens staand te schijten. Als er geen plek is om te zitten, moet je wel hurken. Als je de keuze hebt, zal je een zittoilet kiezen. Vooral als je bejaard bent, een mobiele telefoon op zak hebt, wil lezen terwijl je op de pot zit, enzovoort.

De WHO voegt eraan toe dat “een composttoilet (ze bedoelen een droogtoilet) een toilet is waarin koolstofvrij materiaal zoals plantaardig afval (ze bedoelen restanten), stro, gras, zaagsel en as worden toegevoegd aan de uitwerpselen en speciale omstandigheden worden onderhouden om onschadelijke compost te produceren (waarschijnlijk septage, geen compost). Een droogtoilet kan al dan niet een apparaat voor het scheiden van urine hebben.’ As bevat echter geen koolstof en hoort niet thuis in compost. Bovendien staat de literatuur vol met verwijzingen naar ‘composttoiletten’ die eigenlijk droogtoiletten zijn en geen compost maken. De hoeveelheid misverstanden en desinformatie die over dit onderwerp wordt verspreid, is ongelooflijk.



Zo publiceerde de Amerikaanse EPA in 1999 een document over 'composttoiletten'. Het verklaarde: "Een compost- (of biologisch) toiletsysteem bevat en verwerkt uitwerpselen, toiletpapier, koolstofadditieven en soms voedsel(resten). In tegenstelling tot een septisch systeem, is een composttoiletsysteem afhankelijk van onverzadigde omstandigheden waarin aerobe bacteriën organisch materiaal afbreken. Dit proces is vergelijkbaar met een tuin(afval) composteerder. Als een (biologisch) toilet de juiste maat heeft en goed wordt onderhouden, breekt het (organisch materiaal) af tot 10 tot 30% van zijn oorspronkelijke volume. Het resulterende grondachtige materiaal dat 'humus' wordt genoemd, moet legaal worden begraven of verwijderd door een erkende septagevervoerder in overeenstemming met de nationale en lokale voorschriften."<sup>5</sup>

Het is duidelijk dat ze verwijzen naar droogtoiletten of biologische toiletten, maar niet naar composttoiletten. Het materiaal dat wordt geproduceerd door droogtoiletten is niet noodzakelijkerwijs hygiënisch, daarom wordt het als septage beschouwd en moet het worden verwijderd en verwerkt door een septagevervoerder. Dat materiaal zou in plaats daarvan natuurlijk als tweede stap kunnen worden gecomposteerd, waardoor het hygiënisch veilig en bruikbaar is als landbouwgrondstof, in plaats van als afval te worden verwijderd. De EPA vervolgt: "De (toilet)eenheid moet zo worden gebouwd dat de dikke fractie van de dunne fractie wordt gescheiden en een stabiel humusmateriaal wordt geproduceerd... Zodra het percolaat is afgevoerd of verdampt uit de unit, worden de vochtige, onverzadigde vaste stoffen afgebroken door aerobe organismen.' Ja, dat zou een urinescheidend droogtoilet zijn, geen composttoilet. Ze voegen eraan toe dat het toiletcompartiment kan worden verwarmd door zonne-energie of met elektriciteit, wat gebruikelijk is in droogtoiletten die urine apart afvoeren. Droogtoiletten daarentegen zijn afhankelijk van daadwerkelijke compostering en interne microbiologische warmte, scheiding van urine is niet nodig.

Bedenk dat compostering per definitie (1) menselijk beheer, (2) aerobe omstandigheden en (3) het genereren van mesofiele en thermofiele warmte door micro-organismen vereist. Toiletten die 'composteren' is een verkeerde benaming. Het is onwaarschijnlijk dat compostering plaatsvindt in een toiletpot, omdat er om verschillende redenen niet voldoende biologische warmte wordt gegenereerd. Ten eerste kan de massa van het ingezamelde toiletmateriaal te klein zijn. Ten tweede kan het verzamelde materiaal te droog zijn vanwege urinescheiding of opzettelijke uitdroging. En ten derde kan het toiletmateriaal anaeroob zijn. De meeste apparaten die mensen 'composttoiletten' noemen, zouden beter 'droogtoiletten' of 'biologische toiletten' worden genoemd, maar ze zouden niet moeten worden aangeduid als 'composteerapparaten'. Ze maken geen compost, in plaats daarvan is het resultaat bedorven organisch materiaal, of dat wat bekend staat als 'septage'. Dit is niet onderworpen aan de biologische warmte van echte compost en daarom niet hygiënisch. Een onderzoek uit 2017 wees uit dat "de voorwaarden die nodig zijn voor het afsterven van ziekteverwekkers of parasieten... worden in de praktijk zelden of nooit bereikt in uitwerpselenreservoirs van UDDT's (*urine diverting dry toilets* / urinescheidende droogtoiletten)."<sup>6</sup> Een van de redenen waarom droogtoiletten de thermofiele omstandigheden niet bereiken en behouden, is dat het volume van het materiaal in de toiletruimte te klein is. In een interessant onderzoek dat in 2007 werd gepubliceerd, werden de temperaturen vergeleken die werden bereikt in drie verschillende 'achtertuin'-compostbakken: een plastic bak, een houten bak en een kleine open hoop. De volumes waren klein, met composteerstandaarden van 280 liter voor de plastic bak en de open hoop, en 791 liter voor de houten bak. De biologische mix werd gemaakt van plantaardig materiaal, er werden geen etensresten of mest gebruikt. Honderd kubieke meter van het mengsel werd gegenereerd met behulp van shreddermachines. In de vele geteste bakken werd 30 kuub gebruikt,

terwijl de overige 70 kuub op een hoop bleef liggen. Om een lang verhaal kort te maken, geen van de bakken bereikte thermofiele temperaturen. De maximum bereikte temperatuur was ongeveer 25°C, terwijl de temperaturen in de grote overgebleven hoop varieerden van 40°C tot 70°C. De onderzoekers concludeerden: "het kleine volume van het materiaal wordt beschouwd als de meest waarschijnlijke oorzaak van het uitblijven van temperatuurstijging." Ze suggereerden ook dat bakken van ten minste een kubieke meter groot "een groter potentieel hebben om de warmteontwikkeling te maximaliseren" en dat "composteerders moeten proberen om compostbakken beter te isoleren", evenals een soort afdekking bovenop te houden om bescherming te bieden tegen overmatige regenval en om de hoop te isoleren.<sup>7</sup> Mijn eigen ervaring bevestigt dit. Droogtoiletcompartimenten zijn meestal veel kleiner dan een kubieke meter, en zelfs als ze groot zijn, is er geen manier om het verzamelde organisch materiaal in het compartiment rondom te isoleren, de toiletinhoud kan contact maken met een plastic of metalen wand. Ik werd me voor het eerst bewust van het belang van de semantiek rond compostering toen een leverancier van droogtoiletten uit Nieuw-Zeeland mij thuis in Pennsylvania bezocht. We zaten 's avonds aan mijn keukentafel, het gesprek verliep ongeveer als volgt:

"Composteren elimineert geen ziekteverwekkers", zei hij.

"Dat doet het wel," antwoordde ik, "en het is wetenschappelijk onderbouwd."

"Nee, dat is niet waar, en ik kan het bewijzen. Wetenschappers hebben onderzoek gedaan en artikelen gepubliceerd waaruit blijkt dat compostering ziekteverwekkers niet elimineert. Ik heb een onderzoeksartikel bij me."

"Laat zien."

Mijn vriend rommelde in zijn aktetas en haalde er een gedrukt document uit, een gepubliceerd onderzoeksrapport. Ik nam het aan en las het door. Het was een rapport over zogeheten 'composttoiletten' en hun onvermogen om ziekteverwekkers uit het toiletmateriaal te elimineren. "Dit is geen compost," zei ik. "Ze composteren niet. Ze noemen het gewoon een 'composttoilet' omdat ze niet weten wat composteren is. Wat ze hebben is een droogtoilet, en inderdaad, het verwijderen van ziekteverwekkers is niet erg succesvol in dit soort toiletten, juist omdat ze niet composteren. Als ze het verzamelde toiletmateriaal meenemen, het door een echt composteringsproces laten gaan en het vervolgens testen, dan zullen ze ontdekken dat de ziekteverwekkers wel geëlimineerd zijn."

Een onderzoeksproject in 1986, opnieuw uitgevoerd door de EPA, bestudeerde een verscheidenheid aan commerciële en zelfgemaakte droogtoiletten in Californië. Het siert hen dat ze in het rapport verwezen naar 'biologische toiletten'. Hun conclusies waren verre van vleiend: "Er zijn aanwijzingen dat de prestaties van de biologische toiletten varieerden van louter opslag van menselijke uitwerpselen tot gedeeltelijk succesvolle afbraak van organische stoffen en/of vermindering van microbiologische gevaren. De fysieke aanwezigheid van vaste stoffen in het laatste reservoir van een toiletsysteem, had geen invloed op het al dan niet plaats vinden van een behandelproces. De snelheid waarmee uitwerpselen door een systeem werden verplaatst, was uitsluitend afhankelijk van de systeemcapaciteit en het gebruik. Bovendien waren het uiterlijk en de geurkenmerken geen betrouwbare indicatoren voor het biologische afbraakproces." Als klap op de vuurpijl voegden ze eraan toe: "De meeste systeemgebruikers waren voorstanders van alternatieve technologie, maar waren over het algemeen niet in staat om hun systemen naar tevredenheid te laten functioneren. Weinig van deze systemen vertoonden enig significant bewijs van biologische compostering gedurende de 17 maanden observatie. De systemen toonden herhaaldelijk bewijs

van ongunstige omstandigheden voor het laten optreden van biologische compostering - bijvoorbeeld onvoldoende gebruik van vulstof, te veel vocht, anaerobe omstandigheden, aantallen insecten en omgevingstemperaturen. De gebruikers waren over het algemeen niet goed geïnformeerd over de bijzondere gevoeligheden van hun systemen voor onjuiste bedieningsprocedures. Aangezien een meerderheid van de gebruikers niet bereid en/of niet in staat was om de aanbevolen bedienings- en onderhoudsprocedures uit te voeren, is het onduidelijk of een van de onderzochte toiletssystemen in staat was tot acceptabele prestaties."<sup>8</sup> Misschien hadden ze gewoon hun toiletmateriaal moeten verzamelen en buiten in een bak moeten composteren. Dat werkt. Dus droogtoiletten geven compostering onterecht een slechte naam. Zoals eerder in dit boek vermeld, is dit een wijdverbreid probleem, ook onder wetenschappers, onderzoekers, postdocs, afgestudeerden en academici in het algemeen, maar ook onder het grote publiek. Ik moet bekennen dat ik me ook schuldig heb gemaakt aan dit misverstand, omdat ik in de vorige drie edities van dit boek ten onrechte naar droogtoiletten heb verwezen als 'composttoiletten'. Net zoals ik mijn composthopen keerde omdat iedereen het deed, ik had die gewoonte overgenomen en deed het op dezelfde manier. Mijn intentie in deze vierde editie van dit boek is om de terminologie te corrigeren en te proberen de zaken recht te zetten. Een droogtoilet is elk toilet dat geen water gebruikt om 'afval' weg te spoelen zoals een spoeltoilet doet. Het verwijdert afval. Een droogtoilet kan een urinescheidend toilet zijn, een chemisch toilet, een verbrandingstoilet, een biologisch toilet, een ecotoilet of een van de vele apparaten die zijn ontworpen om toiletmateriaal zonder water te verzamelen en te verwerken. Veel droogtoiletten zijn ook afvalverwerkingseenheden, sommige zijn recyclingsapparaten.

De meeste droogtoiletten functioneren door de toilethoud te drogen. Dit wordt bereikt door 'urine-scheiding', wat inhoudt dat de urine wordt afgevoerd van de vaste stoffen bij de bron door een hiervoor ontworpen toiletbril te gebruiken, of door de urine weg te laten lopen van de toilethoud. Deze toiletten worden vaak urinescheidende droogtoiletten genoemd.

Een ander type droogtoilet is een 'composttoilet'. Merk op dat het geen 'composterend' toilet wordt genoemd, omdat dat impliceert dat er compostering plaatsvindt in het toilet. Als je wilt stilstaan bij de semantiek (en ja, er zullen lezers zijn die contact met mij opnemen om dit punt te bespreken), het woord 'composterend' is een onvoltooid deelwoord afgeleid van het werkwoord 'composteren' dat naar een handeling verwijst. Een composterend toilet zou dan een toilet zijn dat composteert. Een zingend toilet zou een toilet zijn dat zingt. Een lachend toilet zou een toilet zijn dat lacht. Je snapt het wel. Omdat de toiletten niet composteren, heeft het geen zin om ze composteringstoiletten te noemen.

Een composttoilet is elk toilet dat toiletmateriaal opvangt zodat het kan worden gecomposteerd. En compostering vereist, zoals je al weet, menselijk beheer, aerobe omstandigheden en de opwekking van biologische warmte. Omdat composttoiletten toiletmateriaal verzamelen voor compostering in plaats van voor uitdroging, is urinescheiding niet nodig en ook niet aanbevolen. Urine is een goede toevoeging in composthopen.

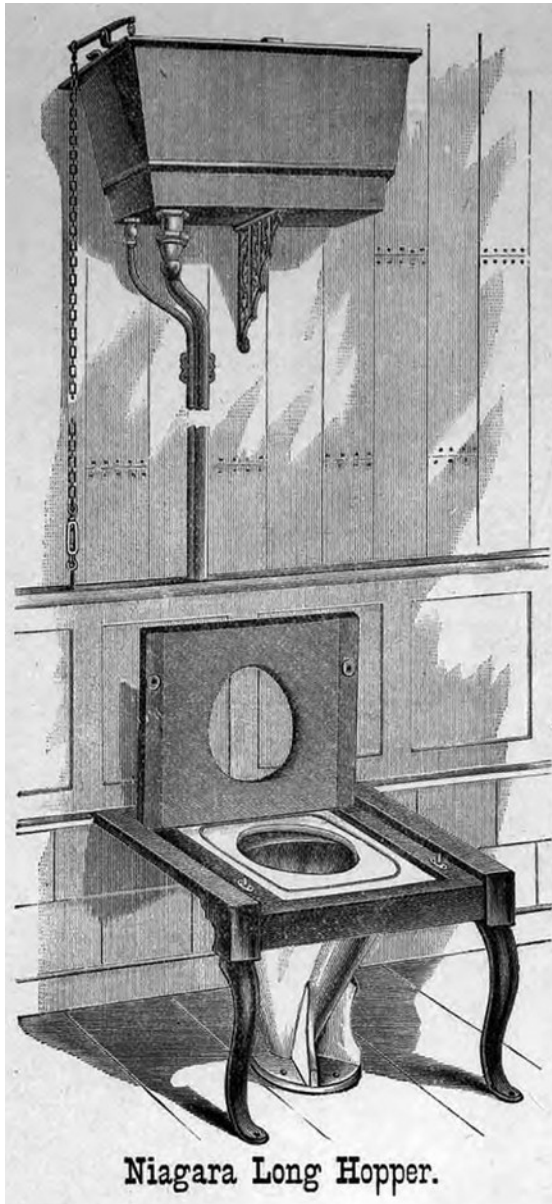
Er zijn wereldwijd tal van droogtoiletten op de markt. Als de inhoud van de toiletten wordt verzameld en vervolgens wordt gecomposteerd (de meeste doen dat niet), kunnen ze terecht composttoiletten worden genoemd. Wanneer onderzoekers de afgewerkte producten van echte compostering testen, zullen ze ontdekken dat de voor de mens ziekteverwekkende organismen volledig zijn

uitgeroerd, sterk verminderd of aanzienlijk verzwakt. Precies daarom willen we de menselijke ontlasting composteren.

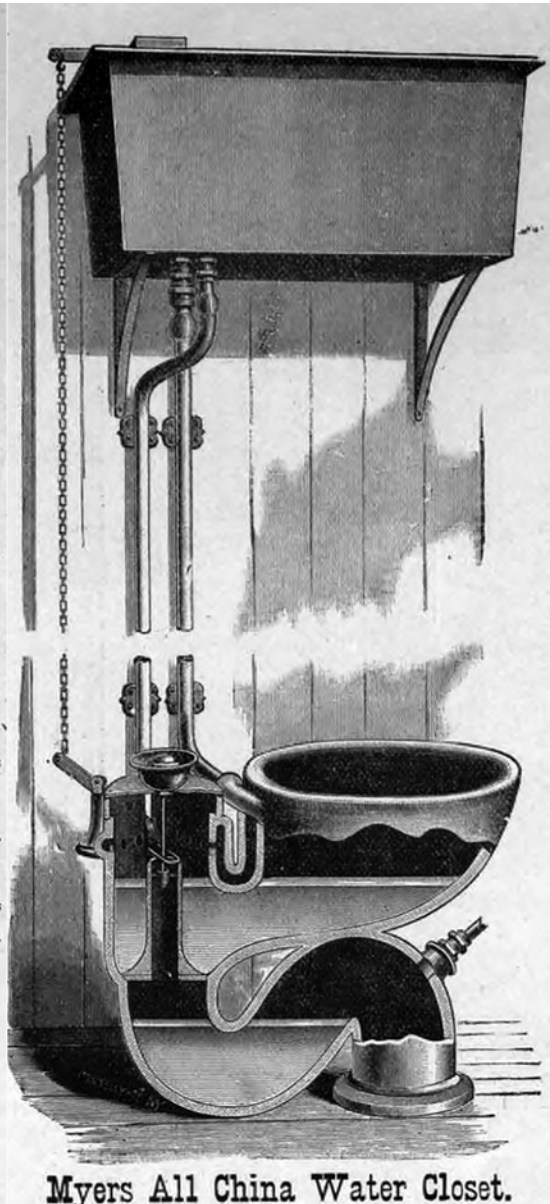
## Het aardetoilet

Laten we teruggaan in de tijd, naar de tijd waarin bevolkingscentra allemaal te maken hadden met sanitatieproblemen. We hebben het al over cholera en epidemieën gehad, veroorzaakt door waterverontreiniging in Engeland aan het eind van de 19e eeuw. De oplossing was spoeltoiletten en rioleringsdie waren ontworpen om de uitwerpselen naar de rivier te transporteren, daar te dumpen en vervolgens te vergeten. Spoeltoiletten worden tegenwoordig vaak gezien als het belangrijkste apparaat waarmee de menselijke gezondheid op deze planeet werd verbeterd. Maar toen ze voor het eerst in gebruik werden genomen, kregen ze de schuld van het veroorzaken van cholera. De Sanitary Fertilizer Company veroordeelde in 1888 de spoeltoiletten, met recht. Ze probeerden de regering duidelijk te overtuigen van de agrarische waarde die menselijke mest heeft. "De tekortkomingen van moderne sanitatiemethoden zijn te wijten aan het feit dat er bij het omgaan met organisch afval een wetenschappelijke fout wordt gemaakt door uitwerpselen te mengen met water via het watercloset en het riool", verklaarden ze. En als toevoeging: "Niet alleen vult de verrotting van menselijk afval onze rivieren met vuiligheid, maar het mengsel van organisch materiaal en water gaat gepaard met andere nadelige gevolgen. Het vult de lucht van onze huizen en steden met ziekten. Sinds de introductie van het huidige watercloset, hebben we als direct gevolg daarvan, ernstige cholera-epidemieën, een ziekte die voorheen onbekend was. En ook darm- of buiktyfus, die voorheen bijna of helemaal niet optrad, is in dit land gestegen tot de eerste plaats onder de infecties."<sup>9</sup>

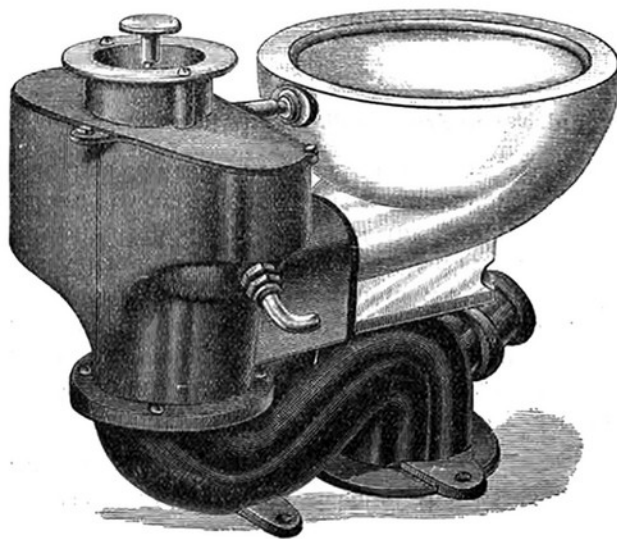
Zou het kunnen dat het watercloset (spoeltoilet) daadwerkelijk de verspreiding van door water overgedragen ziekten verhoogde? En dat rioleringsbedrijven zich daarom in allerlei bochten moesten wringen om riolen aan te leggen dat het vervuilde water sneller en grondiger zouden wegspoelen, zodat de epidemieën konden worden onderdrukt? Een rapport van de Britse Royal Commission on Town Sewage, met betrekking tot lokale rivieren, leek dit te bevestigen: "De toenemende stankoverlast van de Medlock en Irwell in Manchester, van de Mersey in Stockport, van de Tame in Birmingham en van vele andere rivieren, liet zien dat er in rap tempo een nationaal probleem aan het ontstaan was, dat onmiddellijke en serieuze aandacht vereiste. Van de laatst genoemde rivier, op zich een kleine stroom in Birmingham, kan zonder overdrijving worden gezegd dat het tijdens droge seizoenen evenveel riool- als rivierwater bevatte. De toenemende vervuiling van rivieren en beken in het land is een nationaal probleem dat dringend het toepassen van herstelmaatregelen vereist.' Sommige van deze rivieren waren drinkwaterbronnen voor hele steden."<sup>10</sup>



Niagara Long Hopper.



Myers All China Water Closet.



Egg-oval Water Closet.

## 1884 Water Closets

Een zekere Dr. Farr meldde destijds dat het watercloset rond 1813 werd uitgevonden en rond 1828 tot 1833, breder gebruikt werd door de hogere klasse. Het afvalwater van deze toiletten werd opgevangen in beerputten met overloopafvoeren. "Het was opmerkelijk", zei Dr. Farr, "dat in 1842 het aantal sterfgevallen in Londen als gevolg van cholera en diarree toenam, in 1846 nog meer toenam toen de aardappelooft werd verwoest, en in 1849 culmineerde in de cholera epidemie.' De eerste verschijning van epidemische cholera en een opvallende toename van diarree in Engeland, viel samen met het algemeen gebruik van het watercloset-systeem. "Dat had het voordeel dat nachtaarde uit de huizen verdween, maar het bijkomende en niet noodzakelijke nadeel was het lozen in de rivieren van waaruit de watervoorziening kwam."<sup>11</sup> In 1886 stierven een zekere meneer Hedges, een arbeider, en zijn vrouw, beiden zesenvertig jaar oud, aan de gevolgen van "Cholera Asiatica". De echtgenoot na een ziekte van vijftien uur en de vrouw na twaalf uur. De lozingen werden getraceerd vanuit een watercloset op 12 Priory Street, die uitmondde in de Lea River, wat resulteerde in een uitbraak van cholera en diarree die uiteindelijk de dood veroorzaakten van meer dan 4.000 personen. "Als de uitwerpselen van de familie Hedges waren begraven, zouden de wateren van de Lea niet zijn geïnfecteerd en zouden mogelijk 4.000 levens zijn gered."<sup>12</sup> Het zou hebben geholpen om de uitwerpselen te begraven, vooral als dat in een composthoop was geweest.

De nieuwe waterclosettrend aan het einde van de negentiende eeuw had concurrentie in de vorm van het aardetoilet. Dit zou de voorloper kunnen zijn geweest van de huidige droogtoiletten, en ze lijken er griezelig veel op, behalve dat ze in die tijd niet wisten wat compost was en hoe ze het moesten maken. Ze wisten niet dat micro-organismen organisch materiaal consumeren. Als ze dat wel hadden geweten, zou het vandaag de dag over de hele wereld misschien wel heel anders zijn gegaan.

Ondanks dat waterclosets waterverontreiniging veroorzaakten, namen ze in aan het eind van de negentiende eeuw snel in populariteit toe. Een verslag uit 1870 maakte dit duidelijk: "Het watercloset heeft zijn weg naar universele gunst gewonnen alleen op grond van gemak, comfort en fatsoen. Deze borgt dat, er is geen enkele luxe in het moderne leven dat zo hoog gewaardeerd wordt door degenen die de voordelen ervan kennen. Het watercloset is het belangrijkste waar plattelandsvrouwen jaloers op zijn ten opzichte van hun neven en nichten in de stad."<sup>13</sup> Dit is natuurlijk volkomen begrijpelijk. Als je altijd al een buitentoilet of latrine hebt moeten gebruiken en je hebt nu een geurloos toilet binnenshuis, dan zou dit een revolutie in sanitaire voorzieningen betekenen.

De keerzijde van de nieuwe spoeltoiletten omvatte niet alleen de kosten, maar ook het sanitair, de pompen, de leidingsystemen, tanks en ventilatieopeningen die in de winter defect, verstopt of bevroren zouden kunnen raken. Om nog maar te zwijgen over de kosten van de loodgieter, en, "erger dan alles, een tank in de tuin die bekend staat als een beerput" en die gewoonlijk een ondergrondse verbinding had met de drinkwatervoorziening. "De mest gaat natuurlijk verloren, maar het is erger dan dat. Te ver onder het oppervlak om van nut te zijn voor de vegetatie, ligt er een rottende massa, die zijn vuile en giftige gassen door de rioolleiding en de gootsteen, terug naar het huis stuurt. Er ontwikkelen zich kiemen van tyfus en dysenterie die elke laag grond van de lagere bodemlagen naar een put of een bron kan voeren."<sup>14</sup>



Het is duidelijk dat spoeltoiletten zo hun tegenstanders hadden. Een van de meest bekende was dominee Henry Moule, die in 1868 *'Sewage Versus Water Sewage, Or, National Health and Wealth*

*Instead of Disease and Waste'* publiceerde, waarin hij aarde- versus waterclosets aan de orde bracht. "Deze uitvinding (aardetoiletten) verhelpt doeltreffend het onheil dat voortkomt uit gewone beerputten en waterclosets. Het voorkomt evenzeer de onaangename geur als gevolg van het gebruik van het gewone *stilletje* in slaapkamer, ziekenhuisafdeling, gevangenis, enzovoorts. Het is gebaseerd op de welbekende kracht van de aarde als geurverdrijver, een bepaalde hoeveelheid droge aarde die alle geur vernietigt, en het volledig voorkomen van schadelijke dampen en andere ongemakken. Afgezien van zijn superioriteit ten opzichte van het watersysteem door alle geur te vernietigen, is het aardesysteem zuiniger. Er is geen dure stortbak of waterleiding nodig, geen gevaar door vorst, en het product is mest dat van waarde is voor boeren en tuinders. De aanvoer van de aarde en de afvoer ervan gaat niet meer met ongemak gepaard dan met de aanvoer van kolen en het verwijderen van as, terwijl de waarde van de mest ruimschoots de kosten dekt."<sup>15</sup>

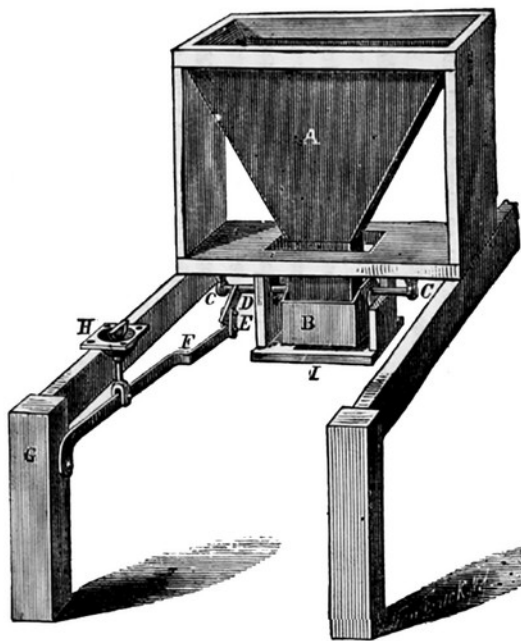
De principes van het 'droge-aardesysteem' waren heel eenvoudig. Ten eerste werd de inhoud van de toiletten, hetzij vast of vloeibaar, bedekt met droge grond. Wanneer de combinatie van grond, uitwerpselen en urine zich te veel ophoopte in het toilet, werd deze uit de toiletruimte verwijderd, op de grond verspreid en kreeg het de kans om te drogen. De droge combi werd vervolgens opnieuw gebruikt om de toiletinhoud te bedekken, en nogmaals, of in de woorden van Moule, het eerste aardetoiletprincipe is "het wonderbaarlijke vermogen van droge en gezeefde aarde, of van kleihoudende ondergrond, tot ontgeuren. Het is zo, dat een kilo aarde, of drie halve pinten, ruimschoots voldoende is voor één keer het gebruik van het toilet. En als met deze hoeveelheid de uitwerpselen die erdoor bedekt worden, goed worden gemengd, kan het in zeer korte tijd zonder problemen, door kunstmatige hitte worden gedroogd. Als de massa op deze, of met natuurlijke warmte wordt gedroogd, kan hij steeds weer voor hetzelfde doel worden gebruikt. Ik heb het tien keer met succes geprobeerd."<sup>16</sup>

Het tweede principe is dat het toiletmateriaal bij de bron wordt opgevangen en ontgeurd en nooit in water terecht komt. Het derde is dat het mengsel van uitwerpselen en grond kan worden gebruikt voor landbouwdoeleinden. Een systeem stort de toiletinhoud in een kelder "zodat binnen zes weken na de aanvoer, de uitwerpselen en eventueel het plantaardig materiaal verdwijnen, en de massa ruikt en eruit ziet als verse aarde. En in die kelder, zonder het weglaten van een aanstootgevende geur, kan het drie, vier of zes maanden duren.' De kelders kunnen zo worden gebouwd dat ze van buitenaf toegankelijk zijn, net als de gewone kolenkokers uit die tijd, en de grond periodiek kan worden weggehaald. Moule noemt een school van zeventig jongens die aardetoiletten gebruikten en waarvoor een boer hen maandelijks betaalde voor het legen van hun toiletinhoud.<sup>17</sup> Moule wees erop dat de City of London jaarlijks niet minder dan voor £ 2.500.000 aan door de toiletten gespoelde landbouwvoedingsstoffen in de Theems gooide, en £ 3.500.000 besteedde aan het vergroten van de rioolcapaciteit. Een gecombineerde uitgave van £ 6.000.000 die door de wijdverspreide bevolking zou kunnen worden weggecijferd bij een algemeen gebruik van aardetoiletten. Moule berekende dat er ongeveer een kilo aarde (anderhalve pint) nodig zou zijn per 'spoeling', en dat één persoon gemiddeld twee kilo per dag aan ontlasting produceert. Een gezin van vijf personen zou in zestien weken een ton aan toiletinhoud produceren, of vierendertig

ton per jaar. Hij voegde eraan toe dat "is vastgesteld dat de jaarlijkse ontlasting van een goed gevoede man voldoende is om een halve hectare grond te bemesten."<sup>18</sup> Moule benadrukt dat dit soort sanitaire voorzieningen niet nieuw zijn, maar "al vroeg bekend waren bij de hindoes, en verder dat het sinds onheuglijke tijden onder de Chinezen in het zuiden van China werd toegepast.

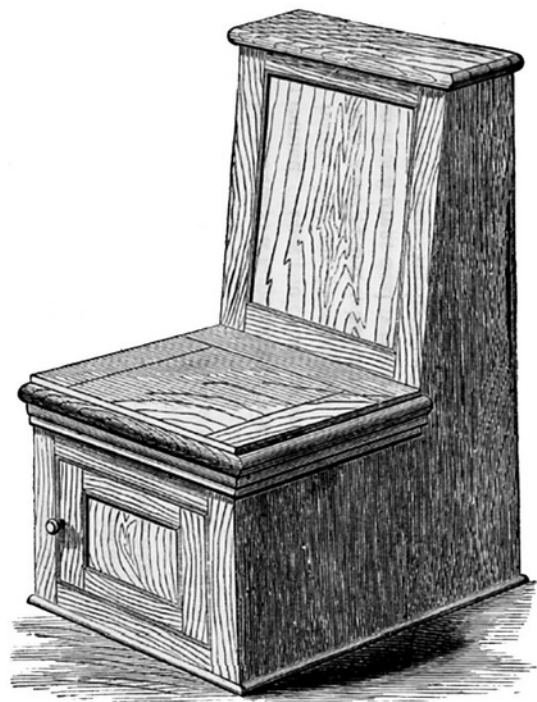
# THE EARTH SYSTEM.

**I**T is barely two years since the first complete description of the Earth-Closet was published in America—in Judd's Agricultural Annual for 1868—and not a year and a half since the first Commode was imported; yet it may already be said that the Earth-Closet has gained such a foot-hold that its universal adoption (except in houses in which there are water-closets supplied from public water-works) is certain. It has now reached the "important if true" stage. The whole community is ready to concede that, if the Dry Earth system will accomplish what is claimed for it, nothing can prevent its general adoption. It remains necessary only to prove that it will do this, which, with the facts at command, is an easy task.



THE MECHANICAL PARTS OF THE COMMODE.

The same Fixtures are used in Closets.



THE COMMODE.

Waring, George E. Jr. (1870). Earth-Closets and Earth Sewage

Het lijkt er op dat de naleving van een soortgelijk gebruik door Mozes aan de Israëlieten in de woestijn was opgelegd.”<sup>19</sup>

De tuinen profiteerden van de restproducten uit het aardetoilet. Bij het beschrijven van de ervaring van een tuinman zei Moule: “Zijn kale tuin is veranderd in een vruchtbaar veld. Zijn erwten werden twee meter hoog en zaten vol met peulen; de witte krop van zijn kool woog twee kilo of meer, en de voorbijgangers stopten met verwondering om te vragen hoe het kwam dat zijn gewassen zo veel beter waren dan die van hen.’ Natuurlijk weten we allemaal dat spoeltoiletten de aardetoiletten hebben verdrongen, en overal in de wereld te vinden zijn. Aardetoiletten vind je nergens. Waren er fouten die inherent waren aan het ontwerp van het aardetoilet die mogelijk tot zijn ondergang heeft geleid? Ja, in feite is er een hygiënisch probleem bij het gebruik van aarde in een toilet van deze aard. De drie regel van Jenkins voor menselijke hygiëne waren toen nog niet bekend (en zijn dat nog steeds niet):

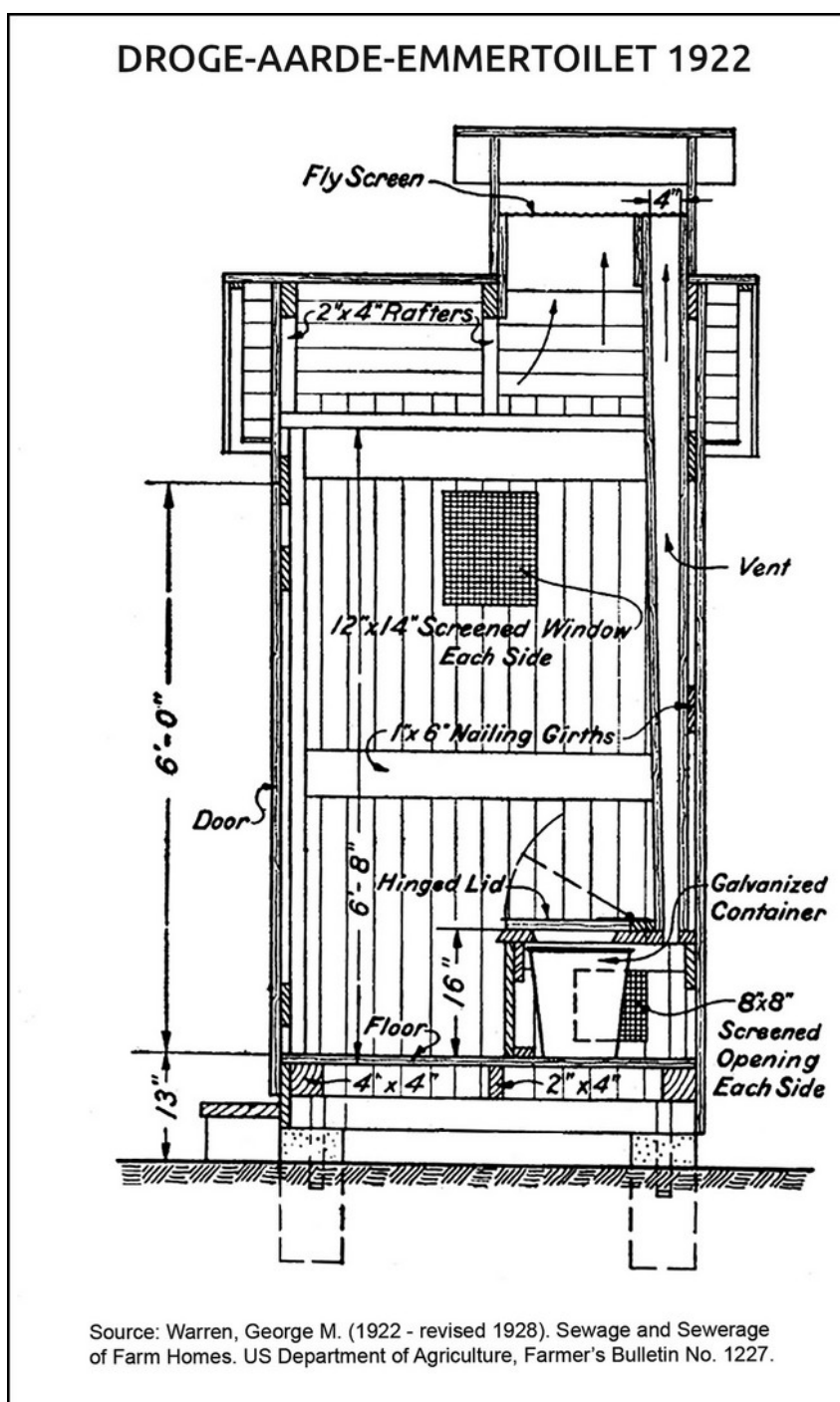
1. sta nooit toe dat menselijke uitwerpselen in contact komen met water.
2. laat nooit menselijke uitwerpselen in contact komen met aarde
3. was je handen na het poepen (oké, deze derde regel is bekend)

Moule was duidelijk op de hoogte van de eerste regel, maar de tweede regel van sanitaire voorzieningen werd geschonden toen grond werd gebruikt als 'afdek materiaal'.

Wat is er mis met aarde? Het is overal, het is goedkoop of gratis, het is een onuitputtelijke bron en het is een uitstekend biofilter. Het antwoord is kort gezegd, parasieten. Sommige darmparasieten zijn in de loop van millennia samen met mensen geëvolueerd, simpelweg omdat we de gewoonte hebben om op de grond te poepen. Daarom ontwikkelden zich verschillende menselijke darmparasieten die een periode in de bodem nodig hadden tijdens hun levenscyclus. Als we menselijke uitwerpselen in contact laten komen met de bodem, zorgen we ervoor dat deze parasieten zich kunnen vermenigvuldigen. Spoelwormen (*Ascaris lumbricoides*) vermenigvuldigen zich bijvoorbeeld niet in de menselijke gastheer, in plaats daarvan worden eieren uitgescheiden in de ontlasting, waardoor de larve zich in de grond kan ontwikkelen. De kennis over de levenscyclus van spoelwormen was echter onbekend tot 1916, lang na de ondergang van Moule's aardetoilet.

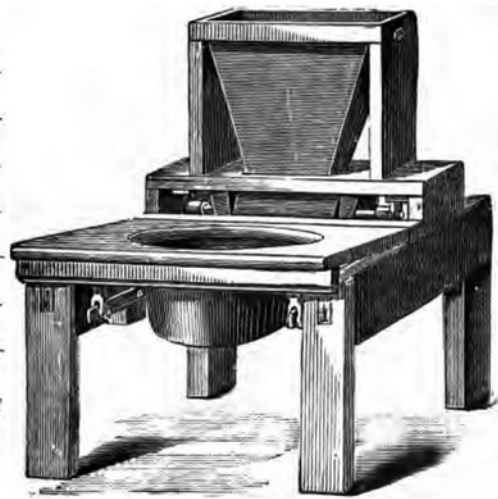
Mensen krijgen spoelworminfecties (ascariasis) door voedsel, water of grond in te slikken die besmet is met geëmbryoneerde eitjes. Geparasiteerde mensen vervuilen de bodem met spoelwormeitjes door zich op de grond te ontlasten, wat na de embryonatie een bron van nieuwe infectie of herinfectie vormt. Mensen nemen besmettelijke eitjes op door hun vuile vingers in hun mond te steken (zie Jenkins' hygiëneregels 3). In warme en vochtige gebieden op het platteland van Afrika, Azië en Latijns-Amerika kan tot wel 93 procent van de inwoners van sommige dorpen besmet zijn met spoelwormen. In zeer endemische gebieden zijn honderden spoelwormen per persoon niet ongebruikelijk. En er zijn gevallen van meer dan tweeduizend wormen bij individuele kinderen gemeld. Spoelworminfecties komen veel voor in China, India, Zuidoost-Azië, de Filipijnen, Japan, Rusland, Afghanistan, Iran, in heel Afrika en Egypte, en in Midden- en Zuid-Amerika. Zelfs in de VS, in de Golfkuststaten en op het platteland van het zuiden van Appalachia, kan in sommige gebieden tot 30 procent van de bevolking besmet zijn.<sup>20</sup> En de spoelworm is slechts één voorbeeld van een parasiet waarvoor mensen in de grond moeten rotzooien. Dus nu weet je waar Jenkins' tweede hygiëneregels van sanitaire voorzieningen over gaat, en waarom er een fatale fout

zat in het ontwerp van Moule's aardetoilet. Door aarde als afdek materiaal te gebruiken, had iedereen die met darmparasieten besmet was, die parasieten kunnen overbrengen op degenen die de grond hanteerden die uit het toilet kwam. Of ze nu gewoon de grond droogden of in hun tuinen gebruikten. Ze wisten er destijds niets vanaf, maar nu weten we het wel. Het toiletontwerp van Moule moest worden aangepast. In plaats van aarde had een afdek materiaal op basis van koolstof, zoals zaagsel, moeten worden gebruikt. Dan had het verzamelde materiaal kunnen worden gecomposteerd en zouden eventuele parasieten tijdens het composteringsproces zijn gedood. Toegegeven, materialen op koolstofbasis zijn niet zo ruim beschikbaar als aarde, maar dergelijke composttoiletten hadden in beperkte mate kunnen worden gebruikt op plaatsen waar geen spoeltoiletten beschikbaar waren, en ze hadden wijdverspreid kunnen worden gebruikt in samenlevingen, landen of culturen waar spoeltoiletten niet bestaan.





'DOORTREK' AARDETOILET



'AUTOMATISCH' AARDETOILET

Cannon, Henry Lemmoïn. (1912). Sewage Disposal in the United Kingdom.

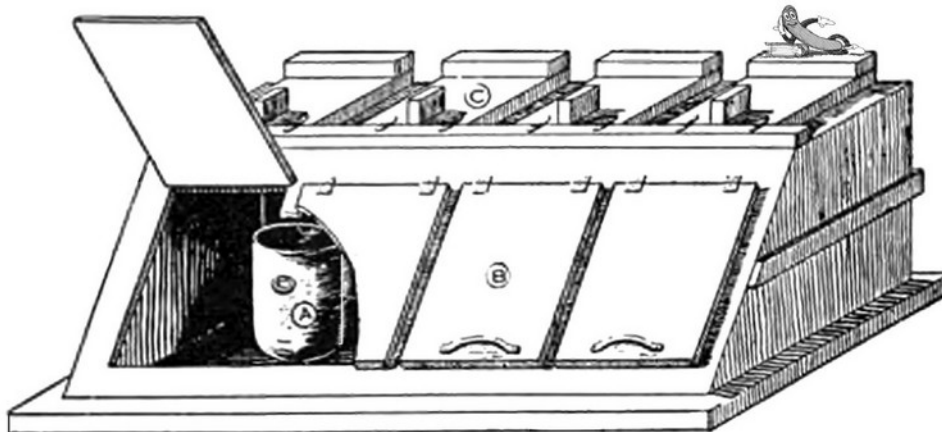
# Nature's Own Disinfectant.

Dry Earth is the only efficient and safe deodorizer and disinfectant. Ashes are nearly as good.

Sick People  
Well People  
Old People

Should use a  
**DRY EARTH CLOSET**  
It aids recovery, prevents infection, does away with all odor, and is the only way to be healthy and clean.

Heap's Pat. Earth Closet Co., Muskegon, Mich.



## Emmertolietten of latrines, Amerikaanse leger 1940

Essentials of Field Sanitation. 1940. Medical Field Service School, Carlisle Barracks, Pennsylvania. p. 45.

## Ketel- of emmertolietten

Er zijn twee woorden die nooit mogen worden gebruikt in combinatie met composttoiletten. Het eerste is ‘afval’, zoals ik al herhaaldelijk heb gezegd, en het tweede is ‘emmer’. Sommige composttoiletten hebben emmers van twintig liter als toiletputten. Anderen gebruiken vaten, potten, kratten, bakken of wat dan ook wat waterdicht en bruikbaar is, afhankelijk van de situatie. Twintig liter is een goede capaciteit voor één persoon om makkelijk te kunnen hanteren, en een container van twintig liter kan de ontlasting van een gemiddelde volwassene van ongeveer een week bevatten, ervan uitgaande dat er geschikt afdek materiaal wordt gebruikt. Plastic emmers van twintig liter zijn gemakkelijk te verkrijgen in een aantal landen, waaronder in de VS, waar je ze goedkoop of gratis kunt krijgen als hergebruikemmer. In andere landen, geloof het of niet, zijn ze bijna onmogelijk te vinden.

Sommige mensen die opgroeien in spoeltoiletculturen kunnen van streek raken bij het idee om een composttoilet te moeten gebruiken. Tijdens de ernstige droogte in Kaapstad, Zuid-Afrika in 2018 plaatste iemand op een blog: "Ik ga niet in een emmer schijten. Dat is walgelijk!" Ik antwoordde dat ze in een composttoilet zouden poepen, in plaats van in een pot met drinkwater. Grappig dat poepen in drinkbaar water helemaal niet als walgelijk wordt beschouwd, zelfs niet op momenten waarop de drinkwatervoorraad tot een gevaarlijk niveau is gedaald en het ernaar uitziet dat die wel eens helemaal zou kunnen opdrogen.

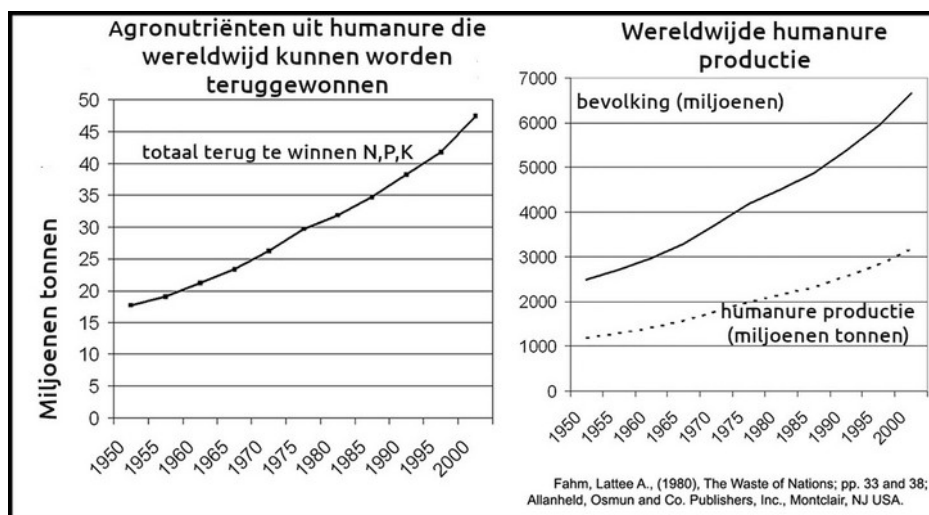
De mens is het enige landdier dat opzettelijk in water poept. Spoeltoiletgebruikers zullen water opzoeken om in te poepen, zelfs als er weinig van te vinden is. Op een andere blog schreef een dame in 2017, tijdens de ernstige droogte in Californië, dat haar waterput was opgedroogd, net als al die van haar burens. Slechts één boerderij had nog een functionerende put, en ze moest erheen rijden om het kostbare water in jerrycans op halen. Ze moest ergens in poepen, dus goot ze het water in haar toilet.

Ik zou dit het wedden op één paard willen noemen, of het nemen van een wel heel groot risico. Spoeltoiletculturen hebben geen alternatief voor poepen in hun watervoorraden, behalve dan terug te vallen op ontlasten in de open lucht of in latrines. Op mij komt dat over als gevaarlijk, roekeloos en onvoorzichtig, vooral in een tijd waarin klimaatverandering wijdverbreide stroomuitval en andere chaos kan veroorzaken. Een opvangbak van twintig liter die wordt gebruikt als composttoilet en een zak met samengeperst turfstrooisel als afdek materiaal kan één persoon een week lang van dienst zijn. Als je de opvangbak regelmatig in een compostbak leegt, kun je doorgaan totdat de turf op is, wat weken zou duren. Een constante aanvoer van afdek materiaal en een compostbak of bakken kan een composttoiletsysteem opleveren dat een leven lang meegaat. En compostbakken kunnen eenvoudig en snel worden gebouwd. Een duurzame palletbak kan in 10 minuten klaar zijn. Een bak van gaas kan ook in zeer korte tijd klaar zijn. Maar ik dwaal af.

‘Emmer-toiletten’ is wel een dingetje. Dat zijn geen composttoiletten. Emmer-toiletten werden veel gebruikt in bijvoorbeeld gevangenis, waar gedetineerden in open emmers moesten poepen. Er werd geen afdek materiaal gebruikt en de inhoud van de emmer werd gewoon ergens buiten gedumpt, of misschien in een riool. Ze stonken vreselijk, trokken vliegen aan en deden ernstig afbreuk aan de kwaliteit van leven. Mensen haatten ze.

Emmer-toiletten dateren van generaties terug, worden op grote schaal door de deskundigen vervloekt en moeten niet worden verward met composttoiletten. De Wereldgezondheidsorganisatie omschrijft een emmertoeilet bijvoorbeeld als “een voorbeeld van beheersingstechnologie die de kans of ernst van blootstelling aan gevaarlijke gebeurtenissen niet vermindert”.<sup>21</sup>

Zelfs als een composttoilet emmers gebruikt als toiletreservoirs, is het nog steeds geen emmertoeilet. De beste aanpak is om het gebruik van het woord ‘emmer’ helemaal te vermijden bij het onderwerp composttoiletten.



De meeste mensen weten weinig van composttoiletten, maar emmertoeiletten hebben een lange geschiedenis.

Een interessant voorbeeld van een emmertoeiletsysteem is te vinden in de stad Syracuse, New York, waar Skaneateles Lake, gelegen in het Finger Lakes-gebied van de staat New York, dient als de belangrijkste drinkwaterbron. Het meer is een van de weinige overgebleven ongefilterde drinkwatervoorraden in de VS. Het dorp Skaneateles, aan de noordkant van het meer, is aangesloten op een gemeentelijk rioolstelsel. Maar de inwoners van het dorp maken slechts 8 procent uit van de woningen binnen de waterscheiding. Veertig procent van alle huizen binnen het waterscheidingsgebied ligt aan het meer. Het potentieel voor waterverontreiniging zal duidelijk zijn. Elk lekkend buitentoilet, septisch systeem of latrine kan het drinkwater van een hele stad vervuilen en in gevaar brengen.

Honderd jaar lang was er een gemeentelijke dienst die emmers met ongezuiverd rioolwater ophaalde van buitentoiletten die zich bij de woningen rond het meer bevonden. Cottage-eigenaren die deze service gebruikten, waren gewend aan de vieze geuren, onhygiënische omstandigheden en het ongemak dat gepaard ging met het gebruik van een buitentoilet in het winterse New York, waar het toilet niet meer was dan een stinkende emmer. Het verzamelen van de emmerinhoud hield in ieder geval het rioolwater uit het meer, maar de buitentoiletten moeten een onaangenaam aspect zijn geweest van het leven aan de oever van een meer. Het rioolwater werd opgehaald en waarschijnlijk verderop via een riool afgevoerd.

Na een eeuw zo te hebben gefunctioneerd, schakelden de bewoners in het gebied over op droogtoiletten. Cottage-eigenaren waren nauw betrokken bij het selecteren van de modellen en de be-



slissing waar ze deze zouden gaan plaatsen. In de cottages of in de bestaande buitentoiletten. In totaal zijn er vierenzeventig droogtoiletten geplaatst.

Honderd jaar lang moesten de bewoners rond het meer emmertoeiletten gebruiken. New York is echter een dicht beboste staat en er is al generaties lang zaagsel uit de houtindustrie voorhanden. Dit soort zaagsel is een honderd procent effectief biofilter. Als ze het als afdekmateriaal in hun toiletten hadden gebruikt, zouden er geen geuren of vliegen zijn geweest. De toiletten hadden comfortabel binnen in de woningen kunnen staan. De container met uitwerpselen, urine en zaagsel zou, in plaats van als afval in de riolering te zijn gedumpt, in compostbakken kunnen worden geleegd en gerecycled. In feite hadden de huiseigenaren hun eigen compostbakken kunnen hebben waarmee ze een volledig gedecentraliseerd, ecologisch sanitairstelsel op hun eigen terrein zouden hebben gehad. Als ze de compost wilden hebben om dingen te verbouwen. Ze hadden prachtige struiken en fruitbomen kunnen hebben in plaats van stinkende emmer-wc's en het bijbehorende afval als ze geurloze composttoiletten binnenshuis hadden gebruikt. Maar niemand die het wist.<sup>22</sup>

## Fecafobie

We verbouwen geen voedsel met 'menselijk afval', net zo min als we tuinen met 'nachtaarde' bemesten. We voeden micro-organismen in een compostomgeving met menselijke ontlasting. We voeden die micro-organismen ook nog met veel andere dingen: andere dierlijke mest, bananenschillen, koffiedik, vlees, botten, vetten, allerlei soorten voedselresten, dode dieren, gesnoeide plantenresten, gemaaid gras, bladeren, enzovoort. De micro-organismen zetten de organische materialen na verloop van tijd om in compost. Vervolgens voeren we de compost aan de aarde, waardoor deze beschikbaar komt voor planten. Dan eten we de planten of we voeren de planten aan de dieren die we dan vervolgens opeten of hun geleverde producten.

Het is niet goed om menselijke uitwerpselen rechtstreeks op de aarde aan te brengen en dat doen we dan ook niet. Net als bij poepen op de aarde, zijn er te veel kansen voor pathogene organismen om hun weg naar hun menselijke gastheren terug te vinden wanneer ze de tweede hygiëneregule van Jenkins schenden. Wanneer we echter de menselijke ontlasting composteren, doorbreken we de cyclus van pathogene infectie. Hoewel het om gevestigde wetenschap gaat, zijn er nog zat sceptici.

De overtuiging dat compost onveilig is voor het benutten in de landbouw wanneer menselijke ontlasting een grondstof is, noem ik fecafobie. Mensen geloven dat het gevaarlijk en onverstandig is om menselijke uitwerpselen te gebruiken en er compost mee te maken.

Toch wordt de menselijke ontlasting het best hygiënisch veilig gemaakt door middel van compostering. Desalniettemin kan in een land als Finland bijvoorbeeld compost met menselijke mest als grondstof, niet worden gebruikt in de commerciële landbouw. In Arizona kan compost van geen enkele mestsoort worden gebruikt voor het herstellen van openbare wegbermen. Iemand die een commerciële compostingslocatie beheerde, plaatste een vraag op een blog: "Kan ik nog steeds etensresten composteren die in een openbare gelegenheid zijn verzameld als er een stuk toiletpapier in zit?" Verwacht dus niet dat menselijke ontlasting composteren binnenkort mainstream zal

worden. De uitzondering is daar waar geen spoeltoiletten in gebruik zijn. Die gemeenschappen hebben geen last van fecafobie en zijn enthousiast over het composteren van ontlasting, omdat composttoiletten een alternatief bieden voor latrines. Net als de waterclosetten aan het einde van de 19e eeuw een sanitaire revolutie vormden voor mensen die de buitentoiletten beu waren, kunnen composttoiletten vandaag wereldwijd voor velen eenzelfde revolutie teweeg brengen.

Er komt een dag waarop de gemeenten naast organische materialen ook de toiletinhoud zullen verzamelen. Er zijn al kansen voor Amerikanen om enige expertise op het gebied van ecologische sanitatie te ontwikkelen. Ten eerste, overal waar draagbare toiletten worden gebruikt, zoals bij grote bijeenkomsten, muziekfestivals, campings, enzovoort, waar geen sanitair of zelfs elektriciteit beschikbaar is, kunnen composttoiletten een oplossing zijn. De regelgevende hindernissen en wettelijke barrières zullen moeten worden weggenomen, anders kan deze oplossing niet worden ontwikkeld. Sommige staten definiëren bijvoorbeeld menselijke uitwerpselen als een afvalproduct dat moet worden opgeruimd. Toch kunnen menselijke uitwerpselen constructief worden gerecycled door compostering, zonder verspilling en zonder te refereren naar 'menselijk afval', maar het in plaats daarvan 'humanure' te noemen. Wanneer humanure wordt gecomposteerd, ontbreekt het rioolwater, is er geen afval en geen vervuiling. In plaats daarvan is er compost. Composttoiletten zijn afvalvrije toiletten. Er gaat geen afval in een composttoilet en dat komt er ook niet uit.

## Terug naar Azië

Hebben Aziaten historisch gezien echt compost gemaakt? Het is algemeen bekend dat Aziaten eeuwenlang, waarschijnlijk zelfs millennia lang, humanure hebben gerecycled, maar historische informatie over het composteren van menselijke ontlasting in Azië lijkt moeilijk te vinden. Rybczynski et al. stellen dat compostering pas in de jaren dertig op systematische wijze in China werd geïntroduceerd en dat pas in 1956 in Vietnam op grote schaal gebruik werd gemaakt van droogtoiletten.<sup>23</sup>

Een boek gepubliceerd in 1978 en vertaald uit het oorspronkelijke Chinees, geeft aan dat compostering in China tot voor kort geen culturele gewoonte was. In een landbouwrapport van de provincie Hopei staat dat daar het gestandaardiseerde beheer en de hygiënische verwijdering (d.w.z. compostering) van uitwerpselen en urine pas in 1964 werd gestart. De composteringstechnieken die op dat moment werden ontwikkeld, omvatten de scheiding van uitwerpselen en urine, die later in een tank werden gemengd om een dichte fecale vloeistof te vormen voordat het op een composthoop werd gegooid. De compost was gemaakt van 25% menselijke uitwerpselen en urine, 25 procent dierlijke mest, 25 procent divers organisch afval en 25 procent aarde.<sup>24</sup>

Een rapport van een hygiënecommissie van de provincie Shantung somt drie traditionele methoden op die in die provincie werden gebruikt voor het recyclen van menselijke mest:

- 1) Drogen - "Drogen is al jaren de meest gebruikelijke methode om menselijke uitwerpselen en urine te behandelen.' Het is een methode die een aanzienlijk stikstofverlies veroorzaakt.
- 2) Het onbewerkt gebruiken, een methode waarvan bekend is dat deze de overdracht van ziekteverwekkers mogelijk maakt.

3) "Het huishoudelijke latrinegat verbinden met het varkenshok ... een methode die al eeuwen wordt gebruikt." Dit is een onhygiënische methode waarbij de uitwerpselen gewoon door een varken werden opgegeten.<sup>25</sup>

Er wordt geen enkele melding gemaakt dat compostering als traditionele methode door de Chinezen werd gebruikt voor het recyclen van humanure. Integendeel, alle indicaties wezen erop dat de Chinese regering in de jaren zestig, op dat moment, probeerde composteren de voorkeur te geven, boven de drie traditionele methoden die hierboven zijn genoemd. Voornamelijk omdat de drie methoden hygiënisch onveilig waren, terwijl compostering, mits goed uitgevoerd, ziekteverwekkers in de menselijke mest zou vernietigen met behoud van landbouwkundig waardevolle voedingsstoffen. Dit rapport gaf ook aan dat aarde werd gebruikt als ingrediënt in de compost, of, om direct te citeren: "Over het algemeen is het voldoende om 40 tot 50 procent uitwerpselen en urine te combineren met 50 tot 60 procent vervuilde grond en onkruid.' Over het algemeen is aarde geen aanbevolen additief bij compostering. Onkruid ja, grond nee. Aarde schaadt compost niet, maar de microben eten het niet, ze produceren het. Rybczynski's Wereldbank-onderzoek naar goedkope opties voor sanitaire voorzieningen, omvatte meer dan twintigduizend referenties en beoordeelde ongeveer twaalfhonderd documenten. Hun bespreking van Aziatische compostering omvat de volgende informatie, die ik heb samengevat:

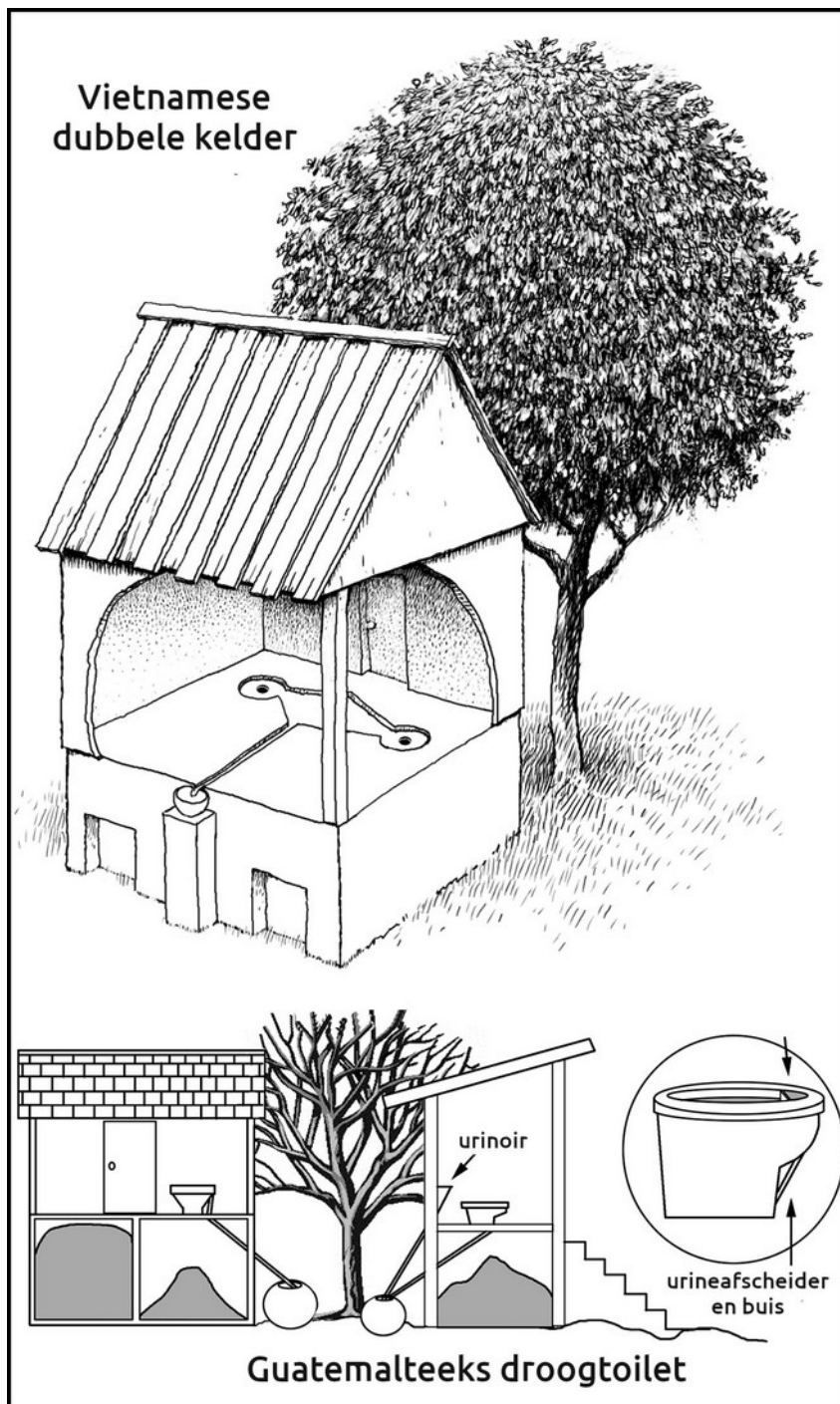
Er zijn geen meldingen van het op grote schaal gebruiken van droge privaten of toiletten tot aan de jaren vijftig, toen de Democratische Republiek Vietnam een vijfjarenplan voor plattelandshygiëne initieerde en er een groot aantal anaerobe droogtoiletten werden gebouwd. Deze toiletten, bekend als de Vietnamese dubbele kelder, bestonden uit twee bovengrondse waterdichte tanks, of kelders, voor het verzamelen van menselijke ontlasting. Voor een gezin van vijf tot tien personen moest elke kelder 1,2 meter breed, 0,7 meter hoog en 1,7 meter lang zijn. Eén van de tanks werd gebruikt tot het moment dat deze vol was waarna de andere in gebruik werd genomen en de eerste tijd kreeg om te ontbinden. Het gebruik van dit soort droogtoilet vereist de scheiding van urine. Die loopt via een groef in de toiletvloer naar een aparte opvangbak. Fecaal materiaal wordt verzameld in de tank en afgedekt met aarde, waar het anaeroob afbreekt. Keukenas wordt toegevoegd aan het fecale materiaal om de geur te verminderen.

Vijfentachtig procent van de spoelwormeitjes, een van de meest hardnekkige menselijke ziekteverwekkers, bleken in dit systeem na een periode van twee maanden te zijn vernietigd. Van organisch materiaal uit dergelijke latrines wordt gemeld dat het de gewasopbrengsten met 10 tot 25 procent verhoogt in vergelijking met het gebruik van ruwe nachtaarde. Het succes van de Vietnamese dubbele kelder vereiste "lange en voortdurende programma's voor gezondheidseducatie".<sup>26</sup>

Toen dit systeem naar Mexico werd geëxporteerd, was het resultaat "overweldigend positief", aldus een bron, die eraan toevoegde: "Mits goed beheerd, is er geen geur en zitten er geen vliegen in deze toiletten. Ze lijken vooral goed te werken in het droge klimaat van de Mexicaanse hooglanden. Wanneer het systeem niet functioneerde door vocht in de verwerkingskamer, geuren en/of de aanwezigheid van vliegen, was dit meestal te wijten aan ontbrekende, zwakke of verdraaide informatie, training en opvolging."<sup>27</sup>

Een ander anaeroob droogtoilet met dubbele kelder dat in Vietnam werd gebruikt, omvatte het gebruik van zowel fecaal materiaal als urine. In dit systeem werden de bodems van de kelders geperforeerd om drainage mogelijk te maken en werd de urine door kalksteen gefilterd om de zuur-

graad te neutraliseren. Ander organisch afval werd ook aan de kelders toegevoegd en via een buis werd voorzien in ventilatie.

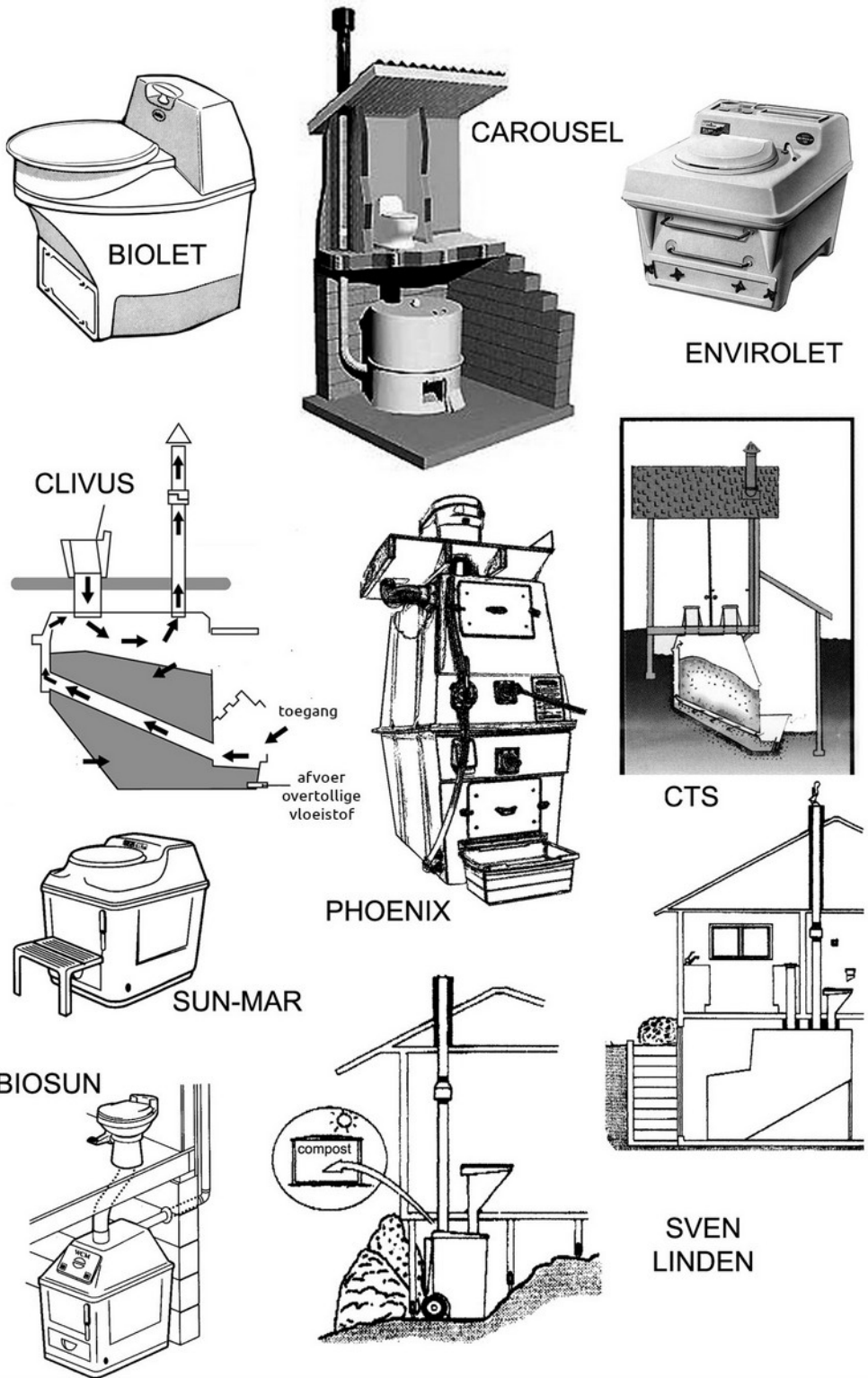


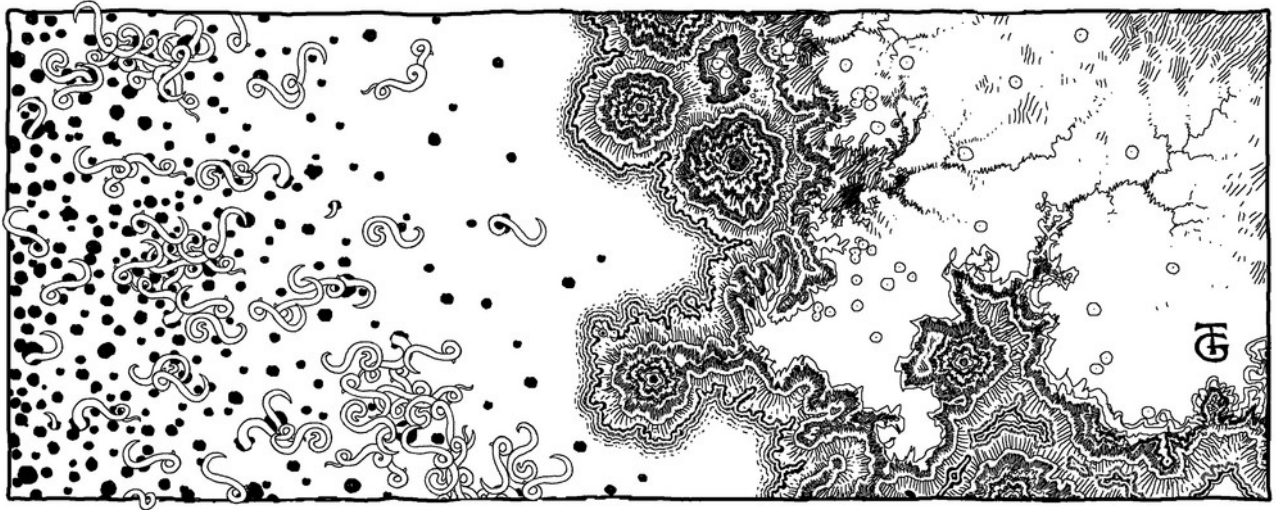
## Commerciële droogtoiletten

Omdat er geen water wordt gebruikt of nodig is tijdens de werking van droogtoiletten, worden menselijke uitwerpselen buiten de watervoorraden gehouden. Een enkele persoon die een Clivus Multrum gebruikt, zal 40 kilogram organisch materiaal per jaar produceren, terwijl hij zich onthoudt van het jaarlijks vervuilen van 25.000 liter water.<sup>28</sup> De afgewerkte septage kan worden gebruikt als bodemadditief wanneer het materiaal niet in contact komt met voedselgewassen. Droogtoiletten moeten, mits correct gebruikt, een geschikt alternatief vormen voor mensen die geen water hebben om in een spoeltoilet te verspillen. Goedkope versies van droogtoiletten werden geïntroduceerd in de Filippijnen, Argentinië, Botswana en Tanzania, maar waren geen succes. Een bron meldde: “Eenheden die ik in Afrika heb geïnspecteerd, waren de meest onaangename en stinkende huishoudelijke latrines die ik ben tegengekomen. Het probleem was dat het mengsel van uitwerpselen en plantaardig materiaal te nat was en er onvoldoende plantaardig materiaal werd toegevoegd, vooral tijdens het droge seizoen.”<sup>29</sup> Te veel vloeistof veroorzaakt anaerobe omstandigheden met geuren als gevolg. De aerobe aard van de organische massa kan worden verbeterd door regelmatig koolstofhoudend bulkmateriaal toe te voegen. Je neus zal je snel duidelijk maken wanneer je iets verkeerd doet. Er is tegenwoordig een verscheidenheid aan andere droogtoiletten op de markt. Sommige kosten meer dan \$ 10.000 en kunnen worden uitgerust met geïsoleerde tanks, transportbanden, motoraangedreven roermechanismen, pompen, sproeiers en afzuigventilatoren.<sup>30</sup> Volgens een fabrikant van droogtoiletten kunnen watervrije toiletten het huishoudelijk waterverbruik met 40.000 liter per jaar verminderen.<sup>31</sup> Dat is significant als je bedenkt dat slechts 3 procent van al het water op aarde geen zout water is, en dat twee derde van het zoete water vastligt in ijs. Dat betekent dat minder dan 1 procent van het water op aarde beschikbaar is als drinkwater. Waarom schijft je er dan in?

# COMMERCIEËLE DROOGTOILETTE

Enkele van de vele voorbeelden





## Hoofdstuk 13

# Wormen en ziekte

Menselijke uitwerpselen hebben een slechte reputatie. Ten onrechte, het zijn niet de uitwerpselen zijn die slecht zijn, het is wat we ermee doen dat het slecht maakt. Wanneer we het afdanken als afval en vervuiling, creëren we gezondheidsrisico's. Wanneer we het aan microben voeren en het terug in de bodem brengen, creëren we gezondheidsvoordelen. Hoewel de eerste situatie algemeen bekend is, weten de meeste mensen niets van de laatste. Toen ik eind jaren zeventig voor het eerst een vriend vertelde dat ik van plan was menselijke ontlasting te gaan composteren en er voedsel mee te verbouwen, was het antwoord voorspelbaar: "Oh mijn God, dat kun je niet doen!". "Waarom niet?" antwoordde ik.

"Wormen en ziekte!"

Een jong Brits stel bezocht me op een zomer nadat ik ongeveer zes jaar menselijke ontlasting had gecomposteerd. Op een avond, toen het avondeten werd voorbereid, begreep het paar plotseling de vreselijke situatie: het voedsel dat ze gingen eten was gerecyclede shit. Toen dit feit tot hen doordrong, leek het een instinctief alarm te veroorzaken, mogelijk rechtstreeks geërfd van koningin Victoria. "We willen geen stront eten!" zeiden ze me nogal verontrust, alsof ik voor hen bij het bereiden van het diner gewoon een drol op een bord had geserveerd, met een mes en een vork erbij. Fecafobie is springlevend en tiert welig.



Een veel voorkomende misvatting is dat fecaal materiaal, wanneer het wordt gecomposteerd, fecaal materiaal blijft. Dat doet het niet. De ontlasting komt van de aarde en wordt door het wonderbaarlijke proces van compostering weer omgezet in aarde. Wanneer het composteringsproces is voltooid, is het eindproduct compost, geen poep, en het is waardevol voor het verbouwen van voedsel. Als je een stuk kersentaart eet en je het in je darmkanaal verwerkt, is dat wat er aan de andere kant uitkomt dan kersentaart? Nee, het is poep. De kersentaart is weg. Wanneer microben poep eten, zetten ze het ook om in iets anders. In een composthoop is het eindproduct compost. De poep is verdwenen. De ontlasting is niet gevaarlijker dan het lichaam waardoor het wordt uitgescheiden. Het gevaar zit hem in wat we met de uitwerpselen doen, niet in het materiaal zelf. Een glazen pot is ook niet gevaarlijk, maar als we hem op de keukenvloer stukslaan en er met blote voeten op gaan lopen, lopen we schade op. Als we een glazen pot onjuist en gevaarlijk gebruiken, zullen we daar last van hebben, maar dat is geen reden om glazen potten te veroordelen. Als we menselijke ontlasting afdanken als afval en daarmee onze bodem en watervoorraden vervuilen, gebruiken we het op een verkeerde manier, en dat is waar het gevaar in schuilt. Wanneer we de ontlasting constructief recyclen door het te composteren, verrijkt het onze grond en maakt het, net als een glazen pot, het leven gemakkelijker voor ons.

Niet alle culturen denken negatief over menselijke uitwerpselen. Scheldwoorden die bijvoorbeeld uitwerpselen betekenen, bleken op een bepaald moment in de Chinese taal niet te bestaan. De redactiechef van de afdeling Tokio voor The New York Times legt uit waarom:

“Ik realiseerde me waarom mensen (in China) geen negatieve woorden voor uitwerpselen gebruikten. Traditioneel was er niets waardevoller voor een boer dan menselijke mest.<sup>1</sup> Iemand een “*humanure head*” noemen klinkt gewoon niet als een belediging (in het Engels is ‘a *shit head*’ een dom iemand). “*Humanure for brains*” werkt ook niet (*shit for brains* betekent ‘extreem dom’). Als je iemand vertelt dat hij “vol humanure” was, zou hij het waarschijnlijk met je eens zijn. “*Shit*”, aan de andere kant, is een substantie die alom aan de kaak wordt gesteld en die een lange geschiedenis in de westerse wereld kent. Onze voorouders slaagden er niet in de stof op verantwoorde wijze te recyclen en veroorzaakten daardoor monumentale volksgezondheidsproblemen. Bijgevolg is dat tot op de dag van vandaag omarmd en verkondigd wordt dat menselijke ontlasting verschrikkelijk gevaarlijk is. Een Amerikaans boek over het recyclen van ‘menselijk afval’ begint bijvoorbeeld met de volgende disclaimer: ‘Het recyclen van menselijke ontlasting kan buitengewoon gevaarlijk zijn voor uw gezondheid, de gezondheid van uw gemeenschap en de gezondheid van de bodem. Vanwege de huidige beperkingen van de algemene publieke kennis, raden wij het recyclen van menselijke ontlasting op dit moment op individuele of gemeenschapsbasis ten zeerste af en kunnen geen verantwoordelijkheid nemen voor de gevolgen die optreden bij het toepassen van een van de methoden die in deze publicatie worden beschreven.’ De auteur voegt eraan toe: ‘Voordat u gaat experimenteren, moet u toestemming vragen aan uw plaatselijke gezondheidsautoriteit, aangezien de gezondheidsrisico's groot zijn.’ De auteur gaat vervolgens in op een menselijk ‘afval’ composteringsmethodologie die bestaat uit het scheiden van urine en uitwerpselen, het verzamelen van de ontlasting in plastic containers van 140 liter en het gebruik van stro in plaats van zaagsel als afdekmateriaal in het toilet.<sup>2</sup> Alle drie deze procedures zijn degenen die ik zou afraden op basis van mijn veertig jaar ervaring in het composteren van menselijke ontlasting. Het is niet nodig om de moeite te nemen urine te scheiden, een container van 140 liter is te groot en te zwaar om gemakkelijk te kunnen hanteren, en zaagsel van zagerijen werkt juist



prachtig in een composttoilet, veel beter dan stro. Deze kwesties zullen in het volgende hoofdstuk worden besproken.

Ik vroeg mij af waarom zou een auteur die een boek schrijft over het recyclen van humanure, ‘het recyclen van menselijk afval sterk ontmoedigt’? Dat lijkt op zijn zachtst gezegd nogal contraproductief. Als ik al niet wist dat het recyclen van menselijke ontlasting gemakkelijk, eenvoudig en nuttig was, zou ik na het lezen van dat boek doodsbang kunnen zijn bij de gedachte om aan zo'n ‘buitengewoon gevaarlijke’ onderneming te beginnen. En het laatste wat iemand wil, is de lokale gezondheidsautoriteiten erbij halen. Als er iemand is die weinig weet van composteren, is het waarschijnlijk de medewerker van de plaatselijke GGD, die hierover waarschijnlijk geen training krijgt.

De ‘biodynamische’ landbouwbeweging, opgericht door Dr. Rudolf Steiner, levert een ander voorbeeld van fecafobie. Dr. Steiner heeft nogal wat aanhang over de hele wereld, en veel van zijn onderwijs wordt bijna religieus gevolgd door zijn discipelen. De Oostenrijkse wetenschapper en spiritueel leider had zijn eigen mening over het recyclen van humanure die eerder gebaseerd was op intuïtie dan op ervaring of wetenschap. Hij stond erop dat de ontlasting alleen mag worden gebruikt om grond te bemesten die planten laat groeien die dieren anders dan mensen voeden. De mest van die dieren kan vervolgens worden gebruikt om grond te bemesten die planten voor menselijke consumptie laten groeien. Volgens Steiner mogen mensen nooit dichterbij een directe menselijke nutriëntencyclus komen dan dat. Anders zullen ze ‘hersenschade en zenuwaandoeningen’ oplopen. Steiner waarschuwde verder voor het gebruik van ‘toiletvloeistof’, inclusief menselijke urine, die ‘nooit als meststof mag worden gebruikt, ongeacht hoe goed het is verwerkt of hoe oud het is.’<sup>3</sup> Eerlijk gezegd was Steiner slecht geïnformeerd, onjuist en fecafob, en die fecafobie is er ongetwijfeld bij een aantal van zijn volgelingen ingeprent.

De geschiedenis staat vol met misvattingen over menselijke ontlasting. Ooit stonden artsen erop dat menselijke uitwerpselen een belangrijk en noodzakelijk onderdeel van iemands persoonlijke omgeving moesten zijn. Ze voerden aan dat ‘een dodelijke ziekte het gevolg kan zijn van het niet toestaan dat een bepaalde hoeveelheid vuil in de goten achterblijft om ziektekiemen aan te trekken die altijd in de lucht aanwezig zijn.’ De toiletinhoud werd daarom gewoon op straat gedumpt. Artsen geloofden dat de ziektekiemen in de lucht zouden worden aangetrokken door het vuil op straat en dus weg zouden blijven van de mensen.

Deze redenering had zo veel invloed op de bevolking dat veel huiseigenaren hun toilethok aan hun keuken bouwden om hun voedsel ziektekiemenvrij en gezond te houden.<sup>4</sup> De resultaten waren precies het tegenovergestelde: vliegen maakten regelmatig uitstapjes tussen de toiletinhoud en de keukentafel. Aan het begin van de twintigste eeuw veroordeelde de Amerikaanse regering het gebruik van menselijke ontlasting voor landbouwdoeleinden en waarschuwde ze voor ernstige gevolgen, waaronder de dood, voor degenen die de moed hadden anders te doen. Een bulletin van het Amerikaanse ministerie van landbouw uit 1928 maakte de risico's glashelder:

*‘Elke spuugbak, afvallemmer, gootsteenafvoer, urinoir, gemak, beerput, afvalwatertank of rioolverdeelveld is een potentieel gevaar. Een beetje spuug, urine of uitwerpselen ter grootte van een speldenknop kan honderden ziektekiemen bevatten, allemaal onzichtbaar voor het blote oog en elk in staat om ziekten te veroorzaken.*

*De lozingen dienen uit de buurt te worden gehouden van eten en drinken van mensen en dieren. Van specifieke ziektekiemen die op elk moment door het riool kunnen worden vervoerd, kunnen buiktyfus, tuberculose, cholera, dysenterie, diarree en andere gevaarlijke aandoeningen ontstaan, en het is waarschijnlijk dat andere ziekten kunnen worden herleid tot menselijk ontlasting. Van bepaalde dierlijke parasieten of hun eitjes die in het riool kunnen worden vervoerd, kunnen er darmwormen ontstaan, waarvan de meest voorkomende de mijnworm, spoelworm, zweepworm, aalworm, lintworm en stoelworm zijn. Ziektekiemen worden door veel tussenkomsten overgebracht en nietsvermoedend via slinkse routes in het menselijk lichaam ontvangen. Infectie kan komen van rondwaaiend stof van spoorlijnen, van contact met een passerende drager van een chronische ziekte, van vrachtwagens met groenten die zijn geteeld in tuinen die zijn bemest met nachtaarde of rioolwater, van voedsel dat is bereid of aangeraakt door onreine handen of bezocht door vliegen of ongedierte, van melk die wordt verwerkt door zieke of onzorgvuldige melkveehouders, van melkbussen of keukengerei gewassen met vervuild water, of van stortbakken, putten, bronnen, reservoirs, irrigatiesloten, beekjes of meren waar de drainage-afvoer van een met rioolwater verontreinigde bodem op uit komt.'*

Het bulletin vervolgt: 'In september en oktober 1899 vonden 63 gevallen van buiktyfus plaats, resulterend in vijf doden in het psychiatrisch ziekenhuis van Northampton (Massachusetts). Deze epidemie was onomstotelijk terug te voeren op selderij die in augustus ruimschoots werd gegeten en verbouwd en aangeplant op een perceel dat in de late winter of het vroege voorjaar was bemest met het vaste residu en schraapsel van een rioolfilterbed op het terrein van het ziekenhuis.' En om het punt naar voren te brengen dat menselijke uitwerpselen zeer gevaarlijk zijn, voegt het bulletin eraan toe: 'Waarschijnlijk illustreert het uitbreken van tyfus in Plymouth, Pa., in 1885, geen enkele epidemie in de Amerikaanse geschiedenis beter dan de verschrikkelijke resultaten die volgden op een ondoordachte daad.' In januari en februari van dat jaar werd de nachtontlasting van een tyfuspatiënt bij zijn huis in de sneeuw geworpen. Dit werd met de dooi in de lente naar de openbare watervoorziening gevoerd, wat een epidemie van april tot september veroorzaakte. Op een totale bevolking van ongeveer 8.000, werden 1.104 personen overvallen door de ziekte en stierven er 114. 'Ze hadden die ontlasting op een composthoop kunnen gooien waar microben de dreiging van ziekten zouden hebben geëlimineerd, maar ze wisten toentertijd nog niets van deze optie, en ironisch genoeg weten de meeste overheidsinstanties dat tegenwoordig, bijna anderhalve eeuw later, ook niet.

Het Amerikaanse overheidsbulletin benadrukte dat het gebruik van menselijke uitwerpselen als meststof 'gevaarlijk' en 'walgelijk' was. Het waarschuwde dat 'in geen geval dergelijk afval mag worden gebruikt op land waar selderij, sla, radijs, komkommers, kool, tomaten, of andere groenten, meloenen, bessen of laagblijvend fruit op worden verbouwd dat rauw wordt gegeten. Ziektekiemen of gronddeeltjes die ziektekiemen bevatten, kunnen zich aan de schil van groenten of fruit hechten en de consument infecteren.' Het bulletin voegde eraan toe: 'Gebruik nooit (menselijke) uitwerpselen om moestuinen te bemesten of te irrigeren.' De angst voor menselijke ontlasting was zo groot dat werd geadviseerd de inhoud van verzameltoiletten te verbranden, koken of chemisch te ontsmetten en vervolgens in een greppel te begraven.<sup>5</sup>

Deze mate van fecafobie, bevorderd en verspreid door overheidsinstanties en anderen die geen constructieve alternatieven voor afvalverwijdering kenden, heeft nog steeds een stevige greep op de westerse psyche. Het kan lang duren om dit te veranderen. Wetenschappers met bredere kennis

van het onderwerp 'recyclen van menselijke ontlasting voor landbouwdoeleinden', tonen een meer constructieve houding. Ze beseffen dat de voordelen van een goede recycling van menselijke ontlasting 'vanuit gezondheidsoogpunt, veel groter zijn dan de nadelen'.<sup>6</sup>

## De Hunza's

Er is al gezegd dat hele beschavingen duizenden jaren lang de menselijke ontlasting hebben gerecycled. Dat zou een redelijk overtuigend bewijs moeten zijn van het nut van ontlasting als agrarische grondstof. Je hebt misschien wel eens gehoord van de 'Gezonde Hunza's', een volk in wat nu een deel van Pakistan is, dat tussen de toppen van de Himalaya woont en waar men regelmatig 120 jaar oud wordt. De Hunza's verwierven in de jaren zestig bekendheid in de Verenigde Staten, tijdens de periode waarin gezondheidsvoeding een issue werd. Er verschenen toen verschillende boeken over de fantastische levensverwachting bij dit oude volk. Hun uitzonderlijke gezondheid wordt toegeschreven aan de kwaliteit van hun algehele levensstijl, inclusief de kwaliteit van het natuurlijke voedsel dat ze eten en de grond waarop het wordt geteeld. Weinig mensen beseffen echter dat de Hunza's ook hun ontlasting recyclen en gebruiken om voedsel te verbouwen. Er wordt gezegd dat ze vrijwel geen ziektes hebben, geen kanker, geen hart- of darmproblemen, en ze worden regelmatig meer dan honderd jaar oud terwijl ze 'zingen, dansen en de liefde bedrijven tot aan het graf'. In één verslag staat: 'Voor hun bemesting brengen de Hunzakuts alles wat ze kunnen terug naar het land: alle plantaardige bestanddelen en dat wat niet als voedsel voor mensen of dieren zal dienen, inclusief de gevallen bladeren die het vee niet wil eten, gemengd met hun eigen gerijpte uitwerpselen, plus mest en urine uit hun stallen. Net als hun Chinese burens bewaren de Hunzakuts hun eigen ontlasting in speciale ondergrondse vaten, uit de buurt van waterstromen, om daar ruim zes maanden te 'rijpen'. Alles dat ooit leven had, wordt door liefdevolle handen nieuw leven ingeblazen.'<sup>7</sup> In 1947 schreef Sir Albert Howard: 'Van de Hunza's wordt gezegd dat ze de inwoners van de meeste andere landen in gezondheid en kracht overtreffen. Een Hunza kan over de bergen naar Gilgit lopen, honderd kilometer verderop zijn zaken afhandelen en onmiddellijk terugkeren zonder zich overmatig vermoeid te voelen.' Sir Howard beweert dat dit een illustratie is van het essentiële verband tussen een gezonde landbouw en een goede gezondheid, en benadrukt dat de Hunza's een perfect landbouwsysteem hebben ontwikkeld. Hij voegt eraan toe: 'Om voor de essentiële humus te zorgen, wordt elk soort afval [citaat], plantaardig, dierlijk en menselijk, door de telers gemengd om samen te verteren en toe te voegen aan de grond.'<sup>8</sup>

Mc Carrison, voormalig medische dienst van het Gilgit Agency, beschreef de gezondheid van de Hunza's: "Gedurende de periode dat ik met deze mensen omging, heb ik geen enkel geval gezien van asthenische dyspepsie, van maag- of darmzweren, van blindedarmontsteking, van darmproblemen, van kanker . . . . Bij deze mensen waren problemen met de ingewanden door zenuwinkering, vermoeidheid, angst of verkoudheid onbekend. Inderdaad, de uitstekende gezondheid van hun ingewanden heeft na mijn terugkeer in het Westen een opmerkelijk contrast opgeleverd met de darmklachten binnen onze hoogbeschaafde gemeenschappen."<sup>9</sup>

Sir Howard voegt eraan toe: "De opmerkelijke gezondheid van deze mensen is een van de gevolgen van hun landbouw, waarin de wet van terugkeer nauwgezet wordt nageleefd. Al hun plantaar-

dige, dierlijke en menselijke afval [citaat] wordt zorgvuldig teruggevoerd naar de grond van de geïrrigeerde terrassen die graan, fruit en groenten produceren waar ze van leven."<sup>10</sup>

De Hunza's recycleden hun organisch materiaal, door Sir Howard ten onrechte 'afval' genoemd, waardoor hun persoonlijke gezondheid en de gezondheid van hun gemeenschap verbeterde. Het Amerikaanse ministerie van landbouw was zich in 1928 niet bewust van het natuurlijk composteringproces, toen ze het recyclen van ontlasting als 'gevaarlijk en walgelijk' beschreven.

Ongetwijfeld zou het ministerie van landbouw zich achter de oren hebben gekrabd over de Hunza's, die zich eeuwenlang veilig en constructief met dergelijke recycling hadden beziggehouden.

## Pathogenen

Veel van de informatie in deze sectie is overgenomen van *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation*, door Feachem et al., Wereldbank, 1980. Dit uitgebreide werk citeert 394 referenties en werd uitgevoerd als onderdeel van het onderzoeksproject van de Wereldbank over geschikte technologie voor watervoorziening en sanitaire voorzieningen.<sup>11</sup>

Het is duidelijk dat zelfs het op een primitieve manier composteren van menselijke ontlasting voor landbouwdoeleinden, niet noodzakelijkerwijs een bedreiging vormt voor de menselijke gezondheid. Dat maakten de Hunza's wel duidelijk. Toch kan fecale besmetting van de omgeving zeker een bedreiging vormen. Uitwerpselen kunnen een groot aantal ziekteverwekkende organismen bevatten die het milieu kunnen vervuilen en onschuldige mensen infecteren wanneer besmette menselijke uitwerpselen worden weggegooid als afval en vervuilende stof. In feite kan zelfs een gezond persoon die schijnbaar ziektevrij is, potentieel gevaarlijke ziekteverwekkers via zijn of haar ontlasting overbrengen, simpelweg door drager te zijn. De Wereldgezondheidsorganisatie schat dat 80 procent van alle ziekten verband houdt met ontoereikende sanitaire voorzieningen en vervuild water, en dat de helft van de ziekenhuisbedden ter wereld wordt bezet door patiënten die lijden aan watergerelateerde ziekten.<sup>12</sup> Begrijpen hoe je humanure composteert, zal wereldwijd zeker een waardevolle onderneming lijken.

**WARNING!**  
**KIA TŪPATO**  
**THIS WATER IS**  
**CONTAMINATED**  
and can cause serious health  
risk to people and animals  
**AVOID CONTACT**  
**WITH WATER**

# NOTICE OF A SANITARY SEWER SPILL

**WARNING!**  
**Sewage Spill**  
**Do NOT**  
**Enter**

**WARNING**  
**NO TRESPASSING**  
**BIOSOLIDS APPLIED**  
**WITHIN LAST**  
**30 DAYS**

**DANGER**  
**SEWAGE**  
**CONTAMINATED WATER**  
**AVOID WATER CONTACT**  
**FROM THIS POINT SOUTH**  
**TO THE**  
**INTERNATIONAL BORDER**

## WARNING

This body of water contains elevated levels  
of fecal (sewage) bacteria.  
Contact might increase your risk of illness.

**Avoid swimming, wading,  
or fishing in these waters.**

TENNESSEE DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION

## HEALTH WARNING



**THIS AREA HAS RECENTLY BEEN POLLUTED**  
**IT IS NOT SAFE TO EAT SEAFOOD, OR SWIM**



## WARNING SEWAGE

**KEEP OUT OF WATER**



**NO FISHING · NO PLAYING**  
**NO SWIMMING · NO WADING**  
Exposure to Water May Cause Illness

### Tabel 1: Potentiële pathogenen in urine

Gezonde urine, op weg om het menselijk lichaam te verlaten, kan per milliliter tot 1.000 bacteriën van verschillende soorten bevatten. Meer dan 100.000 bacteriën van een enkel type per milliliter, duidt op een urineweginfectie. Geïnfecteerde personen kunnen pathogenen overdragen die kunnen bestaan uit:

<b>Bacterie</b>	<b>Ziekte</b>
<i>Salmonella typhi</i>	Tyfus
<i>Salmonella paratyphi</i>	Paratyfus
<i>Leptospira</i>	Leptospirose
<i>Yersinia</i>	Yersiniose
<i>Escherichia coli</i>	Diarree
<b>Wormen</b>	<b>Ziekte</b>
<i>Schistosoma heamatobium</i>	Schistosomiasis

Bron: Feachem et al., 1980; en Franceys, et al. 1992; en Lewis, Ricki (1992).  
FDA Consumer, September 1992. p. 41.

### Tabel 2: Minimale infectiedosis voor enkele pathogenen en parasieten

<b>Pathoogeen</b>	<b>Minimale infectiedosis</b>
<i>Ascaris</i>	1-10 eitjes
<i>Cryptosporidium</i>	10 cystes
<i>Entamoeba coli</i>	10 cystes
<i>Escheria coli</i>	1.000.000 – 100.000.000
<i>Giardia lamblia</i>	10 – 100 cystes
<i>Hepatitis A virus</i>	1-10 PFU
<i>Salmonella spp.</i>	10.000 – 10.000.000
<i>Shigella spp.</i>	10 – 100
<i>Streptococcus fecalis</i>	10.000.000.000
<i>Vibrio cholerae</i>	1.000

Pathogenen hebben verschillende graden van virulentie, wat hun potentieel is om ziekten bij mensen te veroorzaken. De minimale infectiedosis is het aantal organismen dat nodig is om infectie te bewerkstelligen.

Bron: Bitton, Gabriel. (1994). wastewater Microbiology.  
New York: Wiley-Liss, Inc., p. 77-78. en Biocycle, September 1998, p. 62.

De volgende informatie is niet als alarmerend bedoeld. Het is opgenomen omwille van de grondigheid en om de noodzaak te illustreren ontlasting te composteren, in plaats van het te behandelen als afval of het puur te gebruiken in de landbouw. Wanneer het compostingsproces wordt omzeild en pathogeen afval in het milieu terechtkomt, kunnen verschillende ziekten en wormen de bevolking in het besmette gebied infecteren. Dit feit is uitgebreid gedocumenteerd.

Sta eens stil bij volgende citaat: “Het gebruik van nachtaarde (onbewerkte menselijke uitwerpselen en urine) als meststof is niet zonder gezondheidsrisico's. Hepatitis B komt veel voor in Dacaiyuan (China), net als in de rest van China. Er wordt enige moeite gedaan om menselijke ontlasting chemisch te behandelen of op zijn minst te mengen met andere ingrediënten voordat het op de velden wordt aangebracht. Maar chemicaliën zijn duur, en oude manieren zijn te veel ingesleten. Nachtaarde is een van de redenen waarom Chinezen in steden zo nauwgezet zijn in het schillen van fruit, en waarom rauwe groenten geen deel uitmaken van het dieet. Afgezien van de negatieve aspecten, hoef je alleen maar naar satellietfoto's te kijken van de groene gordel die de Chinese steden omringt om de waarde van nachtaarde te begrijpen.”<sup>13</sup>

Aan de andere kant ‘wormen en ziekten’ verspreiden zich niet door goed bereide compost, noch door gezonde mensen. Er is geen reden om aan te nemen dat mest van een mens gevaarlijk is, tenzij deze zich in het milieu ophoopt, water vervuult met darmbacteriën of vliegen en ratten voortbrengt, welke allemaal het gevolg zijn van nalatigheid. De lucht die iemand uitademt kan ook de drager zijn van gevaarlijke ziekteverwekkers, evenals speeksel en slijm. De kwestie wordt verward met het idee dat als iets *potentieel* gevaarlijk is, het *altijd* gevaarlijk is. En dat is niet waar. Het is over het algemeen niet duidelijk dat de composteren menselijke ontlasting omzet in een gezuiverde landbouwgrondstof. Geen enkel ander systeem van recycling of verwijdering van fecaal materiaal kan dit zo effectief bereiken, zonder het gebruiken van veel energie, gevaarlijke chemische gifstoffen of een hoog niveau van technologie. Zelfs urine, dat doorgaans als steriel wordt beschouwd, kan ziektekiemen bevatten (zie tabel 1). Urine is, net als poep, waardevol vanwege de voedingsstoffen die erin zitten. Geschat wordt dat de jaarlijkse urineproductie van een persoon voldoende voedingsstoffen bevat om graan te verbouwen en die persoon een jaar lang te voeden.<sup>14</sup> Daarom is het belangrijk om zowel poep als urine te recyclen. Composteren is hiervoor een uitstekend middel.

De ziekteverwekkers die in menselijke ontlasting kunnen voorkomen, worden onderverdeeld in vier algemene categorieën: virussen, bacteriën, protozoa en wormen (parasieten).

**Tabel 3: Potentiële virale pathogenen in fecaliën**

Virus	Ziekte	Kan drager vrij zijn van symptomen
<i>Adenenovirussen</i>	varieert	ja
<i>Coxsackievirus</i>	varieert	ja
<i>Echovirussen</i>	varieert	ja
<i>Hepatitis A</i>	Besmettelijke hepatitis	ja
<i>Poliovirussen</i>	Poliomyelitis	ja
<i>Reovirussen</i>	varieert	ja
<i>Rotavirussen</i>	Diarree	ja

Rotavirussen kunnen verantwoordelijk zijn voor de meeste kinderdiarree. Hepatitis A veroorzaakt besmettelijke hepatitis, vaak zonder symptomen, vooral bij kinderen. Coxsackievirus-infectie kan leiden tot meningitis, koorts, aandoeningen van de luchtwegen, verlamming en myocarditis. Echovirusinfectie kan eenvoudige koorts, meningitis, diarree of ademhalingsproblemen veroorzaken. De meeste poliovirusinfecties veroorzaken geen klinische ziekte, hoewel infectie soms een milde, griepachtige ziekte veroorzaakt die kan leiden tot virusmeningitis, paralytische poliomyelitis, blijvende invaliditeit of overlijden. Geschat wordt dat bijna iedereen in ontwikkelingslanden besmet raakt met poliovirus, en dat één op de duizend poliovirusinfecties leidt tot paralytische poliomyelitis.

Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 4:  
Potentiële bacteriologische pathogenen in fecaliën**

Bacteria	Ziekte	Symptoomvrije drager?
<i>Campylobacter</i>	Diarree	ja
<i>E. coli</i>	Diarree	ja
<i>Salmonella typhi</i>	Tyfus	ja
<i>Salmonella paratyphi</i>	Paratyfus	ja
<i>Andere Salmonellae</i>	Voedselvergiftiging	ja
<i>Shigella</i>	Dysenterie	ja
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera	ja
<i>Andere Vibrio's</i>	Diarree	ja
<i>Yersinia</i>	Yersiniosa	ja

Bron: Feachem et al., 1980



## Virussen

Virussen werden voor het eerst ontdekt rond 1890 door een Russische wetenschapper en behoren tot de eenvoudigste en kleinste biologische entiteiten. Veel wetenschappers beschouwen ze niet eens als organismen. Ze zijn veel kleiner en eenvoudiger dan bacteriën en de eenvoudigste vorm bestaat misschien alleen uit een RNA-molecuul. Per definitie is een virus een entiteit die de informatie bevat die nodig is om te kunnen reproduceren, maar niet over de fysieke elementen voor het reproduceren beschikt. Ofwel, ze hebben de ‘software’ maar niet de ‘hardware’. Om zich te reproduceren, vertrouwen virussen daarom op de hardware van de geïnfecteerde gastheercel, die opnieuw wordt geprogrammeerd door het virus om viraal nucleïnezuur te reproduceren. Virussen kunnen zich niet voortplanten buiten hun cellulaire gastheer.<sup>15</sup>

Er zijn wereldwijd meer dan 140 soorten virussen die via menselijke uitwerpselen kunnen worden doorgegeven, waaronder poliovirussen, coxsackievirussen (die meningitis en myocarditis veroorzaken), echovirussen (die meningitis en enteritis veroorzaken), reovirus (die enteritis veroorzaken), adenovirus (die ademhalingsziekten veroorzaken), infectieus hepatitis (veroorzaakt geelzucht) en andere (zie tabel 3). Tijdens infectieperioden kunnen honderd miljoen tot één biljoen virussen worden uitgescheiden met elke gram ontlasting.<sup>16</sup>

## Bacteriën

Van de pathogene bacteriën is het geslacht *Salmonella* veelbetekend omdat het soorten bevat die buiktyfus, paratyfus en gastro-intestinale stoornissen veroorzaken. Een ander geslacht van bacteriën, *Shigella*, veroorzaakt dysenterie. Myobacteriën veroorzaken tuberculose (Tabel 4 geeft een overzicht van enkele van de bacteriën). Volgens Gotaas kunnen pathogene bacteriën in compost ‘temperaturen van 55°C tot 60°C niet langer dan 30 minuten tot een uur overleven.’<sup>17</sup>

## Protozoa

De pathogene protozoa omvatten *Entamoeba histolytica* (veroorzaakt amoeben dysenterie) en leden van de Hartmanella-Naegleria-groep (veroorzaakt meningo-encefalitis). Het cyste-stadium in de levenscyclus van protozoa is het belangrijkste verspreidingsmiddel, aangezien amoeben snel afsterven buiten het menselijk lichaam. Cysten moeten vochtig worden gehouden om gedurende een langere periode levensvatbaar te blijven.<sup>18</sup> (zie tabel 5).

**Tabel 5:**  
**Potentiële protozoaire pathogenen in fecaliën**

Protozoa	Ziekte	Symptoomvrije drager?
<i>Balantidium coli</i>	Diarree	ja
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie, colon ulceratie, leverabces	ja
<i>Giardia lamblia</i>	Diarree	ja

Bron: Feachem et al., 1980

## Parasitaire wormen

Een aantal parasitaire wormen leggen hun eitjes in ontlasting, waaronder mijnwormen, spoelwormen (*Ascaris*) en zweepwormen (tabel 6). Diverse onderzoekers rapporteren 59 tot 80 wormeneitjes in bemonsterde liters rioolwater. Dit suggereert dat miljarden pathogene wormeneitjes, in sommige delen van de wereld, dagelijks een afvalwaterzuiveringsinstallatie kunnen bereiken. Deze eitjes zijn doorgaans bestand tegen omgevingsfactoren vanwege hun dikke bescherm laag,<sup>19</sup> en ze zijn buitengewoon goed bestand tegen het slibgistingsproces wat afvalwaterzuiveringsinstallaties doorgaans gebruiken. Drie maanden blootstelling aan anaerobe slibgistingsprocessen lijkt weinig effect te hebben op de levensvatbaarheid van *Ascaris*-eitjes, na zes maanden is mogelijk 10 procent van de eitjes nog levensvatbaar. Zelfs na een jaar in slib, kunnen er nog enkele levensvatbare eitjes worden gevonden.<sup>20</sup> In 1949 was een epidemie van spoelwormplaag in Duitsland direct terug te voeren op het gebruik van ongezuiverd rioolwater waarmee tuinen waren bemest. Het rioolwater bevatte 540 *Ascaris*-eitjes per 100 ml, meer dan 90 procent van de bevolking raakte besmet.<sup>21</sup>

Als er 59 tot 80 wormeneitjes in een liter rioolmonster zitten, dan kunnen we redelijkerwijs schatten dat dit een ruw gemiddelde van 70 eitjes per liter is. Dat betekent dat ongeveer 70.000 pathogene wormeneitjes per kubieke meter afvalwater in de afvalwaterzuiveringsinstallaties op besmette plaatsen terecht kunnen komen. In een zuiveringsinstallatie die een bevolking van achtduizend mensen bedient en dagelijks ongeveer 6 miljoen liter afvalwater verzamelt, kunnen 420 miljoen wormeneitjes de installatie binnenkomen en in het slib terechtkomen. In een jaar tijd kunnen meer dan 153 miljard parasitaire eitjes door een afvalwatervoorziening in een kleine stad gaan. Laten we eens kijken naar het *worstcasescenario*: alle eitjes overleven in het slib omdat ze bestand zijn tegen de omstandigheden in de installatie. In de loop van het jaar worden dertig ladingen slib met vrachtwagens uit een installatie van die omvang gehaald. Elke vrachtwagen met slib zou theoretisch meer dan 5 miljard pathogene wormeneitjes kunnen bevatten, misschien onderweg naar het land van een boer, maar waarschijnlijker naar een stortplaats.

Zoals eerder vermeld, zijn spoelwormen in de loop van millennia samen geëvolueerd tot parasieten die zich hebben gericht op de menselijke soort, ontstaan door de al lang bestaande gewoonte van de mens om op de grond te poepen. Aangezien spoelwormen in de menselijke darmen leven,

maar ook een periode in de grond nodig hebben om zich te kunnen ontwikkelen, wordt hun soort in stand gehouden ten gevolge van onze ontlastingsgewoonten. Als wij mensen onze uitwerpselen nooit in contact zouden laten komen met aarde, en het in plaats daarvan zouden composteren, zou de parasiet die bekend staat als *Ascaris lumbricoides* en die ons misschien wel honderdduizenden jaren heeft geteisterd, spoedig uitsterven. Anders blijven de parasitaire wormen, die voor hun eigen overleving afhankelijk zijn van onze onwetendheid en onzorgvuldigheid, ons te slim af.

**Tabel 6:  
Potentiële wormpathogenen in fecaliën**

Gemeenschappelijke naam	Pathoogeen	Overdracht	Verspreiding
1. Haakworm	Ancylostoma doudenale Necator americanus	mens-bodem-mens	warm, nat klimaat
2. ---	Heterophyes heterophyes	Hond/kat-slak-vis-mens	Midd.Oosten/ Zd Eur. /Azië
3. ---	Gastrodiscoides	Varken-slak- waterplanten-mens	India/Bangladesh/ Vietnam/Filipijnen
4. Zuigworm	Fasciolopsis buski	Varken/mens-slak- waterplanten-mens	ZO-Azië/China
5. Platworm	Fasciola hepatica	Schaap-slak- waterplanten-mens	Wereldwijd
6. Aarsmade	Enterobius vermicularis	Mens-mens	Wereldwijd
7. Vislintworm	Diphyllobothrium latum	mens/dier-roeipoot- vis-mens	Voornameijk gematigd
8. Leverbot	Opisthorchis felineus O. viverrini	Dier-waterslak-vis- mens	Rusland/Thailand
9. Chinese leverbot	Chlonorchis sinensi	Dier/mens-slak-vis- mens	ZO-Azië
10. Spoelworm	Ascaris lumbricoides	Mens-grond-mens	Wereldwijd
11. Dwerglintworm	Hymenolepsis spp.	Mens-knaagdier-mens	Wereldwijd
12. ---	Metagonimus yokogawai	Hond/kat-slak-vis-mens	Japan/Korea/China Taiwan/Siberië
13. Longbot	Paragonimus westermani	Dier/mens-slak- krab/rivierkreeft-mens	ZO Azië/Afrika Z-Amerika
14. ---	S. haematobium	Mens-slak-mens	Afrika, M-Oosten, India
	Schistosoma mansoni	Mens-slak-mens	Afrika, Arabië, Z-Amerika
	S. japonicum	Dier/mens-slak-mens	Z-Amerika
15. ---	Strongyloides stercoralis	Mens-mens (hond-mens?)	Warm, nat klimaat
16. Runderlintworm Varkenslintworm	Taenia saginata T. solium	Mens-koe-mens Mens-varken-mens of mens-mens	Wereldwijd Wereldwijd
17. Zweepworm	Trichuris trichiura	Mens-bodem-mens	Wereldwijd

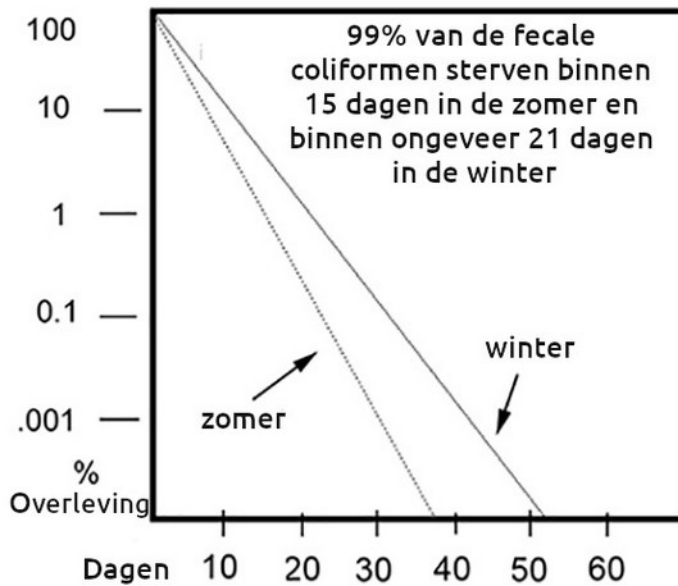
Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 7:**  
**Gemiddelde dichtheid van fecale coliformen**  
**uitgescheiden in 24 uur**  
**(miljoenen/100 ml)**

Mens	13,0
Eend	33,0
Schaap	16,0
Varken	3,3
Kip	1,3
Koe	0,23
Kalkoen	0,29

Bron: Feachem et al., 1980

## Overlevingstijden van fecale coliformen in de bodem



Bron: Recycling Treated Municipal Wastewater and Sludge Through Forest and Cropland. Edited by William E. Sopper and Louis T. Kardos. 1973. p. 82. Based on the work of Van Donsel, et al., 1967.

## Indicatorpathogenen

Indicatorpathogenen zijn ziekteverwekkers waarvan de detectie in bodem of water als bewijs dient voor fecale besmetting.

De scherpzinnige lezer zal hebben opgemerkt dat veel van de pathogene wormen die in tabel 6 worden vermeld, niet in de Verenigde Staten voorkomen. Van degenen die dat wel zijn, is de *Ascaris lumbricoides* (spoelworm) het meest persistent en kan dienen als indicator voor de aanwezigheid van pathogene wormen in de omgeving.

Een enkele vrouwelijke spoelworm kan tijdens haar leven wel zevenentwintig miljoen eitjes leggen.<sup>22</sup> Deze eitjes worden beschermd door een buitenste laag die bestand is tegen chemicaliën en waardoor deze gedurende lange tijd in de grond levensvatbaar kunnen blijven. De eierschaal is gemaakt van vijf afzonderlijke lagen: een buiten- en binnenmembraan, met daartussen drie harde lagen. Het buitenmembraan kan gedeeltelijk verhard worden door vijandige omgevingsinvloeden.<sup>23</sup> De gerapporteerde levensvatbaarheid van spoelwormeitjes (*Ascaris*-eicellen) in de bodem varieert van een paar weken onder zonnige, zanderige omstandigheden<sup>24</sup> tot twee en een half jaar,<sup>25</sup> vier jaar,<sup>26</sup> vijf en een half jaar,<sup>27</sup> of zelfs tien jaar<sup>28</sup> in de bodem, afhankelijk van de bron van de informatie. Bijgevolg lijken de eitjes van de spoelworm de beste indicator te zijn om te bepalen of parasitaire wormpathogenen in compost aanwezig zijn. In China vereisen de huidige normen voor het hergebruik van menselijke ontlasting in de landbouw, een *Ascaris*-sterfte van meer dan 95 procent. *Ascaris*-eitjes ontwikkelen zich bij temperaturen tussen 15,5°C en 35°C, maar de eitjes vallen uiteen bij temperaturen boven 38°C.<sup>29</sup> De temperaturen die tijdens thermofiele compostering worden gegenereerd, kunnen gemakkelijk de niveaus overschrijden die nodig zijn om spoelwormeitjes te vernietigen. Hoewel het uiterst onwaarschijnlijk is dat gerijpte compost besmet zou zijn met *Ascaris*-eitjes, kun je een ontlastingsanalyse laten uitvoeren in een plaatselijk ziekenhuis om jezelf te controleren. Een dergelijke analyse is relatief goedkoop. Ik heb mezelf in een periode van twaalf jaar aan drie stoelgangonderzoeken onderworpen als onderdeel van het onderzoek voor eerdere edities van dit boek. Ik was al veertien jaar bezig met het composteren van menselijke ontlasting ten tijde van de eerste test, en zesentwintig jaar ten tijde van de derde. Ik had alle compost gebruikt in mijn moestuinen. In de loop der jaren hebben honderden andere mensen ook mijn toilet gebruikt, waardoor het mogelijk besmet werd met *Ascaris*. Toch waren alle ontlastingsonderzoeken volledig negatief. Op het moment van schrijven zijn er vier decennia verstreken sinds ik begon met tuinieren met compost gemaakt van humanure. In die jaren heb ik verschillende gezonde kinderen grootgebracht. Onze toiletten zijn gebruikt door talloze mensen, waaronder veel vreemden van over de hele wereld. Al het toiletmateriaal is gecomposteerd en de compost is gebruikt in de tuin.

Er zijn andere indicatoren dan spoelwormeitjes die kunnen worden gebruikt om fecale verontreiniging van water, grond of compost te bepalen. Indicatorbacteriën omvatten fecale coliformen, die zich voortplanten in het darmstelsel van warmbloedige dieren (Tabel 7). Als men een watervoorziening wil testen op fecale besmetting, dan zoekt men naar fecale coliformen, meestal *Escherichia coli*, een van de meest voorkomende darmbacteriën bij mensen. Er zijn meer dan tweehonderd specifieke typen. Hoewel sommige van hen ziekten kunnen veroorzaken, zijn de meeste onschadelijk.<sup>30</sup> De afwezigheid van *E. coli* in water geeft aan dat het water vrij is van fecale besmetting.

Wartertesten bepalen vaak het niveau van totale coliformen in het water, gerapporteerd als het aantal coliformen per 100 ml. Het totaal aantal colibacteriën geef een algemene indicatie van de hygiënische toestand van een watervoorziening. Tot de coliformen behoren bacteriën die in de bodem, of in door oppervlaktewater beïnvloed water, en in uitwerpselen van mensen of dieren voorkomen. De meeste coliforme bacteriën veroorzaken geen ziekte, maar sommige zeldzame stammen van *E. coli*, met name de stam 0157: H7, kunnen ernstige ziekten veroorzaken. *E. coli* 0157: H7 vervuult echter zelden de drinkwatervoorzieningen.<sup>31</sup>

Fecale coliformen vermenigvuldigen zich niet buiten de darmen van warmbloedige dieren, daarom is hun aanwezigheid in water onwaarschijnlijk, tenzij er fecale vervuiling is. Omdat fecale colibacteriën korter in natuurlijke wateren overleven dan de colibacteriën als geheel, duidt hun aanwezigheid op relatief recente vervuiling. In huishoudelijk afvalwater is het aantal fecale colibacteriën meestal 90 procent of meer van het totale aantal colibacteriën, maar in natuurlijke stromen dragen fecale colibacteriën mogelijk slechts 10 tot 30 procent bij aan de totale colibacteriedichtheid. In bijna alle natuurlijke wateren komen fecale coliformen voor, aangezien alle warmbloedige dieren ze uitscheiden. De meeste staten in de VS beperken de toegestane concentratie van fecale colibacteriën in water voor watersporten tot tweehonderd fecale colibacteriën per 100 ml. Vergelijk dit met de vervuilde Yamuna-rivier in India, die tweeëntwintig miljoen fecale coliformen per 100 ml bevat.<sup>32</sup> In dat water wil je echt niet zwemmen!

Bacteriële analyses van drinkwatervoorzieningen worden routinematig tegen een kleine vergoeding uitgevoerd door landbouwbedrijven, waterbehandelingsbedrijven of privélaboratoria.

## **Persistentie van pathogenen in grond, gewassen, mest en slib**

### **In grond**

Overlevingstijden van ziekteverwekkers in de bodem worden beïnvloed door bodemvocht, pH, grondtype, temperatuur, zonlicht en organisch materiaal. Hoewel fecale coliformen meerdere jaren onder optimale omstandigheden kunnen overleven, is een vermindering van 99 procent waarschijnlijk binnen vijftientig dagen in warme klimaten. *Salmonella*-bacteriën kunnen een jaar overleven in rijke, vochtige, organische grond, hoewel vijftig dagen een meer gebruikelijke overlevingstijd zou zijn. Virussen kunnen tot drie maanden overleven bij warm weer en tot zes maanden bij kou. Het is onwaarschijnlijk dat protozoaire cysten langer dan tien dagen zullen overleven. Spoelwormeneitjes kunnen meerdere jaren overleven.

De virussen, bacteriën, protozoa en wormen die door de mens kunnen worden uitgescheiden, hebben allemaal een beperkte overlevingstijd buiten het menselijk lichaam.

Tabellen 8 tot en met 12 geven hun overlevingstijden in de bodem weer.

## Tabel 8: Overleving van enterovirussen in de bodem

**Virussen** - Deze parasieten, die kleiner zijn dan bacteriën, kunnen zich alleen voortplanten in het dier of de plant die ze parasiteren. Sommigen kunnen echter lange tijd buiten hun gastheer overleven.

**Enterovirussen** - Enterovirussen zijn virussen die zich in het darmkanaal voortplanten. Ze zijn aangetroffen in de bodem met een overlevingstijd variërend tussen 15 en 170 dagen. De volgende grafiek toont de overlevingstijden van enterovirussen in verschillende soorten bodems en bodemgesteldheid.

Bodemtype	pH	Vocht %	Temp. (°C)	Dagen overlevingstijd (minder dan)
Steriel, zanderig	7,5	10-20%	3-10	130-170
		10-20%	18-23	90-110
	5,0	10-20%	3-10	110-150
		10-20%	18-23	40-90
Niet steriel, zanderig	7,5	10-20%	3-10	110-170
		10-20%	18-23	40-110
	5,0	10-20%	3-10	90-150
		10-20%	18-23	25-60
Steriel, leemachtig	7,5	10-20%	3-10	70-150
		10-20%	18-23	70-110
	5,0	10-20%	3-10	90-150
		10-20%	18-23	25-60
Niet steriel, Leemachtig	7,5	10-20%	3-10	110-150
		10-20%	18-23	70-110
	5,0	10-20%	10	90-130
		10-20%	18-23	25-60
Niet steriel zanderig	5,0	luchtdroog	18-23	15-25

Bron: Feachem et al., 1980



**Tabel 9:  
Overleving van *E. Histolytica* protozoa in de bodem**

Protozoa	Bodem	Vocht	Temp. (°C)	Overlevingstijd
<i>E. Histolytica</i>	Leem/zand	vochtig	28-34	8-10 dagen
<i>E. Histolytica</i>	aarde	nat	?	42-72 uur
<i>E. Histolytica</i>	aarde	droog	?	18-42 uur

Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 10:  
Overleving van enkele bacteriën in de bodem**

Bacterie	Bodem	Vocht	Temp. (°C)	Overleving
<i>Streptococci</i>	leem	?	?	9-11 weken
<i>Streptococci</i>	zanderig leem	?	?	5-6 weken
<i>S. typhi</i>	variërend	?	22	2-400 dagen
<i>Bovine tubercule bacilli</i>	aarde en mest	?	?	< 178 dagen
<i>Leptospire</i> s	variërend	variërend	zomer	12 uur- 15 dagen

Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 11:  
Overleving van poliovirussen in de bodem**

<b>Virus</b>	<b>Bodem</b>	<b>Vocht</b>	<b>Temp. (°C)</b>	<b>Overleving</b>
<i>Poliovirus</i>	zand duinen	<i>droog</i>	?	< 77 dagen
<i>Poliovirus</i>	zand duinen	<i>nat</i>	?	< 91 dagen
<i>Poliovirus I</i>	leemachtig fijn zand	nat	4	90% red. in 84 dagen
<i>Poliovirus I</i>	leemachtig fijn zand	nat	20	99,999% red. in 84 dagen
<i>Poliovirussen 1,2 &amp; 3</i>	geïrrigeerde aarde pH 8,5	9-20%	12-33	< 8 dagen
<i>Poliovirus I</i>	Slib of geïrrigeerde aarde	180 mm regen	14-27	96-123 dagen na aanbrengen slib
			14-27	89-96 dagen na irrigatie
		190 mm regen	15-33	< 11 dagen na aanbrengen slib of irrigatie

Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 12:  
Overlevingstijden van enkele pathogene wormen**

Bodem	Vocht	Temp. (°C)	Overleving
<b>Mijnworm larvae</b>			
Zand	?	kamertemp.	< 4 maanden
Aarde	?	open schaduw Sumatra	< 6 maanden
Aarde	nat	dichte schaduw	9-11 weken
		middel schaduw	6-7,5 weken
		zon	5-10 dagen
Aarde	onder water	variabel	10-43 dagen
	nat	0	< 1 week
		16	14-17,5 weken
		27	9-11 weken
		35	< 3 weken
		40	< 1 week
<b>Mijnworm ova (eitjes)</b>			
Verhitte grond met nachtaarde	onder water	15-27	9% na 2 weken
Onverhitte grond met nachtaarde	onder water	15-27	3% na 2 weken
<b>Spoelworm ova (eitjes)</b>			
Zanderig, schaduw		25-36	31% dood na 54 dagen
Zanderig, zon		24-38	99% dood na 15 dagen
Leem, schaduw		25-36	3,5% dood na 21 dagen
Leem, zon		24-38	4% dood na 21 dagen
Klei, schaduw		25-36	2% dood na 21 dagen
Klei, zon		24-38	12% dood na 21 dagen
Humus, schaduw		25-36	1,5% dood na 22 dagen
Klei, schaduw		22-35	> 90 dagen
Zanderig, schaduw		22-35	< 90 dagen
Zanderig, zon		22-35	< 90 dagen
Grond rioolwater geïrrigeerd		?	> 2,5 jaar
Aarde		?	2 jaar

Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 13:  
Sterfte parasitaire wormeneitjes**

Eitjes	Temp. (°C)	Overleving
Schistosome	53,5	1 minuut
Mijnworm	55,0	1 minuut
Spoelworm	-30,0	24 uur
Spoelworm	0,0	4 jaar
Spoelworm	55,0	10 minuten
Spoelworm	60,0	5 seconden

Bron: Compost, Fertilizer, and Biogas Production from Human and Farm Wastes in the People's Republic of China (1978), M. G. McGarry and J. Stainforth, editors, International Development Research Center, Ottawa, Canada. p. 43.

## Overleving van pathogenen op gewassen

Het is onwaarschijnlijk dat bacteriën en virussen de onbeschadigde plantaardige huid binnendringen. Bovendien is het onwaarschijnlijk dat ziekteverwekkers in de wortels van planten worden opgenomen en naar andere delen van de plant worden getransporteerd,<sup>33</sup> hoewel uit een enkel onderzoek blijkt dat pathogene *E. coli*, slaplanten via het wortelsysteem kan binnendringen en door de eetbare delen van de plant kan stromen wanneer de planten worden bemest met besmette mest en irrigatiewater.<sup>34</sup>

Sommige ziekteverwekkers kunnen overleven op het oppervlak van groenten, vooral wortelgroenten, hoewel zonneschijn en lage luchtvochtigheid hun dood bevorderen. Virussen kunnen tot twee maanden op gewassen overleven, maar leven meestal minder dan een maand. Indicatorbacteriën kunnen enkele maanden volhouden, maar meestal ook minder dan een maand. Protozoaire cysten overleven meestal minder dan twee dagen, en wormeneitjes gaan meestal minder dan een maand mee. In onderzoeken naar de overleving van *Ascaris*-eitjes op sla en tomaten tijdens een hete, droge zomer, degenereerden alle eitjes na zeventwintig tot vijfendertig dagen, genoeg om niet meer besmettelijk te kunnen zijn.<sup>35</sup> Natuurlijk, wie wil er vijfendertig dagen wachten met het eten van zijn sla en tomaten?

Sla en radijs in Ohio besproeid met afvalwater dat het poliovirus bevatte, bevatte na zes dagen 99 procent minder ziekteverwekkers, 100 procent na zesendertig dagen. Radijzen die buiten werden gekweekt in grond die met tyfus besmette uitwerpselen bevatte, vertoonden vier dagen na het planten een overlevingsperiode van de ziekteverwekkers van minder dan vierentwintig dagen. Tomaten en sla die besmet waren met spoelwormeneitjes vertoonden een afname van 99 procent van de eitjes in negentien dagen en een afname van 100 procent in vier weken.<sup>36</sup> Verontreinigde gewassen kunnen worden gecomposteerd om resterende ziekteverwekkers te verwijderen.

## Het overleven van pathogenen in slib, feces en urine

Virussen kunnen tot vijf maanden overleven, maar in slib en menselijke uitwerpselen meestal minder dan drie maanden. Indicatorbacteriën kunnen tot vijf maanden overleven, maar meestal minder dan vier. Salmonella's overleven tot vijf maanden, maar meestal minder dan één. Tubercelbacillen overleven tot twee jaar, maar meestal minder dan vijf maanden. Protozoaire cysten overleven tot een maand, maar meestal minder dan tien dagen. De levensduur van wormeitjes varieert afhankelijk van de soort, maar spoelwormeitjes vele maanden.

## Transmissie van Pathogenen door verschillende toiletsystemen

Het is duidelijk dat menselijke uitwerpselen het vermogen bezitten om talrijke ziekten over te brengen. Om deze reden moet het ook duidelijk zijn dat het composteren van ontlasting niet op een lichtzinnige, onzorgvuldige of lukrake manier mag gebeuren. Aan de andere kant is compostering niet moeilijk. Eenvoudige praktische procedures, zoals beschreven in dit boek, zullen de hygiënische efficiëntie optimaliseren. Ik ben verbaasd als een 'gezondheidsautoriteit' concludeert dat het te gevaarlijk is om ontlasting te composteren. Daarna rijden ze weg in een stalen machine van meer dan 1000 kilo en racen ze met honderd kilometer per uur over de weg, passeren tegenliggers frontaal op minder dan een meter afstand aan de andere kant van de weg. Er zijn veel dingen die mensen elke dag doen en die oneindig veel gevaarlijker zijn dan compost maken. Tegelijkertijd is er geen andere bewezen, natuurlijke en nuttige low-tech-methode voor het vernietigen van ziekteverwekkers in organisch materiaal die zo succesvol en toegankelijk is voor de gemiddelde mens als compostering.

Maar wat gebeurt er als er niet goed met compost wordt omgegaan? Hoe gevaarlijk is het als de betrokkenen geen moeite doen om ervoor te zorgen dat de compost op de juiste temperatuur blijft? In feite is dit wat er meestal gebeurt in de meeste commerciële en doe het zelf-droogtoiletten. Compostering komt niet voor in de meeste droogtoiletten omdat de juiste mix van ingrediënten en de omgeving die nodig is voor dergelijke microbiële activiteit er niet bestaat. In het geval van de meeste commerciële droogtoiletten is composteren niet eens de bedoeling. In plaats daarvan zijn de toiletten ontworpen als ontvochtigers in plaats van composteerders.

Bij verschillende momenten heb ik composttoiletsystemen gezien waarin de compost die uit het toilet werd verzameld gewoon op een stapel buiten werd gedumpt, niet in een bak en niet bedekt met schoon organisch materiaal zoals stro of gras, een beetje zoals mijn eerste composthoop. Deze hopen werden hoogstwaarschijnlijk nooit thermofiel, maar aangezien hun temperatuur nooit werd gecontroleerd, is er geen manier om daar achter te komen. Mensen die niet verantwoord omgaan met hun compost, laten deze vaak jaren staan voor gebruik, als ze die al gebruiken. Als ze hun menselijke ontlasting samen met koolstofhoudend materiaal minstens een jaar organisch laten afbreken, is het onwaarschijnlijk dat ze gezondheidsproblemen veroorzaken. Wat gebeurt er met deze genegeerde en verwaarloosde composthopen? Na een paar jaar veranderen ze in een hoop aarde en als ze helemaal alleen worden gelaten, raken ze gewoon bedekt met groene vegetatie en verdwijnen ze uiteindelijk weer in de aarde.

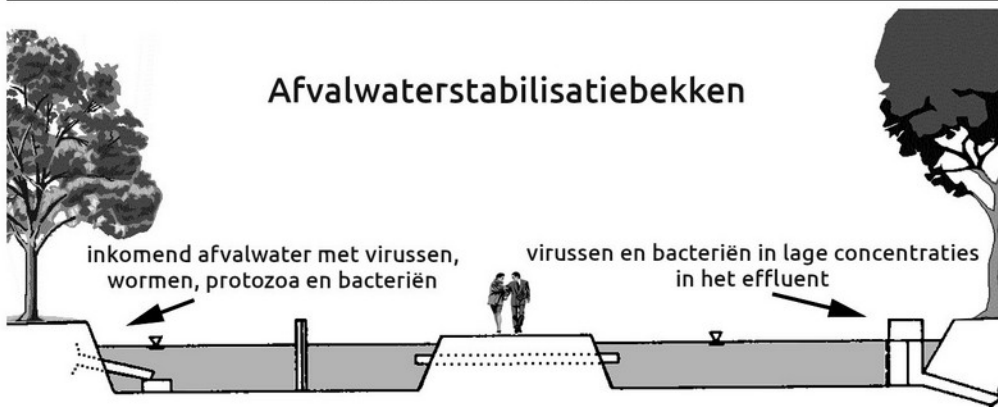
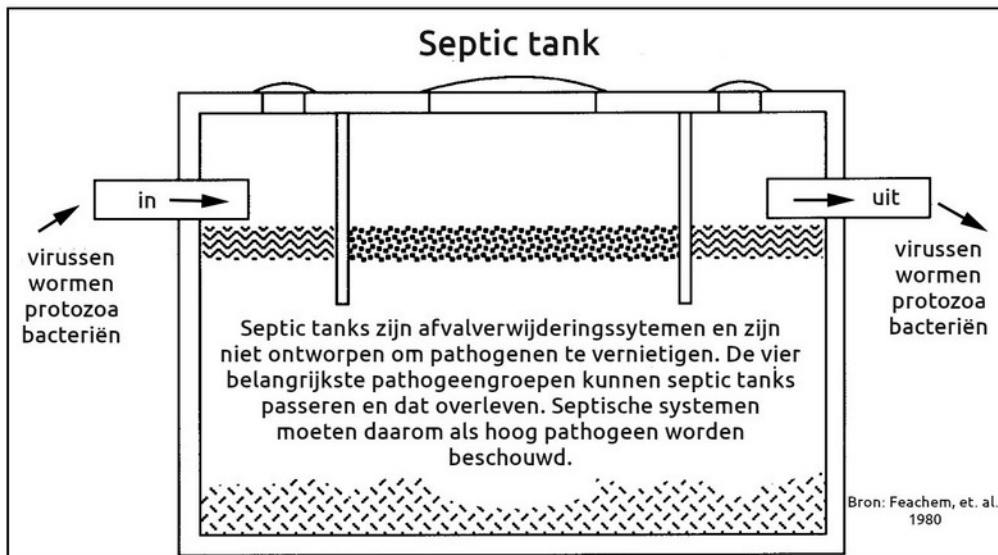
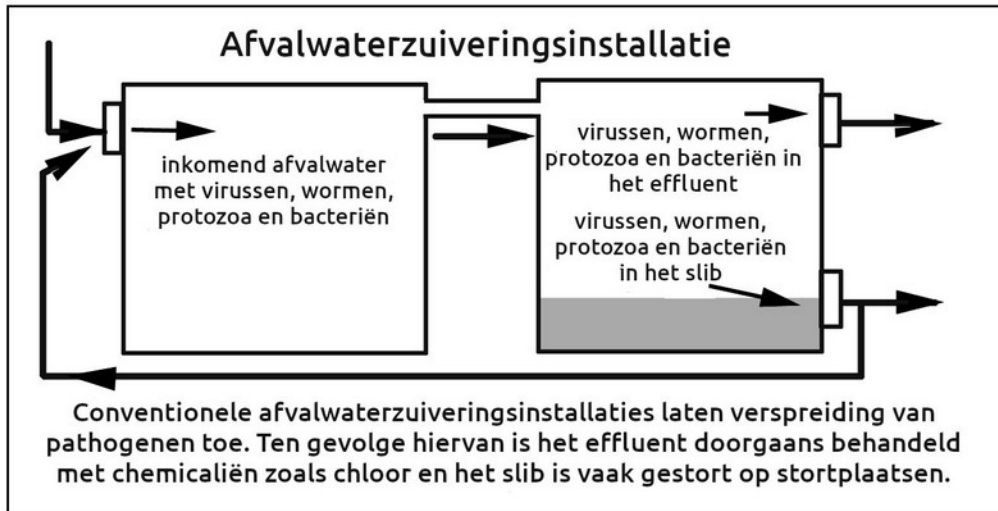
Een andere situatie doet zich voor wanneer menselijke ontlasting uit een hoogpathogene populatie wordt gecomposteerd. Zo'n populatie kan bijvoorbeeld de bewoners van een ziekenhuis betreffen in een onderontwikkeld land of inwoners van een gemeenschap waar bepaalde ziekten of parasieten endemisch zijn, zoals de Duitse gemeenschap in 1949. In die situatie moet de composteerder alles in het werk stellen om thermofiele compostering, voldoende retentietijd en adequate eliminatie van pathogenen te garanderen. In deze omstandigheden zijn speciale handschoenen, laarzen, gereedschap, zelfs een overall en een stofmasker aan te bevelen.

De volgende informatie illustreert de verschillende afvalverwerkingsmethoden en composteringmethoden die tegenwoordig algemeen worden gebruikt en toont de overdracht van pathogenen via de afzonderlijke systemen.

## **Toilethuisjes en latrines**

Latrines veroorzaken geurproblemen, kweken vliegen en muggen en vervuilen het grondwater. Als de inhoud van een latrine echter vol is en minimaal een jaar is blijven staan, zouden er volgens Feachem geen overlevende ziekteverwekkers mogen zijn, behalve de mogelijke aanwezigheid van spoelwormeitjes. Dit risico is zo klein dat de inhoud van latrines, na twaalf maanden onder de grond, in de landbouw kan worden gebruikt. Franceys et al. zegt: Vaste stoffen uit latrines zijn onschadelijk als de latrines ongeveer twee jaar niet zijn gebruikt, zoals in dubbele putten die afwisselend worden gebruikt.<sup>37</sup>

## Overdracht van ziekteverwekkers via afvalwaterzuiveringsinstallaties, septic tanks en bezinkbekkens



## Septic tanks

Je kunt er gerust vanuitgaan dat effluenten en slib van septische putten zeer pathogeen zijn. Levensvatbare virussen, parasitaire wormeneitjes, bacteriën en protozoa kunnen worden uitgestoten door septic tanksystemen.

## Conventionele rioolwaterzuiveringsinstallaties

Het enige rioolgistingsproces dat een gegarandeerd pathogeenvrij slib produceert, is thermofiele batchgisting waarbij al het slib dertien dagen op 50°C wordt gehouden. Andere afvalwaterverteringsprocessen zullen het overleven van wormeitjes mogelijk maken en ook pathogene bacteriën zouden kunnen achterblijven. Typische rioolwaterzuiveringsinstallaties gebruiken daarentegen een continuproces waarbij afvalwater dagelijks of vaker wordt aangevoerd. Hierdoor zullen ziekteverwekkers gegarandeerd overleven.

Mijn belangstelling ging uit naar mijn plaatselijke afvalwaterzuiveringsinstallatie in Pennsylvania en ik ontdekte dat het water in de kreek, onder het afvalwaterlozingspunt, tien keer zoveel nitraat bevatte als niet verontreinigd water, en drie keer het nitraatniveau had dat aanvaardbaar is voor drinkwater.<sup>38</sup> Met andere woorden, het water dat uit de waterzuiveringsinstallatie werd geloosd was verontreinigd. We hadden het op nitraten getest, maar niet op pathogenen of gehalten aan chloor. Ondanks de vervuiling bleven de nitraatgehalten binnen de wettelijke limieten voor lozingen van afvalwater.

## Afvalstabilisatiebekkens

Afvalstabilisatiebekkens, of lagunes, grote ondiepe bekkens die veel worden gebruikt in Noord-Amerika, Latijns-Amerika, Afrika en Azië, omvatten het gebruik van zowel nuttige bacteriën als algen bij de afbraak van organisch afvalmateriaal. Hoewel ze muggen kunnen voortbrengen, kunnen ze goed genoeg worden ontworpen en beheerd om pathogeenvrij afvalwater te produceren. Ze leveren echter meestal water met lage concentraties van zowel pathogene virussen als bacteriën.

## Composttoiletten en droogtoiletten

De meeste commerciële droogtoiletten breken organisch materiaal af bij lage temperatuur. Volgens Feachem produceert een minimale retentietijd van drie maanden, septage dat vrij is van alle ziekteverwekkers, behalve mogelijk enkele darmwormeneitjes. De fecale bestanddelen die uit dit soort toiletten wordt verkregen, kan in theorie weer worden gecomposteerd in een thermofiele hoop en geschikt worden gemaakt voor moestuinen (Tabel 14). Anders kunnen de fecale bestanddelen naar een compostbak buiten worden verplaatst, indien nodig bevochtigd, bedekt met stro, onkruid of bladeren om daarna nog een jaar of twee te laten rijpen en zo aanhoudende ziekteverwekkers te elimineren. Na verloop van tijd zullen microbiële activiteit en regenwormen helpen bij de sanering van de compost.



## Composteren

Volledige vernietiging van pathogenen wordt gegarandeerd door temperaturen van 62°C gedurende één uur, 50°C gedurende één dag, 46°C gedurende één week, of 43°C gedurende een maand te bereiken. Het blijkt dat geen enkele uitgescheiden ziekteverwekker een temperatuur van 65°C langer dan een paar minuten kan overleven. Een composthoop kan snel tot een temperatuur van 55°C of hoger stijgen, of de temperatuur lang genoeg hoog houden om menselijke ziekteverwekkers te vernietigen tot boven een detecteerbaar niveau.

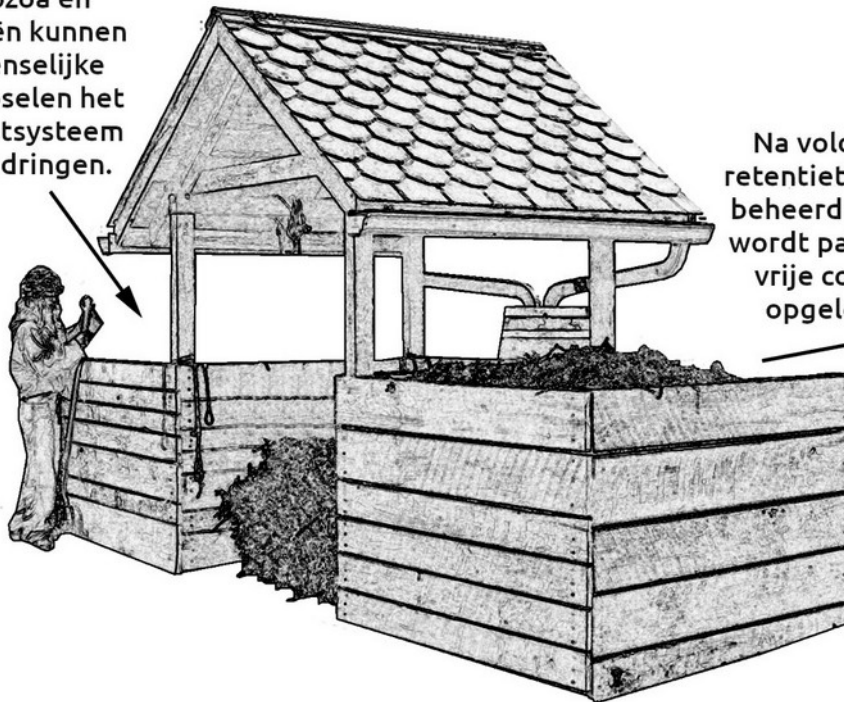
De United States Environmental Protection Agency publiceert eisen voor het veilig hergebruik van zuiveringsslib (biologische vaste stoffen) en huishoudelijke fecale stoffen zoals van een droogtoilet. De EPA stelt: “Compostering zorgt voor een verkoopbaar eindproduct dat gemakkelijk te hanteren, op te slaan en te gebruiken is. Het is meestal een ‘Klasse A’ materiaal zonder detecteerbare niveaus van pathogenen dat kan worden toegepast in tuinen, voedsel- en voedergewassen en weilanden. Biosolids-compost is veilig in het gebruik en wordt doorgaans in hoge mate door het publiek geaccepteerd. Het concurreert dus goed met andere producten in bulk en in zakken die beschikbaar zijn voor huiseigenaren, landschapsarchitecten, veehouders en landbouwers. ' Ze voegen eraan toe: “Huishoudelijk septage (fecale bestanddelen) is een vorm van zuiveringsslib. Huishoudelijk septage dat wordt aangebracht op een openbare contactlocatie, gazon of moestuin moet aan dezelfde eisen voldoen als behandeld zuiveringsslib. . . . (Klasse A-vereisten).”<sup>39</sup>

EPA-vereisten voor “Klasse A” zuiveringsslibcompost omvatten de volgende tijd- / temperatuurvereisten:

1. Beluchte statische hoop of in een vat: 55°C gedurende ten minste 3 dagen.
2. Zwad: 55°C gedurende ten minste 15 dagen met 5 draaiingen. <sup>40</sup>

## Overdracht van ziekteverwekkers door goed beheerde compost

Mogelijke virussen, wormen, protozoa en bacteriën kunnen via menselijke uitwerpselen het compostsysteem binnendringen.



Na voldoende retentietijd in een beheerd systeem wordt pathogeen vrije compost opgeleverd.



### Overdracht van ziekteverwekkers door droogtoiletten

Binnenkomende uitwerpselen kunnen virussen, wormen, protozoa en bacteriën bevatten.

(Urinescheidende en dehydratietoiletten)

Indien aanwezig kunnen wormeneitjes overleven.

Door het ontbreken van composteercondities in de meeste commerciële droogtoiletten, kunnen, zonder voldoende retentietijd, sommige pathogene eitjes van darmparasieten overleven.

## Prionen

‘Kunnen biologische vaste stoffen de ziekteverwekker dragen die de gekkekoeienziekte veroorzaakt?’ Volgens de EPA: ‘Er is gevonden dat Bovine spongiforme encephalopathie (BSE), of gekkekoeienziekte, wordt veroorzaakt door een prioneiwit, of de resistente bètavorm van eiwit. De overdracht verloopt via de opname van weefsel van geïnfecteerde dieren. Er is geen bewijs dat het BSE-prioneiwit wordt uitgescheiden in ontlasting of urine. De belangrijkste besmettingsroute, het gebruik van kadavers in diervoeder, is verboden. Er kan dus geen risico zijn op blootstelling aan BSE door biologische vaste stoffen.’<sup>41</sup>

## Hiv

Ook van de EPA: “Is er enig risico op hiv-besmetting door biologische vaste stoffen? Het hiv-virus wordt opgelopen door contact met bloed of andere lichaamsvloeistoffen van een besmet persoon. Uitwerpselen en urine dragen het hiv-virus niet bij zich. Voor klasse A biologische vaste stoffen is het vrijwel onmogelijk dat het het hiv-virus zal bevatten.”<sup>42</sup>

**Tabel 14:**  
**Overleving van pathogenen door compostering en bodem**

Pathoogeen	Aanbrengen bodem	Onverhitte anearobe vertering	Droogtoilet (min. 3 mnd retentietijd)	Compostering
Enterische virussen	Kunnen 5 mnd. overleven	> 3 maanden	Mogelijk geëlim.	Snel dood op 60°C
<i>Salmonellae</i>	3 mnd tot 1 jaar	Enkele weken	Weinig overleeft	Dood in 20 uur op 60°C
<i>Shigellae</i>	tot 3 mnd.	Enkele dagen	Mogelijk geëlim.	Dood in 1 uur op 55°C of in 10 dagen op 40°C
<i>E. coli</i>	Meerdere maanden	Meerdere weken	Mogelijk geëlim.	Snel gedood >60°C
<i>Cholera vibrio</i>	1 week of minder	1 or 2 weken	Mogelijk geëlim.	Snel gedood >55°C
Leptospire	Tot 15 dagen	2 dagen of minder	Geëlimineerd	Dood in 10 min. op 55°C
<i>Entamoeba histolytica</i> cystes	1 week of minder	3 weken of minder	Geëlimineerd	Gedood in 5 min. op 50°C of 1 dag op 40°C
Mijnwormen-eitjes	20 weken	Kunnen overleven	Kunnen overleven	Dood in 5 min. op 50°C of 1 uur op 45°C
Spoelwormen-eitjes (Ascaris)	Meerdere jaren.	Versch. maanden	Overleeft goed	Dood in 2 uur op 55°C, 20 uur op 50°C, 200 uur op 45°C
Schistosome-eitjes	1 maand	1 maand	Geëlimineerd	Dood in 1 uur op 50°C
Taenia-eitjes	Meer dan 1 jaar	Enkele maanden	Kan overleven	Dood in 10 min. op 59°C, Meer dan 4 uur op 45°C

Bron: Feachem et al., 1980

**Tabel 15:  
Thermische sterftepunten voor veel voorkomende  
parasieten en pathogenen**

**Pathoogeen**

*Ascaris lumbricoides* eggs  
*Brucella abortus* of *B. suis*  
*Corynebacterium diphtheriae*  
*Entamoeba histolytica* cysten  
*Escherichia coli*  
*Micrococcus pyogenes* var. *aureus*  
*Mycobacterium tuberculosis* var. *hominis*  
*Necator americanus*  
*Salmonella* spp  
*Salmonella typhosa*  
*Shigella* spp  
*Streptococcus pyogenes*  
*Taenia saginata*  
*Trichinella spiralis* larvae

**Thermische sterfte**

Binnen 1 uur op temp. > 50°C  
 Binnen 1 uur op 55°C  
 Binnen 45 min. op 55°C  
 Binnen enkele min. op 45°C  
 1 uur op 55°C of 15-20 min. op 60°C  
 Binnen 10 minutes op 50°C  
 Binnen 15-20 minuten op 66°C  
 Binnen 50 minuten op 45°C  
 Binnen 1 uur op 55°C, 15-20 min. 60°C  
 Geen groei >46°C, dood 30 min. 55°C  
 Binnen 1 uur op 55°C  
 Binnen 10 min. op 54°C  
 Binnen enkele min. op 55°C  
 Snel dood op 55°C

Bron: Gotaas, Harold B. (1956). Composting - Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. p.81.  
 World Health Organization, Monograph Series Number 31. Geneva.

## Aarsmaden

Aarsmaden (*Enterobius vermicularis*) komen vrij vaak voor bij kinderen in de schoolgaande leeftijd. Deze onaangename parasieten worden van mens tot mens overgedragen door direct contact en door het inademen van eitjes. Binnen de levenscyclus van de aarsmade is er geen stadium dat deze zich in aarde, compost of mest bevindt.

Aarsmaden leggen microscopisch kleine eitjes in de anus van een mens, de enige bekende gastheer. Dit veroorzaakt jeuk aan de anus, wat het primaire symptoom is van een aarsmade-infectie. De eitjes kunnen bijna overal worden binnengehaald. Eenmaal in het menselijke spijsverteringsstelsel ontwikkelen ze zich tot kleine wormpjes. Sommigen schatten dat aarsmaden 75 procent van alle kinderen in New York City, in de leeftijdsgroep van drie tot vijf jaar, teisteren of hebben besmet, en dat er vergelijkbare cijfers bestaan voor andere steden.<sup>43</sup>

De infectie verspreidt zich door de overdracht van hand op mond van eitjes als gevolg van het krabben aan de anus, evenals door het inademen van eitjes in de lucht. Bij ongeveer een derde van de geïnfecteerde kinderen kunnen eitjes onder de vingernagels worden gevonden.

Het leven van een worm duurt zevenendertig tot drieënvijftig dagen. Een infectie zal in deze periode vanzelf verdwijnen, zonder behandeling, zonder nieuwe infectie. De hoeveelheid tijd die verstrijkt tussen de opname van eitjes en het leggen van nieuwe eitjes aan de anus varieert van vier tot zes weken.<sup>44</sup>

Bij 95 procent van de geïnfecteerde personen worden aarsmade-eitjes niet in de ontlasting aangetroffen. Overdracht van eitjes naar uitwerpselen en naar grond maakt geen deel uit van de levenscyclus van aarsmaden, wat een van de redenen is waarom de eitjes waarschijnlijk niet in uitwerpselen of compost terecht komen. Zelfs al zouden ze dat doen, sterven ze buiten de menselijke gastheer heel snel.<sup>45</sup>

## Mijnwormen

Mijnwormsoorten bij mensen zijn onder meer *Necator americanus*, *Ancylostoma duodenale*, *A. braziliense*, *A. caninum* en *A. ceylanicum*.

Deze kleine wormen zijn ongeveer een centimeter lang, mensen zijn bijna de exclusieve gastheer van *A. duodenale* en *N. americanus*. Een mijnworm van katten en honden, *A. caninum*, is bij mensen een uiterst zeldzame darmparasiet.

De eitjes worden in de ontlasting doorgegeven en groeien onder gunstige omstandigheden uit tot larven buiten de menselijke gastheer. De larven hechten zich aan de onderkant van je voet wanneer je erop trapt, en komen dan je lichaam binnen via poriën, haarzakjes of zelfs door een onbeschadigde huid. Ze hebben de neiging om naar de bovenste dunne darm te migreren, waar ze het bloed van hun gastheer opzuigen. Binnen vijf of zes weken zijn ze volwassen genoeg om tot wel twintigduizend eitjes per dag te produceren. Loop dus nooit op blote voeten rond latrines!

Naar schatting infecteren mijnwormen vijfhonderd miljoen mensen over de hele wereld, waardoor er dagelijks meer dan een miljoen liter bloed verloren gaat. Een infectie kan twee tot veer-

tien jaar duren. Lichte infecties kunnen geen herkenbare symptomen veroorzaken, terwijl een matige of zware infectie bloedarmoede door ijzertekort kan veroorzaken. Infectie kan worden bepaald door middel van een ontlastingsanalyse.

De wormen komen meestal voor in tropische en semi-tropische gebieden en worden verspreid door ontlasting op de grond. Zowel de organische temperaturen van compostering als vriestemperaturen in de winter, zullen de eitjes en larven doden (Tabel 16). Drogen is ook destructief.<sup>46</sup>

### **Tabel 16: Mijnwormen**

Mijnwormlarven ontwikkelen zich buiten de gastheer en hebben een voorkeur voor een temperatuurbereik van 23°C tot 33°C.

<b>Temperatuur</b>	<b>Overlevingstijd van:</b>	
	<b>Eitjes</b>	<b>Larven</b>
45°C	Enkele uren	minder dan 1 uur
0°C	7 uren	minder dan 2 weken
-11°C	?	minder dan 24 uur

Zowel thermofiel composteren als vorst doden mijnwormen en eitjes.

## Zweepwormen

Zweepwormen (*Trichuris trichiura*) worden meestal bij mensen aangetroffen, maar kunnen ook bij apen of varkens voorkomen. Ze zijn meestal minder dan vijf centimeter lang en het vrouwtje kan drieduizend tot tienduizend eitjes per dag produceren. De ontwikkeling als larve vindt plaats buiten de gastheer. De larven komen, in een gunstige omgeving (warme, vochtige, schaduwrijke grond), na drie weken uit de eitjes. De levensduur van de worm ligt meestal tussen de vier en zes jaar.

Honderden miljoenen mensen wereldwijd, maar liefst 80 procent van de bevolking in bepaalde tropische landen, zijn besmet met zweepwormen. In de VS komen zweepwormen voor in het zuiden, waar hevige regenval, een subtropisch klimaat en met uitwerpselen verontreinigde grond een geschikte habitat vormt.

Personen die met grond werken waarop door een besmette persoon is ontlast, riskeren infectie door hand op mond overdracht van de eitjes. Bij lichte infecties zijn er mogelijk geen symptomen. Bij zware infecties kunnen bloedarmoede en zelfs de dood optreden. Een stoelgangonderzoek wijst uit of er een infectie is. Koude wintertemperaturen van  $-8^{\circ}\text{C}$  tot  $-12^{\circ}\text{C}$  zijn dodelijk voor de eitjes, net als hoge composteringstemperaturen.<sup>47</sup>

## Spoelwormen

Spoelwormen (*Ascaris lumbricoides*) zijn vrij grote wormen (25 centimeter lang) die de menselijke gastheer parasiteren door half verteerd voedsel in de dunne darm te eten. De vrouwtjes kunnen tweehonderdduizend eitjes per dag leggen, in een heel leven totaal ongeveer zesentwintig miljoen. Larven ontwikkelen zich onder gunstige omstandigheden uit de eitjes in de grond ( $21^{\circ}\text{C}$  -  $30^{\circ}\text{C}$ ). Boven  $37^{\circ}\text{C}$  kunnen ze zich niet volledig ontwikkelen.

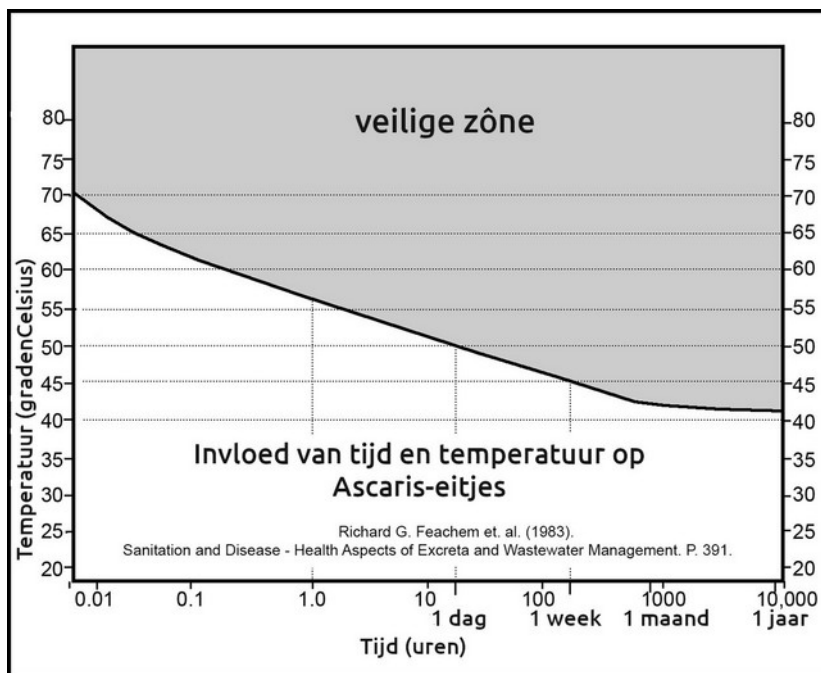
Wereldwijd zijn ongeveer negenhonderd miljoen mensen besmet met spoelwormen. De eitjes worden hand op mond overgedragen door mensen die in hun omgeving met de eitjes in aanraking zijn gekomen, meestal kinderen. Geïnfecteerde personen klagen vaak over een vage buikpijn. De diagnose wordt gesteld door analyse van de ontlasting.<sup>48</sup> Een analyse van vierhonderdduizend ontlastingsmonsters in de VS door de *Centers for Disease Control and Prevention* vond *Ascaris* in 2,3 procent van de monsters, met een grote fluctuatie in de resultaten, afhankelijk van de geografische locatie waarin de bemonsterde mensen zich bevonden. Puerto Rico had de hoogste positieve samplefrequentie (9,3 procent), terwijl monsters uit Wyoming, Arizona en Nevada helemaal geen aanwezigheid van *Ascaris* vertoonden.<sup>49</sup> In vochtige tropische klimaten kan spoelworminfectie 50 procent van de bevolking treffen.<sup>50</sup>

De eitjes worden binnen vijftien uur vernietigd door direct zonlicht en worden gedood bij temperaturen boven  $40^{\circ}\text{C}$ , en sterven binnen een uur bij  $50^{\circ}\text{C}$ . De eitjes zijn bestand tegen bevriezing, chemische ontsmettingsmiddelen en andere sterke chemicaliën, maar composteren zal ze doden.

Spoelwormen worden net als mijnwormen en zweepwormen, verspreid door fecale verontreiniging van de bodem. Veel van deze besmetting wordt veroorzaakt en verspreid door kinderen die buiten binnen hun leefomgeving poepen. Een goede manier om fecale ziekteverwekkers uit te roeien, is door al het fecale materiaal zorgvuldig te composteren. Daarom is het bij het composte-



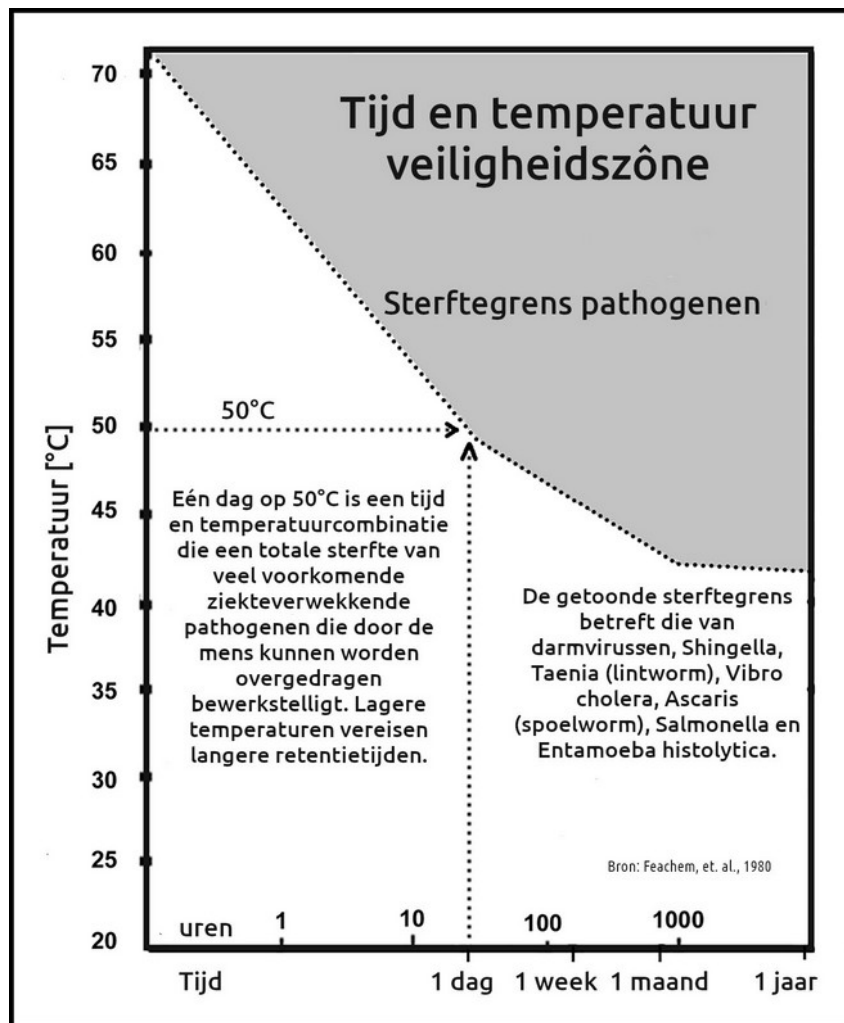
ren van menselijke ontlasting erg belangrijk om er zeker van te zijn dat alle kinderen een toiletvoorziening gebruiken en niet buiten op de grond ontlasten.



Bij het verwisselen van vuile luiers, schraap je het fecale materiaal in een composttoilet met toilet papier of een ander biologisch afbreekbaar materiaal (ja, wij ouders gebruikten in de vorige eeuw katoenen luiers). Het is aan de volwassenen om kinderen in de gaten te houden en ervoor te zorgen dat ze het belang inzien om altijd een toiletvoorziening te gebruiken en nooit op de grond te poepen.

Fecale milieuverontreiniging kan ook worden veroorzaakt door het gebruik van ruw fecaal materiaal voor landbouwdoeleinden. Een goede compostering is essentieel voor het uitroeien van ziekteverwekkers. Vergeet niet je handen te wassen nadat je je composthoop hebt gevoed en voordat je jezelf voedt!

Na het lezen van dit gedeelte over darmparasieten en hun verblijf in de grond om hun levenscyclus te voltooien, zou het nu duidelijk moeten zijn waarom het aardetoilet, dat grond gebruikte om uitwerpselen te bedekken, niet zo'n goed idee was. Vooral niet in warmere klimaten.



## Temperatuur en tijd

Twee primaire factoren leiden tot de dood van ziekteverwekkers in menselijke ontlasting. De eerste is temperatuur. Een composthoop die op de juiste manier wordt beheerd, zal ziekteverwekkers vernietigen met de warmte en de organische activiteit die deze genereert.

De tweede factor is tijd. Hoe lager de temperatuur van de compost, hoe langer de daaropvolgende verblijftijd die nodig is voor de vernietiging van ziekteverwekkers. Als er voldoende tijd is, zal de brede biodiversiteit van micro-organismen in de compost, ziekteverwekkers vernietigen door de antagonisme, concurrentie, consumptie en antibiotische remmers die door de nuttige micro-organismen worden geleverd. Feachem et al. stelt dat een retentietijd van drie maanden alle pathogenen in een droogtoilet zal doden, behalve wormeneitjes, hoewel tabel 14 aangeeft dat er enige extra overleving van pathogenen kan optreden.

Een thermofiele composthoop zal ziekteverwekkers, inclusief wormeneitjes, snel vernietigen, mogelijk binnen enkele minuten. Lagere temperaturen vereisen langere perioden, mogelijk uren, dagen, weken of maanden om ziekteverwekkers effectief te elimineren. Je hoeft niet te streven naar extreem hoge temperaturen in een composthoop om zeker te zijn dat de ziekteverwekkers zijn vernietigd. Het kan realistischer zijn om lagere temperaturen in een composthoop gedurende langere tijd aan te houden, zoals 50°C gedurende vierentwintig uur of 46°C gedurende een week. Volgens een bron zullen 'alle fecale (pathogene) micro-organismen, inclusief enterische virussen en spoelwormeneitjes, sterven als de temperatuur gedurende een week hoger wordt dan 46°C.'<sup>51</sup> Andere onderzoekers hebben soortgelijke conclusies getrokken, waarbij ze de vernietiging van pathogenen bij 50°C aantonen en compost werd geproduceerd die, "vanuit algemeen hygiënisch oogpunt, volledig acceptabel was".<sup>52</sup>

Een goede benadering bij de vernietiging van pathogenen is om na het proces van het composteren van menselijke ontlasting, de compost aansluitend onaangeroerd te laten gedurende een lange tijd om het de gelegenheid te geven te verouderen of te rijpen. De biodiversiteit van de compost zal helpen bij de vernietiging van ziekteverwekkers naarmate de compost ouder wordt. Als je bijzonder voorzichtig wilt zijn, kan je de compost twee jaar laten rijpen nadat de hoop gereed is gekomen, in plaats van ongeveer een jaar dat normaal wordt aanbevolen.

In de woorden van Feachem: "De effectiviteit van behandelingsmethoden voor ontlasting hangt sterk af van hun tijd-temperatuurkarakteristieken. De effectieve processen zijn die, waarbij de uitwerpselen ofwel warm worden (55°C), ze lang duren (een jaar), of een effectieve combinatie van tijd en temperatuur vertonen.'

De Amerikaanse Environmental Protection Agency heeft drie dagen bij 55°C nodig voor de eliminatie van pathogenen in een statische composthoop. Onze composthopen in Haïti, Californië en elders behouden maandenlang temperaturen van boven de 55°C. Dit zijn niet gekeerde hopen, aan de boven- en langs de zijkanten geïsoleerd met bedekkingsmateriaal zoals stro of suikerrietbagasse. De temperaturen zijn ongelooflijk uniform door de hopen heen, zelfs met behoud van pathogeenvernietigende temperaturen tot aan de randen.

## Conclusie

Humanure is een waardevolle grondstof die geschikt is voor landbouwdoeleinden. Het wordt al duizenden jaren door grote delen van de wereldbevolking voor dergelijke doeleinden gerecycled. Humanure bevat echter het potentieel om menselijke ziekteverwekkers te huisvesten. Het kan daardoor bijdragen aan de verspreiding van ziekten wanneer het op onjuiste wijze worden beheerd of wanneer ze als afval wordt weggegooid. Maar wanneer menselijke ontlasting wordt gecomposteerd, worden ziekteverwekkers vernietigd en wordt de ontlasting omgezet in een hygiënische veilige vorm die geschikt is voor gebruik bij voedselproductie voor de mens.

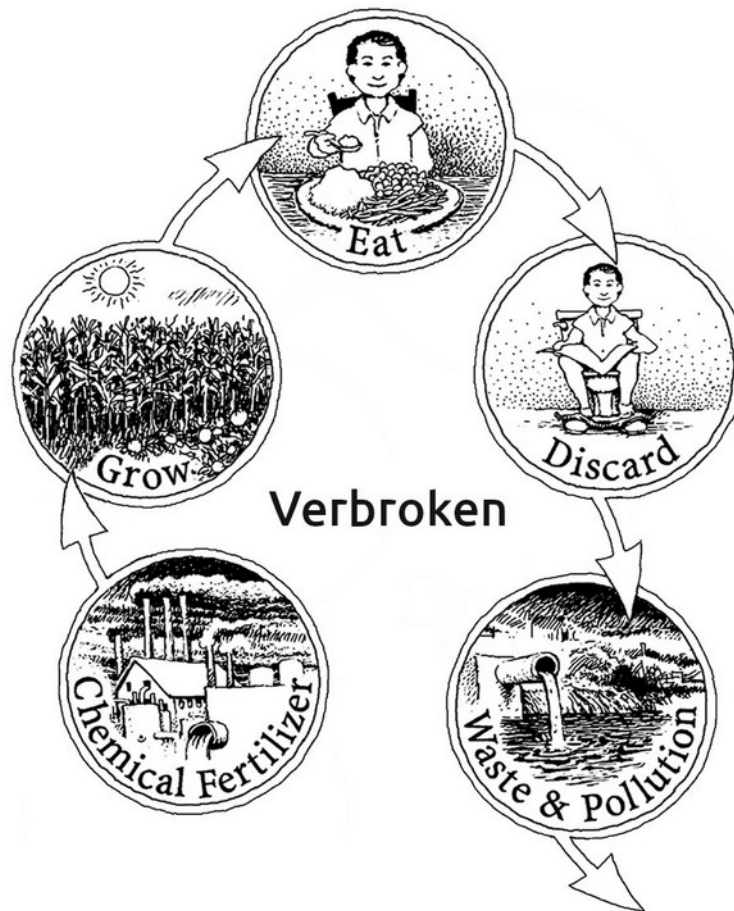
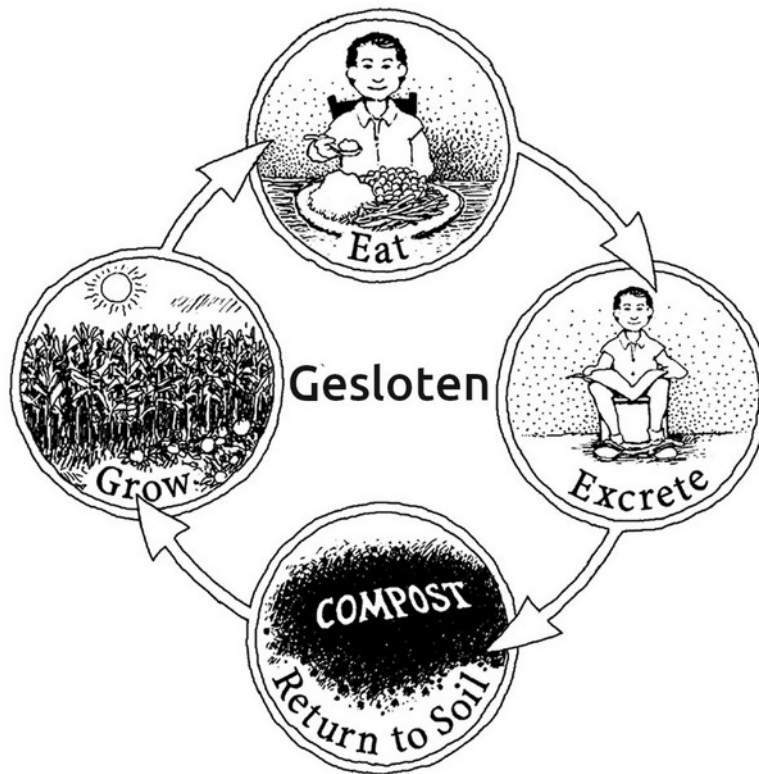
## De Tao van Compost



Tao of Dao is een Chinees woord dat 'weg' of 'pad' betekent. Het staat symbool voor de natuurlijke vorming van het heelal, iets wat we kunnen leren te begrijpen door gewoon ons dagelijkse leven te leiden. Een ding van wat we ervan kunnen leren is dat wat de voedselkringloop wordt genoemd. Vooral de 'menselijke voedselkringloop'. Wanneer een organisme voedsel (voedingsstoffen) nuttig, zal de uitscheidingen van dat organisme voedsel worden voor andere organismen. Dat is de natuurlijke weg, een eindeloze kringloop. Wanneer we onze uitwerpselen zien als afval, gedumpt op stortplaatsen verpakt in waterdichte verpakkingen zoals gigantische wegwerpluiers, is de kringloop verbroken.

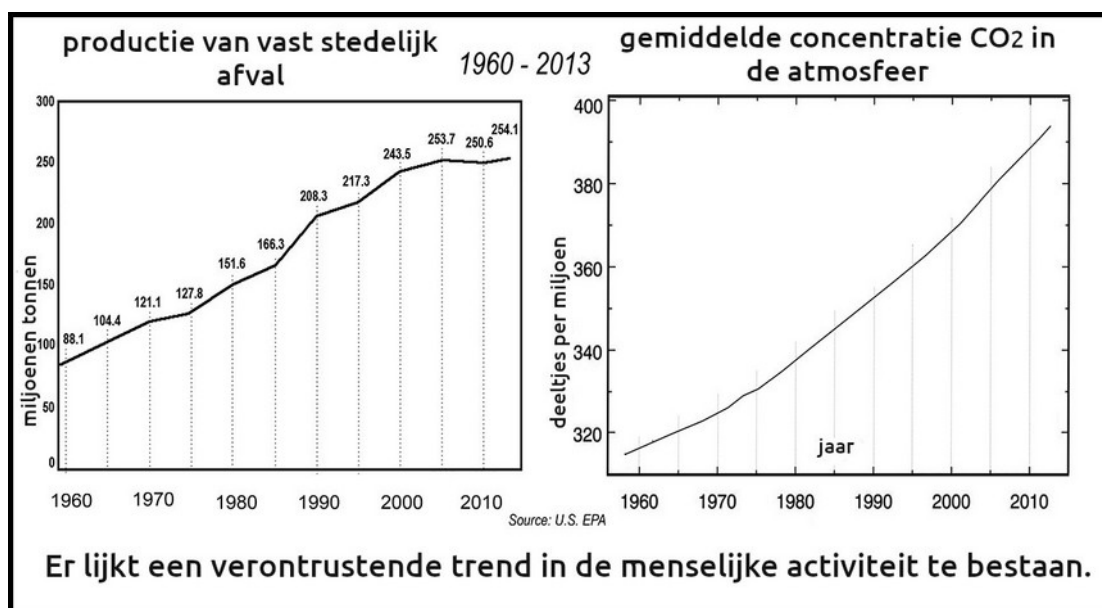
Met het composteren van onze ontlasting, voeren wij deze in feite aan nuttige micro-organismen die het terugbrengen naar de aarde. De voedselkringloop is daarmee voltooid. Organisch materiaal zou eigenlijk door iedereen ter wereld moeten worden gerecycled. Het is wat wij onze kinderen op scholen en volwassenen op universiteiten zouden moeten leren. Leren te leven op onze planeet op een manier die symbiotisch is in plaats van ziekmakend, is cruciaal voor het overleven van de menselijke soort op de lange termijn. Uitsterven zou geen optie moeten zijn. En toch, mensen gedragen zich alsof ze ziekteverwekkers zijn op aarde, alsof er geen echte toekomst voor ze is. Hoe zit het met de duizend generaties die in de toekomst zullen volgen? Wie maakt het wat uit? Niemand! Maar waarom eigenlijk niet? Waarom verbruiken we grondstoffen met het aller-grootste gemak en creëren we tegelijkertijd toenemende hoeveelheden giftig afval? Normaal gesproken zou juist dit beschouwd moeten worden als een kenmerk van ziekteverwekkers.

# De menselijke voedselkringloop



Het kan gerust gesteld worden dat de overheid je niet gaat leren hoe je compost moet maken en zeker niet van menselijke ontlasting. Het maakt daarbij niet uit in welk land je woont. Het is belangrijk om te leren hoe je op deze planeet voor jezelf kunt zorgen. Een ding wat je vooral moet weten is dat er onzichtbare wezens zijn die je helpen. Ze worden gevoed met organisch materiaal dat je boven de grond op een hoop gooit. Ze converteren het terug naar de aarde, en dat zullen ze zelfs ook met je uitwerpselen doen. Maar je moet hiervoor wel enkele technieken kennen om het kans van slagen te geven.

Ik heb veel feedback gekregen sinds ik de eerste editie van dit boek heb gepubliceerd. Honderden brieven tot het internet opkwam, en ladingen e-mails daarna. Een zorg die sommige mensen hebben, is dat ze in een opvangbak moeten poepen. ‘Hoe zit het met de dichtbevolkte gebieden,’ vragen ze? En ‘hoe zit het met appartementen in flats? Hoe composteer je je uitwerpselen daar?’ Onlangs vroeg iemand me: ‘Hoe zit het met New York City?’ Mijn antwoord is: hoe zit het met de 2,6 miljard mensen die helemaal geen toilet hebben? Hoe zit het met de miljard mensen die nog steeds in de open lucht moeten ontlasten? Hoe zit het met de mensen die zonder elektriciteit of stromend water leven? Wat als je een toilet ergens wil hebben waar een spoeltoilet tot een onmogelijkheid behoort? Composteren is een belangrijke vaardigheid waar veel mensen wereldwijd van zouden kunnen profiteren. Als je de tranen in de ogen van een oude vrouw had gezien omdat ze voor het eerst van haar leven een toilet in haar woning had, zal je het wellicht begrijpen. Nee, ik maak me geen zorgen over New York City of appartementen, en je hoeft zich ook geen zorgen te maken over het gebruiken van een composttoilet.



Spoeltoiletculturen hebben hun handen vol aan het verwerken van vervuild water. Toen de Britten begonnen met het installeren van stortbakken, bedroeg de wereldbevolking minder dan een miljard mensen. Ze hadden nooit kunnen bevroeden dat de bevolking zou toenemen met een factor zes in de eeuw erna. Ze hadden de miljoenen tonnen aan antibiotica, farmaceutica en giftige chemicaliën die zouden worden weggespoeld, nooit hebben kunnen voorzien. Ze hadden de klimaat-

verandering niet kunnen voorspellen, en de storingen die het gevolg zijn van toenemende grillige weersomstandigheden, waarbij voor langere tijd de stroom uitvalt en de spoeltoiletsystemen niet langer functioneren.

Een vraag die me vaak wordt gesteld is hoe ik ooit met het composteren van humanure ben begonnen. Nou, toen ik afstudeerde aan de universiteit in de jaren zeventig, verhuisde ik naar een verlaten boerderij op 212 hectare grond. Er was daar geen stromend water. Aan de achterkant was een latrine en een bron aan de andere kant van de heuvel waar ik, in jerrycans van twintig liter, water haalde. In de buurt lag een grote stapel oud zaagsel in het bos, dat ik gebruikte om mijn eerste tuin te mulchen. Het was overgebleven na zaagwerkzaamheden in het bos en lag daar al vijftien jaar te rotten. Deze plek was mijn kennismaking met latrines, met de geuren, de insecten en het ongemak.

Toen verhuisde ik naar een stenen huisje, ongeveer vijftien kilometer verderop. De deal was dat ik de afwerking van het huisje voor mijn rekening zou nemen in ruil voor het mogen bewonen ervan. Het had geen elektriciteit, stromend water of zelfs maar een latrine. Dus bouwde ik een ruw toilet van een vergaarbak van vijf liter, ging terug en haalde wat van het zaagsel en ontdekte dat, zolang het zaagsel de toiletinhoud bedekte, het toilet binnen kon worden gebruikt zonder dat het stonk. Toen de toilettemmer vol raakte, gooide ik de inhoud op een hoop. Als de stapel stonk, bedekte ik het met onkruid. Na een jaar verhuisde ik weer en liet de stapel achter. Dat was in 1977. Een paar jaar later gebruikten de eigenaren de berg compost om bosbessenstruiken mee aan te planten.

In 1979 kocht ik mijn eigen land. Ook daar was geen elektriciteit of stromend water, in feite was er niets, alleen bos. Ik herinnerde me het 'zaagseltoilet' in het stenen huisje en zette snel een nieuwe op. Deze keer bouwde ik er een compostbak bij. Na vijftien jaar gebruik van het composttoilet, zat ik op de middelbare school en besloot ik mijn scriptie te schrijven over het toiletsysteem. Het zou me de kans geven om te onderzoeken wat er in de compost gebeurt. Uiteindelijk heb ik het proefschrift gepubliceerd als eerste editie van *The Humanure Handbook*. Meer dan veertig jaar zijn er voorbij gegaan sinds het eerste composttoilet in het stenen huisje, en gebruikte ik zowel thuis als in mijn bedrijf uitsluitend een composttoilet. Ik gebruikte al de compost van mijn hele huishouden om het voedsel te verbouwen dat ik en mijn gezin hebben gegeten, en ik heb alle compost die in mijn bedrijf is gegenereerd, gebruikt bij de bloemen, struiken en bomen. In die periode heb ik een paar dingen geleerd die ik wil doorgeven. De informatie kan van pas komen in geval van een langdurige noodsituatie, zelfs als je een spoeltoilet hebt.

## Oercompost

Probeer je voor te stellen dat je ergens in een extreem primitieve omgeving woont, ergens rond 10.000 voor Christus. Stel je voor dat je net iets slimmer bent dan je brutale metgezellen. Op een dag dringt het tot je door dat je je ontlasting op een andere manier moet afvoeren. Alle anderen poepen achter in de grot als honden, waardoor het een stinkende vuile zool vol vliegen is geworden. En daar houdt jij niet van.

Je eerste ontdekking is dat stinkende ontlasting op één plek moeten worden gedeponeed, niet verspreid op plaatsen waar iedereen erin kan stappen, en niet in de buurt van iemands woonruimte. Je kijkt naar de wilde katten en ziet dat ze elk naar een speciale plek gaan om te poepen. Maar de katten zijn nog steeds een stap voor op de mens, zoals je snel zult zien, omdat ze hun uitwerp-



selen bedekken.

Als je buiten de grot op dezelfde plek meerdere keren op de grond hebt gescheten zie je dat je nog steeds een stinkende zooi vol vliegen hebt. Je tweede ontdekking zal zijn dat poep die je op de grond deponeert, elke keer moet worden afgedekt. Dus hark je elke keer dat je moet poepen wat bladeren bij elkaar en gooit ze over de ontlasting. Of je trekt wat hoog gras uit de grond en gebruikt dat. Binnenkort poepen je metgezellen ook op dezelfde plek en bedekken ze ook hun ontlasting. Ze werden aangemoedigd om je voorbeeld te volgen toen ze merkten dat je de plaats van ontlasting handig tussen twee grote rotsen had bedacht en boomstammen over de rotsen had geplaatst om een handige zitplaats te bieden, waardoor je zorgeloos kon ontlasten. Een stapel dode bladeren bewaar je nu naast de toiletruimte om de boel eenvoudiger af te kunnen dekken. Als gevolg hiervan vervuilen de onaangename geuren van menselijke uitwerpselen en urine niet langer de lucht. In plaats daarvan zijn het voedselresten die geuren genereren en vliegen aantrekken. Dit is wanneer je je derde openbaring hebt: etensresten moeten op dezelfde plek worden gedeponeerd en ook worden afgedekt. Elk stinkend stukje organisch afval dat je creëert, gaat nu naar dezelfde plek en wordt bedekt met een natuurlijk materiaal om geur te elimineren. Het was niet moeilijk om daar achter te komen, het is logisch en makkelijk te doen. Je bent erin geslaagd om drie problemen tegelijk op te lossen: geen menselijke uitwerpselen meer verspreid in je woonkamer, geen afval en geen aanstootgevende geuren meer die je dag verpestten. Uiteindelijk begin je te beseffen dat de ziektes die de neiging hadden zich door de groep te verspreiden, zijn verdwenen, een feit dat je niet begrijpt, maar waarvan je vermoedt dat het te wijten kan zijn aan de nieuw ontdekte hygiënische gewoonten van de groep. Heel per ongeluk ben je erin geslaagd om een heel revolutionair ding te doen: je hebt een composthoop gecreëerd. Je begint je af te vragen wat er aan de hand is als de stapel zo heet wordt dat het lijkt alsof hij stoomt. Wat je niet weet, is dat je precies hebt gedaan wat de natuur van je wilde, je organisch afval samen met biologisch afbreekbare afdekmaterialen opstapelen. De natuur heeft je uitwerpselen ‘bezaaid’ met microscopisch kleine wezens. Ze zijn zich gaan vermenigvuldigen en verteren de hoop die je hebt gemaakt. Daarbij verhitten ze de compost dusdanig dat ziekteverwekkende pathogenen die in de mens aanwezig zijn, worden vernietigd. De microscopisch kleine wezens zouden zich niet snel vermenigvuldigd hebben in het afgedankte afval, maar wel in de hoop die je creëerde. Daarmee had je de omstandigheden geoptimaliseerd die hun verspreiding bevorderden. Uiteindelijk heb je nog een openbaring. Je ziet dat uit de hoop, nadat hij oud is geworden, allerlei levendige plantengroei ontspruit. Je voegt twee en twee bij elkaar en beseft dat het stinkende afval dat je zorgvuldig hebt verzameld, is omgezet in rijke aarde en uiteindelijk in voedsel. De mensheid heeft zojuist weer een stap op de evolutieladder gezet.

Er is één fundamenteel probleem met dit scenario: het vond niet twaalfduizend jaar geleden plaats, het vindt nu plaats. Compostmicroben zijn blijkbaar erg geduldig. In hun ogen is er sinds 10.000 voor Christus niet veel veranderd. De onzichtbare wezens die de ontlasting in compost omzetten, kan het niet schelen welke composteringstechnieken we tegenwoordig gebruiken, net zo min als het hen kan schelen welke technieken eeuwen geleden zijn gebruikt, zolang er maar aan hun behoeften wordt voldaan. Die behoeften zijn in het menselijk geheugen niet veranderd, en het is ook niet waarschijnlijk dat ze zullen veranderen zolang er mensen over de aarde zwerfen. Die behoeften zijn onder meer:

1. temperatuur (compost-micro-organismen werken niet als ze bevroren zijn)

2. vocht (ze werken niet als ze te droog of te nat zijn)
3. zuurstof (ze werken niet zonder)
4. een uitgebalanceerd dieet (ook wel bekend als evenwicht tussen koolstof en stikstof)

Met een beetje fantasie kunnen we de microben zien als een werkend leger van microscopisch kleine mensen die het juiste voedsel, water, lucht en warmte nodig hebben. De kunst van het composteren blijft dus de eenvoudige en toch diepgaande kunst om in de behoeften van onzichtbare arbeiders te voorzien, zodat ze zo krachtig mogelijk werken, seizoen na seizoen. En hoewel die behoeften wereldwijd hetzelfde kunnen zijn, kunnen de technieken die gebruikt worden om ze te bereiken verschillen van eeuw tot eeuw en van plaats tot plaats. Er zijn duizenden geografische gebieden op aarde, elk met zijn eigen unieke menselijke populatie, klimaat en beschikbare organische materialen, dus er zullen mogelijk duizenden individuele composteringmethoden, -technieken en -stijlen zijn. Wat voor de ene groep mensen op de ene plek op de planeet werkt, werkt mogelijk niet voor een andere groep op een andere geografische locatie. In Pennsylvania hebben we bijvoorbeeld veel zaagsel, maar geen rijstkaf. Compostering moet plaatselijk afval en vervuiling elimineren en hulpbronnen terugwinnen. Een composteerder zal ernaar streven om op een verstandige en efficiënte manier alle beschikbare lokale organische materialen te gebruiken.

## **Wat kwam eerst? De tuin of de compost?**

De tuin. Daarom maken we compost, om planten te laten groeien. Als je geen compost of planten nodig hebt, is een composttoilet misschien niet de verstandigste keuze. Tenzij het organisch materiaal voor je wordt verzameld en elders wordt gecomposteerd.

Als je dit boek hebt gelezen, weet je dat mest voor je biologische tuin niet zo gemakkelijk verkrijgbaar is. Maar wij zijn ook dieren en we produceren elke dag mest, dus als we die van onszelf kunnen recyclen, hebben we een constante aanvoer. Maar het composteren van menselijke mest is niet hetzelfde als het composteren van snoeimateriaal. Er zijn dingen die je moet weten.

Ten eerste voedt menselijke uitwerpselen een composthoop. Het biedt de broodnodige stikstof en vocht. Veel mensen met composthoven in de achtertuin nemen niet erg veel organische warmteontwikkeling waar. Ze stapelen bladeren op en onkruid. Die rotten wel snel maar brengen geen thermofiele reactie van de microben op gang. Voeg stikstof en vocht toe en je zult zien dat er warmte wordt gegenereerd. Voedselresten zijn voldoende om thermofiele omstandigheden te creëren, omdat ze vochtig zijn en meestal veel stikstof bevatten, net als de meeste groene plantmaterialen. Voeg menselijke ontlasting toe en je hebt de juiste mix.

Maar menselijke ontlasting stinkt. Moeder Natuur laat dingen stinken waardoor we het willen begraven. Bedekken met aarde is de eeuwenoude oplossing voor slechte geuren. Het aardecloset was in dit opzicht volkomen logisch, het blokkeerde de geur. Rottende lijken stinken vreselijk, maar niet als ze in vuil zijn begraven. Die oude zaagselhoop liet me zien dat niet alleen aarde geuren tegenhoudt, vermalen plantmateriaal werkt net zo goed. Het verschil is dat gemalen plantmateriaal ook de basis vormt voor compost. De microben hebben de koolstof nodig om de stikstof te balanceren. Grond levert geen koolstof, maar plantaardige cellulose wel.

Er zijn vier vereisten om een composttoilet correct te laten functioneren:

1. het afdek materiaal
2. het toilet
3. de compostbakken
4. menselijke vaardigheden

## Het draait allemaal om het afdek materiaal

Om een spoeltoilet te laten functioneren, heb je water nodig. Om een composttoilet te laten functioneren, heb je afdek materiaal op koolstofbasis nodig. Dit is de beperkende factor bij composttoiletsystemen. Als je het afdek materiaal niet hebt, heb je geen composttoilet. Wanneer ik naar een ver land reis om mensen te helpen composttoiletten op te zetten, is het eerste waar ik naar op zoek ben het afdek materiaal. Je kunt geen as gebruiken, je kunt geen zand gebruiken, je kunt geen kalk gebruiken en je kunt geen vuil gebruiken. Het moet een plantaardig cellulosemateriaal zijn.

Afdek materialen die we over de hele wereld met succes hebben gebruikt, zijn onder meer suikerrietbagasse, dit zijn gemalen en versnipperde suikerrietstengels die worden gebruikt in de suiker- en rumindustrie en in de meeste tropische gebieden voorkomen. Het bevat zowel restsuiker als cellulose, microben zijn er dol op. Zaagsel is natuurlijk wereldwijd te vinden. Het beste is dat wat vrij komt bij het tot planken, balken of palen zagen van bomen. Zaagsel is niet hetzelfde als houtsnippers of houtkrullen. Snippers komen uit een versnipperaar en zijn te groot voor bacteriën om op te eten. Houtkrullen komen van schaafmachines die ook relatief grote stukken hout produceren waar bacteriën moeilijk mee om kunnen gaan. In grote gemeenschappelijke composthopen kunnen houtkrullen prima werken, mits ze voldoende tijd krijgen. In de composthoop van je achtertuin zullen ze je hoop vertragen, vooral als ze in een oven werden gedroogd.

Rijstkaf of stro, een bijproduct van de rijstindustrie, worden vaak gebruikt als afdek materiaal. Het heeft ook de neiging om het composteren in kleinere stapels te vertragen, maar het werkt wel. De bijproducten van cassavedistilleerderijen zijn met succes gebruikt als afdek materiaal bij het composteren van zuiveringsslib in China. Andere veelbelovende afdek materialen in composthopen zijn onder meer bijproducten van olijfmolens en zoete sorghum-bagasse.<sup>2</sup> Een dame in Californië mailde me en zei dat ze al jaren een composttoilet gebruikte, maar moeite had met het vinden van afdek materiaal, dus nam ze een versnipperaar en begon braamstruiken te versnipperen, waarbij ze die omschreef als ‘een invasieve overlast hier in de buurt... ze zijn er in overvloed en groeien snel (ongeveer 5 meter per jaar). Kleinere takken en twijgen met bladeren (zoals wilgen) kunnen ook worden versnipperd tot een geweldig afdek materiaal.’

## Twee toepassingen voor afdek materiaal

Er zijn twee categorieën afdek materiaal:

1. het afdek materiaal voor in het toilet
2. het afdek materiaal voor je composthoop

Ze zijn niet hetzelfde. In het toilet heb je fijn materiaal nodig met een klein restvochtgehalte. Zaagsel van bomen, met restsap, is perfect. Als je droog zaagsel hebt, zoals van ovengedroogde planken, zet het dan buiten en laat het nat regenen, hydrateren en daardoor opnieuw biologisch activeren. Het restvocht maakt het tot een effectief biofilter. In de biofilms leven bacteriën die de houtdeeltjes bedekken. Als je kurkdroog zaagsel als afdek materiaal gebruikt en je merkt dat er geur uit het toilet ontsnapt, besproei het materiaal dan met water wanneer je het aan het toilet toevoegt. Als je droog zaagsel of houtkrullen hebt, gooi het dan buiten op een stapel en laat het een tijdje natregenen en rotten.

Als je geschikt afdek materiaal in voldoende hoeveelheden gebruikt, wordt alle geur geblokkeerd en trekt de compost geen vliegen aan. Dit kan niet genoeg worden benadrukt. Het afdek materiaal is het biofilter, en dat is van het grootste belang. Het is het afdek materiaal dat de noodzaak voor ventilatie overbodig maakt. Als je geschikt afdek materiaal gebruikt, is een standaard deksel van de toiletbril (anders dan het afdek materiaal) voldoende om de toiletinhoud af te dekken. De ver gaarbak heeft nooit een eigen aparte deksel nodig voordat hij uit het toilet-meubel wordt gehaald.

Aan de andere kant hoeven de afdek materialen die op de composthoop worden gebruikt, niet tot fijne deeltjes versnipperd te zijn en mag het zowel droog als vochtig zijn. Stro werkt geweldig. Hooi is ook goed, net als grassen, onkruid, bladeren of iets anders van een plantaardige schone bron die niet stinkt. Stalmest wil je echt niet als afdek materiaal gebruiken omdat deze een onaangename geuren verspreidt. Zowel je toilet als je compostbak moeten volledig geurvrij zijn. Goed beheerd zullen ze dat ook zijn. Afdek materialen helpen je stapel aerob te houden door luchtruimten in de structuur van de compost te creëren. Dat is alle zuurstof die je compost nodig heeft. Grote volumineuze materialen zijn niet nodig in composthopen om luchtruimten te creëren. We hebben het hier over microscopisch kleine organismen. Als de compost bovengronds is en niet onder water staat, zal er lucht tussen zitten. De compost draaien, spitten of verhakselen is niet nodig. Heb je een grote pompoen? Gooi die er gewoon in. Je hoeft hem niet eerst in stukken te hakken. Steek een thermometer in je compost en houd hem in de gaten. Als het opwarmt tot boven de omgevingstemperatuur, is je compost actief.

Tijdens een koude winter kan buiten opgeslagen afdek materiaal vastvriezen en moet het op de een of andere manier worden afgedekt of geïsoleerd. Bakken gevuld met zaagsel die zijn opgeslagen in een kelder, een verwarmde garage of een afgesloten veranda, bieden de gehele winter afdek materiaal.

## En dan heb je nog een toilet nodig

Het toilet wordt gebruikt om het toiletmateriaal op te vangen en is het eenvoudigste onderdeel van het systeem. Het toilet moet vergaarbakken hebben die stevig, waterdicht en duurzaam zijn. Als je de vergaarbak met de hand leegt, moeten deze klein genoeg zijn om door één of twee personen te worden gehanteerd. Eén persoon kan een volume van twintig liter aan, twee mensen kunnen vijftig liter aan. Als je alleen bent en twintig liter is te veel, maak de vergaarbak dan leeg als hij half vol is, wacht niet tot er teveel in zit is om hem te kunnen dragen. Hoewel dit een open deur lijkt, zal het je verbazen hoeveel mensen hier niet op letten.

Alle urine, fecaal materiaal en toiletpapier kunnen het toilet in, net als alles wat je normaal in een doorspoeltoilet gooit. Ook kun je de kartonnen rolletjes uit je toiletpapier er bij gooien. Je kunt ook overgeven in het toilet. Gooi er alleen geen etensresten in, want dan riskeer je een fruitvliegjesplaag. Doe etensresten eventueel pas in de toiletemmer op het moment dat je deze uit de behuizing haalt en er een deksel op hebt gedaan. Hoe dan ook, het gaat allemaal naar dezelfde composthoop.

Voor heel weinig geld kun je een toilet maken van sloophout. Plastic vergaarbakken kun je goedkoop tweedehands of zelfs gratis vinden. Je moet het toilet wel zo maken dat de vergaarbakken allemaal passen, dus zorg ervoor dat ze allemaal precies dezelfde grootte hebben, anders passen ze misschien niet. Ik gebruik vijf bakken van twintig liter in mijn badkamer. Een in het toiletbankje en vier stand-by met deksels erop. Als er vier vol opzij zijn gezet, met de deksels er stevig op, gaan ze allemaal tegelijk naar de composthoop terwijl de vijfde in gebruik is. Hoewel ze ‘vol’ zijn, is er nog steeds een paar liter ruimte in elke vergaarbak over om etensresten uit je keuken toe te voegen. Dit maakt deze wel zwaarder, maar als dat geen probleem is, is het een handige manier om al je organisch materiaal tegelijk in de compostbak te krijgen.

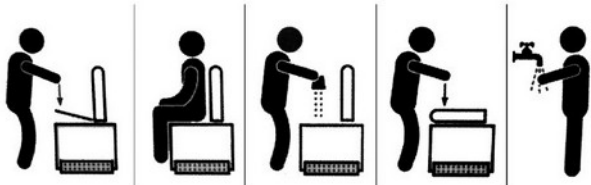
Waarom poep je niet gewoon in een emmer? Waarom klem je niet gewoon een toiletbril op een vergaarbak van twintig liter en poep je daar in? Ga je gang, als dat jouw stijl is. Het werkt, maar het is niet comfortabel en ook niet stabiel. Leun voorover om jezelf af te vegen en kijk hoe de emmer onder je vandaan komt. Het wordt een bende. Als je een spoeltoiletgebruiker bent, waarom vul je dan niet gewoon een pot met drinkwater, en gooi je het daarna in een riool? Dit klinkt natuurlijk belachelijk, maar mensen stellen deze vragen, vooral degenen die geen geld willen uitgeven aan een toilet.

Een andere veel gestelde vraag is: ‘Waarom zet je het toilet niet gewoon buiten boven een compostbak?’ Nogmaals, ga je gang, als dat is wat je wilt doen. De meeste mensen houden ervan hun toilet binnenshuis te hebben, waar het het hele jaar door makkelijk, veilig en comfortabel is. In mijn eigen huis heb ik een toilet in mijn kantoor, een andere in een logeerkamer en nog een in de badkamer beneden. Ik heb er ook nog een in een apart gastenverblijf en twee in het kantoor van mijn bedrijf. Ze zijn bij correct gebruik allemaal geurvrij. Waarom zou ik naar buiten gaan of naar een enkele binnenlocatie willen om een toilet te gebruiken als ik alleen maar één keer per week (voor een gezin van vier) of één keer per maand (voor één persoon) vier vergaarbakken moet legen in een compostbak? Een compostbak onder je huis moet nog steeds worden geleegd. Je produceert nog steeds dezelfde hoeveelheid compost die uiteindelijk in je moestuin of bloembedden terecht moet komen. Dit zijn belangrijke overwegingen. Het is misschien niet zo handig om de

compost onder het huis te beheren, of hem uit de kelder naar boven te moeten halen tijdens het groeiseizoen.

Houd de inhoud van het toilet altijd afgedekt. Als je voldoende geschikt afdek materiaal gebruikt, is je toilet geurvrij, net als je compostbak. Als je neus vieze luchtjes oppikt of je ogen vliegen zien, houd je de compost niet goed bedekt. Om een composttoiletstelsel te kunnen hanteren hebt je een functionerende neus en een paar ogen nodig waarmee je kan zien.





Composttoiletinstructies hangen in ieder toilethokje (boven)

Een composttoilet heeft een emmerlatrine vervangen in een gevangenis in Uganda (rechts). De slecht bewaakte gevangenis zou hebben moeten sluiten door een gebrek aan sanitaire voorzieningen. Het composttoilet bracht de oplossing. De inhoud wordt in de buurt gecomposteerd in gaaskorven.



Een school in Uganda heeft de kuillatrine gesloten (links) en vervangen door composttoiletten. De toiletbakken zijn aan de voorkant van het meubel te verwijderen. De deksel is opgeborgen achter de opvangbak in het meubel.

## Zelf een goedkoop composttoilet maken

1. Begin met vier identieke bakken of emmers en een gewone standaard toiletbril



(2) 19x250x450 mm  
(2) 19x250x500  
(4) 19x75x30 mm  
19 mm multiplex 455x455 mm  
19 mm multiplex 75x455 mm

2. Monteer de vier planken met houtschroeven aan elkaar

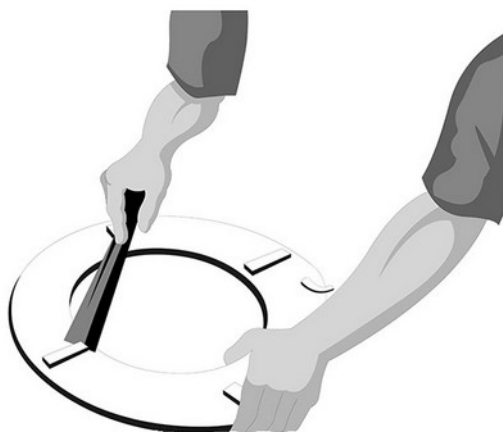


De houten bak is  
250 mm hoog  
455 mm breed  
533 mm diep

4. Draai om en bevestig de vier poten aan de binnenkant van het meubel. De emmer moet ongeveer 10 mm boven de multiplex plaat uitsteken. Stel de poten daarop af.



3. Schroef het plankje van 75x455 mm op de bovenkant van de houten bak. Bevestig de multiplex plaat van 455x455 mm enkel m.b.v. scharnieren.



5. Draai de plastic buffers van de bril opzij zodat de bovenkant van de toilettemmer bijna de toiletbril kan raken. Zie ook de afbeelding rechts. Voor iedere buffer moet een nieuw gat worden geboord.



6.



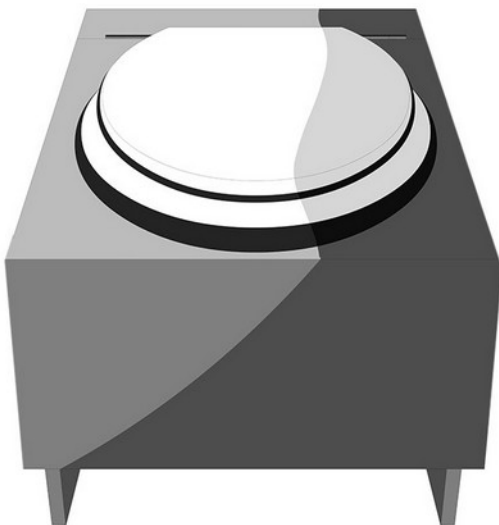


7. Teken de bevestigingsgaten voor de toiletbril af. Zaag een gat waar de bovenkant van de opvangemmer precies doorheen past, precies in het midden onder de toiletbril. De voorkant van het gat niet verder dan 4 cm naar achteren.



8. Boor de bevestigingsgaten en bevestig de toiletbril.

9. Schilder, beits of lak het hout en je composttoilet is klaar!



Een brein dat werkt, helpt ook. Een composttoilet is 'het toilet van degenen die nadenken'. Voeg meer afdekkingsmateriaal toe als je wat ruikt. Zorg ervoor dat het fijn genoeg is en dat er restvocht in zit. Als het licht, luchtig en droog is, zoals in zakken verpakte houtkrullen, zal het minder effectief zijn als geurblokkering in je toilet, en zul je er meer van moeten gebruiken. Hierdoor raakt je toiletemmer ook te snel vol. Maak het nat en laat het rotten, zelfs jarenlang als dat nodig is, en gebruik het dan om je toilethinhoud af te dekken.

Dek ook de inhoud van je compostbakken altijd goed af. Als je wat ruikt, voeg dan ook meer afdekkingsmateriaal toe. Een dame mailde me en zei dat haar compostbak slecht rook. Ik mailde terug: "Voeg meer afdek materiaal toe." Ze antwoordde een week later en zei dat haar bak nog steeds stonk. Ik mailde terug: "Voeg meer afdek materiaal toe." Dit ging zo een tijdje door, heen en weer, totdat ze eindelijk stopte met e-mailen. Ze zal uiteindelijk genoeg afdek materiaal hebben toegevoegd. En dat afdek materiaal mag rustig een meter hoog zijn als het moet (dat zal niet nodig zijn), het zal het composteringsproces niet nadelig beïnvloeden. Je schuift het opzij om nieuw materiaal toe te voegen. Je moet niets anders bovenop je compostbak zien liggen dan afdek materiaal. De instructies zijn eigenlijk belachelijk eenvoudig. Als het ruikt of het vliegen aantrekt, voeg dan afdek materiaal toe totdat het niet meer ruikt. Als dit te ingewikkeld is, ben je waarschijnlijk geen goede kandidaat voor een composttoilet.

Met voldoende vergaarbakken kan een composttoiletsysteem voor een onbeperkt aantal personen worden gebruikt. Als je er een in je huis gebruikt en je wordt door dertig mensen tegelijk bezocht, dan zult je heel blij zijn dat je lege bakken bij de hand hebt om de volle te vervangen. Je zult ook blij zijn dat je pas na het vertrek van je gezelschap de boel hoeft te legen, want je kunt ze uit de weg zetten, met de deksels erop, en ze vervolgens legen wanneer het uitkomt.

De ervaring heeft geleerd dat 150 mensen vier vergaarbakken van twintig liter nodig hebben tijdens een zomeravondfeest (omdat mannen de neiging hebben om buiten te plassen). Wees daarom altijd voorbereid op het onverwachte en zorg voor extra toiletemmers en extra afdek materiaal. Voor elke volle vergaarbak die uit een toiletruimte wordt gehaald, moet een volle bak met afdek materiaal van dezelfde grootte worden teruggebracht.

Ten slotte, om compostbakken te spoelen is het niet nodig om chloor te gebruiken. Chloor is een chemisch gif dat schadelijk is voor het milieu en totaal niet nodig voor gebruik van menselijke ontlasting-recyclingsystemen. Water en zeep zijn eenvoudigweg voldoende.

## Composttoiletten

Een school in Nicaragua (links) gebruikt een toilet van GiveLove.org met een twinig literemmer die aan de bovenkant kan worden verwijderd. In Haïti (rechts) gebruikt men een ton die aan de voorkant uit het meubel kan worden geschoven.



Een compostbak gemaakt van pallets in Nicaragua  
Een kant is bijna gevuld met toiletmateriaal



## De compostbakken

Dit is het derde noodzakelijke element van een composttoiletsysteem. Merk op dat ik bakken zeg, meervoud, omdat je er minstens twee nodig hebt. Een om te vullen totdat deze vol is, en een andere om te vullen als de eerste vol is en aan het verteren en rijpen is. Het doel van de bak is om het organische materiaal verticaal boven de grond op te slaan, zodanig dat honden, geiten, paarden en andere beesten er niet in kunnen komen. Door het bovengronds te houden, wordt een aëroob systeem gehandhaafd. Als een bak eenmaal is gevuld, laat hem dan ongeveer een jaar staan terwijl je de volgende bak vult. Kies het formaat de bakken dusdanig dat het een jaar duurt om ze te vullen. Als je met een grotere groep bent, heb je mogelijk meerdere of grotere bakken nodig. Een standaardformaat voor een gezinsbak is ongeveer 1,5 vierkante meter bij een hoogte van ruim een meter.

Met vier op de rand staande houten pallets kunt je al in tien minuten een bak maken. Laat ze gewoon tegen elkaar leunen en draai aan elke kant er een paar schroeven in om ze bij elkaar te houden. Als je geen schroeven hebt, bind ze dan aan elkaar vast. Als je grotere bakken nodig hebt, zoals voor een school, maak ze dan twee pallets breed, maar niet veel breder. Je moet van beide kanten tot aan het midden van de bakken kunnen reiken om de compost te kunnen beheren. Wel kun je ze zo lang maken als je zelf wilt.

Plaats de bakken op tuingrond, niet op beton. Sommige sanitairprofessionals denken misschien dat een composthoop iets is als een beerput die slechte dingen in de grond laat lekken, en ze staan erop dat er een barrière moet bestaan tussen de compost en de grond. Maar de interactie tussen grond en compost is om verschillende redenen belangrijk. Het biedt een organische toegangsweg voor micro- en macro-organismen om de composthoop binnen te kunnen gaan en weer te verlaten. Het biedt ook een ruimte waar compostmicroben kunnen verblijven nadat de bak is gelegegd. De microben helpen weer om het proces in de volgende hoop op gang te brengen. De bovenste paar centimeters aarde fungeren ook als buffer voor overtollige vloeistof en absorberen deze indien nodig. Ik heb vocht uit de bodem van de composthoven van menselijke mest op betonnen platen zien lekken, dat gefotografeerd en ook op video opgenomen. Niet veel, maar genoeg om er in te stappen en sporen te verspreiden en genoeg om maden te kweken. Als de compost op aarde had gestaan, zouden deze problemen niet hebben bestaan.

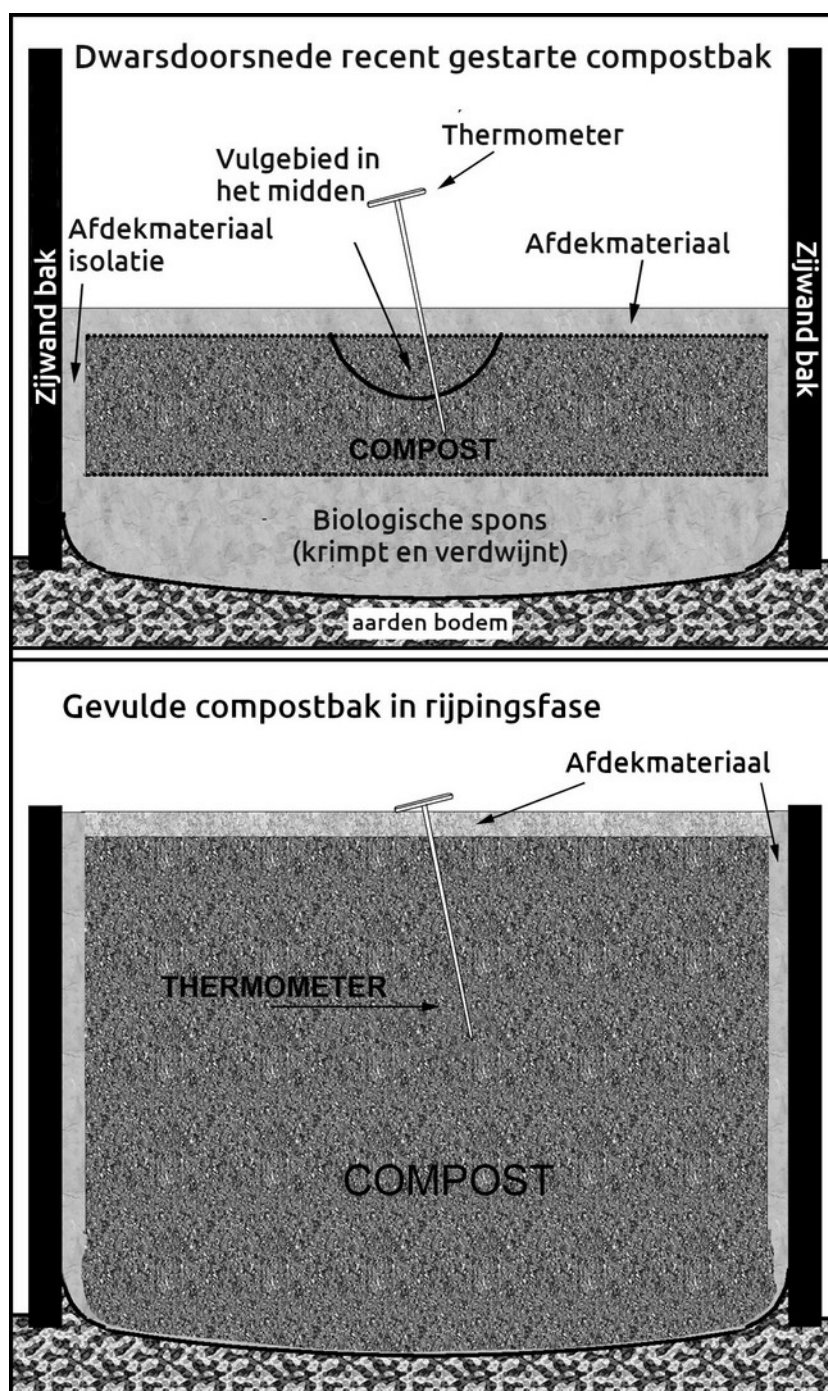
Graaf altijd de groundbodem iets af om een soort kom onder de composthoop te maken. Neem de grond die je uitgraaft (het hoeft niet veel te zijn) en gooi dat aan de onderkant tegen de binnenkant van de bakwanden. Je hebt nu een ondiepe kuil onder je bak die je extra verzekert tegen het uit de hoop sijpelen van lekvocht.

Voordat je toiletmateriaal in je bak doet, leg je eerst een ‘organische spons’ op de bodem. Dit is een kussen van grassen, onkruid, bladeren, hooi, stro of wat je ook maar bij de hand hebt, minstens 45 centimeter of meer. Hetzelfde wat je ook gebruikt als afdek materiaal. Dikker is geen probleem, het wordt samengedrukt en verdwijnt vanzelf in de afgewerkte compost.

Leg voldoende van de organische spons op de bodem zodat je er een gat in kunt maken waar je je eerste vulling in kan gooien. Hark dan het sponsmateriaal terug over de inhoud en voeg weer afdek materiaal toe. De verse substantie, mogelijk toiletmateriaal, is nu begraven in het afdek materiaal. Wanneer je extra materiaal aan je bak toevoegt, gebruik dan speciaal gereedschap zoals een

schop, vork of hark, trek het afdek materiaal opzij en graaf in de bestaande compost een gat, gooi het verse materiaal hierin en hark vervolgens het afdek materiaal er weer overheen. Voeg meer afdekkingsmateriaal toe. Laat je composthoop niet de vorm krijgen van de Matterhorn, houd hem plat.

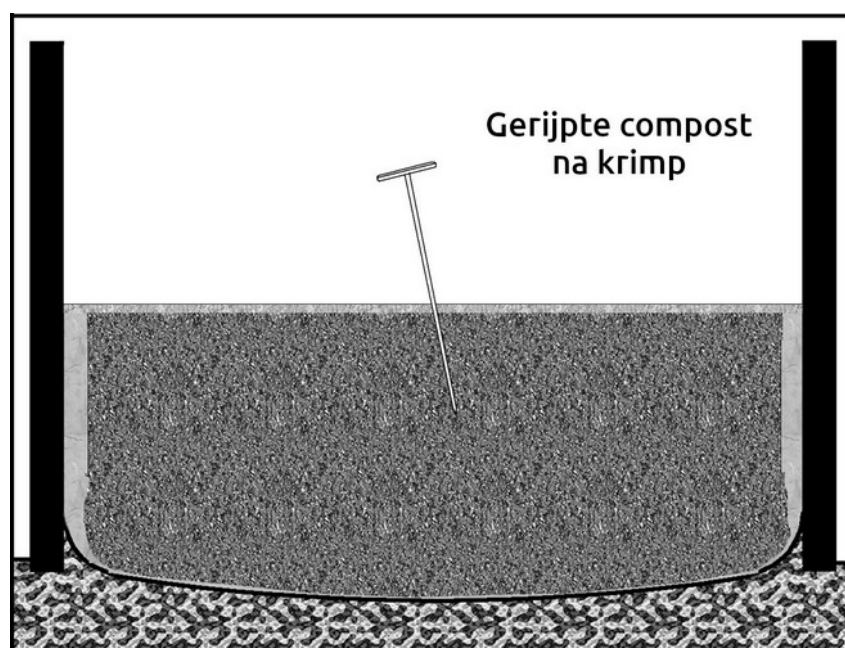
Bewaars altijd een compostthermometer in het midden van je actieve hoop. Vijftig centimeter lange thermometers zijn niet duur en geven je een constante indicatie van wat er in je hoop gebeurt. Af en toe mailt iemand mij dat zijn compost niet heet wordt. Ik vraag hem dan wat de temperatuur is. Hij antwoordt dat hij dat niet weet, hij gebruikt geen thermometer. Ik vraag: 'Hoe weet je dan dat het niet heet wordt?' Hij zegt: "Het lijkt erop dat het niet heet is.' Ik zeg hem dat hij een thermometer moet nemen, met feitelijke gegevens moet aankomen en niet moet speculeren.



Trek de thermometer eruit voordat je nieuw materiaal toevoegt. Door binnenkomend materiaal in het midden van de hoop toe te voegen, bereikt je enkele belangrijke dingen: je injecteert het nieuwe materiaal in het meest actieve deel van de hoop, je bedekt het grondig, niet alleen met afdek materiaal, maar ook met bestaande compost, en je creëert een soort kussen van afdek materiaal rond de buitenranden. Het is alsof je de compost inpakt in een deken van afdek materiaal. Dit isoleert de stapel, voorkomt dat de buitenranden van de compost afkoelen en dat compost door de gaten van de bakwanden valt, zoals bij palletbakken het geval zou zijn. Door een kussen van afdek materiaal rond je compost te gebruiken, kun je elk soort bak gebruiken: van hout, blokken beton, baksteen, metaal of plastic. Gaten, ruimtes of openingen in de zijwanden zijn niet nodig om te beluchten. Lucht zit in het 'kussen'. Zorg er wel voor dat je een aarden bodem hebt. Je zou dit 'centrumtoevoer' van een composthoop kunnen noemen, in tegenstelling tot de 'gelaagdheid' die in sommige kringen populair lijkt. Gelaagdheid wordt eenvoudig gedefinieerd als het in lagen toevoegen van nieuw materiaal aan de bovenkant van de composthoop, zoals lasagne, en wordt niet aanbevolen bij het composteren van humanure.

Over palletbakken gesproken (of welke bakken dan ook), als je strobalen hebt, kunt je lagen van de balen afhaken. Dit zijn platte stroken van enkele centimeters dik. Plaats deze plat tegen de binnenkant van de bak zodat je een isolerende bekleding hebt gecreëerd voordat je organisch materiaal toevoegt.

Een drie-bakkensysteem werkt goed in koude klimaten, omdat de middelste bak dan dient voor het opbergen van afdek materiaal en kan worden geconstrueerd met een dak of afdekking erboven. Door het afdek materiaal droog te houden (bijvoorbeeld strobalen), vriest het niet vast en blijft het de hele winter beschikbaar voor gebruik. Wanneer je plotseling een grote hoeveelheid afdek materiaal beschikbaar hebt, zoals gemaaid gras, onkruid of bladeren, kun je dit ook in de middelste bak plaatsen voor opslag en het gebruiken om de compost naar behoefte af te dekken. Aangenomen dat je geen giftige chemicaliën op je gazon gebruikt. Als je dat wel doet, breng dan het grasmaaisel naar de dichtstbijzijnde stortplaats voor chemisch afval en denk na over je dwaasheid.



Elk jaar begin ik thuis rond de zomerzonnwende (eind juni) een nieuwe composthoop. In het late voorjaar kan het lijken alsof de oude stapel vol is, alsof er niets meer in past, maar dat gaat meestal nog wel. Dit komt door de constante krimp. Als de hoop volledig is opgebouwd, bedek deze dan met een mooie laag stro, bladeren, gemaaid gras of ander schoon materiaal (zonder onkruidzaden) om te isoleren en te laten dienen als biofilter. Laat het daarna ongemoeid om te rijpen. Draaien of keren is niet nodig. Voeg nooit iets toe aan een rijpende composthoop!

De bak van het voorgaande jaar is tegen die tijd gelegegd en een nieuwe batch compost kan nu in die bak worden gestart, volgens dezelfde procedure als de eerste - met een holle aarden vloer, biologische spons, omhulselmateriaal en de procedure van aanvoer in het midden. Wanneer die bak bijna vol is (ongeveer een jaar later), kan de eerste worden gelegegd in de tuin, bessen, boomgaard of bloembedden. Als je je om wat voor reden dan ook niet op je gemak voelt om je compost in de moestuin te gebruiken, gebruik hem dan voor bloemen, bomen, heesters of bessenstruiken.

Een composthoop kan een enorme hoeveelheid organisch materiaal verwerken. Ook al lijkt deze vol te zijn, zodra je je omdraait, zal hij ruimte maken voor meer. Een veel voorkomende zorg bij beginnende composteerdere is dat de hoop eruitziet alsof hij te snel vol raakt. Meer dan waarschijnlijk zal de composthoop het materiaal blijven opnemen terwijl je het toevoegt, de stapel krimpt voortdurend.

# Composttoiletmanieren en etiquette

DOEN - Urine, uitwerpselen en toiletpapier in dezelfde toiletbak opvangen. Urine zorgt voor essentieel vocht en stikstof.

DOEN - Houd altijd een voorraad schoon, organisch afdek materiaal bij de hand voor het toilet. Rottend zaagsel, veenmos, bladschimmel en andere dergelijke afdek materialen voorkomen geur, absorberen overtollig vocht en brengen de C/N-verhouding in evenwicht.

DOEN - Een voorraad ander afdek materiaal bij de compostbakken bewaren om de composthoop zelf te bedekken. Grovere materialen zoals hooi, stro, onkruid, bladeren en grasresten, voorkomen geur, houden lucht vast in de stapel en brengen de C/N-verhouding in evenwicht.

DOEN - Humanure in een holte in het midden bovenaan de composthoop deponeren, niet langs de randen.

DOEN - Een mix van organische materialen toevoegen aan de humanure composthoop, inclusief alle voedselresten.

DOEN - De bovenkant van de composthoop enigszins vlak houden. Hierdoor kan de compost regenwater opnemen en is het gemakkelijk om vers materiaal dat aan de stapel is toegevoegd af te dekken.

DOEN - Een compostthermometer gebruiken om te controleren op thermofiele activiteit. Als je compost niet voldoende verwarmd lijkt te worden, gebruik je de afgewerkte compost voor bessen, fruitbomen, bloemen of sierplanten in plaats van voedselgewassen. Of laat de opgebouwde stapel twee volledige jaren rijpen voordat je hem in de tuin gebruikt.

NIET DOEN - De composthoop keren. Leun achterover, ontspan en laat de microben het werk voor je doen. Als je stapel eenmaal is opgebouwd, laat hem dan ongeveer een jaar in alle rust ongestoord verouderen, plus of min een paar maanden.

NIET DOEN - Kalk of houtas aan de composthoop toevoegen. Voeg deze stoffen direct toe aan de grond.

NIET DOEN - Verwachten van thermofiele activiteit voordat er voldoende massa is verzameld.

NIET DOEN - Iets wat stinkt in een toilet of op een composthoop deponeren zonder het af te dekken met schoon afdek materiaal.

NIET DOEN - Uw honden of andere dieren uw composthoop laten verstoren. Als je problemen hebt met dieren, installeer dan gaas of andere geschikte barrières rond je compost en indien nodig eronder.

NIET DOEN - Voedsel scheiden van je humanure composthoop. Voeg alle organische materialen toe aan dezelfde compostbak.

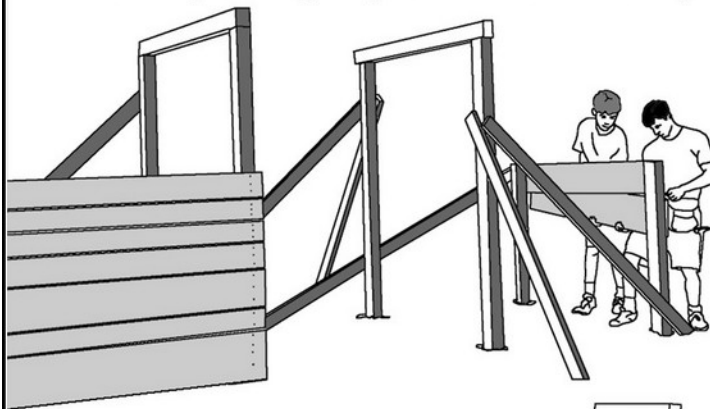
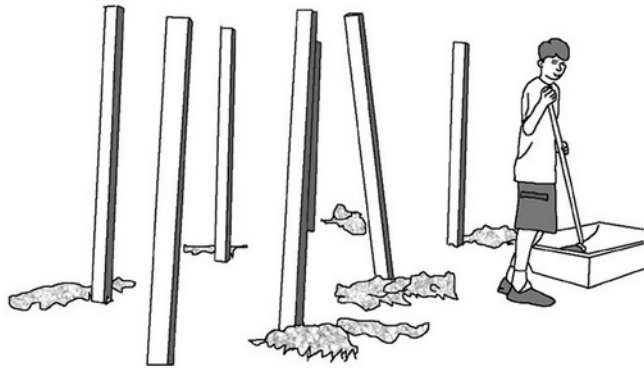
NIET DOEN - Gebruiken van de compost voordat deze volledig is gerijpt. Dit betekent een jaar nadat de hoop is aangelegd, of twee jaar als de humanure afkomstig is van zieke populatie.

NIET DOEN - Je zorgen maken over je compost. Als het niet naar je tevredenheid opwarmt, laat het dan voor een langere periode rijpen. Gebruik het daarna pas voor je tuin.



## Hoe maak je DE HUMANURE HACIËNDA

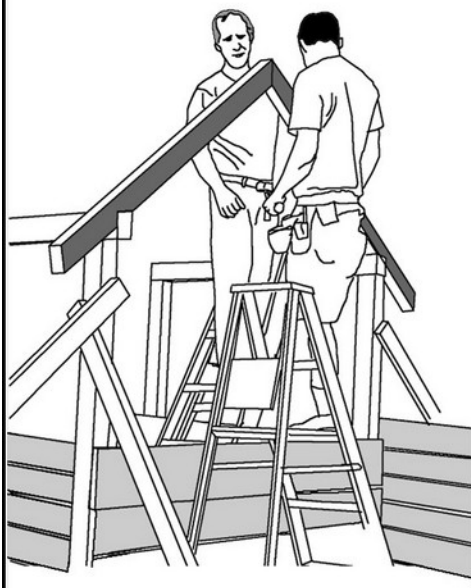
1. Graaf acht 60 cm diepe gaten. Zet daar acht palen in van 10 x 10 cm dik (robinia of ander geschikt hout). Vul de gaten op met grond gemengd met beton. De palen staan 1,6 meter uit elkaar. Laat de vier middelste palen lang. Zaag de andere af tot een hoogte van ongeveer 1,2 m.



2. Stel de palen waterpas en bevestig twee dwarsbalken bovenop de lange palen.

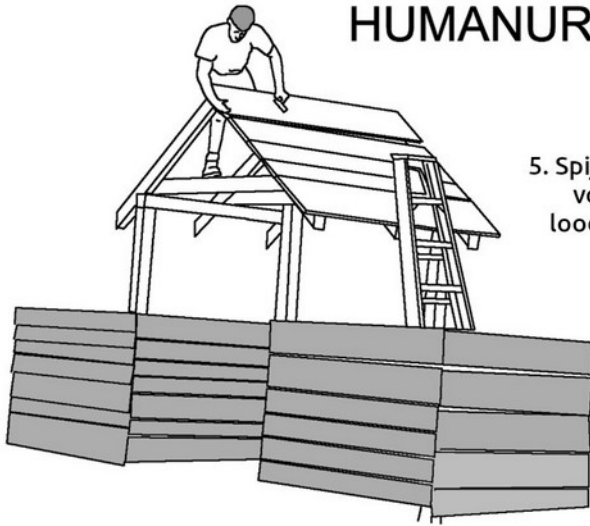


3. Schroef 2 cm dikke ruige robinia planken tegen de palen zoals op de afbeelding. Houdt een smalle kier tussen de planken en ongeveer 5 cm tussen de onderste plank en de grond.



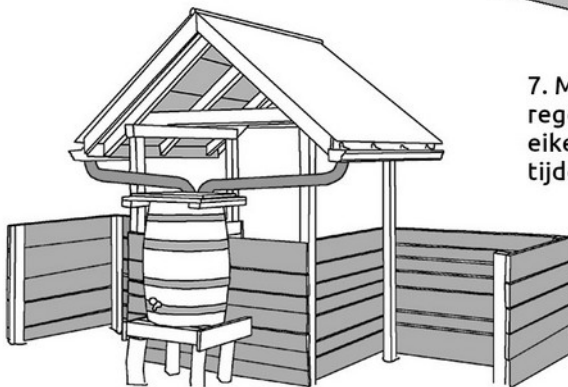
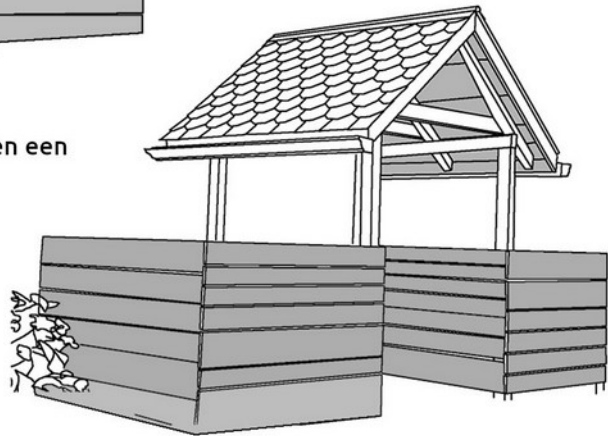
4. De planken en de palen moeten rotbestendig zijn maar niet behandeld met chemicaliën. Het is altijd nog beter afvalhout dat je zo nu en dan vervangt te gebruiken dan giftig hout. Zaag spanten voor een eenvoudig zadeldakontwerp. Het middendeel dient om afdekmateriaal op te slaan en dit droog en vorstvrij te houden. Het dak vangt ook regenwater op om de toiletemmers schoon te maken.

## HUMANURE HACIENDA (vervolg)



5. Spijker afdekplaten op de spanten. Zorg er voor dat de uiteinden van de spanten loodrecht zijn afgezaagd zodat daklijsten kunnen worden bevestigd.

6. Bevestig de daklijsten en daarna de dakbedekking. Gerecyclede leien vormen een excellente dakbedekking.



7. Monteer de dakgoten. Plaats een regenton naast de hacienda. Een gerecyclede eiken wijnvat is ideaal. Denk eraan dat deze tijdens vorst moet worden afgetapt.

De Humanure Hacienda van de auteur (rechts) is gemaakt voor het leven. Het regenwatersysteem maakt het reinigen van de toilettemmers in de lente, zomer en herfst heel gemakkelijk. Het dak houdt balen hooi en stro droog en de gehele winter beschikbaar.



Als je composthoop om de een of andere reden plotseling vol raakt en je het compostmateriaal nergens meer kwijt kunt, dan zul je gewoon een nieuwe compostbak moeten starten. Vier houten pallets op hun rand, een stel gestapelde strobalen of een stuk gaaswerk, maken in geval van nood een snelle bak.

Het hierboven geschetste systeem zal twee jaar lang geen compost opleveren (een jaar om de eerste hoop te bouwen en een extra jaar om deze te rijpen). Na de eerste opstartperiode van twee jaar zal er echter op jaarbasis een ruime hoeveelheid compost beschikbaar zijn.

Als je ontlasting composteert van een mens met besmettelijke ziekten, kun je een extra rijpingsperiode van een jaar overwegen. Er zijn dan wel extra compostbakken nodig. In die situatie wordt een bak na het vullen, twee jaar met rust gelaten. Dit systeem zorgt voor een langere verteringstijd voordat compost beschikbaar is voor het verbouwen van voedselgewassen. Als je twijfelt over de hygiënische veiligheid van compost, test het dan op ziekteverwekkers in een laboratorium of gebruik het waar het niet in contact komt met voedselgewassen, en draag handschoenen bij het hanteren ervan.

Tot slot, al het organische materiaal gaat in dezelfde bak! Etenresten, toiletmateriaal, dode dieren, oud bier, de hele rataplan. Als je dieren hebt en de dierlijke mest wilt toevoegen, is dat prima; misschien hebt je alleen extra bakken nodig omdat ze sneller vol kunnen raken. En ja, je kunt toiletpapier composteren. En ja, je moet je etensresten en je toiletmateriaal in dezelfde bak composteren - het levert een betere compost op!

## Uitspoelen

Compost heeft veel vocht nodig en wordt het liefst vochtig gehouden. Het verdampen van vocht is een van de belangrijkste redenen waarom compost zoveel krimpt. Composthopen zijn niet geneigd om vocht af te voeren, tenzij ze worden blootgesteld aan een overmatige hoeveelheid regen of een andere toestroom van vloeistof. Het meeste regenwater wordt geabsorbeerd door de compost, maar in gebieden met veel regen kan op geschikte momenten een dak of afdekking over de composthoop worden geplaatst om uitspoeling te voorkomen. Dit dak kan zo simpel zijn als een stuk plastic of een zeil. Je kunt ook meer afdekmateriaal bovenop de stapel leggen om deze te beschermen tegen zware regenval. De organische spons fungeert ook als een uitspoelbarrière.

Je kunt ook uitspoeling krijgen als je te veel water gebruikt om de toiletemmers schoon te maken, omdat het waswater in de hoop gaat. Als je compost te nat lijkt, voeg dan meer droger materiaal toe aan je compostmix bij het opbouwen. En gebruik niet te veel spoelwater. Als je veel bakken tegelijk spoelt, bijvoorbeeld een dozijn, is een paar liter water genoeg om ze allemaal een eerste spoeling te geven. Gooi de hoeveelheid in de eerste bak, spoel die, giet hetzelfde water in de volgende bak, spoel die en zo verder. Gooi het water uiteindelijk in de compostbak.

Gebruik daarna nog een paar liter water met een kleine hoeveelheid zeep om de volgende vergaarbakken schoon te maken. Gooi dat in de compostbak en gebruik dan nog een paar liter om de zeep eruit te spoelen. Gooi ook dat in de bak. Zeep doet niets met je compost.

Je hebt daarmee iets van tien liter water gebruikt om 200 liter aan toilettemmers schoon te maken, of een verhouding van 1:20. Dat betekent dat je slechts een liter per toilettemmer van 20 liter hebt gebruikt door deze procedure te volgen.

Als je het niet leuk vindt om toilettemmers te spoelen en het niet erg vindt om het geld uit te geven, koop dan composteerbare zakken. Dat spaart veel spoelwater. Sommige mensen gebruiken kranten om in hun toiletbakken te leggen. Als ze dan de bakken legen, gaan de krant en de ontlasting samen in de composthoop.

In het jaar dat ik dit schreef, hadden we een recordhoeveelheid neerslag, 1500 millimeter. Ik had niet alleen geen enkel probleem met uitspoelen, ik gooide per keer ook nog eens twintig liter afgedankt bier van een brouwerij in mijn stapels, en die vonden het geweldig. Onthoud dat microben niet lopen, ze zwemmen. Houd je stapels vochtig.

## Compostbak review

Dit zijn de belangrijke stappen bij het maken en gebruiken van compostbakken:

1. Zorg ervoor dat de bak bovengronds, stabiel en ongediertebestendig is. Mogelijk moet je hem met gaas bekleden als je in een gebied met ratten woont.
2. Bouw de bak op een ondergrond van aarde, indien dit mogelijk is, met een komachtige uitsparing in de bodem.
3. Begin altijd met een “biologische spons” onder de hoop.
4. Voeg je verse materiaal toe in een holte in het midden van de bak. Doe stinkende organische stoffen altijd in de bak, nooit er bovenop. Compost in lagen aanbrengen zoals lasagne? Vergeet het, dat is achterhaald. Toevoegen in het midden werkt veel beter.
5. Dek de inhoud van de bak altijd af. Als je vliegen ziet of geurtjes ruikt, dek je niet voldoende of niet goed af. Ga door tot er geen geur meer is en er geen vliegen zijn.
6. Leg een laag afdek materiaal rondom aan de binnenkant van de bak. Dit gebeurt automatisch wanneer je nieuw materiaal in het midden van de bak toevoegt.
7. Als de bak uiteindelijk vol is, laat hem dan ongeveer een jaar ongemoeid staan. Zorg dat er altijd een laag afdek materiaal bovenop ligt. Nadat je de compostbak hebt leeggemaakt, kun je het oude afdek materiaal gebruiken als organische spons voor de volgende. Het heeft geen zin om te haasten, onrijpe compost doodt planten. Het kost niets meer om de compost te laten verouderen en te laten rijpen. Zo verkrijg je de beste, bruikbaarste en hygiënisch veilige compost.

## Beheer is noodzakelijk

Het laatste noodzakelijke onderdeel in een composttoiletsysteem is het menselijk beheer. Het is geen situatie van 'schijten en iemand anders ermee opzadelen', zoals met een doorspoeltoilet. Jij,

of iemand anders, moet de verantwoordelijkheid nemen voor het composttoilet dat je gebruikt. De vergaarbakken of bakken moeten te allen tijde worden geleegd, schoongemaakt en weer beschikbaar komen voor gebruik. Er moet afdek materiaal worden aangeleverd en de composthoop moet verantwoord worden beheerd. Het helpt als de beheerder van het systeem ook iemand is die de compost gebruikt en waardeert. Compost maken is iets waardevols creëren. Het heeft niet veel zin om het te maken als je het niet constructief gebruikt.

Je zult vaak horen dat composteren zowel een wetenschap als een kunst is en dat klopt. Het gaat erom organisch materiaal reukloos, hindervrij, milieuveilig en hygiënisch effectief te recycleren. Besteed aandacht aan wat je doet en pas zo nodig de dingen in de loop van de tijd aan. Een composttoiletsysteem zal snel mislukken als het slecht wordt beheerd.

## Enkele scriptiegegevens

Hieronder volgen enkele gegevens van oude afstudeerscripties die het lezen waard zijn. Na veertien jaar composteren van menselijke ontlasting analyseerde ik mijn tuingrond, mijn tuinaarde (ter vergelijking) en mijn compost, elk op vruchtbaarheid en pH, met behulp van LaMotte-testkits van de plaatselijke universiteit.<sup>3</sup> Ik stuurde ook monsters van mijn ontlasting naar een plaatselijk ziekenhuislaboratorium om te worden geanalyseerd op indicatorparasitaire eicellen of wormen. Dat was in 1993.

De compost van menselijke ontlasting bleek voldoende stikstof (N) te bevatten en rijk aan fosfor (P) en kalium (K) te zijn, meer dan dat de tuin- of erfgrond deze bestanddelen bevatte, en dat gold ook voor de verschillende nuttige mineralen. De pH van de compost was 7,4 (licht alkalisch), zonder dat er kalk of houtas toegevoegd was tijdens het composteringsproces.

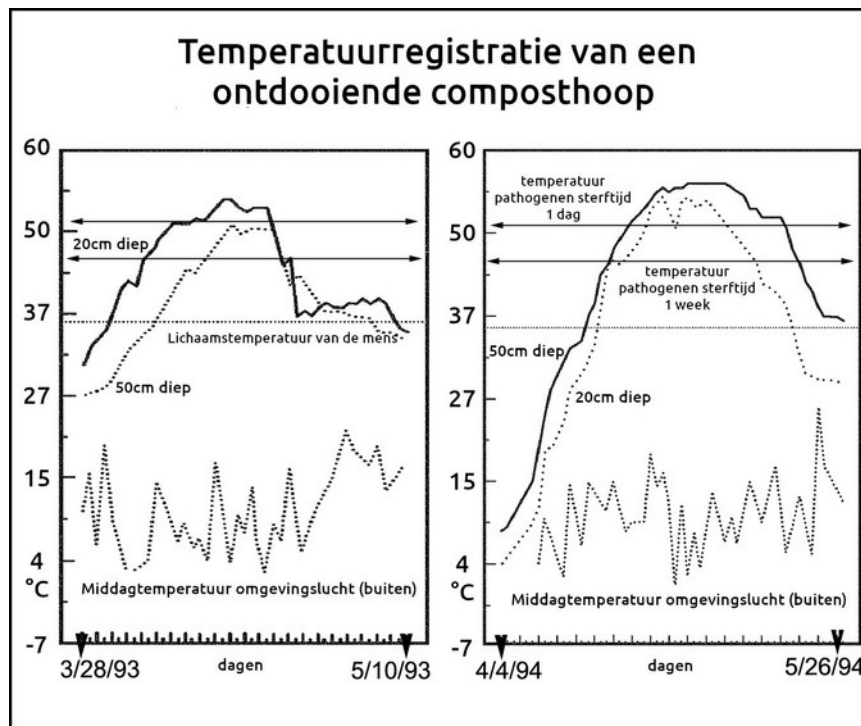
De tuingrond was iets lager in voedingsstoffen (N, P, K) dan de compost en ook de pH was iets lager met 7,2. Ik had in de loop van de jaren kalk en houtas aan mijn tuingrond toegevoegd, wat misschien verklaart waarom het licht alkalisch was. De tuinaarde was echter nog steeds significant hoger in voedingsstoffen en pH dan de erfgrond (pH van 6,2), die over het algemeen slecht bleef.

Mijn ontlastingsmonster was vrij van pathogene eicellen of parasieten. Ik gebruikte mijn eigen ontlasting voor analysedoeleinden omdat ik al een aantal jaren langer dan de anderen van mijn familie, aan het compostsysteem en de tuingrond was blootgesteld. Ik had de compost vrijuit gehanteerd, met blote handen, jaar in jaar uit, zonder terughoudendheid. Ik herhaalde de ontlastingsanalyse een jaar later, na vijftien jaar blootstelling, en elf jaar later, na zesentwintig jaar blootstelling, opnieuw met negatieve resultaten. Voorafgaand aan deze tests hadden honderden mensen door de jaren heen mijn composttoilet gebruikt. Deze resultaten gaven aan dat humane compost een goede bodemverbeteraar is en dat er geen darmparasieten werden overgedragen van de compost naar de compostverwerker na zesentwintig jaar continu, onbeperkt en onbeschermd gebruik in de Verenigde Staten. Gedurende de hele periode van zesentwintig jaar was bijna alle compost die mijn familie had geproduceerd gebruikt in onze moestuin. We hebben veel voedselgewassen geteeld met die compost, en mooie gezonde kinderen met dat voedsel op laten groeien.

Sommigen zullen stellen dat de laboratoriumanalyses van eicellen en parasieten die ik had gedaan zinloos waren. Ze bewezen niets, omdat er in het begin misschien geen besmetting met darmparasieten in de compost was. Als er na zesentwintig jaar en honderden gebruikers geen dergelijke verontreinigingen in de compost terecht zijn gekomen, dan is dat belangrijke informatie. Dit laat zien dat de angst voor composteren van menselijke ontlasting schromelijk overdreven is. Het punt is dat mijn compost voor mij en mijn gezin geen gezondheidsproblemen heeft veroorzaakt. Integendeel, het levert ons al decennia lang een tuin op zonder dat we mest van buiten hoeven te importeren. Dat is een zeer belangrijke punt waar fecafoben rekening mee moeten houden.

## Registreren van de composttemperatuur

Ik bewaar altijd een compostthermometer in mijn actieve composthoppen. Door op de thermometer te kijken, zie je in één oogopslag hoe actief je compost is. Toen ik in 1993 op de middelbare school zat, heb ik twee jaar aaneengesloten de temperatuur van mijn ontdooiende composthoppen in de lente in kaart gebracht. Tijdens de winter was de compost bevroren en ik wilde zien wat er gebeurde nadat de hoppen ontdooid waren. De compost bestond voornamelijk uit de inhoud van het composttoilet, dat hardhoutzaagsel, ontlasting, inclusief alle urine en wc-papier bevatte. Keukenresten werden ook met tussenpozen tijdens de winter aan de stapel toegevoegd en hooi diende om de toiletinhoud te bedekken. Er werden ook wat onkruid en bladeren toegevoegd. Het materiaal werd continu verzameld door een gezin van vier. Er is op geen enkel moment iets speciaals met de hoop gedaan. Er werden geen ongebruikelijke ingrediënten toegevoegd, geen compoststarters, geen water, geen andere dierlijke mest dan menselijke (hoewel er een beetje kippenmest werd toegevoegd aan de stapel uit 1994 die rechts in kaart is gebracht, wat de hogere composttemperaturen kan verklaren). Er werd geen enkele keer gekeerd. De composthoppen stonden buiten in een driezijdige, open houten bak op kale grond. De enige van buiten aangevoerde materialen waren ruw zaagsel (een plaatselijk ruim aanwezige grondstof) en hooi van een naburige boerderij (minder dan twee balen gedurende een hele winter). Er werden twee thermometers gebruikt om de temperatuur van deze compost te bewaken, de ene met een sonde van 20 centimeter en de andere met een sonde van 50 centimeter. De buitenkant van de hoop (20 cm diepte), weergegeven in de linker grafiek, warmde op door thermofiele activiteit vóór de binnenkant (50 centimeter diepte). De buitenkant ontdooide eerst, dus die werd als eerste biologisch actief. Kort daarna ontdooide en warmde ook de binnenkant op. Op 8 april had het buitenste deel van de hoop 50°C bereikt. De temperatuur bleef op dat niveau of hoger tot 22 april (een periode van twee weken). De binnenkant van de hoop bereikte op 16 april de 50°C, meer dan een week later dan de buitenkant, en bleef dat of daarboven tot 23 april. De hoop die in de rechtergrafiek wordt weergegeven, was vijftientwintig dagen lang boven 50°C. Sinds 1993 heb ik mijn composttemperaturen het hele jaar door continu gecontroleerd. De compost bereikt een typerende temperatuur van ongeveer 50°C of daarboven, op een diepte van twintig inch, in het vroege voorjaar en blijft dat de hele zomer en herfst. In de winter daalt de temperatuur, maar de composthoppen zijn sinds 1997 niet bevroren. Ik heb video-opnames gemaakt tijdens een recente winter toen de buitenluchttemperatuur -16 °C was en de composthoop 54°C. Ik heb video-opnames gemaakt tijdens een recente winter toen de buitenluchttemperatuur -16 °C was en de composthoop 54°C. De video staat samen met vele anderen op YouTube.



De maximale temperatuur die ik heb geregistreerd in mijn compost is ongeveer 65°C, maar meer gebruikelijke temperaturen variëren van 43°C tot 54°C. Om de een of andere reden lijkt de compost het grootste deel van de zomermaanden rond de 49°C te blijven op een diepte van twintig centimeter. De thermometer staat bovenin in het hart van de hoop waar nieuw materiaal wordt toegevoegd.

Dr. T. Gibson, hoofd van de afdeling Landbouwbiologie aan het Edinburgh and East of Scotland College of Agriculture: “Al het bewijs toont aan dat een paar uur 49°C de pathogene micro-organismen helemaal elimineert. Als die temperatuur 24 uur lang wordt gehandhaafd, zou er een grote veiligheidsmarge moeten zijn.”<sup>4</sup>

Ik schreef de volgende drie alinea's op 24 februari 2005: “Ik heb vanmorgen vier bakken humanure gelegeerd voordat ik begon met schrijven. De buitentemperatuur was -6°C. De composttemperatuur op een diepte van 50 centimeter was iets meer dan 38°C. Ik wierp een blik op de klok voordat ik begon met het legen en nogmaals toen ik klaar was en mijn handen had gewassen. Precies vijftien minuten waren er verstreken. Dit is een wekelijks klusje die in de winter meer tijd kost omdat er dan een emmer water meegenomen moet worden om de bakken te spoelen. De regenton bij de Humanure Hacienda is tijdens de wintermaanden leeg, daar is dan even geen water beschikbaar. Ik heb nooit veel aandacht besteed aan hoeveel tijd composteren van humanure kost. Ik was daarom verrast dat het in de slechtste tijd van het jaar maar een kwartier duurde om in een rustig tempo vier bakken te legen.”

Ik zou echter niet verbaasd moeten zijn, want we hebben in de loop der jaren een efficiënt systeem ontwikkeld. We gebruiken een systeem met vier vergaarbakken omdat twee vergaarbakken gemakkelijker te dragen zijn dan één, en vier gaan ongeveer een week mee in een gezin met vier personen. Dat betekent dat de composthoop wekelijks wordt gevoed, meestal op zondag (compost maken is spiritueel zinvoller voor mij dan naar de kerk gaan). In de winter is vier liter water no-

dig om twee bakken te spoelen. Dat betekent dat vier mensen elk twee liter water per week nodig hebben voor het toiletgebruik en het ongeveer vier minuten per persoon per week kost om de composthoop te voeden.

“Toegegeven, er is extra tijd nodig om afdek materiaal te kopen en op te slaan, een klus die we meestal in de zomer of de herfst doen. We verwerken elk jaar ongeveer tien balen stro of hooi, plus een vrachtwagen met zaagsel. De zaagselbakken bijvullen kost nog een paar minuten per week (een klus voor de kinderen). Het meeste werk is het nog om de compost elk voorjaar naar de tuin te kruien. Maar dat is dan ook het hele idee: compost maken.’

Nu in 2018 schrijf ik de volgende alinea's: "De kinderen zijn volwassen en het huis uit. Ik composteer nu alleen voor mezelf en maak maar één keer per maand vier vergaarbakken leeg. Ik gebruik nu vijf bakken. Op die manier is er altijd één in gebruik op het moment dat ik er vier naar de composthoop breng. De composthoop van mijn nabijgelegen kantoor was een paar avonden geleden 53°C toen het buiten -7°C was. Ik schrijf de microbiële activiteit toe aan de 60 liter bier die ik op kamertemperatuur in de stapel heb gedumpt tijdens een recente week met koud weer (twintig liter per avond). Ik haal het bier bij een lokale brouwerij, het is datgene uit de tap wat in een opvangbak terecht komt als schuim of overloop. Ze spoelden het elke avond door de gootsteen, maar nu verzamel ik het. Het geeft me een goed excuus om naar binnen te gaan en een biertje te drinken, en mijn compost is er dol op.”

“De composthoop bij mijn huis was vandaag slechts 16°C. Ik heb hem meer dan een maand niet gevoerd (ik was in Europa). Het is ijskoud geweest. Vandaag heb ik zes bakken ontlasting in de hoop geleegd, een emmer bier en een dode buidelrat. Ik weet zeker dat de temperatuur snel zal stijgen (hij steeg tot 52°C). Compost houdt ervan gevoerd te worden. Als je dat niet doet zal de temperatuur dalen. Als je hem voedt, zal de temperatuur weer stijgen.”

"Mijn composthoop is eenentwintig jaar niet bevroren geweest en ik verwacht niet dat hij dat wel zal doen. Het afdek materiaal rond de stapel helpt bij het isoleren van de compost tijdens koud weer en het helpt bij de infiltratie van zuurstof. Bovendien hebben mijn compostbacteriën zich in bijna veertig jaar al zoveel generaties voortgeplant dat het me niet zou verbazen als ze zich via natuurlijke selectie hebben aangepast aan het plaatselijke klimaat. Ze wonen hier nu, net als ik. Het is ook hun thuis. Bovendien helpt het toevoegen van vloeistoffen in de winter veel om de temperatuur van de hopen op peil te houden. Klimaatverandering zal ook een effect hebben. We hebben het afgelopen decennium wat vreemd warm weer gehad tijdens de wintermaanden, plus een behoorlijk deel smerig koud weer met sneeuwstormen. “Ik noemde mijn composthoop Gomer (Gomer de stapel), maar niemand weet meer wat dat betekent. Zelfs slechte humor vervalt uiteindelijk.’



## Compost *happens*

De angst voor compost bestaat misschien omdat veel van de gepubliceerde informatie over het recycleren van humanure, verwarrend, onjuist of onvolledig is. Toen ik bijvoorbeeld de literatuur onderzocht tijdens de voorbereiding van een eerdere editie van dit boek, vond ik het verrassend dat er bijna nooit melding werd gemaakt van het composteren van humanure als een haalbaar alternatief voor andere vormen van on-site-sanitatie. Wanneer ‘emmersystemen’ werden genoemd, werden ze over het algemeen beschouwd als het minst wenselijke alternatief voor sanitaire voorzieningen.

In *A Guide to the Development of On-Site Sanitation* door Franceys et al., gepubliceerd door de Wereldgezondheidsorganisatie in 1992, worden ‘emmerlatrines’ bijvoorbeeld beschreven als ‘onwelriekend, vliegenoverlast veroorzakend, een gevaar voor de gezondheid van degenen die de nachtaarde verzamelen of gebruiken, en de verzamelde inhoud is ecologisch en fysiek ongewenst’. Dit sentiment wordt weerspiegeld in Rybczynski's (et al.), door de Wereldbank gefinancierde werk *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation*, waarin wordt gesteld: ‘de beperkingen van de emmerlatrine zijn de regelmatige ophaalbezoeken die noodzakelijk zijn om de kleine container met ontlasting te legen, evenals de moeilijkheid om vliegen en geuren uit de emmer tegen te houden’.

Ik gebruik zelf al veertig jaar een composttoilet en het heeft nooit geur-, vliegen-, gezondheids- of milieuproblemen veroorzaakt, zelfs niet als een emmer als opvangbak werd gebruikt. Integendeel, het heeft mijn gezondheid, de gezondheid van mijn gezin en de gezondheid van mijn omgeving zelfs verbeterd door gezond, biologisch voedsel in mijn tuin te produceren en door ‘menselijk afval’ uit het grondwater te houden. Niettemin, Franceys et al. blijven beweren dat ‘menselijke mestinzameling nooit als een optie mag worden gezien voor sanitairverbeteringsprogramma's, en alle bestaande emmerlatrines zo snel mogelijk moeten worden vervangen.’ Nu begrijp je waarom ik nooit de term ‘emmer’ in combinatie met een composttoilet noem. Een composttoilet is geen emmerlatrine.

Franceys verwees duidelijk naar de praktijk van het verzamelen van humanure in emmers zonder afdek materiaal en zonder de bedoeling er compost van te maken. Dergelijke emmers met uitwerpselen en urine worden vermoedelijk onbewerkt in het milieu gedumpt. Natuurlijk moet een dergelijke praktijk sterk worden ontmoedigd, zo niet verboden.

In plaats van de mensen die dergelijke ruwe afvalverwijderingsmethoden gebruiken, te dwingen over te schakelen op dure afvalverwijderingssystemen, is het misschien beter om die mensen voor te lichten over recycling, de menselijke nutriëntencyclus en over compostering. Het zou constructiever zijn om hen te helpen geschikte en voldoende afdekmaterialen voor hun toiletten te kopen, hen te helpen bij het bouwen van compostbakken en zo afval, vervuiling, geur, vliegen en gezondheidsrisico's volledig te elimineren. Ik vind het onbegrijpelijk dat intelligente, goed opgeleide wetenschappers, die emmerlatrines waarnemen en de geuren en vliegen die ermee gepaard gaan, niet inzien dat eenvoudig toevoegen van een schoon, organisch afdek materiaal aan het systeem, deze problemen zouden oplossen. Dat de stikstof van humanure in evenwicht kan worden gebracht met koolstof, en daarmee compostering mogelijk kan worden gemaakt.

Franceys et al. stellen echter in hun boek dat ‘naast opslag in dubbele putlatrines, compostering de meest geschikte methode voor on-site-sanitatievoorzieningen is’. Ik ben het ermee eens dat composteren, mits goed uitgevoerd, de meest geschikte methode is voor on-site-sanitatie die voor mensen beschikbaar is. Ik ben het er niet mee eens dat opslag in dubbele putten geschikter is dan composteren. Tenzij kan worden aangetoond dat menselijke ziekteverwekkers adequaat kunnen worden vernietigd met behulp van een dergelijk dubbele put-systeem. En dat dit een comfortabel en gemakkelijk systeem is, dat geen onaangename geur produceert, en waarbij het scheiden van urine en ontlasting niet nodig is. Volgens Rybczynski et al. laat de latrine met dubbele put een afname van *Ascaris*-eicellen zien van 85 procent na twee maanden. Een getal waar ik niet erg van onder de indruk ben. Als mijn compost klaar is en ik hem in mijn blote handen houd, wil ik niet dat er een ziekteverwekker in op de loer ligt.

Ironisch genoeg toont het werk van Franceys et al. een ‘beslissingsdiagram voor de selectie van sanitaire voorzieningen’ die aangeeft dat het gebruik van een ‘compostlatrine’ een van de minst gewenste sanitatiemethoden is, en een die alleen kan worden gebruikt als de gebruiker bereid is om de urine afzonderlijk op te vangen.

Helaas staat de hedendaagse vakliteratuur vol met dit soort inconsistente, onvolledige en onjuiste informatie die een lezer zeker zou doen geloven dat het composteren van humanure de moeite niet waard is.

Aan de andere kant vertelt Hugh Flatt, die denk ik iemand van de praktijk was en geen wetenschapper, in *Practical Self-Sufficiency* over een composttoiletsysteem dat hij al tientallen jaren had gebruikt. Hij woonde meer dan dertig jaar op een boerderij die gebruik maakte van 'zaagseltoiletten'. De toiletten dienden gedurende het jaar voor verschillende bezoekers en meestal twee gezinnen in de boerderij. Ze gebruikten geen chemicaliën. Ze voegden zaagsel toe na elk gebruik van het toilet, dat meneer Flatt omschreef als 'absorberend en lekker ruikend'. Ze leegden het toilet op een composthoop. De composthoop stond op een aarden bodem met een onderin 'gemaaid onkruid, gras of stro'. De toiletinhoud werd elke keer, nadat ze het aan de hoop hadden toegevoegd, bedekt. Ook keukenafval werd aan de stapel toegevoegd (net als stro). Het resultaat was ‘een fris ruikende, brokkelige, biologisch actieve compost die klaar was om over de tuin te worden verspreid’.<sup>5</sup>

In 2018 werd toiletmateriaal verzameld in vergaarbakken voor verwerking door sanitairprofessionals, aangeduid als 'containergebaseerde sanitatie' om zich te onderscheiden van emmerlatrines. Composttoiletten zijn ‘op compost gebaseerde sanitaire voorzieningen’ omdat de nadruk meer ligt op het composteren dan op de bakken.

Degenen die compostering gebruiken voor sanitaire voorzieningen kunnen de opmerkingen van sommige ‘experts’ met ergernis bekijken. Iemand plaatste bijvoorbeeld een vraag op een composttoiletforum en vroeg zich af of iemand wetenschappelijke kritiek had op het composteren van humanure. Een 'expert' antwoordde dat hij op het punt stond een nieuw boek te publiceren over 'composttoiletten', en hij bood het volgende fragment aan:

*“Waarschuwing: als u geen consistent trackrecord heeft voor wat betreft het in snelle composthoopen handhaven van hoge temperaturen, raad ik het gebruik van dit systeem af. Zelfs onder tuin-*

*ders heeft slechts een kleine minderheid composthopen die consequent de nodige hoge temperaturen bereiken.*

*. . Gezondheidsproblemen waar ik me zorgen over zou maken zijn 1) insecten en kleine beestjes die de hoge temperatuurgebieden van de stapel ontvluchten en een laag van ziekteverwekkende uitwerpselen uit de stapel met zich meedragen. 2) grote beesten (honden, wasberen, ratten ...) die de stapel overhoop halen voor voedsel en ruw afval. En 3) de onvermijdelijke directe blootstelling bij het dragen, legen en reinigen van emmers.*

*Sommige slimme en ruimdenkende mensen hebben zich laten inspireren door het composteren van uitwerpselen. . . door het toe te voegen aan hun composthopen! Wat een revolutionair concept! . . . Klinkt te mooi om waar te zijn? Welnu, in theorie is het waar, hoewel ik in de praktijk geloof dat maar weinig mensen in staat zijn alle kleine hindernissen te overwinnen om deze voordelen te realiseren. Niet omdat een deel ervan zo moeilijk is, alleen dat, nou ja, als je nooit suiker at en poetste en flosste na elke maaltijd, kreeg je ook geen gaatjes.<sup>6</sup>*

Hij heeft gelijk voor wat betreft de gaatjes, maar voor de rest niet. De commentaren missen wetenschappelijke onderbouwing en tonen iemand die geen ervaring heeft met het onderwerp waarop hij commentaar levert. Het is ontmoedigend, maar het is niet verwonderlijk dat dergelijke meningen daadwerkelijk worden gepubliceerd. De schrijver wakkert angst aan van fecafoben. Zijn opmerking over insecten en beestjes die een composthoop vol ziekteverwekkende uitwerpselen ontvluchten, is een perfect voorbeeld. Misschien moet iemand deze persoon eens informeren dat fecaal materiaal een natuurlijk product van het menselijk lichaam is, en als dit vol met ziekteverwekkers zit, die persoon hulp nodig heeft.

Iemand die voor een langere periode met een composteersysteem leeft, begrijpt dat fecaal materiaal gemakkelijk composteerbaar is, uit het lichaam komt, altijd in zichzelf aanwezig is en wemelt van de nuttige micro-organismen. Met zo'n begrip is het moeilijk om bang te zijn voor je eigen mest, en is het onmogelijk om het te zien als een substantie die bol staat van ziekteverwekkende organismen. Tenzij men natuurlijk hartstikke ziek is.

De schrijver stuit op een andere irrationele angst: grote dieren, waaronder ratten, die een composthoop binnendringen en ziekten verspreiden. Compostbakken kunnen eenvoudig dierbestendig worden gemaakt. Als kleine dieren zoals ratten een probleem vormen, kun je de compostbak aan alle kanten en aan de onderkant bekleden met kippengaas. De compostbakken moeten zijwanden hebben zoals van pallets, blokken, strobalen, houten planken of soortgelijke barrières om grotere dieren buiten te houden. Een eenvoudig stuk op maat gemaakt gaaswerk op de bovenkant van een actieve composthoop, voorkomt dat dieren erin gaan graven, terwijl regenwater de stapel vochtig kan houden. Met voldoende afdek materiaal op de stapel zullen er geen vliegen zijn. Heel eenvoudig.

De schrijver waarschuwt dat de meeste tuiniers geen warme compost hebben. De meeste tuiniers laten ook essentiële ingrediënten uit hun compost, dankzij de angstzaaijrij van slecht geïnformeerde mensen. Die ingrediënten zijn menselijke poep en urine, waarmee de compost zeer waarschijnlijk wel zal opwarmen.

Zoals we gezien hebben, is het niet alleen de temperatuur van de compost die ziekteverwekkers vernietigt, het is ook de retentietijd. Compost met toiletmateriaal vereist ongeveer een jaar onge-

stoorde verblijftijd (geven of nemen) nadat de hoop gereed is gekomen. Als er een thermofiele fase aan dit proces wordt toegevoegd, zou ik iedereen uitdagen om een effectiever, milieuvriendelijker, eenvoudiger en goedkoper systeem te bedenken voor de eliminatie van pathogenen, ervan uitgaande dat die pathogenen er überhaupt zijn.

Ten slotte waarschuwt de schrijver voor 'de onvermijdelijke directe blootstelling bij het dragen, legen en spoelen van emmers'. Het afvegen van je kont na het poepen veroorzaakt meer 'directe blootstelling' dan het legen van de emmerinhoud, maar ik zou mensen niet willen ontmoedigen het te doen. Het is vrij eenvoudig om je handen te wassen na het poepen en na het verzorgen van de compost.

Andere experts zetten hun geld wel in op het composteren van menselijke mest. Een boek over droogtoiletten noemt het composttoiletsysteem.<sup>7</sup> Hoewel de opmerkingen helemaal niet cynisch maar informatief bedoeld zijn, sluipt er toch enigszins verkeerde informatie in. Een suggestie is bijvoorbeeld om 'rubberen handschoenen en misschien een transparant gezichtsmasker te gebruiken, zodat er niets op je spat' wanneer je een vergaarbak op een composthoop leegt. Ja, dat advies moet worden opgevolgd bij het maken van compost van toiletmateriaal dat is verzameld bij een populatie met gezondheidsproblemen, zoals in gebieden met endemische darmparasieten. Maar jij? Hoe komt het dat wat net uit je eigen lichaam is voortgekomen, als zo volkomen giftig kan worden beschouwd? Is iemand niet in staat een bak in een composthoop te legen zonder de inhoud over zijn hele gezicht te spatten? Er was meer overdrijving en verkeerde informatie in het boek te vinden over temperatuurniveaus en compostbaktechnieken. Een waarschuwing om 'afgewerkte compost in een ondiep gat of greppel rond de wortels van niet-eetbare planten te begraven', kan van toepassing zijn op de inhoud van een droogtoilet, maar niet op compost. De auteurs raadden aan om compost van ontlasting opnieuw te composteren in een composthoop zonder ontlasting, of in de magnetron te doen voor pasteurisatie, beide belachelijke suggesties.

Het composteren van de menselijke ontlasting is zo radicaal en revolutionair dat mensen die hun hele leven hebben geprobeerd zich van de substantie te ontdoen, geen grip kunnen krijgen op het idee dat het ook kan worden gerecycled. Ironisch genoeg, wordt een eenvoudig composttoilet van een arts en zijn gezin, uitgelicht en geïllustreerd in het bovengenoemde boek. De arts zegt: 'Er is geen stank. We hebben nog nooit klachten van de burens gehad.' Hun composttoiletsysteem wordt ook getoond op internet, waar een korte beschrijving het samenvat: 'Dit eenvoudige composterende toiletsysteem is zowel qua constructie als qua bediening goedkoop en, mits goed onderhouden, esthetisch en hygiënisch. Het is een perfecte aanvulling op biologisch tuinieren. In veel opzichten presteert het beter dan gecompliceerde systemen die honderd keer zoveel kosten.' Vaak kan kennis die is afkomstig is uit de praktijk, lijnrecht staan tegenover de speculaties van 'experts'.

Hoe zit het met de medische inspectie? Gezondheidsautoriteiten kunnen worden misleid door verkeerde informatie, zoals vermeld in de voorgaande hoofdstukken. Volgens mijn ervaring weten gezondheidsautoriteiten over het algemeen weinig tot niets van compostering. De gezondheidsautoriteiten die contact met mij hebben opgenomen, zijn zeer geïnteresseerd in het verkrijgen van meer informatie en lijken erg open te staan voor het idee van een natuurlijk, goedkoop, effectief recyclingsysteem voor menselijke ontlasting. Ze weten dat rioolwater een serieuze vervuiler is en ernstige milieuprobleem met zich mee kan brengen. Ze lijken verrast en onder de indruk te zijn

dat dergelijk afvalwater helemaal kan worden vermeden. De meeste intelligente mensen zijn bereid en in staat om hun bewustzijn te verruimen en hun houding aan te passen wanneer nieuwe informatie hen bereikt. Daarom, als je een composttoilet gebruikt en een probleem hebt met een instantie, schenken wij gratis een exemplaar van Het Humanure Handboek, vierde editie, aan een vergunningverlenende instantie of gezondheidsautoriteit, zonder vragen te stellen, op ieders verzoek. Stuur gewoon een naam en adres naar de uitgever aan de voorkant van dit boek.

Goed geïnformeerde inspecteurs en milieuautoriteiten zijn zich ervan bewust dat ‘menselijk afval’ een milieudilemma vormt dat niet zal verdwijnen. Het probleem wordt daarentegen alleen maar erger. Er wordt teveel water vervuild door rioolwater en septische lozingen, en er moet een constructief alternatief zijn. Wanneer gezondheidsautoriteiten leren wat composteren is, realiseren ze zich dat er waarschijnlijk geen betere oplossing is voor het probleem van menselijk afval. Misschien is dit de reden waarom ik een brief ontving van het US Department of Health and Human Services waarin ze een eerdere editie van dit boek prezen en meer wilden weten over het composteren van humanure. De Amerikaanse Environmental Protection Agency schreef me, prees het boek en bestelde verschillende exemplaren. Het Pennsylvania Department of Environmental Protection nomineerde het boek voor een milieuprijs en de US Composting Council reikte de auteur een nationale onderscheiding voor basiseducatie uit. Fecafoben denken misschien dat het composteren van menselijke ontlasting gevaarlijk en vies is. Ik wacht geduldig af tot ze een betere oplossing hebben gevonden voor het probleem van ‘menselijk afval’, maar ik ga mijn adem er niet bij inhouden.

## Wetgeving

Het composteren van humanure kan toch niet legaal zijn? Nou ja, eigenlijk wel, afhankelijk van je situatie, en ik zal je vertellen waarom. Afvalverwijdering is gereguleerd, en dat moet ook. Afval weggooien is potentieel zeer gevaarlijk voor het milieu. Het afvoeren en recyclen van afvalwater is ook gereguleerd, en ook dat moet. Rioolwater omvat, zoals we al weten, een groot aantal gevaarlijke stoffen die in een watergedragen afvalstroom terechtkomen. Het proces van het composteren van humanure is noch het verwijderen van afval, noch het produceren van afvalwater, het is het recyclen van organisch materiaal, ofwel composteren. Zowel composteren in de achtertuin als composteren op de boerderij zijn over het algemeen vrijgesteld van voorschriften, tenzij de compost wordt verkocht of verplaatst van het terrein waarop het is gemaakt. En ook als het composteren op grote schaal gebeurt. De afvalwaterzuiveringsbedrijven hebben niets te maken met composteren. Compostering is geen afvalwaterzuiveringssysteem en is niet onderworpen aan de voorschriften die op dergelijke systemen van toepassing zijn.

Droogtoiletten die het organisch materiaal erin uitdrogen en afbreken en septage produceren, zijn in veel staten gereguleerd. Een normaal droogtoilet breekt organisch materiaal niet af, het verzamelt het alleen. Als de compostering plaatsvindt op privéterrein en de compost wordt niet verkocht, is dit hoogstwaarschijnlijk niet gereguleerd. Als iemand je vertelt dat het illegaal is om menselijke uitwerpselen op je eigen grond te composteren, vraag hem dan om de verordening voor te leggen, zodat je het zelf kunt zien. Die bestaat waarschijnlijk niet.

Op een bepaald moment was ik als eiser verwickeld in een groepszaak tegen de plaatselijke gemeente. De gemeente had in strijd met de bestemmingsplannen een bouwvergunning afgegeven aan vervuilende industrie. Onze rechtszaak stond herhaaldelijk op de voorpagina van de provinciale krant en de zaken werden er op een gegeven moment niet vriendelijker op. Sommige eisers ontvingen zelfs doodsb bedreigingen. Een onwetende buurman meldde anoniem aan het *US Department of Environmental Protection* (DEP) dat ik giftig afval op mijn erf gooide. De DEP stuurde een rechercheur in burger in een anonieme auto om het uit te zoeken. Hij deed het onderzoek zonder mijn medeweten en liep toen mijn kantoor binnen met het rapport in zijn hand. Nadat hij zichzelf had voorgesteld, zei hij dat hij geen bewijs van enig giftig afval had gevonden en dat hij de klacht als ongegrond zou verklaren.

Een paar jaar later regelde ik een ontmoeting met de Pennsylvania DEP in de hoofdstad Harrisburg. Ik hield voor hen een Power Point-presentatie over het composteren van menselijke ontlasting en legde uit dat ik een vergunning wilde om menselijke ontlasting van grotere groepen te verzamelen en te composteren, zoals muziekpodia, milieucentra, enzovoort. Ik wilde zowel ervaring opdoen als gegevens verzamelen. Daarnaast bezit ik vele hectares ongerept, onontgonnen land, en de compost zou daar goed kunnen worden gebruikt bij het ontginnen, als ik het op mijn eigen terrein composteerde. De DEP toonde begrip en verleende medewerking. Een paar dagen later mailden ze me de vergunningsaanvraag. Het document was ongeveer 100 pagina's lang en het zou een maand kosten om het te verwerken, een periode die op dat moment voor mij niet beschikbaar was. Een milieutechnicus vroeg \$ 35.000 om de aanvraag voor mij te verwerken. Het project kwam tot stilstand.

Toen kreeg ik op een avond een telefoontje van Patricia Arquette, een Hollywood-actrice, met de vraag of ik naar Haïti wilde gaan om de mensen die na de aardbeving in tentenkampen woonden te leren hoe ze composttoiletten moesten opzetten. En dat deed ik. Dat was in 2010. Sindsdien heb ik met de hulp van Patricia's groep, GiveLove.org, en in het bijzonder Alisa Keesey, de programmadirecteur, en Samuel Souza, de compostinstructeur, gegevens kunnen verzamelen over compostering op grotere schaal buiten de Amerikaanse regelgeving om.

Toen ik een paar jaar geleden de conferentie van de US Composting Council in Austin, Texas bijwoonde, terwijl ik in de zaal zat te wachten op de belangrijkste spreker, raakte ik in gesprek met de dame die naast me zat. Ze was een official van de gezondheidsafdeling in een staat die ik me niet kan herinneren, Missouri, denk ik. Ik vertelde haar dat ik bezig was met humanure. 'Daar heb ik van gehoord,' zei ze. 'Oh ja, hoe?' 'We kregen een klacht dat iemand humanure composteerde in zijn achtertuin in de stad. We gingen op onderzoek uit en de huiseigenaren gaven toe dat ze in feite humanure aan het composteren waren. Ze zeiden dat ze ermee zouden stoppen. Dus zijn we vertrokken.' Ik keek haar recht in de ogen en vroeg: 'Is wat ze deden illegaal?' Ze keek me recht in de ogen en zei: 'Nee.' Blijkbaar dachten de huiseigenaren dat het illegaal was, maar niemand vertelde hen anders.

Mensen in de VS gaan ervan uit dat je niet alles wat je wilt, op je eigen terrein kunt composteren. Maar dat kan wel, zolang je maar geen overlast veroorzaakt of iemand iets legitiems geeft om over te klagen, zoals geuren, ratten of vloeistof uit je hoop die op iemands eigendom lekt. Zaken die allemaal gemakkelijk kunnen worden vermeden.

Een ander voorbeeld betrof een man die het afgelopen jaar contact met me op had genomen over zijn composttoilet in een woonwagen. Op het terrein gold een verbod op 'composteren en waterloze toiletten'. Ze vertelden hem dat naar hun mening, 'u uw rioolwater door middel van een emmer rechtstreeks op het grondoppervlak loost'. Hier waren vier problemen aan de orde die de man tegen zich had: het stigma en de reputatie van het 'emmertoilet', het totale gebrek aan kennis van de gezondheidsautoriteit over composteren, het feit dat hij op een terrein stond waar hij de eigenaar niet van was, en het onvermogen om correct te communiceren over zijn composttoiletsysteem. Hij omschreef zijn toilet bijvoorbeeld niet als een composttoilet, en noemde de composttoiletvergaarbakken ten onrechte 'emmers', waarmee hij de vloek van het emmertoilet over zich afriep. Zijn enige oplossing was om zijn wagen naar elders te verplaatsen.

In Maine is het kennelijk illegaal om etensresten in een afvoer van een commercieel droogtoilet te gooien, ook al gaan de etensresten en toiletmaterialen naar dezelfde plaats in de afbraaktank. Zo'n regeling heeft geen enkele zin. In Massachusetts moet afgewerkte compost van droogtoiletten worden begraven onder vijftien centimeter aarde, of worden weggehaald en afgevoerd door een septagevervoerder. Dit komt omdat de meeste droogtoiletten geen compost maken, een onderwerp dat we eerder al besproken hebben.

Als je je zorgen maakt over lokale wetten, speur dan even op internet of ga naar de bibliotheek en kijk wat je daar kunt vinden over regelgeving met betrekking tot compost. Of informeer bij je provinciehoofdstad of overheidsinstantie, aangezien statuten, verordeningen en voorschriften van plaats tot plaats verschillen. Als je de menselijke ontlasting niet wilt weggooien, maar het in plaats daarvan wilt composteren, moet je misschien opkomen voor je rechten.

Een lezer belde vanuit een kleine staat in New England om me zijn verhaal te vertellen. De man had een composttoilet in huis, maar de lokale autoriteiten besloten dat hij alleen gebruik mocht maken van een 'goedgekeurd' waterloos toilet, in dit geval daarom een verbrandingstoilet. De man wilde geen verbrandingstoilet omdat het composttoilet goed werkte, en hij vond het leuk om compost te maken en te gebruiken. Dus deed hij zijn beklag bij de autoriteiten, woonde vergaderingen van de gemeenteraad bij en veroorzaakte de nodige beroering. Het mocht niet baten.

Na maanden van strijd tegen de gemeenteraad gaf hij het op en kocht hij een heel duur en 'goedgekeurd' verbrandingstoilet. Toen het bij zijn huis werd afgeleverd, liet hij het door de bezorgers in een opslagruimte zetten - en daar bleef het, in de verpakking, ongeopend. De man bleef daarna jarenlang zijn composttoilet gebruiken. De autoriteiten wisten dat hij het 'goedgekeurde' toilet had gekocht en lieten hem daarna met rust. Hij heeft het nooit gebruikt, maar dat kon de autoriteiten niet schelen. Hij kocht dat verdomde ding, had het in zijn huis, en dat is wat ze wilden. De lokale bevolking was duidelijk geen familie van Albert Einstein.

Een ander interessant verhaal komt van een man in Tennessee. Het leek erop dat hij een huis had gekocht met een nogal rudimentair rioolsysteem: het toilet loosde direct op de beek achter het huis. De man was slim genoeg om te weten dat dat niet zo netjes was, dus installeerde hij een composttoilet. Een onvriendelijke buurman ging er echter vanuit dat hij nog steeds gebruik maakte van het directe lozingsysteem, en gaf hem aan bij de autoriteiten. In zijn eigen woorden:

*'Ons primitieve toiletgebouw maakt gebruik van een roterende zaagselvergaarbak van 20 liter die in een 'troon' is geplaatst. Ons systeem is eenvoudig en grotendeels gebaseerd op uw boek.*

*We transporteren de poep naar een composthoop waar we de boel mengen met stro en ander organisch materiaal. De vorige gebruiker van het toiletgebouw had er, voordat we de boerderij kochten, een doorspoeltoilet in staan dat al het rioolwater rechtstreeks naar de kreek voerde. Een slecht geïnformeerde buurman deed zijn beklag bij de staat, ervan uitgaande dat we nog hetzelfde systeem gebruikten. De autoriteiten bezochten ons vervolgens meerdere keren. We werden gedwongen om een \$100 kostende aanvraag in te dienen voor een septisch systeem, maar de experts waren het erover eens dat onze heuvelachtige, rotsachtige locatie niet geschikt is voor zo'n traditioneel systeem. Zelfs als we dat al zouden willen. Ze maakten zich zorgen over ons grijs water en over ons composteertoilet. Mijn beperkte kennis van de wet is dat de staat verschillende alternatieve systemen goedkeurt die erg gecompliceerd en minstens net zo duur zijn als een traditioneel septisch systeem. Het eenvoudige composttoilet is daar niet bij inbegrepen en de staat lijkt niet te willen dat een burger zijn eigen poep daadwerkelijk van de verzamellocatie naar een andere ontbindingslocatie transporteert. De bureaucraten keurden voorlopig een experimenteel systeem goed waarbij ons rioolwater een door mensen gemaakt watermoerasachtig ding wordt gevoerd en ze kwamen overeen om ons te helpen bij het ontwerpen en implementeren van dat systeem. We kunnen het ons momenteel niet veroorloven om dat zelf te doen. We blijven ons composteersysteem gebruiken.*

*De ambtenaren lijken ons met rust te willen laten zolang onze burens niet meer klagen. Dat is een samenvatting van onze situatie hier in Tennessee. Ik heb de meeste staatswetten over dit onderwerp gelezen welke, zoals de meeste juridische teksten, vrijwel onleesbaar zijn. Voor zover ik kan nagaan, is ons systeem niet expliciet verboden, maar het is niet opgenomen in de lijst met 'goedgekeurde' alternatieve systemen. Die variëren van hightech, in de fabriek geproduceerde compostering met een laag volume tot de ouderwetse latrine. Ik wil al een tijdje een artikel schrijven over onze ervaring en jouw boek. Helaas heeft mijn middelbare school-Engels mijn freelance-schrijven ernstig vertraagd.'*

In Pennsylvania hebben de autoriteiten wetgeving uitgevaardigd 'die de ontwikkeling van het terugwinnen van hulpbronnen aanmoedigt als middel om niet vloeibaar afval te beheren, hulpbronnen te sparen en energie te leveren'. Onder dergelijke wetgeving wordt de term 'verwijdering' gedefinieerd als 'het verbranden, dumpen, morsen, lekken of storten van vast afval in of op het land of in water op een manier dat het afval of een bestanddeel van het afval in het milieu terecht komt, wordt uitgestoten in de lucht of wordt geloosd in de wateren van de Commonwealth.'<sup>9</sup> Verdere wetgeving is uitgevaardigd in Pennsylvania waarin staat dat 'afvalvermindering en recycling de voorkeur hebben boven de verwerking of verwijdering van stedelijk afval', en stelt verder dat 'vervuiling de vervuiling is van lucht, water, land of andere natuurlijke hulpbronnen van dit Gemeenebest die openbare overlast veroorzaken of waarschijnlijk zullen veroorzaken, of de lucht, het water, het land of andere natuurlijke hulpbronnen schadelijk, nadelig of schadelijk voor de volksgezondheid, veiligheid of welzijn zullen maken. . .'<sup>10</sup> Gezien het feit dat bij het composteren van menselijke ontlasting een hulpbron wordt teruggewonnen, er geen afval moet worden verwijderd en er geen duidelijke milieuvervuiling ontstaat, is het onwaarschijnlijk dat iemand die zich gewetensvol met een dergelijke activiteit bezighoudt, door iemand onnodig wordt gestoord. Wees niet verbaasd als de meeste mensen een dergelijke activiteit lovenswaardig vinden, want dat is het in feite ook.



Als er in jouw omgeving geen voorschriften zijn voor achtertuincompostering, zorg er dan voor dat je bij het maken van je compost goed werk verricht. Het is niet moeilijk om het goed te doen. Het meest waarschijnlijke probleem dat je zou kunnen hebben is een geurprobleem, en dat zou simpelweg te wijten zijn aan het niet voldoende bedekken van je ontlasting met schoon 'organisch filtermateriaal'. Zolang je het bedekt houdt, geeft het geen onaangename geuren af. Zo eenvoudig is het. Poep stinkt, dus als mens wordt je van nature gedwongen het met iets te bedekken. Dat is logisch als je bedenkt dat thermofiele bacteriën al in de ontlasting zitten te wachten tot ze in een compostbak worden gedeponerd, waarna ze aan het werk kunnen. Soms is de eenvoud in de natuur heel diepgaand.

Hoe zit het met vliegen, kunnen die overlast of gevaar voor de gezondheid veroorzaken? Ik heb er in mijn compost nog nooit last van gehad. Maar ik heb dan ook altijd een schoon afdekmateriaal over de composthoop gehad.

F.H. King reisde begin 1900 door China, Korea en Japan, in de tijd dat organisch materiaal, vooral menselijke mest, de enige bron van bodembemesting was. Met betrekking tot vliegen verklaarde hij: 'Een feit dat we niet volledig begrijpen, is dat, waar we ook gingen, er maar heel weinig vliegen waren. We hebben nog nooit een zomer gehad met zo weinig ergernis als in China, Korea en Japan. Als het nauwgezet omgaan met organisch afval, dat in deze landen zo algemeen is, de vliegenoverlast en de bedreiging voor de volksgezondheid vermindert in de mate die onze ervaring suggereert, heeft men hier een grote winst gehaald.' Hij voegde eraan toe: 'We hebben het zeer kleine aantal vliegen dat we tijdens onze reis overal hebben waargenomen telkens geprezen, maar de betekenis ervan wisten we pas tegen het einde van ons verblijf. Inderdaad, om de een of andere reden waren er op onze terugreis naar Amerika tijdens de eerste twee dagen op het stoomschip vanuit Yokohama, meer vliegen dan ooit tevoren op onze reis.'<sup>11</sup>

Als een heel land, net zo groot als de Verenigde Staten, met op dat moment twee keer zoveel inwoners, zijn organisch afval kon recyclen zonder de hulp van elektriciteit of auto's en zonder vliegenoverlast, dan zouden wij vandaag de dag in de westerse wereld een veel groter deel van ons eigen organisch materiaal met vergelijkbaar succes kunnen recyclen.

## Zindelijkheidstraining

Amerikanen hebben last van een gestagneerde ontwikkeling als het gaat om menselijke uitwerpselen. Wat we in ons lichaam stoppen, vieren we als culinaire kunst en een wetenschap. Ironisch genoeg wordt wat eruit komt, genegeerd en vermeden. We klampen ons vast aan de negentiende-eeuwse gewoonte dat onze ontlasting een afvalstof is vol ziekteverwekkende organismen. Onze collectieve mentaliteit met betrekking tot uitwerpselen, is tegelijkertijd kinderachtig. We kunnen er niet over praten zonder te lachen, net zoals dertienjarigen doen, zelfs niet op radio en tv.

Mensen die proberen de wetenschap vooruit te helpen en vooral de praktische toepassingen van het recyclen van humanure, krijgen in de meeste spoeltoiletculturen te maken met tegenwerking van regelgevers. Toch zijn juist wij in de ontwikkelde wereld degenen die de opleiding en de middelen hebben om onderzoek te kunnen doen op het gebied van het composteren van humanure en dit verder te ontwikkelen. Composteren heeft niet alleen een positieve invloed op de ecosystemen

op deze wereld, maar het is ook bewezen duurzaam. Over honderden of misschien wel duizenden jaren, wanneer de westerse cultuur een verre en vervaagde herinnering in het collectieve bewustzijn van de mensheid is geworden, zullen de degenen die hebben geleerd hoe ze op de lange termijn op deze planeet kunnen overleven, mensen zijn die hebben geleerd hoe in harmonie te leven. Dat vereist veel meer dan intelligentie en technologie. Het vereist begrip van wat ons plekje is binnen het uitgebreide levensweb. Wat wellicht nodig is, is een gevoel van nederigheid en een hernieuwd respect voor eenvoud.

Echte vooruitgang vereist een evenwichtige ontwikkeling van het menselijk intellect en fysieke en spirituele ontwikkeling. We moeten wat we aan intellectuele kennis hebben, in verband brengen met de fysieke effecten van ons gedrag, en onszelf gaan zien als kleine, onderling afhankelijke, onderling verbonden levensvormen die in verhouding staan tot een groter geheel.

Misschien maken we pas echt vorderingen als we gezond, vreedzaam en duurzaam kunnen functioneren zonder hulpbronnen te verspillen en zonder vervuiling te veroorzaken. Dat is geen kwestie van technologie, het is vooral een kwestie van zelfbeheersing. Iets dat veel moeilijker is, maar zeker de moeite waard.



## Veel gestelde vragen

### **Moet een composttoilet binnen of buiten staan?**

Binnen. Dat is veel comfortabeler bij koud en nat weer. De inhoud van een buitentoilet zal in de winter bevriezen en zal zeer moeilijk te legen zijn in de compostbak. Houd te allen tijde een schone laag zaagsel over de inhoud in het toilet en je zult geen geur binnen krijgen.

### **Kan de composttoiletbak lange tijd worden achtergelaten zonder te legen?**

Het toiletreservoir kan maanden blijven staan zonder te legen. Leg gewoon een schone laag zaagsel of ander afdekmateriaal over de inhoud.

### **Zal het toiletmateriaal in de toiletbak composteren?**

Nee. Het begint niet te composteren in de toiletbak. Het begint pas te composteren als je het op je composthoop legt.

### **Hoe vol moet de opvangbak van het composttoilet zijn voordat deze gelegeerd wordt?**

Je weet dat het tijd is om het toilet te legen als je moet gaan staan om te kunnen poepen.

### **Waarom stinkt het toilet niet?**

De juiste hoeveelheid van het juiste afdekmateriaal zorgt voor een geurvrij systeem. Daarom kan een humanure toilet bijna overal worden gebruikt, zoals in een kantoor of slaapkamer. Als je de inhoud van het toilet niet afdekt, gaat het stinken.

### **Zal mijn compostbak buiten gaan stinken en klachten veroorzaken?**

Absoluut. Als je geen laag afdekmateriaal op de actieve compostbak legt, zal het als gaan stinken als de hel. Je burens zullen je met pek en veren insmeren, en terecht. Als je stank opmerkt die uit je hoop komt, voeg dan afdekmateriaal toe totdat het stopt.

### **Waarom zal de composthoop geen verontreinigende stoffen uitspoelen?**

Begin je stapel op een hol oppervlak met een biologische spons onderin om percolaat tijdens de vroege stadia van de composthoop te voorkomen. Een warme composthoop hunkert naar vochtige vloeistoffen die er niet uit lekken, tenzij er moesson is.

### **Moet een composthoop van de aarde worden gescheiden met een waterdichte barrière om uitspoeling te voorkomen?**

Nee. De aarde/compost-interface is belangrijk. In sommige gevallen echter, wanneer compost wordt gemaakt op een ondoordringbare barrière onder natte omstandigheden, moet het percolaat worden opgevangen in een bak gevuld met afdekmateriaal en vervolgens weer worden toegevoegd aan de composthoop.

### **Wat voor soort afdichting moet ik gebruiken rond het deksel van de toiletbril?**

Je hebt geen afdichting rond het deksel van de toiletbril nodig. De afdichting wordt gecreëerd door het organische materiaal dat de humanure bedekt.

### **Kan ik houtsnippers gebruiken in mijn compost? Wat nog meer?**

Gebruik geen houtsnippers of houtkrullen. Spaanders zijn slecht, schaafsel zal composteren, maar dat duurt lang en het vormt geen goede compost. Ze zijn waardeloos in een toilet omdat er veel van nodig is om geur te blokkeren. Dit heeft tot gevolg dat het de koolstof/stikstofverhouding uit balans raakt en je compost niet warm wordt. Gebruik een fijner materiaal in je toilet. Gebruik hooi, stro, onkruid, bladeren en gemaaid gras op je composthoop. Geen houtsnippers.

### **Als ik de inhoud van meerdere opvangbakken tegelijk leegmaak, moet ik ze dan afzonderlijk afdekken met een grote hoeveelheid afdekmateriaal om lucht in de composthoop toe te laten?**

Nee. Er zit al lucht in het zaagsel. Als je meerdere bakken tegelijk leegt, doe dat dan gewoon in een holte bovenaan, in het midden van de hoop, en dek het af. Een fout die mensen maken, is denken dat ze een gelaagde stapel moeten maken voor beluchtingsdoeleinden. Als je te veel afdekmateriaal op de stapel legt, kan het zelfs te droog worden en helemaal niet opwarmen. Hoewel er zuurstof in de stapel moet zitten, moet er ook veel vocht aanwezig zijn.

### **Hoe zit het met wintercompostering? Kan ik iets toevoegen aan een besneeuwde composthoop?**

Je kunt compostmateriaal op de sneeuw deponeren. Het grootste probleem in de winter is het bevriezen van het afdekmateriaal. Dus je moet je bladeren, zaagsel, hooi of wat je ook gebruikt bedekken, zodat het droog blijft en niet bevriest. Over een berg zaagsel buiten kun je een dekzeil gooien en dat dan afdekken met een dikke laag van bijvoorbeeld stro. Of je kunt zaagsel naar binnen brengen in een kliko (plastic vuilnisbak) ook in de winter. Dat werkt best goed.

### **Kan ik mijn organisch materiaal gewoon bovenop de hoop gooien?**

Nee! Doe organisch materiaal IN een composthoop, nooit OP een composthoop. De enige uitzondering is het afdek materiaal. Schuif het afdek materiaal opzij, maak een holte in het midden bovenaan in de compost en voeg daar je verse materiaal toe. Hark de bestaande compost er weer overheen en dek af met het afdek materiaal.

### **Moet een compostbak een open zijde hebben? Moet in een stedelijke omgeving een bak niet worden ingesloten?**

Je hebt geen open zijdes nodig. Iemand schreef vanuit Manhattan dat hij humanure-toiletten had geïnstalleerd bij een woongroep. Hij maakte een vierzijdige bak (één kant verwijderbaar) met een zware afscherming bovenop om alles buiten te houden dat binnen zou willen proberen te komen (zoals ratten, stinkdieren, slangen, of politici). Dat leek me een goed idee voor een stedelijke omgeving (een bodemafscherming kan ook nuttig zijn). Omhul je bakken met kippengaas als dieren een probleem vormen.

### **Waar bewaar jij je zaagsel?**

Ik kan niet zo goed beslissen waar ik het moet bewaren. Ik heb veel buitenruimte, dus heb ik een kiepwagen die me om de paar jaar een lading zaagsel brengt en dat bij mijn compostbakken stort. Als ik die optie niet had, zou ik misschien proberen turf te gebruiken, dat handig is verpakt en binnenshuis kan worden bewaard, of zaagsel binnenshuis opslaan in voederzakken of rolcontainers, of een compostbak met drie compartimenten gebruiken met het zaagsel in het midden.

### **Hoe weet ik dat de randen van de composthoop warm genoeg worden om alle ziekteverwekkers te doden?**

Je kunt er nooit honderd procent zeker van zijn dat elk klein deeltje van je compost aan bepaalde temperaturen is blootgesteld, wat je ook doet. Laat het bij twijfel nog een jaar rijpen, laat het testen in een laboratorium of gebruik de compost op niet-voedingsgewassen.

### **Kan ik mijn compostbak onder mijn huis bouwen en er rechtstreeks in poepen?**

Ja, maar ik heb dit nog nooit geprobeerd en kan daar persoonlijk niet voor instaan. Het kan zijn dat je geurproblemen krijgt.

### **Hoe zit het met vlees en zuivelproducten in compost?**

Dat zal composteren. Begraaf het in het midden bovenaan in de hoop en houd het allemaal bedekt met schoon organisch materiaal.

## **Hoe zit het met bouwvoorschriften, septische vergunningen en andere overheidsvoorschriften?**

Sommige composteerders zijn geneigd te geloven dat bureaucraten van de overheid tegen composttoiletten zijn. Dat is meer paranoia dan waarheid. Alternatieve oplossingen worden aantrekkelijker naarmate de rioleringsproblematiek groter wordt. Overheidsinstanties zoeken naar alternatieve oplossingen die werken en zijn bereid nieuwe dingen uit te proberen. Hun zorgen zijn legitiem en de regering verandert langzaam. Als je samenwerkt met je gemeente, kun je uiteindelijk beiden tevreden zijn.

## **Hoe zit het met vliegen en ratten in de compost?**

Vliegen zullen geen probleem zijn als de compost voldoende bedekt is. Als je last van ratten hebt, moet je misschien je compostbak in gaas wikkelen als je er niet vanaf kan komen. De oplossing voor overlast door ratten in Haïti waren katten.

## **Kan ik zacht houtzaagsel gebruiken in mijn compost?**

Ja. Zorg ervoor dat het niet van onder druk behandeld hout is. Het zaagsel mag vochtig zijn maar niet nat. Als je cederhout, hardhout of ander rotbestendig zaagsel gebruikt, zorg er dan voor dat het eerst goed verrot (verouderd) is.

## **Hoe zit het met het gebruik van bielzen om compostbakken van te maken?**

De creosoot die daar in zit is niet goed voor je compost, dus bielzen worden niet aanbevolen.

## **Hoe zit het met het gebruik van hondenpoep in compost?**

Hondenpoep zal composteren, net als poep van katten. Je kunt ook hele dode honden en katten composteren. Als je het lastig vindt, gebruik dan een aparte bak voor hondenpoep en kattenbakvulling.

## **Hoe zit het met koffiefilters en barbecue-as?**

Gooi koffiefilters in je compost. Ook gemalen koffie en zelfs oude koffie. Theezakjes ook. Barbecue-as? Dat zou je eventueel samen met houtas in je bloembedden kunnen gooien.

## **Als ik op dit moment geen humanure in mijn compost wil gaan gebruiken, kan ik dat dan op korte termijn wel gaan doen in geval van een plaatselijke calamiteit?**

In het geval van een ernstige locale calamiteit, ja, je kan meteen beginnen met het composteren van humanure, als je maar een bron van schoon afdekmateriaal (zaagsel, bladeren, enz.) en een compostbak hebt. Composthopen werken veel beter als je ze mest en urine en andere stikstof-

bronnen zoals gemaaid gras en groen geeft. Je zou kunnen merken dat humanure en urine je compost aanzienlijk verbeteren.

### **Wat is de warmste temperatuur die je hebt geregistreerd in je compost? Kan het ook te warm worden?**

Ongeveer 65°C. Ja, het kan te warm worden, een koelere hoop over een langere periode is ideaal. De kans is groter dat je compost niet warm genoeg wordt. Dit komt vaak door ofwel een te droge hoop (zorg ervoor dat je alle urine opvangt en composteert), het gebruik van houtsnippers of schaafsel (gebruik geen houtsnippers of schaafsel, gebruik zaagsel), of het overmatig gebruik van gelaagd afdek materiaal (je hoeft geen afdek materiaal in de stapel te leggen, houd het afdek materiaal bovenop en rond de randen, voldoende om de stapel te infiltreren zonder dat je lagen aanbrengt).

### **Kun je met een groot gezin humane composteren? Is dit niet te arbeidsintensief?**

Voor een gezin van zes tot tien personen zal, afhankelijk van het lichaamsgewicht, dagelijks een bak van twintig liter nodig zijn. Een grotere zorg zal de aanvoer van organisch afdek materiaal zijn, dat ook dagelijks ongeveer een volume van twintig liter bedraagt. Je hebt verschillende compostbakken nodig en plek om ze kwijt te kunnen.

### **Hoe zit het met composteren in een overstromingsgebied? Zou een latrine dan beter werken?**

Composteer niet in een overstromingsgebied. Gebruik geen latrine. Latrines zijn illegaal omdat ze vervuiling veroorzaken.

### **Wat zijn enkele andere ontwerpen voor compostbakken?**

Eén ontwerp bestaat uit twee concentrische gaaskorven met daartussen bladeren en de humanure in het midden. Een andere is een bak die volledig is samengesteld uit stro- of hooibalen. Een ander ontwerp bestaat uit eenvoudige houten pallets die op hun zijkant zijn gezet en aan elkaar zijn vastgemaakt of geschroefd om compostbakken te vormen.

### **Raad je het gebruik van chloorbleekmiddel als ontsmettingsmiddel aan?**

Nee. Dit is een milieuverontreinigende stof. Probeer waterstofperoxide of gewoon water en zeep.





## Hoofdstuk 15

### In een kwaad daglicht

Je mag geen 'shit' zeggen in de VS, althans niet op de tv. Het is onaanvaardbaar om een dergelijk woord op de openbare zenders uit te spreken, omdat het volgens het Amerikaanse Hooggerechts-hof als 'onfatsoenlijk' wordt beschouwd, wat betekent dat het "seksuele of uitscheidingsorganen of activiteiten uitbeeldt." Zogenaamde 'onfatsoenlijke' inhoud is verboden in televisie- en radio-uitzendingen in de Verenigde Staten tussen 6.00 uur en 22.00 uur. Als de Federal Communications Commission vaststelt dat een tv- of radiostation deze regels overtreedt, heeft het de bevoegdheid om de uitzendvergunning in te trekken of een boete op te leggen.

Grappig, 'shit' kun je niet kunt zeggen, maar je kunt wel uitwerpselen, drol, poep, fecaal materiaal, ontlasting, stront, uitscheiding en mest zeggen, woorden die allemaal precies hetzelfde betekenen. Mest is het onvermijdelijke bijproduct van het spijsverteringssysteem van elk dier. Alles wat we eten, verandert in shit. Als de drollen niet meer komen, is dat omdat we dood zijn. Benjamin Franklin zei ooit: "In deze wereld is niets zeker behalve de dood en belastingen." Hij vergat poep te noemen.

Humanure wordt in een kwaad daglicht geplaatst. Je kunt geen shit zeggen op de Amerikaanse radio of tv, maar je kunt wel 'moord' zeggen. Je kunt 'verkrachting' zeggen. Je kunt praten over iemands hoofd afhakken en een koevoet in zijn nek 'leggen'. Je kunt praten over het vermoorden van iemand en het grillen van haar vlees op de barbecue. Niets hiervan is 'onfatsoenlijk'. Niets is zo verwerpelijk als 'shit'. Je kunt dag in dag uit op tv zien hoe mensen vermoord worden. Werkelijk, je kunt in je woonkamer gaan staan en met je hand op je hart met een vlag zwaaien terwijl een supermacht een klein land terug naar het stenen tijdperk bombardeert, live uitgezonden op tv voor ieders plezier, terwijl honderdduizenden echte mannen, vrouwen en kinderen in realtime worden afgeslacht. Daar is niets onfatsoenlijk aan. Het gebeurt regelmatig, compleet met reclamespotjes. Maar, je kunt geen shit zeggen. Shit is slecht.

Ik ben ooit geïnterviewd in de Howard Stern-radioshow. Misschien heb je het fragment gehoord over de 'uitwerpselenboer'. Ik wachtte 's ochtends vroeg op mijn composttoilet voor het telefonisch interview, ervan uitgaande dat ik de eerste persoon zou zijn die live zou worden geïnterviewd terwijl ik op het droogtoilet zat te poepen. Helaas, het mocht niet zo zijn. Nadat ik veel te lang had gewacht, belden ze me en vertelden dat ik uit de show was geschrapd vanwege een binnengekomen travestiet. Vervolgens hebben ze me naar een week later verzet.

Toen ze uiteindelijk belden, zat ik niet op de wc. Ik nam het interview staand af, met hun scheetgeluiden op de achtergrond, onderbroken door een nep-melkveehouder die fel van leer trok omdat ik me bezighield met zo'n walgelijke praktijk als het recyclen van menselijke uitwerpselen. Toen ik er eindelijk een woord tussen kon krijgen, zei ik: "Die zogenaamde melkveehouder van je zit vol met shit!" Het voltallige personeel protesteerde luid. "Dat kun je niet zeggen!" riepen ze uit. Het was een openbare uitzending, dus hebben ze mijn opmerking gecensureerd. Tijdens het live-interview vertelde ik hen ook dat ik op dat moment ongeveer al twintig jaar humanure composteerde en dat ik alle compost had gebruikt voor het verbouwen van voedsel. Dat censureerden ze ook, het was te verwerpelijk voor de tedere oren van de luisteraars. Na het interview gingen ze verder met een leuk, gezondheidsonderdeel over anale geslachtsgemeenschap met dwergen. Geen walgelijke praat meer over het recyclen van drollen. Nu heb ik 'geschrapd uit de Howard Stern-show vanwege een binnengekomen travestiet' en 'twee keer gecensureerd op de Howard Stern-show' aan mijn cv toegevoegd. Niet veel mensen hebben zoiets in hun curriculum vitae staan.

Amerikanen, en misschien mensen in het algemeen, beschouwen menselijke uitwerpselen als 'afval' vol met ziekteverwekkers. In feite is het geen van beide. Humanure is een organische hulpbron die wemelt van de nuttige micro-organismen. Dat is een feit.

De mens is een eigenaardige soort omdat ze opzettelijk en voortdurend afval creëren, alsof het normaal en verwacht is. Maar waar anders in de natuur bestaat afval? Het woord 'humanure' betekent menselijke uitwerpselen die onder gunstige omstandigheden worden gerecycled door het aan microben te voeren. Er is geen sprake van verspilling. Omdat dit idee zo radicaal is in de tegenwoordige wereld, vooral in spoeltoiletculturen, bestond er geen woord voor zo'n organische hulpbron. Ik moest er een verzinnen: humanure.

Verwacht wordt dat de wereld tegen 2050 bewoond zal zijn door tien miljard mensen, en dat er naar verwachting 20.500 biljoen calorieën uit voedsel nodig zullen zijn. Hoe wordt dit voedsel dan geproduceerd? Als we doorgaan met het produceren van voedsel op dezelfde manier als vandaag, zou landbouwgrond tegen 2050, met meer dan 8 miljard hectare moeten zijn uitgebreid. Hiervoor worden mogelijk bossen en savannes vernietigd en omgezet in landbouwgrond. Volgens een rapport van het World Resources Institute uit 2018: "De wereld staat voor een ongekende uitdaging. De opbrengsten van gewassen en weidegronden moeten nog sneller stijgen dan die tussen 1961 en 2010 – de periode die het wijdverbreide gebruik van synthetische mest en wetenschappelijk gekweekte zaden en een verdubbeling van geïrrigeerde arealen omvatte – om volledig te voldoen aan de verwachte voedselvraag en om grootschalige kap van bossen en bosrijke savannes te voorkomen."<sup>1</sup>

Het recyclen van organische materialen voor landbouwdoeleinden is fundamenteel voor duurzame landbouw. Toch zwijgen woordvoerders van duurzame landbouw over het gebruik van menselijke uitwerpselen om compost te maken.

Amerikanen verspillen elk jaar ongeveer vijfhonderd kilo aan humanure, die we in het hele land in riolen en septische systemen gooien. Veel van de afgedankte humanure vindt zijn laatste rustplaats op een stortplaats, samen met het andere vaste afval dat we weggooiden, wat toevallig ook op ongeveer vijfhonderd kilo per persoon per jaar uitkomt. Voor een bevolking van 330 miljoen mensen komt dat neer op ongeveer 330 miljoen ton vast afval dat elk jaar door ons wordt weggegooid. Een groot deel daarvan is waardevol als landbouwgrondstof. In feite is meer dan 60 procent van het vast stedelijk afval organisch en composteerbaar. Maar slechts een klein percentage wordt daadwerkelijk gecomposteerd.

Dit wil niet zeggen dat rioolwater moet worden gebruikt om voedselgewassen te produceren. ‘Rioolwaterlandbouw’, waarbij ongezuiverd rioolwater wordt gebruikt voor irrigatie, wordt in veel landen over de hele wereld toegepast, maar de praktijk wordt helaas gekenmerkt door bodemverontreiniging, giftige organische chemicaliën die de voedselketen binnendringen, stank, pathogene micro-organismen zoals parasieten, bacteriën, schimmels en virussen, geïnfecteerd vee, afvloeiing van percolaat, grondwaterverontreiniging, hardnekkige organische verontreinigingen, gewasbesmetting, oppervlaktewaterverontreiniging, verontreiniging met zware metalen en de aantasting van zowel de volksgezondheid als het milieu.<sup>2</sup>

In de woorden van wetenschappers: “Irrigatie met onbehandeld afvalwater kan een grote bedreiging vormen voor de volksgezondheid (van zowel mensen als vee), voedselveiligheid en milieukwaliteit. Bodems zijn vatbaar voor besmetting met ziekteverwekkers als gevolg van irrigatie met afvalwater. Ongezuiverd afvalwater wordt beschouwd als een belangrijke bron van gezondheidsrisico's voor chronische, gastro-intestinale aandoeningen alsook het uitbreken van meer acute ziekten, waaronder cholera en tyfus. Een primaire blootstellingsroute, voor de stedelijke bevolking in het algemeen, is de consumptie van rauwe groenten die zijn geïrrigeerd met afvalwater.”<sup>3</sup>

Aan de andere kant is humanure, wanneer het uit het riool wordt gehouden, verzameld als grondstof en gecomposteerd, een waardevolle landbouwgrondstof. Wanneer we onze mest combineren met andere organische materialen zoals voedselresten, papierproducten, houtproducten en landbouwrestanten, bereiken we een mengsel dat onweerstaanbaar is voor nuttige micro-organismen. Toch verspillen Amerikanen gemiddeld bijna een halve kilo voedsel per dag en hebben ze elk jaar dertig miljoen hectare landbouwgrond nodig om voedsel te produceren dat eenvoudigweg wordt weggegooid.<sup>4</sup> Slechts een klein percentage van het afgedankte voedsel in de Verenigde Staten wordt gecomposteerd, de rest wordt verbrand of op stortplaatsen begraven.<sup>5</sup>

Is het verstandig om op stortplaatsen te vertrouwen om recyclebare materialen op te ruimen? Stortplaatsen raken vol en er moeten nieuwe worden aangelegd om ze te vervangen. We mogen zelfs van geluk spreken dat stortplaatsen zo snel sluiten, het zijn beruchte vervuilers van water, bodem en lucht. Veel gesloten stortplaatsen staan nu vermeld als gevaarlijk verontreinigde *Superfund-sites*. Een rapport van de staat Florida onthulde dat ‘pluimen’ van grondwaterverontreiniging van oudere, niet afgeschermdde stortplaatsen, langer kunnen zijn dan 5,5 kilometer, en dat 523 openbare watervoorzieningen in Florida zich binnen anderhalve kilometer van deze stortplaatsen bevinden, terwijl 2700 binnen vijf kilometer liggen.<sup>6</sup> Ongetwijfeld bestaan er vergelijkbare situaties in de rest van de Verenigde Staten.

Organisch materiaal dat op stortplaatsen wordt gestort, zorgt ook voor grote hoeveelheden methaan, een belangrijk broeikasgas dat de aarde opwarmt. "Stortplaatsen voor vast stedelijk afval

zijn de op twee na grootste bron van aan mensen gerelateerde methaanemissies in de Verenigde Staten, goed voor ongeveer 14,1 procent van de uitstoot in 2016", volgens de Amerikaanse EPA. Ze voegen eraan toe: "Methaan is een krachtig broeikasgas achtentwintig tot zesendertig keer effectiever dan CO<sub>2</sub> bij het vasthouden van warmte in de atmosfeer gedurende een periode van honderd jaar."<sup>7</sup> Langzaam beginnen we te beseffen dat deze wegwerptrend moet worden omgebo- gen. We kunnen niet doorgaan met het weggooien van bruikbare stoffen op een verkwistende ma- nier door ze te begraven op verborgen, vervuilende en steeds duurere stortplaatsen.

Als we in 1950 alle menselijke uitwerpselen in de wereld hadden weggeschraapt en het op al het akkerland hadden opgestapeld, zouden we op dat moment 85 ton per vierkante kilometer hebben aangebracht (of 850 kilo per hectare). In het jaar 2020 verzamelen we drie keer zoveel, en tegen 2050 vier keer zoveel, omdat de wereldbevolking toeneemt maar de wereldwijde landmassa niet. In feite neemt het mondiale areaal landbouwgrond gestaag af, de wereld verliest, voor landbouw en begrazing, ieder jaar een gebied ter grootte van de staat Kansas.<sup>8</sup> De snelgroeiende wereldbe- volking produceert een toenemende hoeveelheid waardevol organisch materiaal dat zou kunnen worden gebruikt om voedsel te verbouwen, maar in plaats daarvan wordt het als afval van de hand gedaan.

Elke keer dat we een toilet doorspoelen, lanceren we 19 tot 23 liter vervuild water de wereld in.<sup>9</sup> Dat zou hetzelfde zijn als poepen in een waterdispenser van 20 liter op kantoor en het dan weg- gooien voordat iemand het zou kunnen opdrinken. Doe daarna hetzelfde bij het plassen. Iedere dag, keer op keer. Vermenigvuldig dat alleen voor de Verenigde Staten vervolgens met ongeveer 330 miljoen mensen. Zelfs nadat het vervuilde water is behandeld in afvalwaterzuiveringsinstalla- ties, is het nog steeds vervuild met overmatige niveaus van nitraten, chloor, medicijnen, industriële chemicaliën, detergents en andere verontreinigende stoffen. Dit 'behandelde' water wordt di- rect in het milieu geloosd en komt in onze rivieren, meren en kustwateren terecht. Als je niet ziek wilt worden van het water waarin je zwemt, moet je je hoofd niet onderwater houden. Anders ein- dig je misschien net als de zwemmers in Santa Monica Bay. Mensen die daar binnen een straal van 366 meter van een riool zwommen (een lengte van vier voetbalvelden), hadden 66 procent meer kans op het ontwikkelen van een significante luchtwegaandoening binnen negen tot veertien dagen na het zwemmen.<sup>10</sup> Waarom zou je het water niet gewoon chloreren voordat je het afvoert? Het wordt meestal vooraf gechloreerd, maar uit onderzoek is gebleken dat chloor de bacteriële re- sistentie tegen sommige antibiotica lijkt te verhogen.<sup>11</sup>

Composttoiletsystemen worden nu internationaal erkend als 'goede sanitaire voorzieningen' en worden over de hele wereld aantrekkelijker vanwege hun relatief lage kosten in vergelijking met watergedragen afvalsystemen en gecentraliseerde rioleringen. In feite leveren composttoiletsyste- men een dividend op: compost, waardoor een dergelijk sanitairsysteem een nettowinst oplevert, in plaats van een constante financiële afvoer te zijn (geen woordspeling). De obsessie met het doorspoelen van toiletten over de hele wereld, zorgt ervoor dat de problemen van internationale sanitaire voorzieningen onopgelost blijven. Veel gebieden in de wereld kunnen zich geen dure en waterverslindende afvalverwijderingssystemen veroorloven. Water voor toiletten is gewoon niet overal beschikbaar. Het watergebruik in Amerika is tussen 1900 en 1990 met een factor tien toe- genomen, van 151 miljard liter per dag tot 1.548 miljard liter per dag.<sup>12</sup> Het Amerikaanse ministe- rie van Binnenlandse Zaken schat dat elke Amerikaan nu elke dag 300 tot 380 liter water gebruikt voor persoonlijk nut, meestal voor het doorspoelen van toiletten,<sup>13</sup> of 1.135 liter per dag voor een

gemiddelde gezin, volgens de EPA.<sup>14</sup> Dat zijn zes vaten van 190 liter water die elke dag door ieder gezin in de VS worden gebruikt, alleen voor huishoudelijke doeleinden. De hoeveelheid water die Amerikanen in het algemeen nodig hebben, gebruikt in de eindproducten die ieder van ons verbruikt, plus was- en drinkwater, komt neer op maar liefst 5900 liter per persoon per dag.<sup>15</sup> Deze hoeveelheid water komt overeen met dat ieder van ons 313 keer per dag het toilet doorspoelt, ongeveer eens per anderhalve minuut gedurende acht uur achter elkaar.

Door bodemvruchtbaarheid in het toilet te dumpen, vergroten we onze behoefte aan kunstmest. Tegenwoordig is vervuiling door landbouw, veroorzaakt door erosie en afvoer van nutriënten, als gevolg van overmatig of onjuist gebruik van meststoffen, nu de "grootste wijdverspreide bron van waterverontreiniging" in onze rivieren, meren en beken.<sup>16</sup> Chemische meststoffen zorgen voor het snel toevoegen van stikstof, fosfor en kalium aan verarmde bodems. Er wordt echter geschat dat 25 tot 85 procent van de chemische stikstof dat aan de bodem wordt toegevoegd en 15 tot 20 procent van de fosfor en de kalium verloren gaan door uitspoeling en daarmee het grondwater vervuult.<sup>17</sup> Deze vervuiling is zichtbaar in kleine poelen die verstikt zijn door algen als gevolg van de onnatuurlijke toevoer van voedingsstoffen. Van 1950 tot 2018 is het wereldwijde verbruik van kunstmest gestegen van 14 miljoen ton naar 220 miljoen ton.<sup>18</sup> Nitraatverontreiniging door overmatig gebruik van kunstmest is nu een van de ernstigste waterverontreinigingsproblemen in Europa en Noord-Amerika. Nitraatverontreiniging in water kan kanker en zelfs hersenbeschadiging of de dood bij zuigelingen veroorzaken.<sup>19</sup> Al die tijd worden in de VS elk jaar honderden miljoenen tonnen composteerbaar organisch materiaal gegenereerd en op stortplaatsen begraven, verbrand of als afval weggegooid.

Overigens heeft alle dierlijke mest baat bij compostering zoals de boeren tegenwoordig ontdekken. Gecomposteerde mest lekt niet weg zoals ruwe mest wel doet. In plaats daarvan helpt compost voedingsstoffen in bodemsystemen vast te houden. Gecomposteerde mest vermindert ook plantenziekten en schade door insecten en zorgt voor een beter nutriëntenbeheer op boerderijen. In feite levert 2 ton compost meer voordelen op dan 5 ton mest.<sup>20</sup> Het komt er allemaal op neer dat de menselijke soort onvermijdelijk moet evolueren. Evolutie betekent verandering, en verandering wordt tegengewerkt als oude gewoonten moeilijk zijn af te leren. Spoeltoiletten en uitpuilende vuilnisbakken vertegenwoordigen diepgewortelde gewoonten die moeten worden heroverwogen en opnieuw uitgevonden. Als wij mensen half zo intelligent zijn als we denken dat we zijn, zullen we ons realiseren dat de natuur veel van de sleutels in handen heeft die we nodig hebben om de deuren te openen naar een duurzaam, harmonieus bestaan op deze planeet. Composteren is een van die sleutels.

Maak je geen zorgen, ik zie de angst al in de ogen van de waterspoelers bij de gedachte dat ze ooit een composttoilet zouden moeten gebruiken. Niemand stelt voor om er een te gebruiken, maar wel dat je ervan af weet en hoe ze werken. De kennis kan een dezer dagen van pas komen. Ik kreeg bijvoorbeeld, ongeveer tien jaar voordat ik dit schreef, een telefoontje van een advocaat in Boston. Hij zei dat hij een eenvoudig composttoilet wilde net zo een als ik in dit boek beschrijf, maar dat hij niet de tijd of het gereedschap had om er een te bouwen. Ik weet niet waarom hij er een nodig had, en ik heb het ook niet gevraagd. Hij vroeg me of ik er een voor hem kon maken. Ik gaf hem mijn standaard bruuske antwoord, namelijk: "Hell no, maak je eigen verdomde toilet!" Of zoiets. Ik heb geen tijd om toiletten te maken. Toen noemde hij een paar aantrekkelijke bedragen, wat hij ervoor zou betalen. Dat zette me aan het denken.

Dus toen mijn zoon tijdens de wintervakantie thuis was van de universiteit met ongeveer zes weken vrij, kreeg ik een idee. Hij en een van zijn studiegenoten zochten allebei werk en wilden wel een paar dollar verdienen. Ik had een stapel luchtgedroogd hout liggen en ze wilden werk, dus ik kreeg ze aan de gang met het bouwen van Loveable Loos, die we op internet te koop zetten. Het bleek dat sommige Amerikanen wel een toilet wilden hebben dat is ontworpen om eenvoudig toiletmateriaal te verzamelen in plaats van het weg te gooien. Nadat we de eerste duizend hadden verkocht, stopte ik met tellen. Waarom zou iemand in de VS zo'n toilet willen? Wie kochten ze? Nou, mensen uit alle lagen van de bevolking, zoals de advocaat die hem voor de een of andere reden nodig had. Misschien hadden ze een garage zonder toilet, een jachtkamp of een schuur, of misschien wilden ze gewoon compost maken. Om wat voor reden dan ook, er bleek een vraag te zijn, een kleine, maar toch een vraag.



Toen ben ik landen gaan bezoeken waar geen spoeltoiletten beschikbaar zijn, van Mongolië tot Oost-Afrika en landen daar tussenin. Hoe het is om een gat in de grond te hebben als toilet, is volkomen vreemd voor mensen die zijn opgegroeid met spoeltoiletten. Toch kennen culturen zonder spoeltoiletten grotendeels geen alternatieven. Er zijn latrines, geventileerde verbeterde latrines, droogtoiletten met dubbele kelder en tal van andere opties, maar geen enkele die je naast je bed kunt plaatsen en geen een die geurvrij is. Als ik deze mensen uitleg geef over composteren, hoe het werkt en hoe het kan worden aangepast binnen een sanitair systeem, zijn ze meteen geïnteresseerd. Nadat ze mijn presentatie over composttoiletten hadden gehoord, vertelden dorpelingen in Tanzania me dat dit de volgende revolutie in hun leven zou betekenen. Vanuit een menigte mensen in Mongolië die allemaal op de grond zaten, stond een oudere man op. Na de presentatie van mijn composttoilet aan zijn gemeenschap stelde hij opgewonden voor dat ze wedstrijden konden houden om te zien wie de beste compost kon maken. Een bejaarde in Nicaragua die haar Lovable Loo-stijl toilet in haar hut met rieten dak plaatste, beschreef het als een 'eigen toilet', gelijk aan een toilet in een chique hotelkamer. Een van haar burens, een vrijgezelle tachtiger, stopte met het graven van een latrine-gat achter zijn hut toen hij beseftte dat hij gewoon een composttoilet naast zijn bed kon zetten. Hij liet het gat voor wat het was en zette in plaats daarvan een compostbak buiten. Mensen die bedlegerig, kreupel, bejaard zijn, ledematen missen of zelfs degene met kleine kinderen, waarderen het allemaal om een toilet binnenshuis te hebben. Het waren ervaringen zoals deze die me deden inzien dat de scheetgeluiden in de Stern-show en de andere hoon die Amerikanen op het composttoiletconcept richten, misschien vervelend maar volkomen irrelevant waren.

Tijdens een radio-interview dat ik had, vroeg de interviewer mij hoe ik de drollen uit het toilet kreeg. Of ik een visnet gebruikte. Ik zei nee, ik heb mijn kinderen getraind om er naar te happen zoals koekhappen, met hun handen op hun rug. Toen prees ik hun radiostation omdat ze overeenkomsten hadden met mijn bezigheden. "Oh, hoe zit dat?" vroegen zij. "Nou, we hebben allebei te maken met rotzooi," antwoordde ik. "Ik composteer de mijne, en jij zendt de jouwe de ether in." Ze hingen op.

De mensen over de hele wereld die geen toiletten hebben, nemen het idee van composteren heel serieus. Niemand op deze plaatsen grijnst of draait bij mijn presentaties, als er iets opvalt is dat ze geboeid zijn. Ze vertellen me dat ze nog nooit van zoiets hebben gehoord en dat ze niet wisten dat er zoiets als compost bestond, noch dat het mogelijk was om hun toiletmateriaal te composteren. Het helpt als ik ze vertel dat ik persoonlijk een composttoilet bij mij thuis gebruik en dat de afgelopen veertig jaar onafgebroken heb gedaan en de hele tijd mijn voedsel met de compost heb verbouwd. Het helpt ook als ik ze vertel dat ik als vrijwilliger de lange reis naar hun dorp of stad heb gemaakt, dat ik niet betaald word, dat ik niet verbonden ben met een regering, universiteit of bedrijf, dat ik niets verkoop, noch geld verdien voor mijn inspanningen. Toegegeven, ik word af en toe betaald voor het geven van compostonderwijs of -training, of voor het opzetten van composttoiletprojecten, maar meestal gebruik ik alle inkomsten die ik kan genereren uit de verkoop van boeken om mijn inspanningen te financieren.

Ik zal nooit de dag vergeten dat ik een groep stamhoofden ontmoette in de bergen van Tanzania. Mannen en vrouwen, ongeveer 150, verzamelden zich op een berghelling onder een gigantische cactusboom om mijn composttoiletpresentatie aan te horen. Sommigen hadden anderhalve kilometer door de stromende regen gelopen om aanwezig te kunnen zijn. Nadat ik hen had uitgelegd

hoe het toiletsysteem werkt, stond een van de mannen op en zei (via een tolk natuurlijk): "We willen ze, hoe krijgen we ze en hoeveel kosten ze?" Een gedachte die meteen bij me opkwam: '[Naam van miljardair invoegen], jij grote klootzak.' Een handjevol mensen heeft een rijkdom verzameld die gelijk is aan die van de helft van de mensheid, en 2,3 miljard mensen kunnen zich geen toilet veroorloven. Dat is de onfortuinlijke wereld waarin we leven.

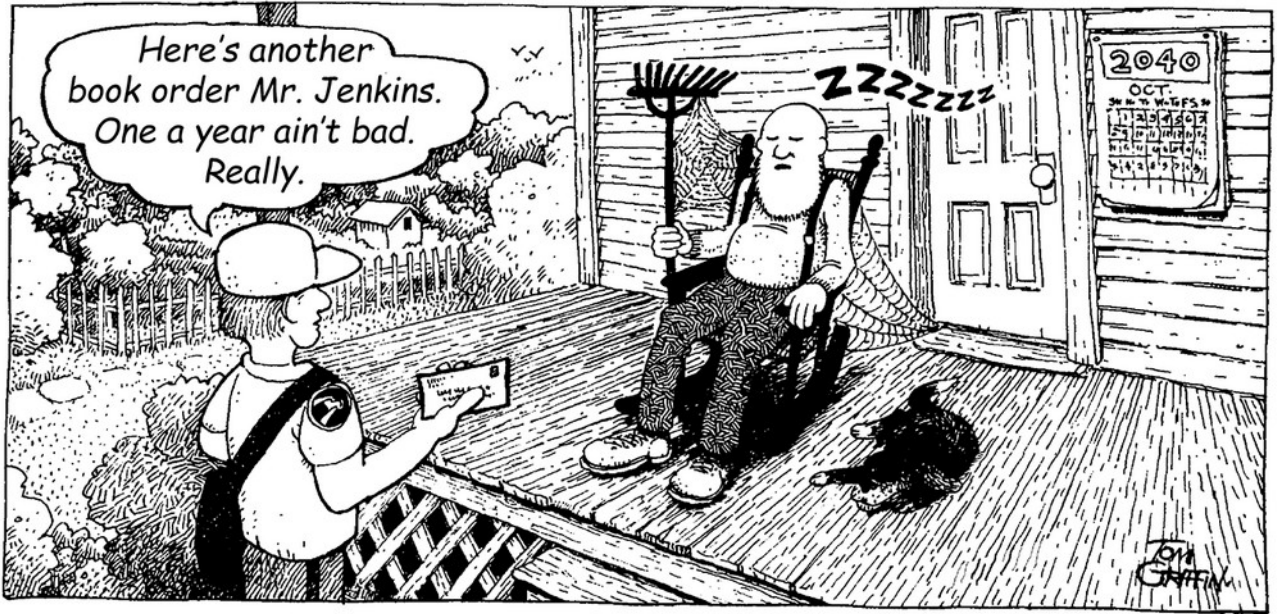
Een aantal media heeft interesse getoond in humanure, sommige uit nieuwsgierigheid, anderen vanuit wetenschappelijke redenen en sommige vanwege het milieu. Velen hebben de tocht gemaakt naar mijn bescheiden huisje in het bos, inclusief publieke tv- en radiozenders, vier afzonderlijke Koreaanse filmploegen voor documentaires die in Zuid-Korea werden uitgezonden, de BBC die een ecologische serie filmt voor 'The Ethical Man', Treehouse Masters op zoek naar een toilet dat zou werken in een boomhut, en Larry the Cable Guy maakte enkele bizarre afleveringen voor History Channel. In tegenstelling tot de Stern-show was de Cable Guy heel innemend, vreselijk grappig en respectvol. Ik maakte hertenvlees voor hem klaar met tuinaardappelen en een tomatensalade en we aten het op mijn terras op een mooie herfstdag terwijl zijn ploeg de aflevering filmde. Op de een of andere manier werden, voordat de lunch voorbij was, die aardappelen *poop-taters* en werden de tomaten *turdmaters*. Nu krijg ik die woorden niet uit mijn kop. Een vloek? Misschien. Ik moet toegeven, ik hou wel van vers gesneden *turdmaters* op toast.

Bacteriën kunnen bizar zijn, maar ze kunnen ook een vergaande invloed hebben op ons leven, ten goede of ten kwade, maar meestal, denk ik, ten goede. Een paar honderd jaar geleden liep er bijvoorbeeld een vrouw door de bergen van Griekenland met een zakje ijzeren spijkers voor het maken van schoenen. Ze bracht ze van haar vader naar een man in een nabijgelegen dorp. Ze liep over het ruige, rotsachtige terrein, struikelde en liet de tas vallen. Een aantal van de spijkers viel eruit. Toen merkte ze iets raars op, iets wat ze niet begreep. Een van de spijkers zat vast aan een steen. Toen ze de steen optilde, bleef de spijker eraan vastzitten. Ze kon hem er niet van afschudden. De steen was magnetiet. Ze had magnetisme ontdekt. Sommige bacteriën zijn magnetotactisch. Ze hebben organellen die magnetosomen worden genoemd en magnetische kristallen bevatten, vaste magneten die ervoor zorgen dat de bacteriën zich oriënteren op het magnetisch veld van de aarde. Magnetotactische bacteriën werden pas in 1963 ontdekt. Niemand weet precies waarom de bacteriën zich oriënteren op het magnetisch veld van de aarde, maar ze doen het wel. Miljar-den jaren gedijden dergelijke bacteriën op aarde, stierven, nestelden zich in sediment, verzamelden zich in lagen, werden samengedrukt tot modder en vervolgens tot steen. Uiteindelijk transformeerden ze in magnetiet, en trokken ten slotte de aandacht van de mens. De jongedame bracht de steen terug naar haar vader om hem het ongewone fenomeen te laten zien. De belangstelling verspreidde zich snel. Magnetische stenen werden verzameld en verspreid over de hele wereld. Vooraanstaande wetenschappers experimenteerden met magnetisme. Naalden werden gemagnetiseerd met behulp van de stenen, waardoor de eerste kompassen ontstonden. Uiteindelijk kwamen mensen erachter dat magnetisme niet bestaat zonder elektriciteit. Elektromagnetisme. De bestudering van elektromagnetisme leverde radiogolven op, tv, al het elektrische dat de wereld domineert zoals we het nu kennen: onze computers, mobiele telefoons, de lijst is eindeloos. De vrouw is fictief, maar feiten zijn feiten. In theorie hebben we de wereld zoals we die nu kennen te danken aan eenvoudige bacteriën. Een toevallige blunder ontdekte de geologische overblijfselen van biljoenen bacteriën en de magnetische organellen die ze op de een of andere manier in zichzelf creëerden.<sup>21</sup> Ons hele leven draait vandaag rond elektromagnetisme. Wat als magnetisme niet was ont-



dekt? Waar zouden wij, het menselijk ras, nu zijn? De grotere vraag is waar we elke dag nog meer langs lopen en wat we niet zien? Welke natuurlijke wonderen liggen er recht voor onze ogen waar we blind voor zijn? Kunnen we onze blik lang genoeg van onze tv's, mobiele telefoons en computerschermen afwenden om de wereld om ons heen te zien? Als we goed genoeg kijken, kunnen we ontdekken dat microben misschien nog wel meer trucs in petto hebben.





# Woordenlijst

**actinomyceet** - Bacteriën die op schimmels lijken omdat ze meestal een karakteristiek, vertakt mycelium produceren.

**actief slib** - Rioleringslib dat wordt behandeld door er lucht doorheen te persen om de nuttige microbiële populaties die in het slib verblijven te activeren.

**aeroob** - In staat om te leven, te groeien of alleen plaats te vinden waar vrije zuurstof aanwezig is, zoals aerobe bacteriën.

**afval** - Een stof of materiaal zonder inherente waarde of bruikbaarheid, of een stof of materiaal dat wordt weggegooid ondanks zijn inherente waarde of bruikbaarheid.

**afvalwater** - Water dat als afval wordt weggegooid, vaak vervuild met menselijke uitwerpselen of andere menselijke verontreinigende stoffen, en wordt geloosd in een van de verschillende afvalwaterzuiveringssystemen, zo niet rechtstreeks in het milieu.

**algen** - Kleine waterplanten.

**anaeroob** - in staat om te leven en te groeien waar geen zuurstof is.

**Ascaris** - Een geslacht van spoelwormen dat parasitair is voor mensen.

**Aspergillus fumigatus** - Een sporenvormende schimmel die bij sommige mensen allergische reacties kan veroorzaken.

**bacteriën** - Eencellige microscopisch kleine organismen. Sommige kunnen ziekten bij mensen veroorzaken, andere zijn in staat om de temperatuur van een hoop ontbindend afval voldoende te verhogen om menselijke ziekteverwekkers te vernietigen.

**bronscheiding** - De scheiding van afgedankt materiaal naar specifiek materiaaltipe op het moment van ontstaan.

**cellulose** - Het belangrijkste bestanddeel van celwanden van planten, samengesteld uit een lange keten van stevig gebonden suikermoleculen.

**C / N-verhouding** - De verhouding tussen koolstof en stikstof in een organisch materiaal.

**compost** - Organisch materiaal dat door mensen wordt beheerd om door aerobe organismen te worden afgebroken, zodat interne biologische warmte wordt ontwikkeld tijdens het ontbindingsproces.

**continu composteren** - Een systeem van compostering waarbij organisch materiaal continu of dagelijks wordt toegevoegd aan een compostbak of stapel.

**cryptosporidia** - Pathogene protozoa die diarree bij mensen veroorzaken.

**duurzaam** - Kan voor onbepaalde tijd worden voortgezet zonder een significante negatieve impact op het milieu of zijn inwoners.

**effluent** - Afvalwater dat uit een bron stroomt.

**enterisch** – Intestinaal (met betrekking tot de darm).

**fecale coliformen** - Over het algemeen onschadelijke bacteriën die vaak worden aangetroffen in de darmen van warmbloedige dieren, die worden gebruikt als een indicator van fecale besmetting.

**fecafobie** - Angst voor fecaal materiaal, vooral met betrekking tot het gebruik van menselijk fecaal materiaal voor landbouwdoeleinden.

**fytotoxisch** - Giftig voor planten.

**gecombineerde riolering** - Riolen die zowel rioolwater als afgevoerd regenwater opvangen.

**grijs water** – Huishoudelijk afvoerwater uit gootstenen, badkuipen en wasgoed (niet uit toiletten).

**groenbemester** - Vegetatie die wordt gekweekt om te worden gebruikt als meststof voor de bodem, hetzij door de vegetatie rechtstreeks op de bodem aan te brengen, door deze te composteren voordat hij op de grond wordt aangebracht, of door de vlinderbloemige stikstofbinding in de wortelknolletjes van de vegetatie.

**helminth** - Een worm of wormachtig dier, vooral parasitaire wormen van het menselijke spijsverteringsstelsel, zoals de spoelworm of haakworm.

**humanure** - Menselijke uitwerpselen en urine gecomposteerd voor landbouwdoeleinden.

**humus** - Een donker, leemachtig, organisch materiaal als gevolg van het verval van planten- en dierlijk afval.

**hygiëne** - Sanitaire handelingen, netheid.

**indicatorpathogeen** - Een pathogeen waarvan het voorkomen dient als bewijs dat bepaalde omgevingsfactoren, zoals vervuiling, aanwezig zijn.

**K** - Chemisch symbool voor kalium.

**koolstofhoudend** – het bevatten van koolstof.

**kooldioxide (CO<sub>2</sub>)** - Een anorganisch gas samengesteld uit koolstof en zuurstof, geproduceerd tijdens compostering.

**latrine** - Een gat of put waarin menselijke uitwerpselen worden gedeponed. Bekend als een toilet huisje of stilletje wanneer het wordt omgeven door een klein gebouwtje.

**lignine** - Een stof die de houtachtige celwanden van planten vormt en het ‘cement’ ertussen. Lignine wordt samen met cellulose aangetroffen en is resistent tegen biologische afbraak.

**macro-organisme** - Een organisme dat, in tegenstelling tot een micro-organisme, met het blote oog kan worden gezien, zoals een regenworm.

**menselijke nutriëntencyclus** - De zich herhalende cyclische beweging van voedingsstoffen van de bodem naar planten en dieren, naar mensen en terug naar de bodem.

**mesofiel** - Micro-organismen die gedijen bij gemiddelde temperaturen (20-37°C).

**metrische ton** - Een gewichtsmaat gelijk aan 1.000 kilogram.

**micro-organisme** - Een organisme dat moet worden vergroot om door het menselijk oog te worden gezien.

**mulch** - Organisch materiaal, zoals bladeren of stro, verspreid over de grond rond planten om vocht vast te houden, onkruid te verstikken en de grond te voeden.

**mycelium** – Schimmeldraden of hyfen.

**N** - Chemisch symbool voor stikstof.

**nachtaarde** - Menselijke uitwerpselen en urine gebruikt als bodemmeststof.

**nitraten** - Een zout of ester van salpeterzuur, zoals kaliumnitraat of natriumnitraat, beide gebruikt als meststof en die in watervoorraden verschijnen als vervuiling.

**omgevingsluchttemperatuur** - De temperatuur van de omgevingslucht, zoals de buitenluchttemperatuur in de buurt van een composthoop.

**ongedierte** - Aanstootgevend ongedierte, meestal van kleine omvang, zoals vliegen, muizen en ratten.

**organisch** - Verwijst naar een materiaal van een dierlijke of plantaardige bron, zoals afval in de vorm van mest of etensresten; ook een vorm van landbouw die gebruik maakt van meststoffen en bodemverbeteraars die voornamelijk afkomstig zijn van dierlijke of plantaardige bronnen, in tegenstelling tot minerale of petrochemische bronnen.

**P** - Chemisch symbool voor fosfor.

**pathogeen** - Een ziekteverwekkend micro-organisme.

**PCB** - Polychloorbifenyyl, een persistente en doordringende milieuverontreiniger.

**percolaat** - Elke vloeistof die uit een bron wordt afgevoerd. Bij compost is het de vloeistof die uit organisch materiaal wegvloeit, bijvoorbeeld wanneer overtollig regenwater door de compost loopt.

**pH** - Een symbool voor de zuurgraad of alkaliteit in een oplossing, variërend in waarde van 1 tot 14. Onder de 7 is zuur, boven de 7 is alkalisch, 7 is neutraal.

**protozoa** - Kleine, meestal microscopisch kleine dieren die elk bestaan uit een enkele cel of een groep van min of meer identieke cellen en voornamelijk in water leven. Sommige zijn menselijke ziekteverwekkers.

**psychrofiel** - Micro-organisme dat gedijt bij temperaturen zo laag als -10°C, maar optimaal boven 20°C.

**rijping** - Laatste fase van compostering. Ook wel veroudering genoemd.

**schimmels** - Eenvoudige planten, vaak microscopisch klein, die geen fotosynthetisch pigment hebben.

**schistosoma** - Geslacht van platwormen dat als parasieten in de bloedvaten van zoogdieren leeft, inclusief dat van mensen.

**septage** - Het organische materiaal dat wordt verwijderd uit septic tanks en de meeste droogtoiletten.

**septisch** - Veroorzaakt of resulterend uit verrotting (stinkende ontbinding).

**shigella** - Staafvormige bacteriën, waarvan bepaalde soorten dysenterie veroorzaken.

**slib** - Het zware sediment in rioolwater of septic tank. Ook wel biosolids genoemd.

**thermofiel** - Gekenmerkt door een affiniteit voor temperaturen boven de 40,5°C, of voor het kunnen genereren van hoge temperaturen.

**turf** - Organisch materiaal dat onvolledig of licht afgebroken is, ontstaan onder omstandigheden van overmatig vocht, zoals in een moeras.

**fooi-vergoeding** - De vergoeding die in rekening wordt gebracht voor het verwijderen van afvalmateriaal.

**vast stedelijk afval** - Vast afval afkomstig van huizen, industrieën, bedrijven, sloop, landontginning en bouw.

**vector** - Een route van overdracht van pathogenen van een bron naar een slachtoffer. Vectoren kunnen insecten, vogels, honden, knaagdieren of ongedierte zijn.

**vermicultuur** - De omzetting van organisch materiaal in wormenmest door regenwormen.

**vulstof** - Een ingrediënt in compost, zoals zaagsel of stro, dat wordt gebruikt om de structuur, porositeit, vloeistofopname, geur en koolstofgehalte te verbeteren.

**virus** - Elke groep van submicroscopische biologische entiteiten die zich alleen vermenigvuldigen in verbinding met levende cellen.

**Westelijk** - Van of behorend tot het westelijk halfrond (inclusief Noord- en Zuid-Amerika en Europa) of zijn menselijke bewoners.

**wormafgietsels** - uitwerpselen van regenwormen. Wormafgietsels zien er donker en korrelig uit als grond en zijn rijk aan bodemvoedingsstoffen.

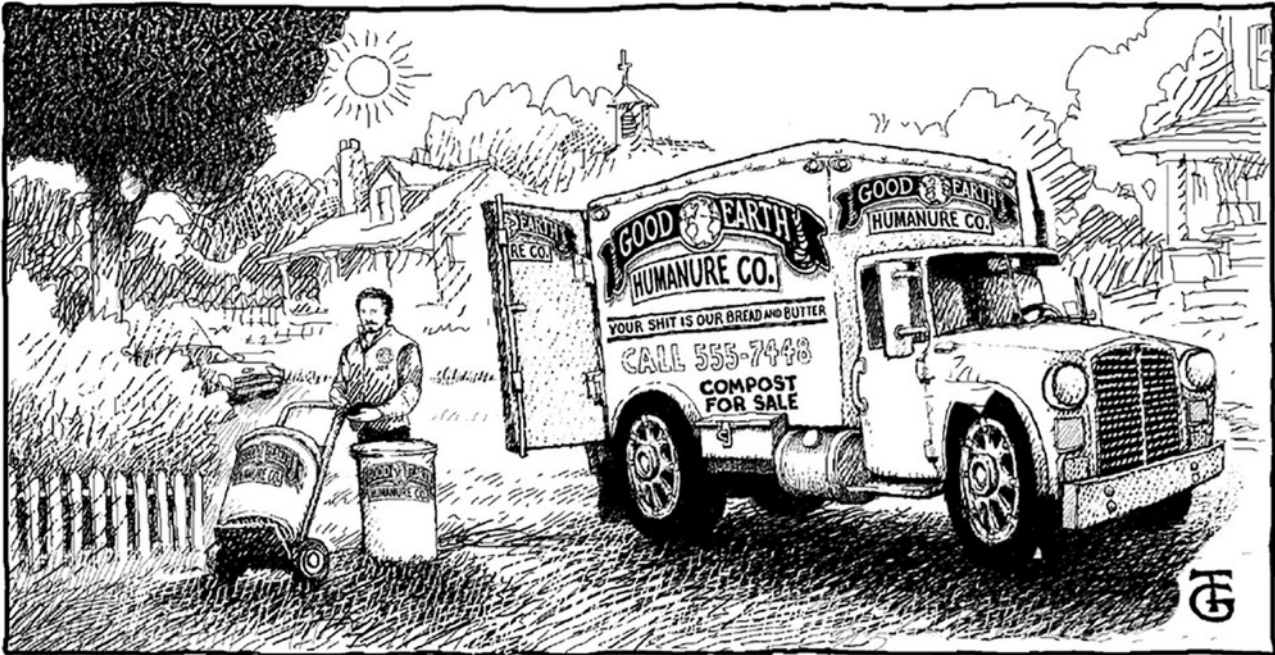
**tuinmateriaal** - Bladeren, gemaaid gras, tuingereedschap, gemaaid gras en struikgewas. Ook wel erfsnoeisels genoemd.

**zwaar metaal** - Metalen zoals lood, kwik en cadmium, met meer dan vijf keer het gewicht van water. Wanneer ze geconcentreerd zijn in het milieu, kunnen ze een aanzienlijk gezondheidsrisico voor de mens vormen.

**zwad** - Een lange, smalle stapel compost.

**zwart water** - Afvalwater van een toilet.





# Bronvermeldingen

## Hoofdstuk 2 – Onzichtbare wezens

1. Blaser, Martin J., MD. (2014). *Missing Microbes – How the Overuse of Antibiotics Is Fueling our Modern Plagues*. Henry Holt and Company: New York. p. 21. Also, Michael T. Madigan, John M. Martinko, Kelly S. Bender, Daniel H. Buckley, David A. Stahl, Thomas Brock. (2015). *Brock Biology of Microorganisms*, 14th Edition. Pearson Education Inc.: United Kingdom. p. 349.
2. Kolter, Roberto, and Stanley Maloy (editors). (2012). *Microbes and Evolution: The World that Darwin Never Saw*. ASM Press: Washington, DC. p. 28.
3. Ibid. p. 31.
4. Ibid. p. 35.
5. Dixon, Bernard. (2009). *Animalcules, the Activities, Impacts, and Investigators of Microbes*. ASM Press: Washington, DC. p. 79.
6. Kolter and Maloy. p. 73.
7. 7 Dixon. p. 22.
8. Kolter and Maloy. p. 13.
9. Blaser. p. 25.
10. Kolter and Maloy. p. 45.
11. Blaser. pp. 5–6.
12. Ibid. p. 13.
13. Sadowsky, Michael J., and Richard L. Whitman (editors). (2011). *The Fecal Bacteria*. ASM Press: Washington, DC. p. 43. Also Katy Califf, Antonio Gonzalez, Rob Knight, and J. Gregory Caporaso. (2014). *The Human Microbiome: Getting Personal*. *Microbe*, Volume 9, Number 10, 2014. p. 410.
14. Wassenaar, Trudy M. (2012). *Bacteria: The Benign, the Bad, and the Beautiful*. Wiley-Blackwell Inc.: Hoboken, NJ. p. 141.
15. Sadowsky and Whitman. p. 39.
16. Kolter and Maloy. p. 28.
17. Wassenaar. p. 145.
18. Blaser. p. 23.
19. Sadowsky and Whitman. p. 295.
20. Ibid. pp. 4, 18.



21. Blaser. p. 23.
22. Ibid. p. 228.
23. Kolter and Maloy, pp. 177–178.
24. Ibid. p. 183.
25. Ibid. p. 194.
26. Ibid. p. 166.
27. Dixon. p. 23.

### Hoofdstuk 3 - Microben - vriend of vijand?

1. Gaynes, Robert P. (2011). *Germ Theory – Medical Pioneers in Infectious Diseases*. ASM Press: Washington, DC. p. 64. Also Paul de Kruif. (1926). *Microbe Hunters*. Harcourt Brace & Company: New York. p. 3. Also Clifford Dobell. (1958). *Antony Van Leeuwenhoek and His Little Animals*. Russell and Russell Inc., New York.
2. Booss, John, Marilyn J. August. (2013). *To Catch a Virus*. ASM Press: Washington, DC. p. 5.
3. Gaynes. p. 63.
4. Dobell. p. 19.
5. Dixon, Bernard. (2009). *Animalcules: The Activities, Impacts, and Investigators of Microbes*. ASM Press: Washington, DC. p. 202.
6. Gaynes. p. 150.
7. Rosenberg, Charles E. (1962). *The Cholera Years*. University of Chicago Press: Chicago. pp. 66, 152.
8. Ibid. p. 98.
9. Ibid. p. 75.
10. Ibid. p. 152.
11. Ibid. p. 44.
12. Ibid. p. 193. Also John Snow, MD. (1849, 1855 [2nd ed.]). *On the Mode of Communication of Cholera*. John Churchill: London.
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Snow](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Snow).
14. Rosenberg. p. 3.
15. Klein, E., and H. Gibbes. (1885). *An Inquiry into the Etiology of Asiatic Cholera*. Also John Chapman, MD. (1885). *Cholera Curable: a Demonstration of the Causes, Non-contagiousness, and Successful Treatment of the Disease*.

16. Dubos, Rene. (1959). *Mirage of Health, Utopias, Progress, and Biological Change*. Harper and Brothers: New York. p. 105.
17. Rosenberg. p. 184.
18. Gaynes. p. 300.

## Hoofdstuk 4 - De oorlog tegen microbes

1. Gaynes, Robert P. (2011). *Germ Theory — Medical Pioneers in Infectious Diseases*. ASM Press: Washington, DC. pp. 272–291.
2. Kolter, Roberto, and Stanley Maloy (editors). (2012). *Microbes and Evolution, The World that Darwin Never Saw*. ASM Press: Washington, DC. p. 46.
3. Klein, Eili Y., Thomas P. Van Boeckel, Elena M. Martinez, Suraj Pant, Sumanth Gandra, Simon A. Levin, Herman Goossens, and Ramanan Laxminarayan. (2018). Global Increase and Geographic Convergence in Antibiotic Consumption Between 2000 and 2015. *PNAS* April 10, 2018, 115 (15): E3463–E3470. <https://doi.org/10.1073/pnas.1717295115>.
4. Blaser, Martin J., MD. (2014). *Missing Microbes – How the Overuse of Antibiotics Is Fueling our Modern Plagues*. Henry Holt and Company: New York. p. 233.
5. Food and Drug Administration. 2015 Summary Report on Antimicrobials Sold or Distributed for Use in Food-Producing Animals. (2016). <http://www.fda.gov/downloads/ForIndustry/UserFees/AnimalDrugUserFeeActADUFA/UCM534243.pdf>.
6. McKenna, Maryn. (2018). The Hidden Link Between Farm Antibiotics and Human Illness. *Wired*. September 7, 2018.
7. Blaser. pp. 70–71.
8. Centers for Disease Control and Prevention. Outpatient Antibiotic Prescriptions—United States, 2014. [https://www.cdc.gov/antibiotic-use/community/pdfs/Annual-ReportSummary\\_2014.pdf](https://www.cdc.gov/antibiotic-use/community/pdfs/Annual-ReportSummary_2014.pdf).
9. Trends in US Antibiotic Use — New Data Needed to Improve Prescribing, Combat Threat of Antibiotic Resistance. Issue Brief, March 22, 2017. *PewTrusts.org*. Also J. L. Schoeck, C. A. Ruh, J. A. Sellick Jr., M. C. Ott, A. Mattappallil, and K. A. Mergenhagen. (2015). Outpatient Treatment for Upper Respiratory Tract Infections: An Evaluation of Factors Associated with Antibiotic Misuse. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. Doi:10.1128/AAC.00652-15.
10. Blaser. p. 202.
11. *Ibid*. p. 100.
12. *Ibid*. p. 85.
13. Kolter and Maloy. p. 57.

14. Ibid. p. 60.
15. Ibid. p. 116.
16. Ibid. p. 51.
17. Gaynes. p. 312. Also The Guardian, Mon, 27 Feb 2017: The World Health Organization (WHO) has published a list of the 12 bacteria that pose the greatest threat to human health because they are resistant to antibiotics. Also <http://www.who.int/newsroom/detail/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>.
18. <https://www.cdc.gov/drugresistance/index.html> [<https://www.cdc.gov/drugresistance/threat-report-2013/pdf/ar-threats-2013-508.pdf>].
19. Blaser. p. 85.
20. Gaynes. p. 315.
21. James, John T., PhD. (2013). A New, Evidence-based Estimate of Patient Harms Associated with Hospital Care. Journal of Patient Safety: September 2013, Volume 9, Issue 3. pp. 122–128.  
[https://www.hopkinsmedicine.org/news/media/releases/study\\_suggests\\_medical\\_errors\\_now\\_third\\_leading\\_cause\\_of\\_death\\_in\\_the\\_us](https://www.hopkinsmedicine.org/news/media/releases/study_suggests_medical_errors_now_third_leading_cause_of_death_in_the_us).
22. Sadowsky, Michael J., and Richard L. Whitman (editors). (2011). The Fecal Bacteria. ASM Press: Washington, DC. p. 55.
23. Blaser. Just read the entire book. Also Shannon Weiman. (2014). Bugs as Drugs: Bacteria as Therapeutics against Diseases. Microbe, Volume 9, Number 11, November 2014. p. 437 (regarding osteoporosis and autoimmune conditions). Also H. Zhang, X. Liao, J. B. Sparks, and X. M. Luo. (2014). Dynamics of Gut Microbiota in Autoimmune Lupus. Applied and Environmental Microbiology Online. 10.1128/AEM.02676-14.
24. Blaser. p. 190.
25. Potera, Carol. (2014). Probiotic Heals Leaky Guts in Mice, Improving Autism-Like Symptoms. Microbe, Volume 9, Number 4, 2014.
26. Blaser. p. 190.
27. Ibid. p. 10.
28. <https://www.nbcnews.com/health/health-news/america-s-obesity-epidemic-reaches-record-high-new-report-says-n810231>.
29. Sadowsky and Whitman. p. 49.
30. Ibid. p. 48.
31. Blaser. p. 134.
32. Ibid. p. 26.
33. Ibid. p. 93.

34. Ibid. p. 236.
35. Ibid. p. 29.
36. Sadowsky and Whitman. p. 50.
37. Ibid. p. 81.
38. Blaser. pp. 212–213. Also Sadowsky and Whitman. p. 50.

## Hoofdstuk 5 – Thermofielen

1. Morita, Richard Y. (1975). Psychrophilic Bacteria. *Bacteriological Reviews*, June 1975, Vol. 39, No. 2, pp. 144-167. American Society for Microbiology. Department of Microbiology and School of Oceanography: Oregon State University, Corvallis, Oregon. p. 144.
2. Zeigler, Daniel R. (2014). The Geobacillus Paradox: Why Is a Thermophilic Bacterial Genus so Prevalent on a Mesophilic Planet? *Microbiology* 160, 1–11. p. 1. Also Michael T. Madigan, John M. Martinko, Kelly S. Bender, Daniel H. Buckley, David A. Stahl, Thomas Brock. (2015). *Brock Biology of Microorganisms*, 14th Edition. Pearson Education Inc.: UK. p. 160.
3. Rogers, L. A., D. Sc., and W. C. Frazier, Ph. D. (1930). Significance of Thermophilic Bacteria in Pasteurized Milk. *American Journal of Public Health. The Nation's Health*, Vol. XII, No.8., August 1930. p. 816.
4. Zeigler. p. 1.
5. Ibid. p. 1.
6. Ibid. p. 2.
7. Morrison, Lethe E., and Fred W. Tanner. (1921). Studies on Thermophilic Bacteria: Aerobic Thermophilic Bacteria from Water. Department of Bacteriology, University of Illinois Urbana. November 26, 1921. p. 343.
8. Ibid. p. 344
9. Zeigler. pp. 2, 7.
10. Madigan, Martinko, Bender, Buckley, Stahl, Brock. p. 55.
11. Zeigler. p. 7.
12. Saggi, Gagandeep Singh, Shilpi Kaushik, and Kanchan Soni. (2012). Study and Characterization of Thermophilic Bacteria. Lambert Academic Publishing. p. 17. Also Madigan, Martinko, Bender, Buckley, Stahl, Brock. p. 350. Also Nicholas Wade. (1996). Universal Ancestor. *The New York Times*, as seen in the *Pittsburgh Post-Gazette*, Monday, August 26, 1996. p. A-8.

13. Zeigler. pp. 5–6. Also Brent G. Christner. (2012). Cloudy with a Chance of Microbes. Microbe. February 2012. p. 70. Also Pierre Amato. (2012). Clouds Provide Atmospheric Oases for Microbes. Microbe. Volume 7, Number 3, March 2012. p. 119.

## Hoofdstuk 6 – In de stront

1. Rodale, J. I. (1946). *Pay Dirt*. Devon-Adair Co.: New York. p. vi.
2. King, F. H. (1911). *Farmers of Forty Centuries*. Rodale Press: Emmaus, PA.
3. *Ibid.* pp. 193, 196–197.
4. Winblad, Uno, Mayling Simpson-Hébert, Paul Calvert, Peter Morgan, Arno Rosemarin, Ron Sawyer, Jun Xiao. (2004). *Ecological Sanitation*. 2004, revised edition. Stockholm Environment Institute: Stockholm. pp. 73–74.
5. King. p. 194.
6. *Ibid.* p. 10.
7. *Ibid.* p. 19.
8. *Ibid.* p. 199.
9. White, A. D. (1955). *The Warfare of Science with Theology*. George Braziller: New York. pp. 68, 70.
10. *Ibid.* p. 69.
11. *Ibid.* p. 71.
12. *Ibid.* p. 73.
13. *Ibid.* pp. 76–77.
14. *Ibid.* p. 84.
15. *Ibid.* p. 85.
16. Reyburn, Wallace. (1989). *Flushed with Pride — The Story of Thomas Crapper*. Pavilion Books Limited: London. pp. 24–25.
17. Seaman, L. C. B. (1973). *Victorian England*. Methuan & Co.: London. pp. 48–56.
18. Shuval, Hillel I., Charles G. Gunnerson, DeAnne S. Julius. (1981). *Night-soil Composting. Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation; Vol. 10*. Washington, DC: The World Bank.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/145651468764132414/Night-soil-composting>.
19. Winblad, Uno, and Wen Kilama. (1985). *Sanitation Without Water*. Macmillan Education Ltd.: London and Basingstoke. p. 12.

20. Edmonds, Richard Louis. (1994). Patterns of China's Lost Harmony — A Survey of the Country's Environmental Degradation and Protection. Routledge: London and New York. pp. 9, 132, 137, 142, 146, 156.
21. Harris, Briony. China Cut Fertilizer Use and Still Increased Crop Yields. This Is How They Did It. (2018). World Economic Forum.  
<https://www.weforum.org/agenda/2018/03/this-is-how-china-cut-fertilizer-use-and-boosted-crop-yields/>.
22. Kahrl, F., L. Yunju, D. Roland-Holst, X. Jianchu, and D. Zilberman. 2010. Toward Sustainable Use of Nitrogen Fertilizers in China. ARE Update 14(2):5-7. University of California Giannini Foundation of Agricultural Economics.
23. National Academy of Sciences Global Health and Education Foundation, 2007. Pollution in China.
24. Webber, Prof. Michael. (2017). Tackling China's Water Pollution. Governance Water Quality. October 9th, 2017. University of Melbourne, Australia. <http://www.globalwaterforum.org/2017/10/09/tackling-chinas-water-pollution/>.
25. Deng Tingting. (2017). In China, the Water You Drink Is as Dangerous as the Air You Breathe. <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2017/jun/02/china-water-dangerous-pollution-greenpeace>.
26. Hoitink, Harry A. J. et al. (1997). Suppression of Root and Foliar Diseases Induced by Composts. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, Stentford, E. I. (ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3–5 September 1997. p. 97.
27. Pokharel, Krishna, and Preetika Rana. Troubled Waters. The Wall Street Journal, October 21–22, 2017. p. C1.
28. 78% of sewage generated in India remains untreated. (Analysis and reporting by Centre for Science and Environment and Down To Earth magazine reveal how Indian cities are disposing of excreta in an unsafe manner.) By DTE Staff. Last Updated: Wednesday 06 April 2016. <https://www.downtoearth.org.in/news/waste/-78-of-sewage-generated-in-india-remains-untreated--53444>.
29. 37,000 Million Litres of Sewage Flows into Rivers Daily. Read more at: <http://timesofindia.indiatimes.com/articleshow/46657415.cms>.
30. Chaturvedi, Anurag. Water & Sanitation — Fixing India's Sewage Problem. Stanford University. [https://ssir.org/articles/entry/fixing\\_indias\\_sewage\\_problem](https://ssir.org/articles/entry/fixing_indias_sewage_problem).
31. Wastewater treatment facilities in the United States process approximately 34 billion gallons of wastewater every day. <https://www.epa.gov/nutrientpollution/sources-and-solutions-wastewater>.
32. <https://www.americanrivers.org/threats-solutions/clean-water/sewage-pollution/>.

33. <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2015/09/americas-sewage-crisis-public-health/405541/>.
34. Drayna, Patrick, Sandra L. McLellan, Pippa Simpson, Shun-Hwa Li, and Marc H. Gorelick. Association between Rainfall and Pediatric Emergency Department Visits for Acute Gastrointestinal Illness. (2010). <https://doi.org/10.1289/ehp.0901671>.
35. Pandey, Kundan. Shit, it's Profitable. (2015). Last Updated: Thursday 11 June 2015. <https://www.downtoearth.org.in/coverage/shit-its-profitable-47389>.

## Hoofdstuk 7 - Een dag uit het leven van een drol

1. Executive Summary: Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. United Nations (2018).
2. Moeller, Dade W. (2005). Environmental Health, 3rd Edition. Harvard University Press: Cambridge, MA. pp. 189–190.
3. Onsite Wastewater Treatment Systems Manual. EPA/625/R-00/008, February 2002. Office of Water and Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency: Washington, DC.
4. Mancini, K. Septic Tank — Soil Absorption Systems. Agricultural Engineering Fact Sheet SW-44. Penn State College of Agriculture Cooperative Extension, University Park, PA. (niet opgenomen in de vertaling)
5. Mancini, K. Mound Systems for Wastewater Treatment. SW-43. Penn State College of Agriculture Cooperative Extension, University Park, PA. (niet opgenomen in de vertaling)
6. Stewart, John G. (1990). Drinking Water Hazards: How to Know if There Are Toxic Chemicals in Your Water and What to Do if There Are. Envirographics: Hiram, OH. pp. 177–178.
7. Ibid. pp. 177–178.
8. Mohamed, R.. (2009). Why Households in the United States Do Not Maintain Their Septic Systems and Why State-Led Regulations Are Necessary: Explanations from Public Goods Theory. Int. J. Sus. Dev. Plann. Vol. 4, No. 2 (2009). pp. 41–55.
9. Stewart. pp. 177–178.
10. Environment Reporter. 2/28/92. The Bureau of National Affairs, Inc., Washington, DC. pp. 2441–2442.
11. US EPA. (2016). Clean Watersheds Needs Survey 2012—Report to Congress.
12. US EPA. (2002). The Clean Water and Drinking Water Infrastructure Gap Analysis.
13. Center for Sustainable Systems. (2018). US Wastewater Treatment Factsheet. Pub. No. CSS04-14. August 2018. University of Michigan: Ann Arbor.

14. Failure to Act—The Economic Impact of Current Investment Trends in Water and Wastewater Treatment Infrastructure. (2013). The American Society of Civil Engineers.
15. US Environmental Protection Agency. 2018. National Summary of State Information: Assessed Waters of United States.
16. Gray, N. F. (1990). Activated Sludge Theory and Practice. Oxford University Press: New York. p. 125.
17. <https://www.epa.gov/biosolids/frequent-questions-about-biosolids>. Also Timothy E. Seiple, Andre M. Coleman, Richard L. Skaggs. (2017). Municipal Wastewater Sludge as a Sustainable Bioresource in the United States. *Journal of Environmental Management* 197 (2017). pp. 673–680.
18. A National Biosolids Regulation, Quality, End Use, and Disposal Survey Final Report. July 20, 2007. Northeast Biosolids and Residual Association: Tamworth, NH.
19. <http://www.nyc.gov/html/dep/html/wastewater/biohome.shtml>.
20. 2017 Potable Reuse Compendium. US EPA.
21. Press Release. (2013). UN: Rising Reuse of Wastewater in Forecast but World Lacks Data on “Massive Potential Resource.” United Nations University: Tokyo.  
<https://unu.edu/media-relations/releases/rising-reuse-of-wastewater-in-forecast-but-world-lacks-data.html>.
22. Wastewater Report 2018: The Reuse Opportunity. The International Water Association.
23. UNEP 2016. A Snapshot of the World’s Water Quality: Towards a Global Assessment. United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya. 162 pp.
24. 2017 Potable Reuse Compendium. US EPA.
25. <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2015/01/26/youre-going-to-have-to-spare-more-than-a-square-toilet-paper-is-shrinking>.
26. <https://www.betterplanetpaper.com/selah/Paper-Awareness>.
27. Pickford, John (1995). Low-Cost Sanitation—A Survey of Practical Experience. IT Publications: London. p. 96.
28. US EPA (1996). Wastewater Treatment: Alternatives to Septic Systems (Guidance Document). EPA/909-K-96-001. US Environmental Protection Agency, Region 9, Drinking Water Program (W-6-3). p. 16–19. Also US EPA. (1987). It’s Your Choice—A Guidebook for Local Officials on Small Community Wastewater Management Options. EPA 430/9-87-006. US Environmental Protection Agency, Office of Municipal Pollution Control (WH-595), Municipal Facilities Division: Washington, DC. p. 55.
29. Manahan, S. E. (1990). Hazardous Waste Chemistry, Toxicology and Treatment. Lewis Publishers, Inc.: Chelsea, MI. p. 131.
30. Bitton, Gabriel. (1994). Wastewater Microbiology. Wiley-Liss, Inc.: New York. p. 120.
31. Ibid. pp. 148–149.



32. Baumann, Marty. USA Today. Feb 2, 1994, p. 1A, 4A. USA Today: Arlington, VA.
33. The Perils of Chlorine. Audubon Magazine, 93:30–2, Nov/Dec 1991.
34. Liptak, B. G. (1991). Municipal Waste Disposal in the 1990s. Chilton Book Co.: Radnor, PA. pp. 196–198.
35. Bitton. p. 312.
36. Ibid. p. 121.
37. Environment Reporter. 7/10/92. p. 767. Also <https://waterandhealth.org/safe-drinking-water/drinking-water/chlorine-in-tap-water-is-safe-to-drink/>
38. Bitton. p. 121.
39. Buzzworm. March/April 1993. p. 17.
40. Environment Reporter. 7/10/92. p. 767.
41. Burke, W. K. A Prophet of Eden. Buzzworm. Vol. IV, Number 2, March/April 1992. pp. 18–19.
42. Environment Reporter. 8/7/92. p. 1152.
43. Ibid. 5/15/92. p. 319.
44. Bitton. p. 352.
45. Environment Reporter. 3/6/92, p. 2474, and 1/17/92, p. 2145.
46. Ibid. 1/3/92. p. 2109.
47. Ibid. 11/1/91, p. 1657, and 9/27/96, p. 1212.
48. Rybczynski, W. et al. (1982). Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation-LowCost Technology Options for Sanitation, A State of the Art Review and Annotated Bibliography. World Bank. p. 124.
49. Ibid. p. 125.
50. Damsker, M. (1992). Sludge Beats Lead. Organic Gardening. Feb. 1992, Vol. 39, Issue 2. p. 19.
51. Contact JCH Environmental Engineering, Inc., 2730 Remington Court, Missoula, MT 59801. Ph: 406-721-1164.
52. US EPA. (1989). Summary Report: In-Vessel Composting of Municipal Wastewater Sludge. EPA/625/8-89/016. Center for Environmental Research Information: Cincinnati, OH. pp. 20, 161.
53. Sterritt, Robert M. (1988). Microbiology for Environmental and Public Health Engineers. E. & F. N. Spon Ltd.: New York. p. 160.
54. Venkatesan, Arjun K., Hansa Y. Done, and Rolf U. Halden. (2014). United States National Sewage Sludge Repository at Arizona State University — A New Resource and Research

- Tool for Environmental Scientists, Engineers, and Epidemiologists. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015 Feb; 22(3): pp. 1577–1586.
55. Fahm, L. A. (1980). *The Waste of Nations*. Allanheld, Osmun & Co.: Montclair, NJ. p. 61.
  56. Shuval, Hillel I., Charles G. Gunnerson, DeAnne S. Julius. (1981). *Night-soil Composting. Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation; Vol. 10*. Washington, DC: The World Bank. p. 5.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/145651468764132414/Night-soil-composting>.
  57. Bitton. pp. 166, 352.
  58. Sterritt. pp. 242, 251–252.
  59. Radtke, T. M., and G. L. Gist. (1989). *Wastewater Sludge Disposal: Antibiotic Resistant Bacteria May Pose Health Hazard*. *Journal of Environmental Health*, Vol 52, No.2, Sept/Oct 1989. pp. 102–105. Also Venkatesan, Done, and Halden. pp. 1577–1586.
  60. *Environment Reporter*. 11/1/91. p. 1653.
  61. Fahm. p. xxiv.
  62. *Ibid.* p. 40.
  63. Shuval et al.
  64. *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines*. United Nations Children’s Fund (UNICEF), World Health Organization (WHO). July 2017. Publisher: United Nations Children’s Fund (UNICEF), World Health Organization. p. 29.
  65. *Poor Sanitation Cost Global Economy US\$223 Billion in 2015*. Aug 24, 2016. LIXIL Corporation.
  66. <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know>.

## Hoofdstuk 8 – Compost

1. News Release, February 27, 2018. Contact: Frank Franciosi, 1-301-897-2715; [ffranciosi@compostingcouncil.org](mailto:ffranciosi@compostingcouncil.org). USCC Efforts Result in New Compost Definition Approval by Regulators’ Group, Changes Reduce Confusion, Differentiate Compost from Other Products.
2. Barnum, H. L. (1831). *Family receipts, or Practical guide for the husbandman and housewife: containing a great variety of valuable recipes, relating to agriculture, gardening, brewery, cookery, dairy, confectionary, diseases, farriery, ingrafting, and the various branches of rural and domestic economy. To which is added a plain, concise, method of keeping farmer’s accounts, with forms of notes of hand, bills, receipts, &c. &c.* Published by A. B. ROFF: Cincinnati.

3. Carpenter, George W. (George Washington), 1802–1860. *Essays on some of the most important articles of the materia medica: comprising a full account of all the new proximate principles, and the popular medicines lately introduced in practice, detailing the formulas for their preparation, their habitudes and peculiarities, doses and modes of administration: with remarks on the most eligible form of their exhibition: to which is added a catalogue of medicines, surgical instruments, &c, &c : adapted for a physician at the outset of his practice, with the doses and effects attached to each medicine, &c, &c.* 2nd edition. pp. 42–43.
4. Tabor, Stephen J. W., MD. (1851). *Nicotian Geoponics*. Shelburne Falls, MA. Communicated for the Boston Medical and Surgical Journal. p. 236.
5. Report of a special committee to the Board of Health of the City of Detroit, suggesting measures for the prevention of Asiatic cholera: and the promotion of the public health: also, containing a plan and operations of a city dispensary. (1865) Detroit (Mich.). Board of Health. Walker, Barns & Co., City Printers.
6. King, F. H. (1911). *Farmers of Forty Centuries*. Rodale Press: Emmaus, PA. p. 251.
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation>.
8. Sidder, Aaron. (2016). *The Green, Brown, and Beautiful Story of Compost*. National Geographic Society, National Geographic Partners, LLC.
9. Mehl, Jessica, Josephine Kaiser, Daniel Hurtado, Daragh A. Gibson, Ricardo Izurieta, and James R. Mihelcic. (2011). Pathogen destruction and solids decomposition in composting latrines: study of fundamental mechanisms and user operation in rural Panama. *Journal of Water and Health*, 09.1.
10. King. p. 116.
11. Ibid. pp. 212–213.
12. Ibid. p. 251.
13. Howard, Sir Albert. (1945). *The Soil and Health: A Study of Organic Agriculture*. Schocken Books: New York. p. 11 (Introduction).
14. Ibid. p. 41.
15. Howard, Albert, and Yeshwant Wad. (1931). *The Waste Products of Agriculture*. Oxford University Press: London. pp. 47–48.
16. Ibid. p. 52.
17. Ibid. p. 50.
18. Ibid. p. 53.
19. Ibid. p. 53.
20. Ibid. pp. 54–55.
21. Rodale, J. I. (1946). *Pay Dirt*. Devon-Adair Co.: New York. pp. 32–33.

22. Shuval, Hillel I., Charles G. Gunnerson, DeAnne S. Julius. (1981). Night-soil Composting. *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation*; Vol. 10. Washington, DC: The World Bank. p. 2.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/145651468764132414/Night-soil-composting>.
23. Ibid.
24. Ibid. p. ii.

## Hoofdstuk 9 – Compost in de praktijk

1. Bem, R. (1978). *Everyone's Guide to Home Composting*. Van Nostrand Reinhold Co.: New York. p. 4.
2. Haug, Roger T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 2.
3. Cannon, Charles A. (1997). Life Cycle Analysis and Sustainability Moving Beyond the Three R's — Reduce, Reuse, and Recycle — to P2R2 — Preserve, Purify, Restore and Remediate. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, E. I. Stentiford (Ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3-5 September 1997. p. 253. Available from Stuart Brown, National Compost Development Association, PO Box 4, Grassington, North Yorkshire, BD23 5UR UK ([stuartbrown@compuserve.com](mailto:stuartbrown@compuserve.com)).
4. Howard, Sir Albert. (1943). *An Agricultural Testament*. Oxford University Press: New York.
5. Bhamidimarri, R. (1988). *Alternative Waste Treatment Systems*. Elsevier Applied Science Publishers LTD.: Essex, UK. p. 129.
6. Rynk, Robert, ed. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ph: (607) 255-7654. p. 12.
7. Haug. p. 2.
8. Palmisano, Anna C., and Morton A. Barlaz (Eds.). (1996). *Microbiology of Solid Waste*. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 129.
9. Howard. p. 48.
10. Ingham, Elaine. (1998). Anaerobic Bacteria and Compost Tea. *Biocycle*, June 1998. The JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 86.
11. Stoner, C. H. (ed.). (1977). *Goodbye to the Flush Toilet*. Rodale Press: Emmaus, PA. p. 46.
12. Rodale, J. I. et al. (Eds.). (1960). *The Complete Book of Composting*. Rodale Books Inc.: Emmaus, PA. pp. 646–647.

13. Gotaas, Harold B. (1956). Composting — Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. World Health Organization, Monograph Series Number 31. Geneva. p. 39.
14. What You Should Know About CCA-Pressure Treated Wood for Decks, Playgrounds, and Picnic Tables. (2011). US Consumer Product Safety Commission.
15. Mixing Browns and Greens for Backyard Success. Biocycle, Journal of Composting and Recycling, January 1998 (Regional Roundup). JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 20.
16. Lynch, J. M., and N. L. Poole (Eds.). (1979). Microbial Ecology: A Conceptual Approach. Blackwell Scientific Publications: London. p. 238.
17. Sterritt, Robert M. (1988). Microbiology for Environmental and Public Health Engineers. E. & F. N. Spon Ltd.: New York. p. 53.
18. Palmisano and Barlaz. pp. 124, 125, 129, 133.
19. Ingham, Elaine. (1998). Replacing Methyl Bromide with Compost. Biocycle, Journal of Composting and Recycling, December 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 80.
20. Curry, Dr. Robin (1977). Composting of Source Separated Domestic Organic Waste by Mechanically Turned Open Air Windrowing. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, E. I. Stentiford (Ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3–5 September 1997. p. 184.
21. Wiley B. Beauford, and Westerberg Stephen C. (1969). Survival of Human Pathogens in Composted Sewage. Applied Microbiology [01 Dec 1969, 18(6):994-1001].
22. Gotaas, Harold B. (1956). Composting — Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. World Health Organization, Monograph Series Number 31. Geneva. p. 20.
23. Curry. p. 183.
24. Palmisano and Barlaz. p. 169.
25. Ibid. pp. 121, 124, 134.
26. Rodale. p. 702.
27. Curry. p. 183.
28. Brock, Thomas D. (1986). Thermophiles — General, Molecular, and Applied Biology. John Wiley and Sons: Hoboken, NJ. p. 244.
29. Rynk, Robert (Ed.). (1992). On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ph: (607) 255-7654. p. 13.
30. Shuval, Hillel I., Charles G. Gunnerson, DeAnne S. Julius. (1981). Night-soil Composting. Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation; Vol. 10. Washington, DC: The World Bank. p. 10.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/145651468764132414/Night-soil-composting>.
31. Biocycle. November 1998. p. 18.

32. USDA. Composting with Worms.  
[https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/newsroom/features/?cid=nrcs143\\_023541](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/newsroom/features/?cid=nrcs143_023541).
33. Biocycle, Journal of Composting and Recycling. November 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 18.

## Hoofdstuk 10 – Compostwonderen

1. US EPA. (1998). An Analysis of Composting as an Environmental Remediation Technology. EPA530-B-98-001, March 1998.
2. Haug, Roger T. (1993). The Practical Handbook of Compost Engineering. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 9.
3. US EPA. (October 1997). Innovative Uses of Compost — Bioremediation and Pollution Prevention. EPA530-F-97-042.
4. Logan, W. B. (1991). Rot Is Hot. New York Times Magazine. 9/8/91, Vol. 140, Issue 4871. p. 46.
5. Compost Fungi Used to Recover Wastepaper. Biocycle, Journal of Composting and Recycling. May 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 6.
6. Young, Lily Y., and Carl E. Cerniglia (Eds.). (1995). Microbial Transformation and Degradation of Toxic Organic Chemicals. Wiley-Liss, Inc.: New York. pp. 408 and 461 and Table 12.5.
7. Palmisano, Anna C., and Morton A. Barlaz (Eds.). (1996). Microbiology of Solid Waste. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 127.
8. Logan. p. 46.
9. Lubke, Sigfried. (1989). Interview: All Things Considered in the Wake of the Chernobyl Nuclear Accident. Acres U.S.A. December 1989. p. 20.
10. US EPA. An Analysis of Composting. EPA530-B-98-001.
11. Cannon, Charles A. (1997). Life Cycle Analysis and Sustainability Moving Beyond the Three R's — Reduce, Reuse, and Recycle — to P2R2 — Preserve, Purify, Restore and Remediate. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, E. I. Stentiford (Ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3–5 September 1997. p. 254. Also Doug Schonberner. (1998). Reclaiming Contaminated Soils. BioCycle, 39(9):36-38, September 1998. Also Dave Block (1998). Composting Breaks Down Explosives. BioCycle, September 1998. pp. 36–40.
12. Block, Dave (1998). Degrading PCB's Through Composting. Biocycle, Journal of Composting and Recycling. December 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. pp. 45–48.
13. US EPA. An Analysis of Composting. EPA530-B-98-001.

14. US Composting Council. Persistent Herbicide FAQ.  
<https://compostingcouncil.org/persistent-herbicide-faq/>.
15. US EPA. Innovative Uses of Compost. EPA530-F-97-042.
16. Ibid.
17. Rynk, Robert (Ed.). (1992). On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Ph: (607) 255-7654. p. 83.
18. Hoitink, Harry A. J. et al. (1997). Suppression of Root and Foliar Diseases Induced by Composts. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, E. I. Stentiford (Ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3–5 September 1997. p. 95.
19. US EPA (October 1997). Innovative Uses of Compost — Disease Control for Plants and Animals. EPA530-F-97-044.
20. US EPA. An Analysis of Composting. EPA530-B-98-001.
21. Logan. p.46.
22. US EPA. An Analysis of Composting. EPA530-B-98-001.
23. Trankner, Andreas, and William Brinton. (date unknown). Compost Practices for Control of Grape Powdery Mildew (*Uncinula necator*). Woods End Institute: Mt. Vernon, ME.
24. Quote from Elaine Ingham as reported in Karin Grobe. (1998). Fine-Tuning the Soil Web. Biocycle, Journal of Composting and Recycling, January 1998. p. 46. JG Press, Inc.: Emmaus, PA.
25. Wichuk, Kristine M., et al. (2011). Composting Effect on Three Fungal Pathogens Affecting Elm Trees in Edmonton, Alberta. Compost Science and Utilization, Summer 2011.
26. Larney, Francis J., and Kelly T. Turkington. (2009). Fate of *Fusarium graminearum* and Other *Fusarium* Species during Composting of Beef Cattle Feedlot Manure. Compost Science and Utilization, Autumn, 2009. p. 247.
27. Sides, S. (1991). Compost. Mother Earth News, Issue 127, Aug/Sept 1991. p. 50.
28. US EPA. Innovative Uses of Compost. EPA530-F-97-044.
29. 29 Biocycle, Journal of Composting and Recycling, October 1998. p. 26. JG Press, Inc.: Emmaus, PA.
30. US EPA. Innovative Uses of Compost. EPA530-F-97-044.
31. Brodie, Herbert L., and Lewis E. Carr. (1997). Composting Animal Mortality. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, E. I. Stentiford (Ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3–5 September 1997. pp. 155–159.
32. McKay, Bart. (1998). Com-Postal-Ing in Texas. Biocycle, Journal of Composting and Recycling, May 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. pp. 44–46.

33. Garbage: The Practical Journal for the Environment. May/June 1992. Old House Journal Corp.: Gloucester, MA. p. 66.
34. Logan.
35. Erik Neumann. (2016). Can Compost Recycle Our Drugs?  
<https://civileats.com/2016/06/01/can-compost-recycle-our-drugs/>.
36. Harvard Health Letter. Drugs in the Water. June 2011.  
[https://www.health.harvard.edu/newsletter\\_article/drugs-in-the-water](https://www.health.harvard.edu/newsletter_article/drugs-in-the-water).
37. Kolpin, Dana, Edward Furlong, Michael Meyer, E. Michael Thurman, Steven Zaugg, Larry Barber, and Herbert Buxton. (2002). Pharmaceuticals, Hormones, and Other Organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999-2000: A National Reconnaissance. USGS Staff-Published Research. p. 68.
38. Harvard Health Letter. Drugs in the Water.
39. US EPA. 2013 Biosolids Biennial Review. Biennial Review of 40 CFR Part 503. As Required Under the Clean Water Act Section 405(d)(2)(C).
40. Golet, Eva M., Adrian Strehler, Alfredo C. Alder, and Walter Giger. (2002). Determination of Fluoroquinolone Antibacterial Agents in Sewage Sludge and Sludge-Treated Soil Using Accelerated Solvent Extraction Followed by Solid-Phase Extraction. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG) and Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH): Dubendorf, Switzerland.
41. Monteiro, Sara C. and Alistair B. A. Boxal. (2009). Environmental Toxicology and Chemistry, Volume 28, Issue 12, December 2009. pp. 2546–2554.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1897/08-657.1/full>.
42. Kinney, Chad A., Edward T. Furlong, Steven D. Zaugg, Mark R. Burkhardt, Stephen L. Werner, Jeffery D. Cahill, and Gretchen R. Jorgensen. (2006). Survey of Organic Wastewater Contaminants in Biosolids Destined for Land Application. Department of Chemistry, Eastern Washington University, Cheney, WA. Also National Water Quality Laboratory, US Geological Survey: Denver, CO. Environ. Sci. Technol., 2006, 40 (23), pp. 7207–7215. DOI: 10.1021/es0603406.
43. Ibid.
44. T. F. Guerin. (2001). Co-composting of pharmaceutical wastes in soil. Shell Engineering Pty Ltd: Granville, NSW, Australia.
45. Lukic, Borislava. Composting of organic waste for enhanced bioremediation of PAHs contaminated soils. (2016). Materials. Université Paris-Est.
46. Antibiotic Degradation during Manure Composting. Journal of Environmental Quality. May 2008. DOI: 10.2134/jeq2007.0399. Source: PubMed.
47. Ramaswamy, Jayashree, Shiv O. Prasher, Ramanbhai M. Patel, Syed A. Hussain, Suzelle F. Barrington. (2009). The effect of composting on the degradation of a veterinary pharmaceutical. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.089>.



48. Arikan, O. A., L. J. Sikora, W. W. Mulbry III, S. U. Khan, G. D. Foster. (2005). Composting rapidly reduces levels of extractable oxytetracycline in manure from therapeutically treated beef calves. *Bioresource Technology*. 98:169-175.
49. Cessna, Allan J., Francis J. Larney, Sandra L. Kuchta, Xiyang Hao, Toby Entz, Edward Topp, and Tim A. McAllister. (2010). Veterinary Antimicrobials in Feedlot Manure: Dissipation during Composting and Effects on Composting Processes. *J. Environ. Qual.* 40:188–198 (2011). doi:10.2134/jeq2010.0079.
50. Kim, K. R., G. Owens, Y. S. Ok, W. K. Park, D. B. Lee, S. I. Kwond. (2010). Decline in extractable antibiotics in manure-based composts during composting. *Waste Manag.* 2012 Jan;32(1):110-6. doi: 10.1016/j.wasman.2011.07.026. Epub 2011 Aug 23.
51. Wu, X., Y. Wei, J. Zheng, X. Zhao, W. Zhong. (2011). The Behavior of Tetracyclines and their Degradation Products during Swine Manure Composting. *Bioresour Technol.* 2011 May; 102(10):5924–5931. doi: 10.1016/j.biortech.2011.03.007. Epub 2011 Mar 9.
52. Wang, Yin Quan, Jin Lin Zhang, Frank Schuchardt, Yan Wang. (2014). Degradation of morphine in opium poppy processing waste composting. *Bioresour Technol.* 2014 Sep; 168:235-9. doi:10.1016/j.biortech. 2014.02.019. Epub 2014 Feb 17.
53. Hakk H., F. Millner, G. Larsen. (2005). Decrease in Water-Soluble 17Beta-Estradiol and Testosterone in Composted Poultry Manure with Time. *J Environ Qual.* 2005 Apr 20; 34(3):943-50. Print 2005 May–Jun.
54. Ciamillo, Sarah, Gregory Peck, Rebecca K. Splan, C. A. Shea Porr. (2014). Impact of Composting on Drug Residues in Large Animal Mortality. *Communications and Marketing*, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University: Blacksburg, VA.
55. Winker, Martina. (2009). *Pharmaceutical Residues in Urine and Potential Risks related to Usage as Fertiliser in Agriculture*. Technische Universität Hamburg: Germany.
56. Wu, Chenxi, Alison L. Spongberg, Jason D. Witter, Min Fang, and Kevin P. Czajkowski (2010). Uptake of Pharmaceutical and Personal Care Products by Soybean Plants from Soils Applied with Biosolids and Irrigated with Contaminated Water. Department of Environmental Sciences and Department of Geography and Planning, University of Toledo: Toledo, OH. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es1011115>.
57. Kumar, K., S. C. Gupta, S. K. Baidoo, Y. Chandera, and C. J. Rosena. (2005). Antibiotic Uptake by Plants from Soil Fertilized with Animal Manure. *J Environ Qual.* 2005 Oct 12; 34(6):2082–2085. Print 2005 Nov–Dec.
58. Lillenberg, Merike, Koit Herodes, Karin Kipper, and Lembit Nei. (2009). Plant Uptake of some Pharmaceuticals from Fertilized Soils. Department of Food Science and Hygiene, Estonian University of Life Sciences: Tartu, Estonia. *Proceedings of 2009 International Conference on Environmental Science and Technology*: Bangkok, Thailand. 23–25 April 2010.

59. Haiba, Egge, Merike Lillenberg, Karin Kipper, Alar Astover, Koit Herodes, Mari Ivask, Annelly Kuu, Sandra Victoria Litvin, and Lembit Nei. (2013). Fluoroquinolones and sulfonamides in sewage sludge compost and their uptake from soil into food plants. Tartu College, Tallinn University of Technology: Tartu, Estonia.
60. Frank Carini/ecoRI News staff. 2012. Chemo Drugs Pose Serious Public Health Risks.
61. Ramaswamy, J., S. O. Prasher, R. M. Patel, S. A. Hussain, S. F. Barrington. (2009). The effect of composting on the degradation of a veterinary pharmaceutical. *Bioresource Technology*, Volume 101, Issue 7. pp. 2294–2299. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.10.089.
62. US EPA. An Analysis of Composting. EPA530-B-98-001.
63. US EPA. Innovative Uses of Compost. EPA530-F-97-042.
64. Cannon. p. 253.
65. Pinamonti, F., G. Stringari, F. Gasperi, G. Zorzi. (1997). The Use of Compost: Its Effects on Heavy Metal Levels in Soil and Plants. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(97\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(97)00032-3).
66. Montemurro, F., M. Charfeddine, M. Maiorana, and G. Convertini. (2013). Compost Use in Agriculture: The Fate of Heavy Metals in Soil and Fodder Crop Plants. pp. 47–54. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2010.10736933>.
67. Mei Huang, Yi Zhu, Zhongwu Li, Bin Huang, Ninglin Luo, Chun Liu, Guangming Zeng. (2016). Compost as a Soil Amendment to Remediate Heavy Metal-Contaminated Agricultural Soil: Mechanisms, Efficacy, Problems, and Strategies. *Water Air Soil Pollut* (2016) 227: 359 DOI 10.1007/s11270-016-3068-8
68. Ibid.
69. Khan, T. F., M. W. Ullah, and S. M. I. Huq. (2016). Heavy Metal Contents of Different Wastes Used for Compost. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 4. pp. 241–249. <http://dx.doi.org/10.4236/jmmce.2016.43022>.
70. Van der Wurff, A. W. G., J. G. Fuchs, M. Raviv, A. J. Termorshuizen. (Eds.). (2016). *Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture*. [www.biogreenhouse.org](http://www.biogreenhouse.org).

## Hoofdstuk 11 – Compostmythen

1. Rodale, J. I. et al. (1960). *The Complete Book of Composting*. Rodale Books, Inc.: Emmaus, PA. p. 932.
2. Smalley, Curtis. (1998). *Hard Earned Lessons on Odor Management*. *Biocycle, Journal of Composting and Recycling*, January 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 59.
3. Brinton, William F., Jr. (1997). *Sustainability of Modern Composting — Intensification Versus Cost and Quality*. Woods End Institute: Mt. Vernon, ME.

4. Ibid.
5. Michel, F. C., Jr. (2002). Effects of Turning and Feedstocks on Yard Trimmings Composting. *BioCycle*. 43(9):46.
6. Palmisano, Anna C., and Morton A. Barlaz (Eds.). (1996). *Microbiology of Solid Waste*. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 170.
7. Harrison, Ellen Z. (2007). *Compost Facilities: Off-Site Air Emissions and Health*. Cornell Waste Management Institute: Ithaca, NY.  
<http://cwmi.css.cornell.edu/compostairemissions.pdf>.
8. Ibid.
9. Ibid.
10. Researchers Study Composting in the Cold. *Biocycle, Journal of Composting and Recycling*, January 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 24 (Regional Roundup).
11. Gotaas, Harold B. (1956). *Composting — Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*. World Health Organization, Monograph Series Number 31. Geneva. p. 77.
12. Epstein, Eliot. (1997). *The Science of Composting*. Technomic Publishing Company Inc.: Lancaster, PA.
13. Haug, Roger T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press LLC: Boca Raton, FL. pp. 342–343.
14. Pengxiang Xu and Ji Li. (2017). Effects of Microbial Inoculant on Physical and Chemical Properties in Pig Manure Composting. *Compost Science and Utilization*, Volume 25, No. S1. pp. S37–S42.
15. Howard, Sir Albert. (1943). *An Agricultural Testament*. Oxford University Press: New York. p. 44. Also J. I. Rodale. (1946). *Pay Dirt*. The Devon-Adair Co.: New York.
16. Rodale, J. I. et al. (Eds.). *Complete Book of Composting*. p. 658.
17. Regan, Raymond W. (1998). Approaching 50 years of Compost Research. *Biocycle, Journal of Composting and Recycling*, October 1998. JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 82.
18. Poncavage, J., and J. Jesiolowski. (1991). Mix Up a Compost and a Lime. *Organic Gardening*. March 1991, Vol. 38, Issue 3. p. 18.
19. Gotaas. p. 93.
20. US EPA. Composting at Home. <https://www.epa.gov/recycle/composting-home>.
21. Palmisano and Barlaz (Eds.). p. 132.
22. Kamal, Abu et al. (2017). Effect of Treated Wood on Biosolids Composting. *Compost Science and Utilization*, 2017, Vol. 25, No. 3. pp. 178–193.
23. Composting of Creosote Treated Wood Evaluated. *Biocycle*. October 2016. p. 11.

## Hoofdstuk 12 - Composttoiletten en droogtoiletten

1. Guidelines on Sanitation and Health. (2018). World Health Organization: Geneva. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Ibid.
3. The Human Right to Water and Sanitation Media Brief. (2010). UNDP. Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis. United Nations.
4. Guidance on How to Access the Oral Cholera Vaccine (OCV) from the ICG Emergency Stockpile. ICG 9/13/2013.
5. Water Efficiency Technology Fact Sheet — Composting Toilets. (1999). United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC. EPA 832-F-99-066.
6. Andreev, N., M. Rontaltep, B. Boincean, and P. N. L. Lens. (2017). Treatment of Source Separated Human Feces via Lactic Acid Fermentation Combined with Thermophilic Composting. *Compost Science and Utilization*, 2017, Vol. 25, No. 4. pp. 220–230.
7. Alexander, P. D. (2007). Effect of Turning and Vessel Type on Compost Temperature and Composition in Backyard (Amateur) Composting. *Compost Science and Utilization*, Volume 15, No. 3. pp. 167–175.
8. Enferadi, K. M., R. C. Cooper, S. C. Goranson, A. W. Olivieri, J. H. Poorbaugh, M. Walker, and B. A. Wilson. (1986). Field Investigation of Biological Toilet Systems and Grey Water Treatment. United States Environmental Protection Agency, Water Engineering Research Laboratory: Cincinnati, OH. EPA/600/S2-86/069 Sept. 1986.
9. To Municipal Authorities, Boards of Health, and Others. How to Prevent the Fouling of Water Sources and thus Obtain Pure Water Free of Cost, Avoiding Typhoid Fever, Diphtheria, Cholera, Dysentery, And Other Preventable Diseases. (1888). The Sanitary Fertilizer Company of the United States: Philadelphia.
10. Moule, Henry. (1866). National Health and Wealth Instead of Disease, Nuisance, Expense, and Waste Caused by Cess-Poole and Water Drainage. p. 5-6. Published by Moule's Patent Earth Closet Company Limited, London, 29, Bedford Street, Strand. 1866.
11. To Municipal Authorities, Boards of Health, and Others. How to Prevent the Fouling of Water Sources and thus Obtain Pure Water Free of Cost, Avoiding Typhoid Fever, Diphtheria, Cholera, Dysentery, And Other Preventable Diseases. (1888). The Sanitary Fertilizer Company of the United States: Philadelphia.
12. Ibid.
13. Waring, George E., Jr. (1870). Earth-Closets and Earth Sewage Including: The Earth System (Details). The Dry-Earth System for Cities. The Manure Question and Towns. Sewage and Cesspool Diseases. The Details of Earth Sewage. The Philosophy of the Earth System. The Tribune Association: New York.
14. Ibid.

15. Ibid.
16. Ibid.
17. Ibid.
18. Ibid.
19. Ibid.
20. Reeder, M. M. (1998). The radiological and ultrasound evaluation of ascariasis of the gastrointestinal, biliary, and respiratory tracts. *Semin Roentgenol* 1998, 33:57.
21. Guidelines on Sanitation and Health.
22. Abbott, Rich. (2004). Skaneateles Lake Watershed Composting Toilet Project. *Small Flows Quarterly*, Spring 2004, Volume 5, No. 2.
23. Rybczynski, W. et al. (1982). *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation - Low Cost Technology Options for Sanitation, A State of the Art Review and Annotated Bibliography*. World Bank. Transportation and Water Department: Washington, DC.
24. McGarry, Michael G., and Jill Stainforth (Eds.). (1978). *Compost, Fertilizer, and Biogas Production from Human and Farm Wastes in the People's Republic of China*. International Development Research Center: Ottawa, Canada. pp. 9, 10, 29, 32.
25. Ibid.
26. Winblad, Uno, and Wen Kilama. (1985). *Sanitation Without Water*. Macmillan Education Ltd.: London and Basingstoke. pp. 20–21.
27. Winblad, Uno (Ed.). (1998). *Ecological Sanitation*. Swedish International Development Cooperation Agency: Stockholm. p. 25.
28. *Clivus Multrum Maintenance Manual*. Clivus Multrum Inc. Lawrence, Mass.
29. Pickford, John. (1995). *Low-Cost Sanitation*. Intermediate Technology Publications: London. p. 68.
30. *Garbage*, Feb/Mar 1993, p. 35.
31. *Composting Toilet Systems*, PO Box 1928 (or 1211 Bergen Rd.), Newport, WA 99156, phone: (509) 447-3708; Fax: (509) 447-3753.

### **Hoofdstuk 13 - Wormen en ziektes**

1. Kristof, Nicholas D. (1995). Japanese Is Too Polite for Words. *Pittsburgh Post Gazette*, Sunday, September 24, 1995. p. B-8.
2. Beeby, John. (1995). *The Tao of Pooh (now titled Future Fertility)*. Ecology Action of the Midpeninsula: Willits, CA. Disclaimer and pp. 64–65.
3. Ibid. pp. 11–12.

4. Barlow, Ronald S. (1992). *The Vanishing American Outhouse*. Windmill Publishing Co.: El Cajon, CA. p. 2.
5. Warren, George M. (1922, revised 1928). *Sewage and Sewerage of Farm Homes*. U.S. Department of Agriculture, Farmer's Bulletin No. 1227. As seen in Ronald S. Barlow. (1992). *The Vanishing American Outhouse*. Windmill Publishing Co.: El Cajon, CA. pp. 107–110.
6. Shuval, Hillel I. et al. (1981). *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Night Soil Composting*. International Bank for Reconstruction and Development (World Bank): Washington, DC. p. 8.
7. Tompkins, P., and C. Boyd. (1989). *Secrets of the Soil*. Harper and Row: New York. pp. 94–95.
8. Howard, Sir Albert. (1947). *The Soil and Health: A Study of Organic Agriculture*. Schocken: New York. pp. 37–38.
9. *Ibid.* p. 173 (in the 2011 Oxford City Press edition).
10. *Ibid.* 174 (in the 2011 Oxford City Press edition).
11. Feachem et al. (1980). *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation*. The World Bank, Director of Information and Public Affairs: Washington, DC.
12. Sterritt, Robert M. (1988). *Microbiology for Environmental and Public Health Engineers*. E. & F. N. Spon Ltd.: New York. p. 238.
13. Jervis, N. (1990). *Waste Not, Want Not*. *Natural History*. May 1990. p. 73.
14. Winblad, Uno (Ed.). (1998). *Ecological Sanitation*. Swedish International Development Cooperation Agency: Stockholm. p. 75.
15. Sterritt. pp. 59–60.
16. Palmisano, Anna C. and Morton A. Barlaz (Eds.). (1996). *Microbiology of Solid Waste*. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 159.
17. Gotaas, Harold B. (1956). *Composting — Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*. World Health Organization, Monograph Series Number 31: Geneva. p. 20.
18. Sopper, W. E. and L. T. Kardos (Eds.). (1973). *Recycling Treated Municipal Wastewater and Sludge Through Forest and Cropland*. The Pennsylvania State University: University Park, PA. pp. 248–251.
19. *Ibid.* pp. 251–252.
20. Shuval et al. p. 4.
21. Sterritt. p. 252.
22. Cheng, Thomas C. (1973). *General Parasitology*. Academic Press, Inc.: New York. p. 645.

23. Shuval et al. p.6.
24. Feachem et al.
25. Ibid.
26. Olson, O. W. (1974). *Animal Parasites — Their Life Cycles and Ecology*. University Park Press: Baltimore, MD. pp. 451–452.
27. Crook, James. (1985). Water Reuse in California. *Journal of the American Waterworks Association*, v77, no. 7. As seen in van der Leeden et al., *The Water Encyclopedia*. (1990). Lewis Publishers: Chelsea, MI.
28. Boyd, R. F., and B. G. Hoerl. (1977). *Basic Medical Microbiology*. Little, Brown and Co.: Boston. p. 494.
29. Cheng. p. 645.
30. Sterritt. pp. 244–245.
31. [https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform\\_bacteria.htm](https://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/coliform_bacteria.htm).
32. Pokharel, Krishna, and Preetika Rana. Troubled Waters. *The Wall Street Journal*, October 21–22, 2017. p. C1.
33. Epstein, Elliot. (1998). Pathogenic Health Aspects of Land Application. *Biocycle*, September 1998. The JG Press, Inc.: Emmaus, PA. p. 64.
34. Solomon, Ethan B., et al. (2002). Transmission of *Escherichia coli* 0157:H7 from Contaminated Manure and Irrigation Water to Lettuce Plant Tissue and Its Subsequent Internalization. *Applied and Environmental Microbiology*, January 2002. Amer. Soc. For Microbiology. pp. 397–400.
35. Shuval et al. p. 5.
36. Feachem, et al. (1980). p. 231-236.
37. Franceys, R. et al. (1992). *A Guide to the Development of On-Site Sanitation*. World Health Organization: Geneva. p. 212.
38. Schoenfeld, M., and M. Bennett. (1992). Water Quality Analysis of Wolf Creek (unpublished manuscript). Slippery Rock University, Applied Ecology Course, PREE, Fall Semester (Prof. P. Johnson), Slippery Rock, PA.
39. USEPA. Biosolids Technology Fact Sheet, Use of Composting for Biosolids Management. EPA/832-F-02-024. (2002).
40. USEPA. Environmental Regulations and Technology, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, (Including Domestic Septage). Under 40 CFR Part 503. EPA/625/R-92/013. (2003).
41. Ibid.
42. Ibid.

43. Pomeranz, V. E., and D. Schultz. (1972). *The Mother's and Father's Medical Encyclopedia*. The New American Library, Inc.: New York. p. 627.
44. Chandler, A. C., and C. P. Read. (1961). *Introduction to Parasitology*. John Wiley and Sons, Inc.: New York.
45. Brown, H. W., and F. A. Neva. (1983). *Basic Clinical Parasitology*. Appleton-Century-Crofts: Norwalk, CT. pp. 128–131. Also Pinworm destruction by composting mentioned in Gotaas. p. 20.
46. Ibid. 119–126.
47. Ibid.
48. Ibid.
49. Haug, Roger T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL. p. 141.
50. Shuval. p. 4.
51. Franceys, R. et al. p. 214.
52. Shuval. p. 7.

## Hoofdstuk 14 - De Tao van compost

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Tao>.
2. Pan, Tian-Hao, et al. (2017). Comparison of Cassava Distillery Residues and Straw as Bulking Agents for Full-scale Sewage Sludge Composting. *Compost Science and Utilization*, 2017, Vol. 25, No. 1. pp. 1–12.
3. LaMotte Chemical Products Co., Chestertown, MD 21620.
4. Rodale, J. I. et al. (1960). *The Complete Book of Composting*. Rodale Books: Emmaus, PA. p. 650.
5. Kitto, Dick. (1988). *Composting: The Organic Natural Way*. Thorsons Publishers Ltd.: Wellingborough, UK. p. 103.
6. World of Composting Toilets Forum Update No. 3, Monday, November 2, 1998.
7. Del Porto, David, and Carol Steinfeld. (1999). *The Composting Toilet System Book* — editor's draft. Center for Ecological Pollution Prevention: Concord, MA.
8. Olexa, M. T. and Rebecca L. Trudeau. (1994). *How is the Use of Compost Regulated?* University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, Document No. SS-FRE-19.
9. Pennsylvania Solid Waste Management Act, Title 35, Chapter 29A.
10. Pennsylvania Municipal Waste Planning, Recycling and Waste Reduction Act (1988), Title 53, Chapter 17A.



11. King, F. H. (1911). *Farmers of Forty Centuries*. Rodale Press, Inc.: Emmaus, PA. pp. 78, 202.

## Hoofdstuk 15 – In een kwaad daglicht

1. Searchinger, Tim et al. (2018). World Resources Report — Creating a Sustainable Food Future — A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050. Synthesis Report, December 2018. World Resources Institute.
2. Saber, Mohammed, Hussein Fawzy Abouziena, Essam Mohamed Hoballah, Wafaa Mohamed Haggag, and Alaa El-Din Mohamed Zaghoul. (2016). Sewage Farming: Benefits and Adverse Effects. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.
3. Ibid.
4. Conrad, Z., M. T. Niles, D. A. Neher, E. D. Roy, N. E. Tichenor, L. Jahns. (2018). Relationship between food waste, diet quality, and environmental sustainability. PloS ONE 13(4): e0195405. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195405>.
5. US Environmental Protection Agency. (May 1998). Characterization of Municipal Solid Waste in the United States: 1997 Update. Report # EPA530-R-98-007. US Environmental Protection Agency: Washington, DC. pp. 29, 45.
6. State of the World 1998. pp. 101, 166.
7. Basic Information about Landfill Gas. Landfill Methane Outreach Program (LMOP). <https://www.epa.gov/lmop/basic-information-about-landfill-gas>.
8. World Resource Foundation. (1998, April). Warmer Bulletin Information Sheet — Landfill.
9. Golden, Jack, et al. (1979). The Environmental Impact Data Book. Ann Arbor Science Publishers, Inc.: Ann Arbor, MI. p. 495.
10. National Resources Defense Council. (1997). Bulletin: Stop Polluted Runoff — 11 Actions to Clean up Our Waters. <http://www.nrdc.org/nrdcpn/fppubl.html>.
11. Bitton, Gabriel. (1994). Wastewater Microbiology. Wiley-Liss, Inc.: New York. p. 86.
12. Solley, Wayne B., et al. (1990). Estimated Water Use in the United States in 1990. U.S. Geological Survey Circular 1081, Table 31. United State Geological Service: Denver, CO. p. 65.
13. US Department of the Interior, U.S. Geological Survey. <http://water.usgs.gov/edu/qa-home-percapita.html>.
14. <https://www.epa.gov/watersense/how-we-use-water#Daily%20Life>.
15. National Resources Defense Council. (December 24, 1996). Population and Consumption at NRDC: US Population Scorecard. National Resources Defense Council: Washington, DC.
16. State of the World 1998. Worldwatch Institute. W. W. Norton and Company, New York. p. 100.
17. Sides, S. (1991, August/September). Compost. Mother Earth News, Issue 127. p. 50.

18. World Fertilizer Trends and Outlook to 2018. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome. p. 8.
19. Vital Signs 1998. Worldwatch Institute. 1400 16th St. NW, Ste. 430, Washington, DC 20036. p. 132.
20. Cannon, Charles A. (1997). Life Cycle Analysis and Sustainability Moving Beyond the Three R's — Reduce, Reuse, and Recycle — to P2R2 — Preserve, Purify, Restore and Remediate. As seen in the 1997 Organic Recovery and Biological Treatment Proceedings, E. I. Stentiford (Ed.). International Conference, Harrogate, United Kingdom. 3–5 September 1997. pp. 252–253. Available from Stuart Brown, National Compost Development Association, PO Box 4, Grassington, North Yorkshire, BD23 5UR UK ([stuartbrown@compuserve.com](mailto:stuartbrown@compuserve.com)).
21. Livingston, James D. (1996). Driving Force — The Natural Magic of Magnets. Harvard University Press. p. 42-45. Also: Veraschuur, Gerrit L. (1993). Hidden Attraction — The Mystery and History of Magnetism. Oxford University Press. p. 180. Also: Wei Lin, Jinhua Li, and Yongxin Pan. (2012). Newly Isolated but Uncultivated Magnetotactic Bacterium of the Phylum Nitrospirae from Beijing, China. Applied and Environmental Microbiology, February 2012, Volume 78, No. 3. p. 668. Also: Lefevre, Christopher T. et. al. (2010). Moderately Thermophilic Magnetotactic Bacteria from Hot Springs in Nevada. Applied and Environmental Microbiology, June 2010, Volume 76, No. 11. p. 3740

