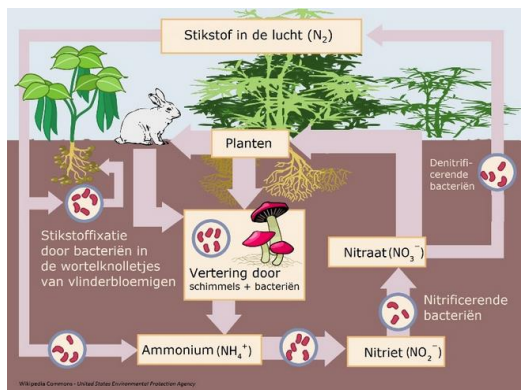


Voed de bodem!

Gesloten kringlopen, kansen voor klimaat, landbouw en milieu

Het nuttig gebruik van natuurlijke reststromen ter bevordering van het herstel van de natuurlijke kringlopen



Stikstofkringloop



Koolstofkringloop

“Het is de hoogste verantwoordelijkheid voor een wetenschapper om de natuurlijke wetmatigheden te bestuderen, te begrijpen en te respecteren”
(Naar Justus von Liebig 1803 - 1873, grondlegger van de mineralentheorie)

Stichting Agrarische Groenstations



www.agrarischegroenstations.nl

stagroen@gmail.com

06 39 644 858

kvk 02087050

Uitgave februari 2017

Toen Justus von Liebig in de 19e eeuw ontdekte dat plantengroei gestimuleerd kon worden doordat bepaalde stoffen in opgeloste vorm werden opgenomen, leidde dat tot een revolutie in de landbouw. Het was het geboorte-uur van de agrarische chemie. De betreffende stoffen konden industrieel geproduceerd worden, de industrie verkocht ze aan de boeren, de boeren strooiden ze over hun land en de opbrengsten stegen.

De bodem met z'n ontelbare levensvormen, die in staat zijn voedingsstoffen voor de plantenwereld op te bouwen, verloor steeds meer aan betekenis. Tot op de dag van vandaag zijn de meeste mensen zich er niet meer van bewust dat ook de bodem en het bodemleven een essentiële schakel vormt binnen de natuurlijke kringloop en dat deze schakel gevoed moet worden indien men een vruchtbare grond wil behouden. Daarbij blijkt de bodem een belangrijke rol te spelen in het klimaatvraagstuk.

Momenteel staan we voor het resultaat van deze agrarische politiek, vele bodems zijn uitgeoogd, bevatten vrijwel geen voedende humus en bodemleven meer en hebben een verslechte structuur, grote gebieden worden door erosie bedreigd, het milieu lijdt schade, de plantaardige productie kan alleen op peil worden gehouden door kunstmest en nieuwe bestrijdingsmiddelen. Dit is echter een heilloze weg. De bodem is niet alleen de basis voor het bestaan van boer en tuinder maar tevens van de mensheid. Geen beschaving kan blijven bestaan zonder voldoende en duurzame voedselproductie. Als de grond goed gevoed en goed verzorgd wordt dan ontwikkelt zich hierin een bron van leven. Bacteriën, schimmels, algen, wieren, nematoden, regenwormen, etc. zullen zich vestigen en zetten de grond om tot een vruchtbare bodem en vormen voedingsstoffen voor de planten in de juiste hoeveelheden op het juiste moment. Alleen uit leven kan leven ontstaan. Het bovengrondse is een afspiegeling van het ondergrondse.

Dit rapport is geschreven om aan te geven dat het mogelijk is voedsel te produceren met gebruikmaking van natuurlijke grondstoffen. Voedselkwaliteit en voedselveiligheid gaan hand in hand en zullen hierdoor toenemen. De bodem vormt een bron van leven en voedingsstoffen en is tevens een opslagplaats van organisch materiaal. Dit vormt een tot nu toe onbekende functie van de bodem in de strijd tegen het broeikasprobleem. De opgeslagen koolstof bevindt zich dan namelijk niet in de atmosfeer in de vorm van het broeikasgas kooldioxide. De rol en de invloed van de bodem op het klimaat is daarmee aanzienlijk.

Met behulp van de Controlled Microbial Composting (CMC) methode is het mogelijk natuurlijk organisch restmateriaal volledig te benutten. Het ecologisch evenwicht in de bodem zal zich dan herstellen. Organische reststoffen vormen het voedsel voor het bodemleven dat hieruit vervolgens bodemvruchtbaarheid opbouwt. Het is daarom van belang organische reststoffen te verwerken volgens de natuurlijke processen van afbraak en opbouw. De natuurlijke kringloop dient weer gesloten te worden, de CMC-methode is hierop gebaseerd. Dit rapport geeft naast een beschrijving van de essentiële rol van het bodemleven in de landbouw en voedselvoorziening een uiteenzetting van de CMC-procestechniek. Tevens wordt ingegaan op de betekenis van organische stof met betrekking tot het klimaatvraagstuk.

K. Lanting,
Kollum december 2016

Inhoudsopgave

samenvatting	4
1 Bodem, bodemleven en bodemvruchtbaarheid	5
1.1 Micro-organismen in de bodem	5
1.2 De Wet van de natuurlijke kringloop en de drie levens- vormen	5
1.3 Microbiologie	8
1.4 Symbiose tussen planten en micro-organismen	11
1.5 De bodem en het gebruik van kunstmest	13
1.6 Opbouw van humus en het belang van het kleihumus- complex	14
1.7 Het vervangen van de microbiologische schakel door kunstmest	16
1.8 Edaphon en de Europese Gemeenschap	17
1.9 De betekenis van vaste mest en drijfmest.....	17
1.10 De oorsprong van toepassing van chemie in de landbouw ...	18
1.11 De natuurwetenschappelijke landbouw	19
2 CMC-compostering	21
2.1 Wat is composteren	21
2.2 Opbouw en gebruik van uitgangsmaterialen	25
C/N- tabel.....	27
2.3 Enting van de micro-organismen	28
2.4 Controle van het omzettingsproces	28
2.5 Afdekken van uitgangsmateriaal	31
2.6 Stikstofverloop, nitrificatie	32
2.7 Humificatie en mineralisatie	33
2.8 De pH-waarde en het sulfietgehalte.....	34
3 Chromatografie	35
3.1 De ontwikkeling van een compostchroma.....	35
3.2 Het interpreteren van een chroma.....	36
3.3 Analyseprotocol en standaardwaarden voor CMC-compost ..	37
4 Het verband tussen compost en klimaat	39

5.	Agrarische groenstations	42
6.	De betekenis van CMC-composteren.....	44
Interessante sites		45
Literatuurlijst		46
 Bijlagen		
1	Energiestroom bij afbraak van organisch materiaal	47
2	Foto van een CMC-compostering op agrarisch niveau	49
3	Foto van een CMC-compostering op grotere schaal	50
4A	Werking van micro-organismen in de rhizosfeer	51
4B	Vervolg werking micro-organismen in de rhizosfeer	52
5	Overzicht belangrijkste onderdelen CMC-compostering	53
6	Folder met betrekking CMC-proces en afdekking	54
7	Vervolg infolder met betrekking CMC-proces	55
8	Afbeelding van zelfrijdende omzetmachine.....	56
9 t/m. 13	Info m.b.t. meetapparatuur en omzetmachines	57
14	De natuurlijke kringloop in de praktijk	62
15	Weergave van de koolstofkringloop	63
16	Weergave van de stikstofkringloop.	64
17	De Europese Nitraatrichtlijn	65

Samenvatting

Toepassing van de chemie in de landbouw en schaalvergroting heeft een bijdrage geleverd aan de naoorlogse opbouw. De voedselvoorziening kon veilig gesteld worden, handel en industrie konden groeien, de export werd opgevoerd. De keerzijde van deze expansieve ontwikkeling is echter dat de hiermee gepaard gaande belasting van natuur en milieu een dusdanig omvang krijgt dat de balans negatief dreigt uit te slaan. Met name het wereldwijde gebruik van kunstmest brengt schade toe aan het natuurlijke ecosysteem, de bodem en het klimaat. De bodem dreigt een levenloos substraat te worden, door erosie gaat de vruchtbare bovenlaag verloren, voedsel blijkt niet volwaardig meer te zijn. De agrarische sector staat onder druk.

De ontdekkingen van Justus von Liebig rond 1840 dat plantengroei met name bepaald wordt door de voedingselementen stikstof, fosfaat en kalium, heeft de basis gelegd voor de chemische landbouw. Daarnaast heeft het ten tijde van de Eerste Wereld oorlog ontwikkelde procedé om stikstof uit de lucht te binden ten behoeve van de oorlogsindustrie, deze ontwikkeling in een stroomversnelling gebracht. Dit heeft de natuurwetenschappelijk georiënteerde landbouw, die zich ook juist in die tijd begon te ontwikkelen, vrijwel geheel verdrongen. Door de industriële benadering van de landbouw is men voorbij gegaan aan het gegeven dat landbouw in de eerste plaats bepaald wordt door levensprocessen en niet door chemie en techniek. Het ingrijpen in en negeren van deze levensprocessen blijkt na bijna honderd jaar grote problemen te veroorzaken. Er rijzen zorgen ten aanzien van de wereldvoedselproductie door afname van grondstofvoorraden terwijl de energieverslindende kunstmestproductie het broeikas effect versterkt. Halvering van de kunstmestproductie zou een energiebesparing opleveren die gelijk staat aan een verdubbeling van aantal windparken in Nederland. De chemische benadering in de huidige landbouwstrategie blijkt fundamenteel onjuist te zijn. Steeds meer groeit het inzicht dat landbouw in overeenstemming dient te zijn met de natuurlijke ecosystemen en de natuurlijke kringloopwet. Pas dan is er werkelijk sprake van duurzame landbouw.

De koolstof- en stikstofkringloop vormen hierin de basis. De door assimilatie gebonden koolstof wordt vastgelegd in de bodem en dient als bouwsteen voor nieuw leven. Het verbranden en vergisten van organische materialen sluit deze bodemfunctie uit. Naast de negatieve werking van kunstmest zal dit uiteindelijk leiden tot uitmergeling van de bodem. Het toevoegen van organische reststoffen aan de bodem is daarom van essentieel belang. Met de toepassing van de 'Controlled Microbial Composting' (CMC) composteertechniek wordt een belangrijke stap in deze richting gezet. De CMC techniek is gebaseerd op de natuurlijke processen van afbraak en opbouw. Net zoals in de natuur de bovenste zuurstofrijke laag van de bodem in staat is tot afbraak van organisch materiaal en opbouw van humus, zo wordt er bij de CMC-techniek voor gezorgd dat micro-organismen organische reststromen verteren en opbouwen tot humus. Humus is stabiele organische stof, het werkt als een magneet doordat het de vrijgekomen mineralen bindt. De gangbare composteertechniek is niet gericht op vorming van humushoudende compost maar op afvalverwerking waarbij veel voedingsstoffen verloren gaan.

Door het gebruik van humushoudende compost wordt de bodemkwaliteit en bodemvruchtbaarheid verbeterd en wordt koolstof in de bodem opgeslagen, dat leidt op zich weer tot vermindering van het klimaatprobleem. Daarnaast levert de energiebesparing door het verminderde kunstmestgebruik eveneens een sterke reductie van CO₂-uitstoot. Het gebruik van natuurlijke restmaterialen in de landbouw betekent dus meer dan een win-win-situatie, niet alleen de bodem en het milieu is hiermee gebaat maar ook het klimaat en de energievoorziening.

Dit rapport geeft een beschrijving van de betekenis van het bodemleven als schakel in de keten van afbraak en opbouw en de rol daarvan in de voedselproductie. Vervolgens wordt ingegaan op de CMC-composteertechniek en de functie daarvan in het streven naar een duurzame landbouw en voedselvoorziening. Ook wordt ingegaan op het gebruik van natuurlijke restmaterialen in de landbouw in relatie tot het energie- en het klimaatvraagstuk.

Stichting Agrarische Groenstations

1. Bodem, bodemleven en bodemvruchtbaarheid

1.1 Micro-organismen in de bodem

De bodem bestaat uit een mineraal gedeelte en een organisch gedeelte. Het minerale gedeelte is gevormd door verweerd gesteente. Het organische gedeelte is ontstaan uit plantaardig en deels dierlijk materiaal. Verreweg het grootste gedeelte is echter van plantaardige oorsprong. Na afsterven komen de restanten hiervan in de bodem terecht. Hier vormt dit materiaal de voedingsbron voor het bodemleven. Het overgrote deel hiervan wordt gevormd door micro-organismen, ook wel microflora genoemd. Bacteriën, schimmels, protozoa, wieren, etc. benutten de in het organisch materiaal opgeslagen voedingsstoffen en energie. In dit verteringsproces vormt organisch materiaal het voedsel voor de microflora waardoor dit materiaal wordt omgezet tot bouwstoffen, bodemhumus en voor de plant direct opneembare stoffen. In een gezonde bodem komt de microflora massaal voor en bestaat uit vele soorten organismen, zoals melkzuurbacteriën, azotobacter, actinomyceten, mycorrhiza's en gisten. Daarnaast worden hiertoe nog vele soorten algen en wieren gerekend. Naast de micro-organismen komen in de bodem hogere organismen voor, zij vormen de mesofauna. Hiertoe worden bijvoorbeeld gerekend aaltjes, springstaarten, wormen en verschillende soorten insecten, spinnen en mijten. Micro-organismen en mesofauna tezamen vormen het bodemvoedselweb en worden ook wel gezien als de eigenlijke bodemvormers. Bepaalde soorten micro-organismen, zoals de lithobionten, zijn in staat mineralen (elementen) uit gesteenten vrij te maken, zij staan aan de basis van de bodemvorming en worden gerekend tot de oorspronkelijke levensvormen op aarde. Van het microleven in de bodem is nog maar weinig bekend. Aangenomen wordt dat vrijwel de meeste soorten micro-organismen die in de bodem voorkomen nog niet bekend zijn. Men veronderstelt dat 1 gram gezonde grond miljoenen micro-organismen kan bevatten. In tabel 1 staat bij benadering het gemiddelde gewichtsaandeel van micro-organismen per hectare aangegeven in een bouwvoor van 20 cm.

Totaal gemiddeld gewicht van een bouwvoor:	3000 ton
Gemiddeld aandeel organische stof 2%:	60 ton
Aandeel micro-organismen in organische stof 7%:	4,2 ton

tabel 1. Gemiddeld gewichtsaandeel micro-organismen per ha. in een bouwvoor van 20 cm.

Bron: Voith / Guggenberger, 'Der Bodem-Chroma-Test', 1986.

De hogere bodemorganismen (de mesofauna), zoals protozoa, aaltjes, springstaarten, wormen, kevers, duizendpoten, larven etc. verkleinen het organisch materiaal. Zij dragen de microflora in het spijsverteringskanaal. De hogere organismen verplaatsen en mengen het organisch materiaal met de minerale bodembestanddelen. Tevens wordt de microflora via de uitscheidingsproducten van de mesofauna door de bodem verplaatst en verspreid. Bijlage 1 geeft een illustratie van de bodemorganismen.

1.2 De wet van de natuurlijke kringloop en de drie levensvormen

Binnen de wet van de natuurlijke kringloop vormen micro-organismen een belangrijke schakel. De functie van deze schakel in het proces van afbraak en opbouw is essentieel voor het in stand houden van het leven op aarde. Zonder micro-organismen worden voedingsstoffen in organisch materiaal niet vrijgemaakt en zou er geen humusopbouw in de bodem plaatsvinden (in hoofdstuk

1.6 wordt hier nader op ingegaan). Dit zou het bestaan van hogere organismen zoals planten, dieren en mensen onmogelijk maken. Het is daarom interessant te beseffen dat alle voedsel op aarde eens door een bacterie is voorverteerd. Bacteriën kunnen door productie van enzymen bijna alles afbreken. Voor elke stof is er wel een soort. Grote complexe moleculen worden door bacteriën ontleed in kleinere voor de plant opneembare moleculen. Daarnaast zijn bacteriën de meest stikstofrijke cellen. Andere organismen die bacteriën opnemen (zoals nematoden) scheiden het te veel aan stikstof uit zodat dit ten goede kan komen aan planten. Figuur 1 geeft een weergave van de natuurlijke kringloop. Ten aanzien van de indeling van micro-organismen in het planten- en dierenrijk is geen duidelijke scheidslijn aan te geven omdat micro-organismen noch plantaardig noch dierlijk zijn. Deze groep wordt daarom naast planten en dieren als aparte levensvorm beschouwd. Voor het bestaan zijn deze drie levensvormen wederzijds van elkaar afhankelijk. Op het gebied van de bodembioïologie, met name het afbraakproces en humusvorming, is nog maar weinig bekend. Ook in het onderwijs wordt hier maar nauwelijks aandacht aan besteed. Afbeelding 1 op pag. 7 geeft de natuurlijke kringloop in de praktijk weer.

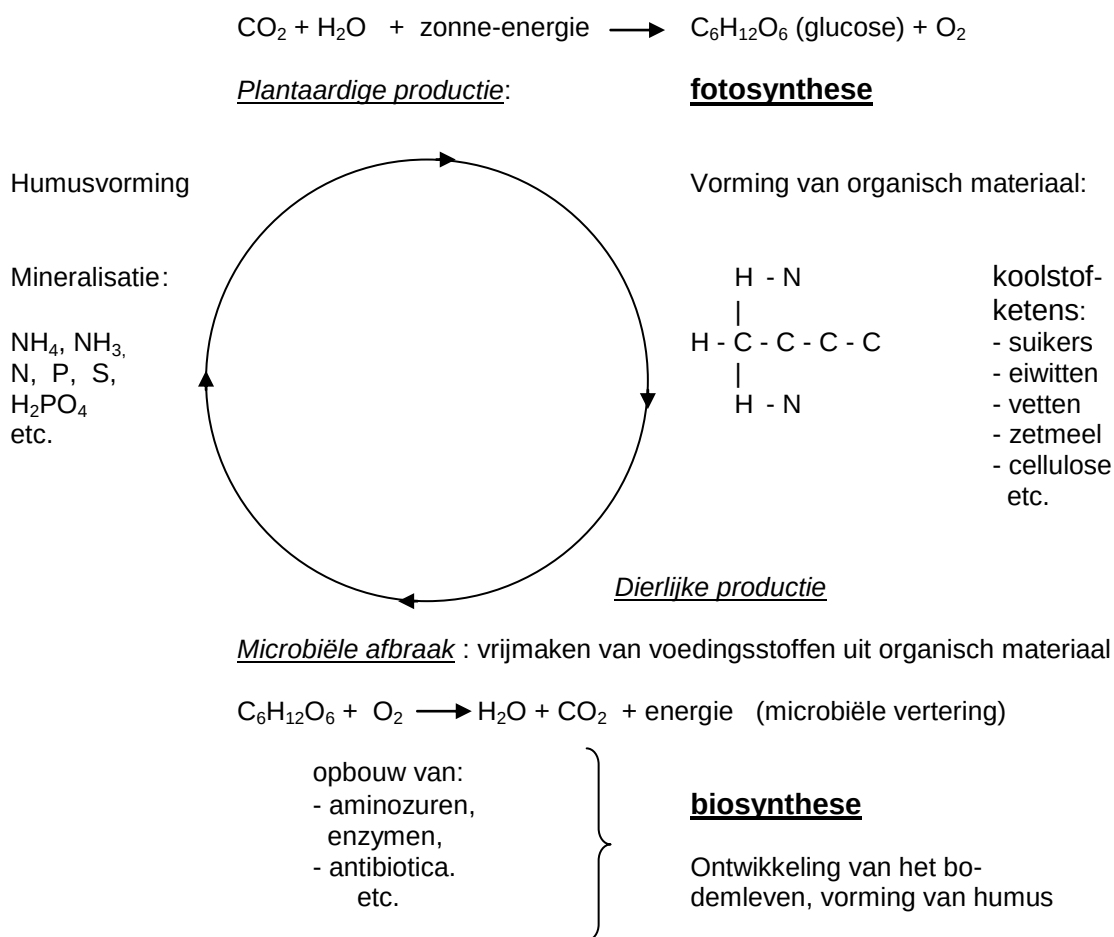
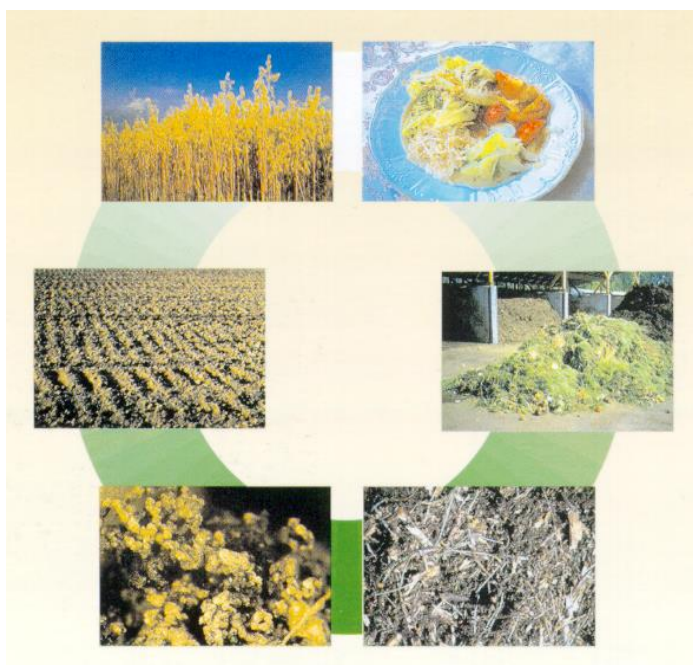


fig. 1 Weergave van de natuurlijke kringloopwet
Bron: Leerstof cursus 'Boden prüfkurs' te Oostenrijk, 1997.



Afb. 1

De natuurlijke kringloopwet in de praktijk. Afgestorven organisch materiaal wordt microbieel afgebroken. De vrijgekomen stoffen worden in micro-organismen en humus vastgelegd. Humus wordt door het bodemleven opgebouwd en vormt de voorraadschuur voor het bodemleven. Door afgifte van met name suikers, wisselen planten voedingsstoffen uit met het bodemleven. Door deze symbiose zijn plantenwortels omgeven met micro-organismen en schimmels. Schimmels vergroten door vorming van schimmeldraden (hyfen) het wortelstelsel vele malen. Dit komt uiteraard de plantengroei ten goede.

Bron; CMC-Gruppe, Oostenrijk.

In de natuurlijke kringloop staan de elementen koolstof (C) en stikstof (N) centraal. Men spreekt daarom ook wel van de koolstof- en stikstofkringloop (bijlage 15 en 16). Koolstof en stikstof staan aan de basis van het leven door vorming van koolstofketens die noodzakelijk zijn voor de vorming van eiwitten, vetten en suikers. Door opname van zonne-energie zijn planten in staat koolstofketens te vormen. Hierbij fungeert het element zuurstof (O_2) als energiedrager. De door planten opgenomen zonne-energie wordt tijdens het groeiproces als bindingsenergie vastgelegd in de gevormde koolstofketens. Daarnaast wordt deze energie benut voor het plantaardige groeiproces. Tijdens het afbraakproces wordt de in het plantenmateriaal opgeslagen bindingsenergie benut door micro-organismen, onder andere voor de vorming van lichaamseiwitten. Daarbij zijn micro-organismen in staat stikstof uit de lucht te binden (azotobacter). Indien het afbraakproces onder zuurstofrijke, ofwel aërobe omstandigheden plaatsvindt, fungeert zuurstof als energiedrager. Indien geen zuurstof aanwezig is, worden andere elementen als energiedrager gebruikt. Dit staat bekend als anaërobe afbraak, ofwel rotting. Behalve onder te natte omstandigheden, vindt in de natuur altijd aërobe afbraak plaats. Tijdens de afbraak van het organisch materiaal komen de stoffen vrij waaruit het organisch materiaal is opgebouwd. Dit mineralisatieproces zorgt er voor dat vrijgekomen mineralen opnieuw als voedingsstoffen voor planten kunnen dienen. Omdat het mineralisatieproces langzaam verloopt komen de voedingsstoffen in kleine hoeveelheden vrij en worden opgeslagen in micro-organismen en humus. Humus vormt hierbij tevens de behuizing voor micro-organismen. Bij dit proces gaat niets verloren en is er geen sprake van uitspoeling van mineralen of verstoring van het natuurlijk evenwicht. Door deze gestage microbiële afbraak en toevoer van voedingsstoffen is plantengroei onder natuurlijke omstandigheden direct verbonden met het bodemleven. Micro-organismen zijn niet in staat suikers te vormen en zijn hiervoor afhankelijk van planten die dit via de wortels afscheiden. Ten gevolge van deze wederzijdse afhankelijkheid is er sprake van symbiose. Plantenwortels zijn daarvoor omgeven met micro-organismen. Ongeveer 20% van de koolstof die planten uit de atmosfeer opnemen wordt via de wortels in de vorm van gefotosynthetiseerde verbindingen zoals glucose afgegeven aan micro-organismen. Hierdoor wordt een constante door planten gevormde energiestroom aan het bodemleven doorgegeven. Ook symbiotische schimmels spelen hierbij een grote rol. Door schimmeldraden wordt het worteloppervlak tevens vele malen vergroot, zij strekken zich tientallen me-

ters uit in de bodem waardoor een plant beter in staat is voedingsstoffen en water op te nemen uit de omgeving.

Bij de vertering van organisch materiaal vormen de uitscheidingsproducten van micro-organismen voedingsstoffen voor planten en wordt de van oorsprong uit de atmosfeer opgenomen kooldioxide weer aan de atmosfeer afgegeven. Hetzelfde geldt voor de opgenomen stikstof dat via denitrificatie weer in de atmosfeer terecht komt. De koolstof- en stikstofcyclus maken een integraal onderdeel uit van de levenscyclus, indien deze niet zou plaatsvinden dan zou leven op aarde onmogelijk zijn. Naast het vrijmaken van bouwstoffen wordt aangenomen dat het bodemleven ook andere voor de plantengroei noodzakelijke stoffen afgeeft, zoals antibiotica en enzymen. Tevens neemt men aan dat het bodemleven als energiebuffer een stimulerende werking heeft op de plantengroei.

Belangrijke groepen micro-organismen in de bodem zijn;

<u>soort</u>	<u>functie</u>
- melkzuurbacteriën	zorgen voor 'reiniging' van organisch materiaal,
- azotobacter	zorgen voor stikstofbinding,
- gisten	stimuleren de afbraak en omzetting,
- mychorrhiza's	zorgen voor de voorvertering en leven in symbiose met planten,
- actinomyceten	breken cellulose en houtstof af, produceren antibiotica (verspreiden typische bosgrondgeur),
- pseudomonas	zijn goed in het afbreken van vreemde stoffen, zoals fytotoxische stoffen.

Bijlage 4A en 4B geven een illustratie van de belangrijkste soorten bodembacteriën en hun werking.

1.3 Microbiologie ¹

Vanwege de grote rol van micro-organismen in het natuurlijke proces van afbraak en opbouw, met name die van bacteriën en schimmels, wordt in dit hoofdstuk dieper ingegaan op de algemene microbiologie.

Microbiologie is de biologische wetenschap die zich bezighoudt met de bestudering van micro-organismen. Het begrip micro-organisme wordt hierbij zeer ruim genomen en omvat;

- bacteriën
- schimmels
- algen
- protozoa
- rickettsia
- virussen

Bacteriën

Binnen de groep van micro-organismen vormen bacteriën ver weg het grootste aandeel voor wat betreft het soortenaantal en massaliteit in voorkomen. Tevens zijn bacteriën vaak bepalend voor

¹ (bron: Locker W.P. Bakker H. Bodemkunde van Nederland deel 1, Algemene bodemkunde. 1990)

de condities waaronder ander soorten micro-organismen kunnen voorkomen. Bacteriën komen zeer verspreid voor: in de lucht, in het water, in de bodem, op planten, dieren en mensen. Hoewel sommige *pathogeen* zijn (ziekteverwekkend) is het overgrote deel van zeer groot belang voor de handhaving van het leven op aarde. De belangrijkste activiteit betreft de afbraak van dode organische stof tot eenvoudiger, anorganische verbindingen (mineralisatie). Deze anorganische verbindingen zijn opneembaar voor de groene planten en andere *autotrofe* organismen (dit zijn organismen die zelf voedsel kunnen vormen). Als men over bacteriën spreekt denkt men meestal in de eerste plaats aan pathogene bacteriën, die bepaalde ziekten zoals b.v. tuberculose, tetanus, tyfus enz. kunnen veroorzaken. Het aantal ziekteverwekkende bacteriën is echter slechts gering ten opzichte van het totale aantal soorten.

Vermeerdering

De vermenigvuldiging is ongeslachtelijk en geschiedt door celdeling, splitsing genoemd. De vermeerdering kan, indien de omstandigheden gunstig zijn, zeer snel gaan. De tijd die nodig is om te vermenigvuldigen, noemt men de delingstijd.

De delingstijd van een bacterie is met name van de volgende punten afhankelijk:

- de bacteriesoort
- de leefomstandigheden
- voedselaanbod
- de temperatuur

Onder gunstige omstandigheden bedraagt de delingstijd ongeveer 20 tot 60 minuten. Om een indruk te krijgen hoe snel zo'n vermeerdering kan plaatsvinden het volgende voorbeeld; uitgegaan is van één bacterie met een delingstijd van 30 minuten.

na 0,5 uur zijn er	2	bacteriën
na 1,0 uur zijn er	4	"
na 1,5 uur zijn er	8	"
na 3,0 uur zijn er	64	"
na 9,0 uur zijn er	262.144	"
na 10, 0 uur zijn er	1.048.576	"

In een betrekkelijk korte tijd kunnen dus enorme aantallen bacteriën ontstaan. Gaat men bij de vermeerdering niet uit van een beginaantal van één, maar van 10.000 bacteriën dan is de toename nog duidelijker.

De toename van het aantal bacteriën kan echter niet steeds maar doorgaan, want:

1. het voedsel raakt op, waardoor verdere groei onmogelijk is,
2. bacteriën vormen stofwisselingsproducten, die in grote concentraties een remmende invloed op de groei hebben.

Levensvoorwaarden voor micro-organismen

Het gedrag van micro-organismen hangt sterk af van de omstandigheden waarin ze verkeren. Met het gedrag wordt bedoeld de snelheid van vermenigvuldigen en de snelheid waarmee ze omzettingen verrichten. De omgeving en de omstandigheden samen wordt aangeduid met het begrip milieu. Om de groei en omzettingsactiviteit mogelijk te maken moet het milieu aan bepaalde voorwaarden voldoen, de zogenaamde levensvoorwaarden.

Levensvoorwaarden zijn de eisen waaraan het milieu, waarin de micro-organismen zich bevinden, moet voldoen om de groei en omzetting door micro-organismen mogelijk te maken. De be-

langrijkste levensvoorwaarden voor bacteriën, zoals voor elk levend organisme, zijn:

1. voldoende voedsel
2. voldoende vocht
3. gunstige temperatuur
4. voldoende zuurstof
5. gunstige pH

ad 1 Voedsel

Met betrekking tot voedsel onderscheidt men twee groepen; autotrofe en heterotrofe. De eerste groep, die in staat is zelf voedsel te vormen uit anorganisch materiaal, is een zeer kleine groep. De meeste bacteriën zijn heterotroof, d.w.z. hebben organische stoffen nodig en zijn dus afhankelijk van levende of dode planten of dieren. De bacteriën scheiden enzymen af waardoor de celwand van het voedsel (organisch materiaal) oplost en de voedingsstoffen opgenomen kunnen worden. Bacteriën hebben een zeer snel werkende spijsvertering, ze zijn in staat per uur ettelijke tientallen malen hun gewicht aan voedsel op te nemen.

ad 2 Water

Vele bacteriën leven in een vochtig milieu, b.v. slootwater, speeksel, melk, darmen enz. We kunnen water ook als voedsel beschouwen, daar de meeste bacteriën, evenals alle levende wezens, voor een groot gedeelte uit water bestaan. Ook worden de voedingsstoffen en afbraakproducten opgelost in water, zodat ze op die manier de celwand kunnen passeren. Water dient dus als bouwstof, oplosmiddel en transportmiddel. Water is daarom een essentieel bestanddeel van elk organisme.

ad 3 Temperatuur

De invloed van de temperatuur op de groei is zeer groot. Sommige micro-organismen groeien het best bij hoge temperatuur, andere weer het best bij lage temperatuur. Elke soort heeft een temperatuur waarbij ze zich het best vermeerderen, terwijl bij lagere of hogere temperatuur de groei moeilijker verloopt.

De micro-organismen worden naar hun temperatuurgevoeligheid in drie groepen ingedeeld:

- a. psychrofiele (psychros = koude), gedijen alleen onder koude omstandigheden,
- b. mesofiele (meso = midden), gedijen het beste tussen 25 en 40 graden celcius,
- c. thermofiele (thermos = warmte), gedijen het best in hogere temperaturen tot boven 100 graden celcius

ad 4 Zuurstof

Voor de ademhaling (verbranding) hebben bacteriën zuurstof nodig. Zoals genoemd onderscheidt men 2 groepen, n.l. aërobe en anaërobe bacteriën. De aërobe kunnen alleen leven als vrije luchtzuurstof aanwezig is. Dit zijn de z.g. vrije-lucht-zuurstof gebruikers. Dit is de grootste groep. De anaërobe bacteriën kunnen bij aanwezigheid van vrije luchtzuurstof praktisch niet leven, zij onttrekken zuurstof aan zuurstofverbindingen.

ad 5 pH (zuurgraad)

De meeste bacteriesoorten gedijen het beste bij een pH-waarde tussen 6 en 7. Waarden daar onder of daar boven zijn meestal dodelijk voor deze bacteriën, dit geldt met name voor bodembacteriën. Veranderingen in de bodem-pH, bijvoorbeeld door toediening van kunstmest, hebben daarom een negatieve invloed op het bodemleven en daardoor de bodemstructuur. Het toedienen van kalk om een te lage pH te corrigeren, heeft maar een kortdurende werking.

Schimmels

Schimmels of zwammen (*mycophyta*) bezitten geen bladgroen en kunnen daarom de kooldioxide uit de lucht niet assimileren. Zij zijn wat betreft hun organisch voedsel aangewezen op andere organismen en het zijn dan saprofyten (groeïend op dood organisch materiaal) of parasieten (groeïend op levend organisch materiaal). Vele schimmels zorgen voor vertering van de strooisellaag in de vegetatie, andere soorten leven samen met bomen en planten (om de wortels: mycorrhiza). Met de schimmeldraden (de hyfen) die zich honderden meters kunnen uitstrekken, zijn schimmels eigenlijk de grootste organismen ter wereld. Aangenomen wordt dat schimmels hierdoor een grote rol spelen in de vochtvoorziening voor planten. Schimmels zijn in staat hout (*lignine*) af te breken.



Schimmels zijn er in vele soorten. Het zijn de afvalopruimers bij uitstek en vormen een essentiële schakel in de natuurlijke kringloop. Schimmeldraden (hyfen) strekken zich tientallen meters uit. Hierdoor kunnen planten die in symbiose leven met schimmels, vocht en voedingsstoffen uit de wijde omgeving opnemen.

Mychorrhiza is een samenleven (symbiose) van schimmels en wortels van hogere planten waarbij beide organismen van elkaar profiteren. De schimmel groeit beter door de stoffen die door de hogere plant worden gevormd (bijv. suikers); de plant krijgt een betere aanvoer, vooral van mineralen, uit de grond door de vele vertakkingen van de talrijke schimmeldraden (hyfen), die een veel groter contact met de gronddeeltjes garanderen. De schimmeldraden kunnen tot in het weefsel van de plantenwortels doordringen (*endotrofe mycorrhiza*), dan wel er aan de buitenkant omheen groeien (*extotrofe mycorrhiza*), zoals bij dennen en berken. Vaak zijn de hogere planten zo van de schimmel afhankelijk dat zij zonder deze zich niet normaal kunnen ontwikkelen.

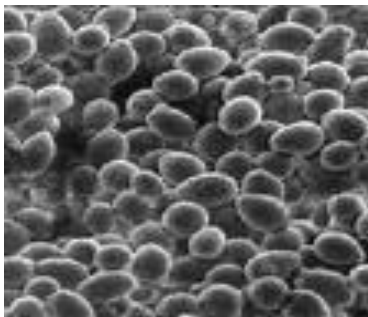
1.4 Symbiose tussen planten en micro-organismen

Gelet op het voorgaande kan gesteld worden dat voor bodemvruchtbaarheid organische stof alleen niet voldoende is, ook micro-organismen, schimmels en hogere bodemorganismen moeten in voldoende mate aanwezig zijn om dit materiaal om te zetten tot voedingsstoffen en humus. Hierbij is dus sprake van symbiose tussen planten en bodemorganismen. In deze wederzijdse afhankelijkheid scheiden plantenwortels voor micro-organismen noodzakelijke voedingsstoffen en suikers af terwijl micro-organismen de voor de planten noodzakelijke voedingsstoffen vrijmaken en afscheiden. Bij mens en dier vormt de uit bacteriën bestaande darmflora ook een vorm van symbiose ten behoeve van de spijsvertering. Micro-organismen in de darmen zorgen er voor dat voedingsstoffen worden vrijgemaakt en door de darmvlokken kunnen worden opgenomen. Dit heeft veel overeenkomsten met de plantaardige voedselopname waarbij plantenwortels omgeven zijn met micro-organismen. Omdat dit bij planten aan de buitenkant van de plantenwortel plaatsvindt (*rhizosfeer*) en planten alleen opgeloste stoffen opnemen, zijn uitscheidingsorganen bij planten niet nodig. Symbiose tussen planten en micro-organismen is vooral een enzymkinetisch proces waarvan nog veel onbekend is. Men raakt echter steeds meer overtuigd van de wederzijdse afhankelijkheid van het bodemleven in relatie met de plantengroei. In de praktijk betekent dit bijvoorbeeld dat het onbedekt of braak laten van land niet bevorderlijk is voor het bodemleven ofwel de bodemvruchtbaarheid. Ook het ploegen van land heeft een negatieve invloed op het bodemleven omdat bij ploegen de bovenste zuurstofrijke bodemlaag, waar zich het meeste bodemleven bevindt, naar diepere zuurstofarme lagen wordt gebracht terwijl de vrijwel levenloze

diepere laag naar de oppervlakte wordt gehaald. Het z.g. 'ecoploegen' (lijkt op stoppelploegen) of het gebruik van een spitmachine is dan een goed alternatief. Ook een diep wortelende winterharde groenbemester is bevorderlijk voor het bodemleven en de bodemstructuur.

Andere vormen van symbiotische micro-organismen

Zoals vermeld is er bij mens en dier ook sprake van een symbiose met micro-organismen. In de darmen bevinden zich miljarden micro-organismen, die de opgenomen voedingsstoffen ontsluiten en omzetten zodat deze door de darmvlokken kunnen worden opgenomen in de bloedbaan. De eigenlijke vertering wordt dus door de darmflora uitgevoerd. Zonder darmflora zouden mens en dier niet in staat zijn te leven. De darmflora leeft van het voedselaanbod in de darmen. Dit is vergelijkbaar met het voedselaanbod (suikers) van planten aan micro-organismen. Een andere vorm van symbiose tussen micro-organismen en de mens treffen we aan op de huid waar miljarden micro-organismen zorgen voor bescherming tegen ziekteverwekkende bacteriën en schimmels. Ook de penswerking bij herkauwers is een vorm van symbiose met micro-organismen die zorgen voor afbraak van cellulose. Tenslotte wordt in de procestechnologie de symbiotische werking van micro-organismen veel toegepast, zoals bij de bereiding van kaas, alcoholische dranken en brood.



Gisten zijn één-cellige micro-organismen



Bij de wijnbereiding worden gisten gebruikt voor het fermentatieproces

1.5 De bodem en het gebruik van kunstmest

Ter bevordering van de plantengroei wordt wereldwijd gebruik gemaakt van kunstmest. Dit bevat voedingselementen zoals stikstof, kalium en fosfaat, die een bijzondere stimulerende werking hebben op de plantengroei. Plantaardige productie zonder kunstmest is bijna niet meer denkbaar. Door toepassing van kunstmest worden (voedings)mineralen aan het bodemvocht toegevend dat vervolgens door de plant wordt opgenomen. Door deze rechtstreekse toediening via het bodemvocht wordt de voedende functie van de bodem en het bodemleven hierdoor gepasseerd, de bodem fungeert dan alleen nog als substraat. Het gebruik van kunstmest heeft naast de groeibevordering een aantal nadelen. Dit zijn de volgende;

Verlaging van de zuurgraad

Kunstmest veroorzaakt een verlaging van de bodemzuurgraad (pH). Dit heeft een zeer negatieve werking op het bodemleven. Hierdoor zal de omzetting van organische stof tot voor planten opneembare stoffen en vorming van humus sterk afnemen. Bij de mens ter vergelijking kan een geringe verlaging van de bloed-pH dodelijk zijn. Bevat een bodem voldoende humus dan fungeert dit als buffer bij pH-schommelingen. De optimale bodem pH ligt rond 6,5.

Verslemping en erosie van de bodem

De verminderde toevoer van organische stof en verlies van humus heeft een negatieve werking op de bodemstructuur. Er vindt geen humusvorming meer plaats waardoor de bodemstructuur verslechterd. De bodem wordt slompgevoelig wat leidt tot verstoring van de vocht- en luchthuishouding. Dit leidt op zich weer tot een verminderde bewerkbaarheid van de bodem waardoor steeds grotere en sterkere machines nodig zijn om de bodem te bewerken. Dit leidt uiteindelijk tot bodemerosie en verlies van teelaarde waardoor de productiviteit van de bodem zal afnemen.

Bedreiging grondwatervoorraden

Kunstmest vormt een bedreiging voor het grondwater en de drinkwatervoorraden omdat een deel naar diepere lagen doordringt waar zich deze voorraden bevinden. Vooral nitraat vormt een bedreiging voor de volksgezondheid. Overeenkomstig de Europese Nitraatrichtlijn dient de nitraatconcentratie van het grondwater teruggebracht te worden naar 50 mg/liter.

Eutrofiëring

Een ander probleem dat wordt veroorzaakt door kunstmest is uitspoeling naar het oppervlaktewater. Dit heeft een explosieve groei van waterplanten en algen tot gevolg. Naast een belemmering van de waterafvoer wordt hierdoor veel zuurstof aan het water onttrokken waardoor een groot deel van de waterplanten en andere in het water levende organismen afsterven. Het resultaat is uiteindelijk troebel water met weinig biologische diversiteit. Dit proces heet eutrofiëring en komt in vrijwel al het oppervlaktewater van Nederland voor.

Verhoging van het celvocht;

Door toevoeging van groeistimulerende stoffen zoals stikstof in kunstmest wordt de ontwikkeling van de plant min of meer geforceerd. Tengevolge van deze 'gedwongen' groei neemt de plant veel water op en stijgt het celvocht. De celwanden zijn daardoor dun en gemakkelijker doordringbaar voor schimmels en insecten zodat een verzwakt gewas ontstaat dat met chemische middelen moet worden beschermd. Daarnaast zijn plantaardige producten ten gevolge van het hoge vochtgehalte slechter houdbaar.

verdringingseffect

Kunstmest lost op in het bodemvocht. Planten nemen water op ten behoeve van het groeiproces waardoor de toegevoegde mineralen direct deel gaan uitmaken van het metabolisme van de plant. In principe is dit vergelijkbaar met een infuussysteem bij de mens waarbij bepaalde stoffen ook direct in de bloedbaan worden gebracht. Door opname van relatief hoge concentraties stikstof, kalium en fosfaat, ontstaat in het celvocht een verzadigingspunt waardoor van andere essentiële voedingsstoffen minder of te weinig wordt opgenomen. Hierdoor ontstaat bij planten een

verminderde weerstand tegen ziekten en plagen waardoor gewasbeschermingsmiddelen noodzakelijk zijn hetgeen uiteraard nadelig voor de voedselveiligheid.

Verminderde voedingswaarde

Het verdringingseffect heeft ook een verminderde voedingswaarde van het voedsel tot gevolg. Onder natuurlijke omstandigheden kan een plant uit een veel breder aanbod van voedingsstoffen putten waardoor de daaruit voortgebrachte producten rijker van samenstelling zijn, een betere voedingswaarde hebben, meer smaak bevatten en langer houdbaar zijn. Indirect is het verdringingseffect tengevolge van het kunstmestgebruik daarom van grote invloed op de gezondheid van mens en dier.

Genetische aanpassing door veranderde omgeving

Door de constante toevoeging van kunstmest wordt een voortdurende verandering van het natuurlijke bodemmilieu gecreëerd. Het is bekend dat de natuurlijke omgeving van invloed is op de genetische samenstelling van organismen. Voor plantensoorten die constant kunstmatig worden gevoed kan dit betekenen dat uiteindelijk aanpassing aan het milieu plaatsvindt waardoor cultuurgewassen het vermogen verliezen zich te voeden uit symbiose met micro-organismen.

Hoog energieverbruik en meer uitstoot van kooldioxide

De productie van kunstmest vergt erg veel energie in de vorm van aardgas, zowel als grondstof als energiedrager. De uitstoot van het broeikasgas kooldioxide (CO₂) is dientengevolge ook substantieel. Uit onderzoek is gebleken dat de stikstofbindende industrie in het jaar 2015 ongeveer 11% van het totale Nederlandse industriële energieverbruik voor zijn rekening heeft genomen. Dit gevoegd naast het gegeven dat steeds meer gebruik wordt gemaakt van fossiele brandstoffen en geïmporteerde diervoeders, maakt de energie-input in de agrarische sector relatief hoog. Het feit dat de fossiele energiebronnen eindig zijn dwingt ook de landbouw waar mogelijk energie te besparen, de CO₂-uitstoot te beperken en op zoek te gaan naar alternatieven. Het gebruik van energieverblindende kunstmest past hier niet in.

1.6 Opbouw van humus en het belang van het klei-humuscomplex

De basis van bodemvruchtbaarheid ligt dus bij het stimuleren van het bodemleven en niet bij het toedienen van oplosbare voedingsstoffen. Om het bodemleven te activeren moet dit gevoed worden met organische stof. Tengevolge van de enzymatische vertering zorgen micro-organismen voor een gestage toevoer van mineralen en bouwen humus op. Humus is een verbinding van verteerd en onverteerd organisch materiaal, bodemdeeltjes en bodemleven. Het vormt zowel de behuizing als de voorraadschuur voor het bodemleven. Omdat voedselvertering bij bacteriën buiten het bacteriële lichaam plaatsvindt vormen bacteriën een slijm laagje waaraan zich bodemdeeltjes hechten. Hierdoor ontstaat een soort schild waardoor bacteriën zich kunnen beschermen tegen hogere bacterie-etende organismen. Vele bacteriën bij elkaar vormen zo kruimels in de bodem. Schimmels verbinden deze kruimels door de vorming van schimmeldraden (hyfen) zodat een stabiele structuur ontstaat. Humus is daarom een complexe verbinding van alle organische stoffen die in de bodem voorkomen. Niet alleen het stabiele (door micro-organismen verteerde) deel van de omgezette organische stof wordt daartoe gerekend maar ook micro-organismen, hogere organismen en haarwortels behoren daartoe. Het element koolstof speelt hierin als bouwsteen een belangrijke rol. Omzetting van organisch materiaal naar humus betekent niet alleen opbouw van humus maar ook van bodemstructuur, bodemporiën en waterbergend vermogen. Bij humus wordt onderscheid gemaakt tussen stabiele (inerte, bestendige) humus en valse (actieve, onbestendige) humus. Er ontstaat valse humus als het afbraakproces sneller verloopt dan het opbouwproces. Vooral in bossen bestaat de bovenste bodemlaag uit veel valse humus. In de laag daaronder wordt door werking van micro-organismen echte of stabiele humus opgebouwd. Stabiele humus is verbonden met minerale bodemdeeltjes zodat een gebonden geheel ontstaat. Bij valse humus is dit niet het geval waardoor de afbraakproducten een los geheel vormen. Valse humus spoelt daarom gemakkelijk uit. Door de werking van micro-organismen kan valse humus omgezet worden tot stabiele humus. Humus werkt bovendien als

een magneet, dat wil zeggen dat voedingsstoffen worden vastgehouden door fysische binding zodat niets verloren gaat. Vooral kleimineralen, met name het element silicium, spelen bij de vorming van humus een belangrijke rol vanwege het adsorptiecomplex waar voedingsmineralen zich aan hechten. Men spreekt in dit verband daarom ook wel van het kleihumuscomplex. Dit heeft de eigenschap positief geladen ionen, zoals de meeste voedingsmineralen, te binden. Uit de gebonden toestand van het kleihumuscomplex kunnen micro-organismen naar behoefte voedingsstoffen vrijmaken onder uitscheiding van de positief geladen ionen zoals Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , H^{+} . Dit wordt de **kationenomwisselingscapaciteit**, afgekort tot CEC (Cation Exchange Capacity) van de bodem genoemd. Dit gebeurt door afscheiding van enzymen en zuren en vindt vooral plaats onder pH-neutrale omstandigheden. Kleimineralen en organische stof hebben een negatief geladen oppervlak dat positief geladen ionen aantrekt. Humus kan echter een veel groter CEC hebben dan klei, vooral bij een neutrale pH. Een bodem met een hoge CEC kan meer kationen aantrekken en heeft zo een potentieel hogere vruchtbaarheid dan een bodem met een lage CEC. In zandgronden wordt de CEC vrijwel volledig bepaald door de aanwezige organische stof. Humus bestaat uit koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof. De waterstofionen bevinden zich aan het oppervlak en kunnen vervangen worden door kationen zoals calcium, magnesium, kalium, natrium, etc. Het grote oppervlak van humusdeeltjes gekoppeld aan de enorme hoeveelheid uitwisselbare waterstofionen die zich hier aan kunnen hechten, vergroot de CEC van iedere bodem. Humus zorgt dus vooral voor de conditie van de bodem, als leverancier van bouwstoffen en energie. Micro-organismen vormen hierin een katalysator en schakel door hun enzymatische werking. Door symbiose met micro-organismen kunnen planten de vrijgemaakte voedingsstoffen opnemen. Daarnaast wordt in het lichaamseiwit van het bodemleven een buffervoorraad voedingsstoffen opgebouwd die na afsterven weer vrijkomt en beschikbaar komt voor het plantenleven. De moeilijk te verteren stoffen, zoals lignine, vetten en wasachtige stoffen worden biochemisch omgezet en kunnen samen met de uitscheidingsproducten van micro-organismen een stabiele humuslaag opbouwen die een nutriëntenreservoir en habitat vormt voor divers microbiel leven dat tientallen tot wel honderden jaren kan blijven bestaan.

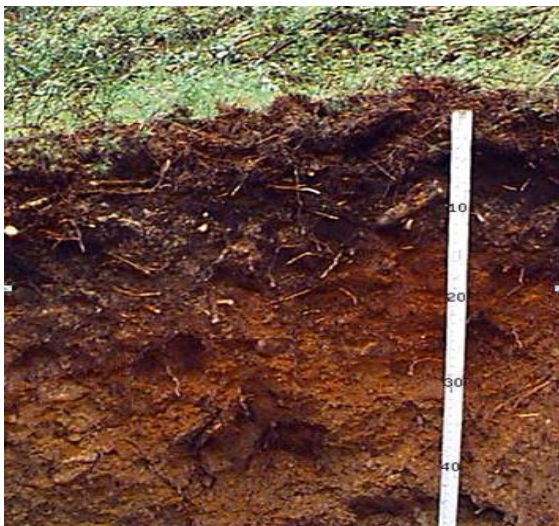
In essentie vormt humus een opslagbatterij van energie dat van oorsprong afkomstig is van de zon. Engelse onderzoekers hebben vastgesteld dat 1 acre grond met een organische stofgehalte van 4 procent evenveel energie bevat als 20 ton steenkool.

De verhouding organische stof en humus in de bodem is onder optimale omstandigheden ongeveer 1 : 3, dat wil zeggen dat een bodem met 2 procent organische stof een humuswaarde van ongeveer 6 dient te hebben, bij een organisch stofgehalte van 5 procent hoort dus een humuswaarde van 15, etc.

De humuswaarde is een relatieve waarde die in een laboratorium bepaald kan worden. Een organisch stofgehalte van de bodem van 5 procent is overigens het minimum wat een gezonde bodem dient te bevatten. Veengronden bevatten over het algemeen veel organisch stof maar tengevolge van de vaak lage pH is er weinig activiteit van het bodemleven waardoor geen humus wordt opgebouwd en de bodemvruchtbaarheid zeer te wensen overlaat. In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt is humusopbouw door de wijze van bedrijfsvoering gemakkelijk beïnvloedbaar. Aanbod van organische stof en aanwezigheid van bodemleven zijn hierin essentieel.

Gebleken is dat gewassen op een gezonde bodem vrijwel geen hinder ondervinden van ziekten of plagen. Dit kan verklaard worden uit het feit dat in een bodem met voldoende humus;

- ziekteverwekkers geen kans krijgen omdat die gegeten worden door andere organismen die in deze bodem aanwezig zijn,
- planten een beter afweersysteem hebben t.g.v. een breder aanbod van voedingsstoffen, een lagere droge stofgehalte hebben en sterkere celwanden bevatten,
- plantenwortels beschermd worden door micro-organismen en mycorrhorizae (schimmeldraden),
- de bodem een grote diversiteit aan organismen bevat waardoor ziekteverwekkers zich niet explosief kunnen vermeerderen (concurrentie).



Humuslaag in oud grasland. De onderste lichtbruin gekleurde laag vormt hier stabiele humus. De bovenste laag bestaat uit onverteerde organische stof en valse humus. Bij voldoende bodemleven zal ook de valse humus worden omgezet tot stabiele humus.

1.7 Kunstmest vervangt de microbiologische schakel in de kringloop

De rol van micro-organismen in relatie tot bodemvruchtbaarheid is vooral na de jaren vijftig van de vorige eeuw door het toenemende kunstmestgebruik steeds meer op de achtergrond komen te staan. Samen met het gebruik van bestrijdingsmiddelen is hierdoor de microbiële schakel in de natuurlijke kringloop vrijwel geheel verdwenen. De ecologische schade die hierdoor is ontstaan is direct van invloed op het voedselproducerende vermogen van de bodem. Deze schade is echter moeilijk in geld uit te drukken en wordt ook niet doorberekend in de prijs van de geteelde producten. De nadelige effecten openbaren zich intussen wel, onder andere in toenemende erosie en verwoestijning van landbouwgronden. Vooral in tropische en subtropische gebieden is het verlies van teeltaarde aanzienlijk, tijdens regenperioden kleuren rivieren en de uitmondingen daarvan in zee lichtbruin ten gevolge van het bodemverlies. Wereldwijd wordt hierdoor het voedselvoortbrengend vermogen van de aarde in gevaar gebracht. De humushoudende bovenlaag, die is gevormd door duizenden jaren van afbraak en opbouw, kan dan in een tijdsbestek van tientallen jaren verloren gaan. Dit is een sluipend proces waarvan de symptomen niet altijd duidelijk zijn maar waarvan de gevolgen ernstig kunnen zijn. Uiteindelijk is de basis van ons bestaan hiermee in het geding.

Ten gevolge van het verdringingsproces door het gebruik van kunstmest ontstaat waarschijnlijk een tekort aan bepaalde mineralen of spore-elementen die noodzakelijk zijn om de plant voldoende weerstand tegen ziekten en plagen te geven. Preventieve behandelingen met gewasbeschermingsmiddelen zijn hierdoor noodzakelijk. Het gevolg is dat er kwantitatief veel wordt geproduceerd maar dat dit kwalitatief, onder andere voor wat betreft het gehalte aan vitaminen, te wensen over laat. De voedingsmiddelenindustrie gebruikt de geoogste producten als grondstoffen en verwerkt deze tot voedsel onder toevoeging van supplementen en additieven. Dit voedsel heeft naar verhouding geringe voedingswaarde dan het vroeger zou hebben voor het kunstmestgebruik. Ook het feit dat zich tegenwoordig veel allergieën voordoen heeft hier waarschijnlijk mee te maken. De bloeiende handel in vitaminen, preparaten en andere toevoegingen aan ons voedsel geeft ook aan dat verondersteld wordt dat onze voeding niet meer volwaardig is. Aangenomen wordt dat al onze lichaamscellen regelmatig worden vervangen en wel met bouwstoffen die uit het voedsel worden opgenomen. Dit geeft te denken, hoe slechter de kwaliteit van dit voedsel hoe meer kans er bestaat op foute of gebrekkige lichaamscellen die niet meer op hun taak zijn

berekend. Organen kunnen hun werk niet meer aan zodat bijvoorbeeld een verminderde weerstand ontstaat. En het is niet uitgesloten dat onvolwaardige voeding in combinatie met de vele chemische toevoegingen één van de grootste oorzaken van kanker zou kunnen zijn.

1.8 Edaphon en de Europese gemeenschap

Om voor de plantengroei noodzakelijke humus op te bouwen dient de grond daarom voldoende bodemleven te bevatten. Al in de Griekse oudheid werd de betekenis van humus in relatie met de voedselproductie en het voortbestaan van de mensheid onderkend. Vanwege het grote belang dat aan humus werd gehecht werd dit door de Grieken '*Edaphon*' genoemd hetgeen 'leven' betekent.

Het is daarom van belang te zorgen voor een bodemopbouwend en humusvormend bodemleven in plaats van direct voeding aan planten toe te dienen in de vorm van opgeloste mineralen. Dit betekent dat er zodanige condities gecreëerd moeten worden dat het bodemleven wordt gestimuleerd. Hierdoor wordt niet alleen humus in de bodem opgebouwd maar wordt tevens energie en vitaliteit in de bodem opgebouwd. Daarnaast heeft het bodemleven door de productie van natuurlijke antibiotica een sterk reinigende werking op de bodem waardoor pathogene organismen minder kans krijgen. Veel van onze landerijen teren op de restanten van de oude humusvoorraad. Langzaam maar zeker is dit aan het verdwijnen en raakt de grond uitgeput. Door nog verdere schaalvergroting en een toenemende rationalisatie van de landbouw wordt dit effect juist versterkt. Het zijn met name de grote rationeel ver doorgevoerde bedrijven die voor een snelle achteruitgang van de bodem en het milieu hebben gezorgd. Het E.G-landbouwbeleid is vooral in de vorige eeuw gericht geweest op een meer geïndustrialiseerde vorm van landbouw waardoor agrariërs degraderen van voedselproducent naar grondstoffenproducent. Bij elke oogst van deze grootschalige landbouw wordt een deel van de bodem opgeofferd. Voor de landbouw staat hier geen vergoeding tegenover, er wordt ingeteerd op het grootste kapitaal, de bodem.

1.9 De betekenis van vaste mest en drijfmest

Om de humusopbouw weer in orde te krijgen is het gebruik van vaste mest of andere organische meststoffen alleen niet voldoende. Dit bevat namelijk geen humus. Weliswaar wordt hiermee het organische stof gehalte van de bodem verhoogd maar na jarenlang gebruik van kunstmest bezit de grond niet meer voldoende bodemleven (vitaliteit) om dit materiaal om te zetten. In de akkerbouw bijvoorbeeld blijken ondergeploegde gewasresten vaak slecht te verteren. Bovendien is vaste mest tijdens de opslagperiode vaak niet goed verteerd en bevat dit tengevolge van de anaërobe bewaringswijze veel toxische stoffen, zoals indol, skatol, mercaptaan en kadaverine. Tevens gaan in vaste mest en drijfmest tijdens de opslagperiode veel voedingsstoffen verloren. Tabel 2 op de volgende bladzijde geeft hiervan een overzicht. Beter zou zijn de mest minder lang te bewaren en te composteren zodat de voedingsstoffen bewaard blijven. Onder natuurlijke omstandigheden worden anaërobe stoffen afgebroken, met name door melkzuurbacteriën die in de bovenste laag van de bodem voorkomen. Ook trekken anaërobe stoffen veel vliegen en andere insectensoorten aan die hierin hun eieren leggen. Het injecteren van drijfmest, dat als gevolg van de anaërobe bewaringswijze ook veel van de genoemde schadelijke stoffen bevat, is daarom evenmin bevorderlijk voor het bodemleven. Weliswaar wordt hiermee een hoeveelheid opneembare mineralen in de bodem gebracht, maar tevens wordt het zelfreinigende vermogen van de bodem onbenut gelaten door het passeren van de bovenste laag waar zich juist de melkzuurbacteriën bevinden zodat eveneens toxische rottingsproducten in de bodem worden gebracht. Dit heeft zeer waarschijnlijk een negatieve invloed op het bodemleven. Daarnaast is het verlies aan wormen en andere hogere levensvormen in de bodem aanzienlijk door het toedienen van drijfmest. Wormen bewegen daardoor naar het bodembodemoppervlak, waarschijnlijk vanwege de hoge mestconcentratie, waar ze ten prooi vallen aan honderden meeuwen en kraaien.

	melkvee	mestvee	varkens	pluimvee
Stikstof	35	30	40	40
Fosfaat	55	55	55	55
Kali	75	75	75	75
Calcium/magnesium, zwavel	55	55	55	55
Sporenelementen	65	65	65	65

tabel 2 Verlies van voedingsstoffen (in %) in vaste mest en drijfmest van verschillende soorten vee tijdens de opslagperiode.
Bron: Dr. Gustav Rohde: 'Mistcompostierung'

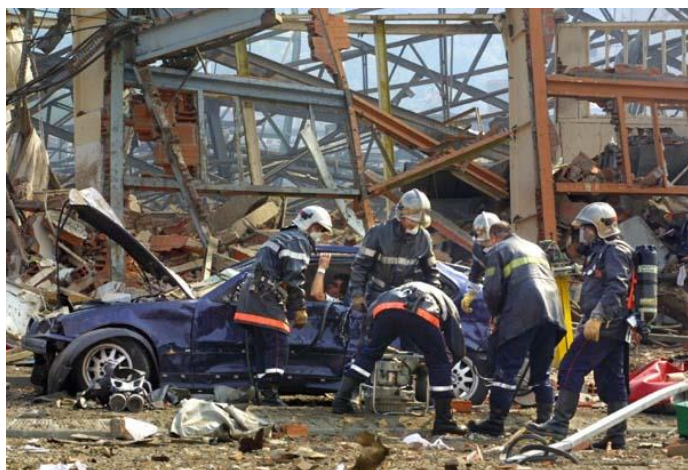
1.10 De landbouw in relatie met de Eerste Wereldoorlog ²

De mogelijkheid tot het grootschalige en wereldomvattende gebruik van kunstmest is geen doelbewuste ontwikkeling geweest ten dienste van de landbouw maar een samenloop van omstandigheden. De oorsprong van de kunstmestproductie ligt namelijk niet in de landbouw maar in de oorlogsindustrie. Springstof en kunstmest bestaan beide uit nitraathoudende verbindingen die stikstof bevatten. Weliswaar werden voor de komst van kunstmest ook stikstofhoudende delfstoffen gebruikt, zoals chilisalpeter, maar de grootschalige productie van kunstmest werd pas mogelijk gemaakt door industriële toepassing van het ten tijde van de Eerste wereldoorlog ontwikkelde proces waarmee stikstof uit de lucht kon worden gebonden ten behoeve van de kruitproductie. Toen na de oorlog de vraag naar kruit wegviel en een enorme productiecapaciteit achter bleef, werd in de landbouw een nieuwe wereldomvattende afzetmarkt gevonden.

Hoewel de natuurwetenschappelijke landbouw zich vooral had ontwikkeld na het begin van de ontdekking van het bodemleven door Raoul H. Francé in 1906, raakte na de Eerste Wereldoorlog dit begin van de natuurwetenschappelijk georiënteerde landbouw geheel overschaduwd door de opkomst van de chemische industrie. De groeistimulerende werking van stikstof was rond 1840 reeds ontdekt door de Duitser Justus von Liebig. Met het oog op het veilig stellen van de voedselproductie had Liebig in opdracht van The British Association, ter voorkoming van sociale onrust door voedseltekorten, uitvoerig onderzoek verricht in de plantenfysiologie. Hij maakte in zijn studie de belangrijkste kringlopen van de levende organismen duidelijk. Ook liet hij voor het eerst zien dat planten kooldioxide en water opnemen, en dat verder voor de plantengroei bepaalde elementen noodzakelijk zijn. De belangrijkste elementen bleken fosfor, kalium, stikstof en zwavel te zijn. Aan de elementen fosfor, zwavel en kalium was geen gebrek, daar fosfaten sulfaten en kalizouten in voldoende mate gewonnen konden worden. Maar stikstofverbindingen kwamen in veel minder mate voor. Ook de kleurstof- en geneesmiddelenchemie had voor tal van reacties stikstofverbindingen zoals ammoniak of salpeterzuur nodig. Dit bleef beperkt tot salpeter (kaliumnitraat) uit India, de guano (uitwerpselen van zeevogels) uit Peru en de caliche (natriumnitraat of chilisalpeter) uit Chili.

² Bron: Chemie en Samenleving. Van Kleurstof tot kunstmest. Molenaar / Kooiman. 1986

In de 2^e helft van de 19^e eeuw was hieruit reeds een omvangrijke kunstmesthandel ontstaan. Hiernaast kwam er nog een belangrijke tak van industrie op, die bijna geheel van gebonden stikstof afhankelijk was, de explosievenindustrie. Toen in 1914 de Eerste Wereldoorlog uitbrak werden in Duitsland onder zware staatssubsidiëring stikstofbindings- en salpeterzuurbedrijven opgezet. Bedrijven zoals BASF, BAYER en HOECHST, die zich voornamelijk bezig hielden met de productie van kleurstoffen en medicijnen, werden onder grootschalige toepassing van het pas ontwikkelde 'Haber-Bosch proces', waarmee het mogelijk werd luchtstikstof te binden, ingezet voor de oorlogsindustrie. Daardoor kon direct na de Eerste Wereldoorlog de productie van gebonden stikstof een grote vlucht nemen en groeide de kunstmestindustrie uit tot een moderne tak van chemische industrie. Dit heeft geleid tot een terugdringing van het gebruik van stalmest en compost, terwijl de natuurwetenschappelijke landbouw hierdoor vrijwel volledig verdween. Doordat het kunstmestgebruik in de wereld steeds maar bleef stijgen, met Japan en Nederland als absolute koplopers, is hierdoor een wereldwijde achteruitgang van de biologisch-fysische bodemgesteldheid veroorzaakt.



Herinnering aan de oorsprong van de kunstmestindustrie;

Op 21 september 2001 vond een explosie plaats in een opslaggebouw van de AZF. Een grote hoeveelheid ammoniumnitraat explodeerde. Dit kostte het leven van 29 mensen. Nog eens 2.500 mensen werden gewond, van wie 30 zeer ernstig. De fabrieksgebouwen en honderden huizen, scholen en andere bedrijfsgebouwen in de omgeving werden verwoest.

Brandweerlieden proberen een gewonde te bevrijden na de explosie bij de kunstmestfabriek in Toulouse.

1.11 De natuurwetenschappelijke landbouw

Omdat veel van het natuurwetenschappelijke landbouwkundige onderzoek uit de vorige eeuw was vastgelegd, kon dit ondanks de overheersing van de chemische industrie verder ontwikkeld worden. Ten gevolge van het maatschappelijke en vooral commerciële belang dat met de toepassing van kunstmest en bestrijdingsmiddelen gepaard ging, werd echter in hoofdzaak het chemisch onderzoek gesubsidieerd en raakte de natuurwetenschappelijke landbouw steeds meer in de vergetelheid. Hoewel de chemische toepassingen een verandering vormden op de tot dan toe gangbare natuurlijke landbouw, werd de natuurlijke landbouw in toenemende mate als alternatief beschouwd. Mensen zoals Rode en later Wind, Pfeiffer en Lübke (zie literatuurlijst) hebben echter vanuit overtuiging de natuurwetenschappelijke landbouw verder ontwikkeld. Vooral Pfeiffer heeft na de Tweede Wereldoorlog veel onderzoek verricht op dit gebied. Op zijn proefboerderij 'Three Oaks Valley' in de Verenigde Staten heeft hij de bodemprocessen, het bodemleven en de betekenis daarvan voor de gewasgroei bestudeerd. Door het isoleren en kweken van bodembacteriën heeft hij van vele soorten de rol en werkwijze in het proces van afbraak en opbouw in beeld gebracht. Centraal in zijn onderzoek stond de vraag welke natuurlijke factoren bepalend zijn voor bodemvruchtbaarheid. Ondanks de complexiteit van de vele fysische en biochemische processen die zich in de bodem afspelen, kwam hij tot de conclusie dat vooral de

factoren bodemleven, organische stof, humus en zuurstof hierin bepalend zijn. Om zijn bevindingen praktisch toe te kunnen passen heeft hij methodieken ontwikkeld om deze factoren te kunnen bepalen en te kunnen sturen. De belangrijkste daarvan zijn de ontwikkeling van een bacteriepreparaat waarmee de vitaliteit van de bodem gestimuleerd kan worden, de ontwikkeling van de CMC composteertechniek (Controlled Microbial Composting) en een methode om de biologische kwaliteit van de grond of compost te meten door middel van chromatografie. Hoofdstuk 2 van dit rapport gaat in op de CMC-techniek terwijl in hoofdstuk 3 een nadere beschrijving van de chromatografie wordt gegeven.

Na het overlijden van Pfeiffer, eind jaren zestig, is zijn werk voortgezet door de Oostenrijkse familie Lübke en later ook de Nederlanders J. Bakker en A. Misset. Vanaf begin jaren zeventig hebben zij zich intensief ingezet om de bevindingen van Pfeiffer verder te ontwikkelen. Met name de door hem ontwikkelde CMC-composteertechniek is door hen verder ontwikkeld. Controlled Microbial Composting wil zeggen dat het composteerproces wordt gecontroleerd door het meten van de temperatuur, zuurstofgehalte en vochtigheidsgraad. Daarnaast wordt bij het samenstellen van de materialen rekening gehouden met het koolstof- en stikstofgehalte. Ten behoeve van een juiste omzetting kan gebruik worden gemaakt van het CMC-bacteriepreparaat. Het procesverloop van de omzetting wordt gestuurd door tijdig omzetten van het materiaal met een speciaal hiervoor ontwikkelde omzetmachine.

De inzet van de Lübke-familie heeft in Oostenrijk zoveel navolging gekregen dat dit geleid heeft tot samenwerking op het gebied van de afvalverwerking tussen de Oostenrijkse overheid en de agrarische sector. Door het toepassen van de CMC-methode heeft de agrarische sector hier weten te voorkomen dat de bodem verder zou achteruit gaan en erosie onherstelbare schade zou aanrichten. Bijkomend voordeel daarvan was dat de Oostenrijkse overheid op een ecologisch verantwoorde en duurzame wijze van het groenafval werd verlost. Tevens heeft deze versterking van de agrarische sector door het bieden van een tweede tak er toe bijgedragen dat de landbouw levensvatbaar kon blijven en het Oostenrijkse landschap in stand kon blijven. In hoofdstuk 2 zal de CMC-techniek worden besproken.



Ehrenfried Pfeiffer. Geboren 1899 te München, overleden 1961 te Spring Valley (NY USA). Leerling van Rudolf Steiner (oprichter van de geesteswetenschap antroposofie). Studeerde chemie te Basel. Antroposofisch georiënteerde chemicus, biochemicus en pionier van de ecologische landbouw. Door Pfeiffer is (i.s.m. Erica Sabarth) o.a. de koperchloridemethode en de filterchromatografie ontwikkeld. Vanaf de oprichting in 1925 had Pfeiffer o.a. de leiding over het Nederlandse BD-bedrijf "Loverendale" te Walcheren.

1 CMC-compostering

2.1 Wat is composteren

Algemeen.

Het woord composteren is afgeleid van het Latijnse woord 'componäre' wat betekent samenstellen of samenvoegen. Composteren is samenvoegen van organische materialen met het doel hieruit een natuurlijke bodemverbeteraar te laten ontstaan. De kunst van het composteren ten behoeve van bodemverbetering was waarschijnlijk al voor Christus bekend, vooral bij de Aziatische volken.

Van de bovengenoemde oude wijsheid is helaas nog maar weinig overgebleven. De gangbare compostering is vooral gericht op afvalverwerking. De verwerking van groen afval ofwel organisch restmateriaal bestaat hierbij uit het machinaal verkleinen d.m.v. schredderen (zie afb. 4 op pagina 23), het ophopen en vervolgens door rotting in omvang laten reduceren. Tijdens het anaërobe omzettingsproces, dat vaak bijna een jaar duurt, gaan veel voedingsstoffen verloren. Bovendien ontstaan bij het rottingsproces schadelijke anaerobe afbraakproducten zoals indol, skatol, mercaptaan, kadaverine, ammoniak, methaangas en distikstofoxide. De broeikaswerking van methaangas is 25 keer zo sterk als die van kooldioxide, en die van distikstofoxide is 300 maal zo sterk. De vorming van ammoniak- en distikstofoxidegas betekent bovendien verlies van stikstof. Daarnaast vindt niet overal in het materiaal voldoende temperatuurstijging plaats waardoor schadelijke bacteriën en onkruidzaden kunnen overleven. Het eindproduct is een residu dat tegen transportkosten afgezet wordt in de landbouw om ruimte te maken voor nieuwe aanvoer omdat men voor deze inname betaald wordt.

Rotting is een anaëroob proces waarbij bepaalde bacteriesoorten door gebrek aan vrije zuurstof energie vrijmaken uit zuurstofverbindingen, zoals sulfaten en sulfieten. Dergelijke compost bevat een restant ongebonden mineralen maar het bestaat in hoofdzaak uit onverteerde resten waarin geen humus is opgebouwd. Bovendien bevat het pathogene stoffen die een negatieve werking hebben op het bodemleven. Alleen het organische stofgehalte van de bodem wordt hiermee tijdelijk verhoogd, omdat het geen stabiele organische stof is wordt dit weer snel afgebroken. Anaërobe compostering is niet gebaseerd op de natuurlijke kringloopprocessen, het eindproduct bevat daarom geen stabiele organische stof in de vorm van humus. Ook het geforceerd beluchten van composthopen heeft weinig zin omdat door de vorming van luchtkanalen die daarbij ontstaan het materiaal in hoofdzaak onder zuurstofarme condities verkeert waardoor rottingsbacteriën de overhand krijgen.

CMC-compostering is een aerob proces, dat wil zeggen dat het proces onder zuurstofrijke condities plaatsvindt. Tijdens dit aerobe proces wordt door de zuurstofminnende bacteriën koolzuur en water gevormd, dit zijn stoffen die ook bij het natuurlijke kringloopproces vrijkomen. Rotting betekent bij het CMC-proces dat de omzetting niet goed verloopt. Door het toevoegen van natuurlijke micro-organismen wordt het afbraak- en opbouwproces bevorderd. Het is hierbij van essentieel belang natuurlijke condities voor afbraak en opbouw te creëren en deze gedurende het omzettingsproces zo te houden. Dit wordt gedaan door het voortdurend meten van de parameters temperatuur, zuurstof en vocht. Indien nodig vindt correctie plaats door het machinaal omzetten van de wiers met een hiervoor ontwikkelde omzetmachine (zie afb. 2 blz. 23). Na 6 tot 8 weken is het materiaal dan volledig omgezet (verteerd) en geschikt om als natuurlijke bodemverbeteraar gebruikt te worden.

In Oostenrijk heeft men na jaren onderzoek op basis van de door Pfeiffer ontwikkelde proces-technologie, de CMC-methode ontwikkeld om organisch materiaal om te zetten op een wijze zoals dat ook onder natuurlijke omstandigheden plaatsvindt. In de eerste plaats is hierbij het omzettingsproces aerob (zuurstofrijk). Zuurstofminnende bacteriën produceren geen giftige afbraakproducten. Daarnaast wordt bij het CMC-proces gezorgd voor een optimale koolstof- en stikstofverhouding (C/N-verhouding) door een selectieve samenstelling van de te composteren

materialen. Hierdoor is het C/N-gehalte van de compost overeenkomstig aan dat van het lichaamseiwitten van de afbraakorganismen waardoor een tekort aan één van beide stoffen wordt voorkomen zou en het omzettingsproces niet stagneert. Bij een optimale C/N-verhouding vindt een evenwichtige vertering van organisch materiaal plaats en zal er humus opgebouwd worden. Voor de vorming van humus is toevoeging van kleihoudende grond in de wiers bevorderlijk. Voedingselementen kunnen zich hieraan fixeren zodat verlies door uitspoeling wordt voorkomen. Tijdens het 6 tot 8 weken durende verteringsproces worden de temperatuur, zuurstof- en vochtgehalte regelmatig gemeten en wordt het materiaal indien nodig machinaal omgezet. Bij een juist verloop van het proces ontstaan geen stank of giftige afbraakproducten en wordt in korte tijd een bodemverbeterende compost geproduceerd. Bijlage 3 geeft een beeld van een Oostenrijkse composteerplaats.

De omzetmachine

Door gebruik te maken van een speciaal voor de CMC-techniek ontwikkelde omzetmachine kunnen de procesfactoren zuurstof, temperatuur en vocht gestuurd worden. Tijdens het omzetten wordt lucht en zuurstof in de wiers gebracht en daalt de temperatuur. Door een aangebrachte sproei-installatie kan vocht toegediend worden tijdens het omzetten. Het te composteren materiaal wordt op wiersen opgezet zodat de omzetmachine het dit goed kan verwerken. Omdat aerobe micro-organismen zuurstof opnemen en koolzuur afgeven mogen de wiersen ten behoeve van de gaswisseling max. ca. 1.70 hoog zijn. Als de temperatuur stijgt dan wijst dit op microbiële activiteit. Dit zorgt voor pasteurisatie van het materiaal waardoor ziektekiemen en onkruidzaden worden gedood. Eventueel gekiemde zaden worden tijdens het machinaal omzetten alsnog vernietigd. De temperatuur mag tot 65 °C stijgen, daarboven zal verbranding en verlies van voedingstoffen en energie ontstaan. Door het machinaal omzetten wordt zuurstof in de wiers gebracht en kan koolzuur ontwijken. De omzetmachines zijn zodanig geconstrueerd dat koolzuur, dat zwaarder is dan zuurstof, gemakkelijk kan wegstromen. De schoepen van de omzetmachine zijn zo geplaatst dat een intensieve menging plaatsvindt (zie afb.3 op blz. 24). Het materiaal wordt van buiten naar binnen en van onderen naar boven gebracht. Het toerental van de machine mag niet hoger zijn dan 250 rpm. om verdichting te voorkomen, de voortgang is maximaal 300 meter per uur ten behoeve van een optimale menging. Afhankelijk van de temperatuur en het koolzuurgehalte vindt het machinaal omzetten gemiddeld 18 tot 20 maal plaats. Omdat de omzetcapaciteit van deze machines vele malen hoger is dan de capaciteit van een kraan of shovel die bij het gangbare composteren gebruikt worden, is de CMC-methode per saldo economisch voordeliger (zie de tabel op de volgende bladzijde). Bovendien is de menging van het materiaal bij gebruik van kranen of shovels slechter.



Afb. 2

Omzetmachines zijn zowel in zelfrijdende als in tractorgetrokken types verkrijgbaar. Van beide types machines bestaan diverse uitvoeringen.



Afb. 3

Op deze foto is de rotor-as van een omzetmachine duidelijk te zien. De bladen op de as zijn zodanig gemonteerd dat het materiaal tijdens het omzetten van buiten naar binnen en van onderen naar boven wordt gebracht zodat een homogeen mengsel ontstaat waarin het omzettingproces gelijkmatig kan plaatsvinden. Door de open constructie van de machines kan koolzuurgas gemakkelijk ontwijken

Tabel 4. Kosten omzetten bij gebruik van een shovel of kraan in vergelijking met een omzetmachine. In dit voorbeeld wordt uitgegaan van het omzetten van een hoop of wiers met een inhoud van 800 m³. Het compostproces duurt bij de CMC-methode 6 tot 8 weken, bij de de traditionele methode met behulp van een kraan of een shovel duurt het compostingsproces ca. 9 maanden tot een jaar.

	Shovel / kraan	Omzetmachine
capaciteit:	800 m3/dag (8 uren)	800 m3/uur (capaciteit getrokken type)
aantal keren omzetten per composteerslag:	gemiddeld 6	gemiddeld 18
totaal aantal uren ten behoeve van het omzetten:	6 x 8 uur = 48 uur.	18 x 1 uur = 18 uren.
kosten:	48 x € 50 = € 2400	18 x € 50 = € 900
kosten per m ³ :	€ 3	€ 1,13
Indien 3 keer omzetten met shovel of kraan:	€ 1200	€ 900
kosten per m ³	€ 1.50	€ 1.13
Duur composteerproces	9 –12 maanden	6 – 8 weken

Hieruit blijkt dat het omzetten met een kraan of shovel duurder is dan het gebruik van een omzetmachine terwijl de menging met een omzetmachine ook nog eens beter is. Zelfs indien het omzetten met kraan of shovel zou worden verminderd tot 3 keer per composteerslag, dan nog blijkt het gebruik van een omzetmachine voordeliger te zijn. De verklaring is dat de omzetcapaciteit van een omzetmachine vele malen hoger is dan die van een kraan of een shovel. Een omzetmachine werkt continu door een wiers, terwijl een kraan of shovel na iedere hap bezig is deze op een andere plaats te storten waar tijd mee verloren gaat. Ook het brandstofgebruik van een kraan of shovel ligt hoger dan dat van een omzetmachine, ten eerste omdat kranen en shovels zwaardere motoren hebben en ten tweede omdat deze machines tijdens het omzetten niet met een continu toerental draaien zoals bij met een omzetmachine het geval is, zowel bij de door een tractor getrokken als bij de zelfrijdende omzetmachines.

2.2 Opbouw van de wiers en gebruik van uitgangsmaterialen

Soorten organisch materiaal en C/N-verhouding

Hoewel alle soorten organisch materiaal composteerbaar zijn, dient bij het opzetten rekening te worden gehouden met de koolstof-stikstofverhouding ofwel de C/N-verhouding. Hout bij voorbeeld bevat veel koolstof (C) en weinig stikstof (N), terwijl gras daarentegen weinig koolstof maar juist veel stikstof bevat. In tabel 3 op pagina 27 staat een overzicht van de C/N-verhouding van verschillende soorten organisch materiaal weergegeven. De optimale verhouding in de wiers dient ongeveer 20:1 te zijn, dat wil zeggen op elke 20 koolstofatomen dient één stikstofatoom aanwezig te zijn. De micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor het omzetten hebben behoefte aan beide elementen en gedijen het beste als deze in de genoemde verhouding worden aangeboden. Een hoog koolstofgehalte in het eindproduct ten gevolge van te weinig stikstof in het uitgangsmateriaal, zal na toediening aan de bodem onttrekking van stikstof tot gevolg hebben, de bodemorganismen krijgen dan namelijk koolstofrijk materiaal toegediend maar hebben voor de vertering daarvan ook stikstof nodig, dat wordt dan aan de bodem onttrokken. Dit is vrijwel altijd het geval bij de gangbare compost omdat dit vaak veel resten houtachtig materiaal bevat. Om te lage opbrengsten te voorkomen zal dan een extra stikstofgift noodzakelijk zijn.

Opbouw van de wiers

Bij de opbouw van de wiers wordt begonnen met droog materiaal, zoals verschedderd snoeihout of stro, in een hoeveelheid van ongeveer 20 tot 25 volumepercent. Hierdoor krijgt de omzetmachine gemakkelijk grip op het materiaal. Hout dient vanwege de langzame verteerbaarheid in principe niet ouder te zijn dan twee tot drie jaar. Ouder hout kan beter gebruikt worden als brandstof. Daarna wordt een laag van 25 à 35 volumepercent vaste mest (van runderen, paarden, geiten, kippen, etc.) opgebracht of ander stikstofrijk materiaal zoals groenteafval, voerresten, slootschoonsel, etc. Vervolgens wordt een laag van ongeveer 40 volumepercent groen materiaal toegevoegd (bijv. maaisel uit bermen of natuurterreinen), dit dient zo vers mogelijk dient te zijn omdat het de vitamines bevat die de katalysatoren vormen voor het omzettingsproces. Bovendien verhoogt vers groen materiaal de energiewaarde van het eindproduct. De energiewaarde is een toestand die niet wetenschappelijk is aangetoond maar waarvan het bestaan wel wordt aangenomen en in relatie wordt gebracht met vitaliteit (zie ook bijlage 1). Tenslotte wordt aan de wiers 10-15% kleihoudende grond toegevoegd ten behoeve van de opbouw van het kleihumuscomplex. Indien producten aan de wiers worden toegevoegd waarin zich rottingsproducten bevinden, zoals oude kuil of drijfmest, dan is extra vers groen materiaal noodzakelijk, bedorven materiaal heeft namelijk een lage energetische waarde waardoor de activiteit van de micro-organismen vermindert en het composteerproces moeilijker zal verlopen.

Na het opzetten van de wiers wordt het materiaal met de omzetmachine gemengd tot een homogeen mengsel. Om praktische reden dient de compostering op een verharde ondergrond plaats te vinden. Omdat de compostwieren worden afgedekt en er geen percolaat vrij komt, is het op grond van de milieuvoorschriften niet noodzakelijk dat de ondergrond vloeistof dicht is. Indien een specifieke composteerinrichting wordt opgezet, waarbij meer dan 4 tot 5 wieren worden opgezet, is het van belang dat de verharding onder afschot van 3% aangelegd wordt zodat regenwater kan afvloeien en niet in de wiers trekt en rotting tot gevolg zou hebben. Het opgevangen water kan vervolgens weer voor het composteerproces gebruikt worden. Om te voorkomen dat de wiersen te veel water opnemen dienen deze in de richting van het afschot opgezet te worden zodat het regenwater parallel daarvan kan afstromen.

Op agrarische bedrijven kan zowel op het erf als in de landerijen gecomposteerd worden, de milieuwetgeving heeft hier de ruimte voor gegeven. Wel dient bij het structureel innemen van groen restmateriaal van derden een omgevingsvergunning te worden aangevraagd bij de gemeente.



Afb. 4

Met behulp van een schreddermachine wordt snoeihout verkleind tot vezelachtige snippers. Hierdoor wordt het oppervlak van het houtachtige materiaal vergroot zodat dit toegankelijk wordt voor schimmels en bacteriën. Hout dat ouder is dan drie jaar is minder geschikt voor compostering omdat dit moeilijk verteert. Beter is dit hout te gebruiken als brandstof voor biomassacentrales.

Bron: CMC-Gruppe, Oostenrijk



Afb. 5

Een overzicht van een CMC-composteerplaats in de gemeente Tytjerksteradiel.

Hier wordt gebruik gemaakt van een getrokken omzetmachine die voorzien is van een bevochtigingsinstallatie en een doekoprolmechaniek. Het vliesdoek wordt gebruikt om uitdrogen en te nat regenen te voorkomen. Door de snelle omzetting van het CMC-proces werd de capaciteit van de composteerplaats vergroot terwijl de vraag voor de CMC-compost vanwege de goede kwaliteit toenam.

Het gebruik van een 'starter'

Om het composteerproces te bespoedigen kan een zogenaamde 'starter' toegediend worden. Dit is een preparaat dat bestaat uit sporen van micro-organismen die in de natuur ook verantwoordelijk zijn voor het proces van afbraak en opbouw. De sporen zijn gehecht aan een 'drager' dit is een poederachtig materiaal dat voornamelijk uit kleimineralen bestaat. Na oplossing in lauw water en gedurende 24 uur op kweek zetten, kunnen de geactiveerde micro-organismen over het te composteren materiaal gespreid worden (zie afb. 7 blz. 28). De productie van het startermateriaal heeft zijn oorsprong in de biologisch-dynamische landbouw en is ontwikkeld door Rudolf Steiner. De hierin aanwezige organismen, vooral melkzuurbacteriën en actinomyceten hebben een stimulerende werking op de vorming van humus.

Tabel 3. C/N-verhouding van verschillende organische materialen

	C/N-verhouding
Urine	0.8
Mestpercolaat	1.9 – 3.1
Gemengd slachtafval	2
Bloed	3
Fecaliën	6 – 10
Gras	5
Groenteafval	7
Zuiveringsslib	11
Schoon zuiveringsslib	14
Gecomposteerd zuiveringsslib	11 – 12
Zwarte grond (zwarte grond is een mengsel van grond en bewerkte organische stoffen)	10
Oude vaste mest	10
Vercomposteerde mest	10
Luzerne	16 – 20
Stro-arme vaste mest	20
Keukenafval	23
Aardappelloof	25
Verse vaste mest met hoog strogehalte	30
Gft	31
Boombladeren	50
Haverstro	50
Roggestro	65
Snoeihout	100
Tarwestro	125
Zaagmeel	511

Een lage C/N-verhouding betekent veel stikstof en weinig koolstof. Een hoge C/N-verhouding betekent veel koolstof en weinig stikstof.

2.3 Enting van micro-organismen

Omdat meestal meteen na het opzetten van de wiers de temperatuur stijgt ten gevolge van bacteriële werking, wordt de starter de tweede of derde dag toegediend. De micro-organismen van de starter zijn mesofiel wat betekent dat de optimale werking hiervan bij een lagere temperatuur ligt. Onder optimale condities voor wat betreft de C/N-verhouding en het vocht- en zuurstofgehalte, gaan de micro-organismen zich explosief vermeerderen. Tijdens de omzetting wordt het materiaal door de micro-organismen gezuiverd door de productie van natuurlijke antibiotica en antagonist. Daarnaast zorgt de hoge temperatuur dat ziektekiemen en pathogene stoffen onschadelijk worden gemaakt. De enting van de starter vindt plaats door middel van een nevelinstallatie die op de omzetmachine is aangebracht. De toediening gebeurt tijdens het omzetten zodat een goede verdeling over het materiaal plaatsvindt (afb. 7). Door de condities in de wiers optimaal te houden, zal door het aerobe verteringsprocesproces stabiele humushoudende compost worden gevormd.

Afb. 7

Enting van de micro-organismen met behulp van een sproeiinstallatie die is aangebracht op de omzetmachine. De enting gebeurt tijdens het omzetten zodat de micro-organismen optimaal over het organisch materiaal worden verdeeld.

Bron: CMC-Gruppe, Oostenrijk



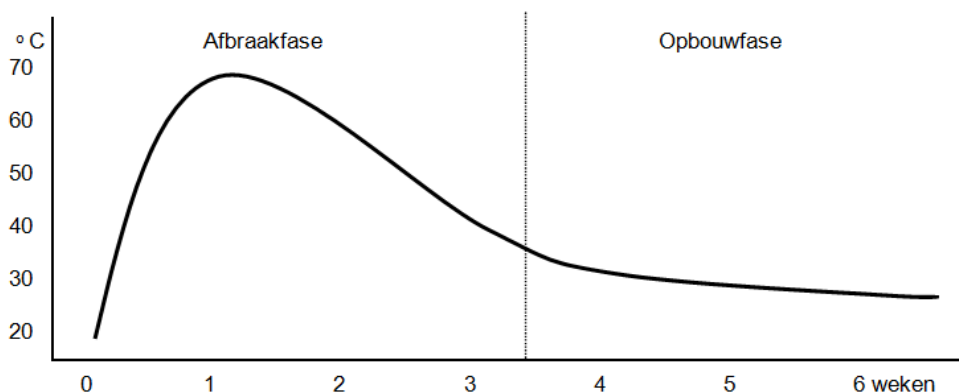
2.4 Controle van het omzettingsproces

Om het composteerproces te bewaken dienen de parameters temperatuur, zuurstof en vochtgehalte gemeten te worden. Omdat het meten van koolzuur eenvoudiger is dan het meten van zuurstof, wordt het koolzuurgehalte gemeten; veel koolzuur betekent weinig zuurstof. Indien het koolzuurgehalte boven 18% stijgt dan moet de wiers omgezet te worden omdat het proces anders onder invloed van zuurstof gebrek anaeroob verloopt en verlies van voedingsstoffen ontstaat. Eveneens dient omgezet te worden als de temperatuur boven 65 °C dreigt te stijgen. Om een optimaal beeld van het procesverloop te verkrijgen kunnen ook het methaangehalte, de nitraatwaarde, de zuurgraad en het zwavelgehalte gemeten worden. Indien methaan wordt gemeten dan is er sprake van een anaeroob procesverloop. Dat is overigens ook merkbaar tengevolge van de productie van waterstofsulfide (rotte eierengeur) en ammoniak. Ten behoeve van de analyses is een voor dit doel ontwikkelde meetkoffer te gebruiken waarin zich alle noodzakelijke apparatuur bevindt (zie afb. 8 op pagina 27). Tijdens cursussen in Oostenrijk wordt geleerd de analyses uit te voeren.

Temperatuur

De temperatuur dient op de eerste dag na het opzetten van de wiers meteen op te lopen. Boven

65 °C is het noodzakelijk het materiaal om te zetten om oververhitting te voorkomen. Het ideale temperatuurverloop tijdens het composteerproces staat in figuur 1 weergegeven.



*fig. 1 Optimaal temperatuurverloop tijdens het composteerproces
Bron: S. & U. Lübke: 'Mit der Natur leben und arbeiten', 1996.*

Het temperatuurverloop is te verdelen in een afbraak- en opbouwphase. In de afbraakfase zijn met name schimmels en wieren actief die vooral zorgen voor afbraak van cellulose. Indien de temperatuur aan het begin niet oploopt is er meestal sprake van vochttekort waardoor het omzettingproces niet op gang komt. Tijdens de relatief hoge temperatuur in de afbraakfase vindt pasteurisatie plaats zodat pathogene virussen, bacteriën en cysten gedood worden. Gebleken is dat hierdoor zelfs miltvuurbacteriën worden gedood. In deze fase is een typische geur van bosgrond waarneembaar die door actinomyceten wordt verspreid, dit worden ook wel straalschimmels genoemd. Zij zijn verantwoordelijk voor de afbraak van moeilijk af te breken materiaal, zoals eiwitten, koolhydraten en vetten. Zij kunnen alleen actief zijn als er voldoende zuurstof aanwezig is. De opbouwphase kenmerkt zich vooral door de opbouw van humus waarin een groot deel van afgebroken mineralen wordt vastgelegd. Om de compost te beoordelen op te samenstelling worden bepaalde analyses uitgevoerd. In 2.5, 2.6 en hoofdstuk 3 wordt hier op ingegaan.

Zuurstof en koolzuurgehalte

Naast het meten van de temperatuur is het essentieel het zuurstofgehalte in de wiers te meten. Omdat aërobe bacteriën koolzuur uitscheiden en het koolzuurgehalte gemakkelijk is te meten, wordt het koolzuurgehalte in de wiers gemeten. Een hoog CO₂-gehalte betekent weinig zuurstof. Het CO₂-gehalte geeft dus een indicatie van het zuurstofgehalte. Bij een te hoog koolzuurgehalte zal verstikking van de aerobe bacteriën optreden en het omzettingproces anaeroob gaan verlopen. In principe is een compostwiers te vergelijken met een long waarin zuurstof (O₂) wordt opgenomen en koolzuur (CO₂) wordt afgegeven. Het ideale CO₂-verloop staat in figuur 2 op de volgende bladzijde afgebeeld.

In de afbraakfase ontstaan hoge CO₂-waarden die tot max. 20% mogen stijgen, daarboven dient het materiaal omgezet te worden waardoor lucht en zuurstof in de wiers gebracht wordt en het CO₂-gehalte weer daalt. Belangrijk is dat de grens van 20% niet wordt overschreden omdat dan anaerobe bacteriën de overhand krijgen. In de opbouwphase ligt de CO₂-waarde rond 10%. De omzetmachines zijn zo geconstrueerd dat koolzuurgas tijdens het omzetten gemakkelijk kan wegstromen. Hoewel de omzettingfrequentie afhankelijk is van de temperatuur en het koolzuurgehalte, wordt als vuistregel aangehouden dat de eerste week elke dag wordt omgezet, de tweede week elke tweede dag, de derde week elke derde dag en gedurende de laatste drie weken 1 keer per week. Ten gevolge van de sterke temperatuurstijging kan het in de eerste week nodig

zijn 2 maal per dag om te zetten. In de praktijk wordt uitgegaan van gemiddeld 18 tot 20 maal omzetten per composteerslag. Zoals uit tabel 4 reeds bleek zijn de kosten en het energieverbruik hierbij lager dan bij het gebruik van een shovel of een kraan. Ook de energiebehoefte die bij het gebruik van kunstmest noodzakelijk zou zijn ligt hoger dan bij deze compostproductie.

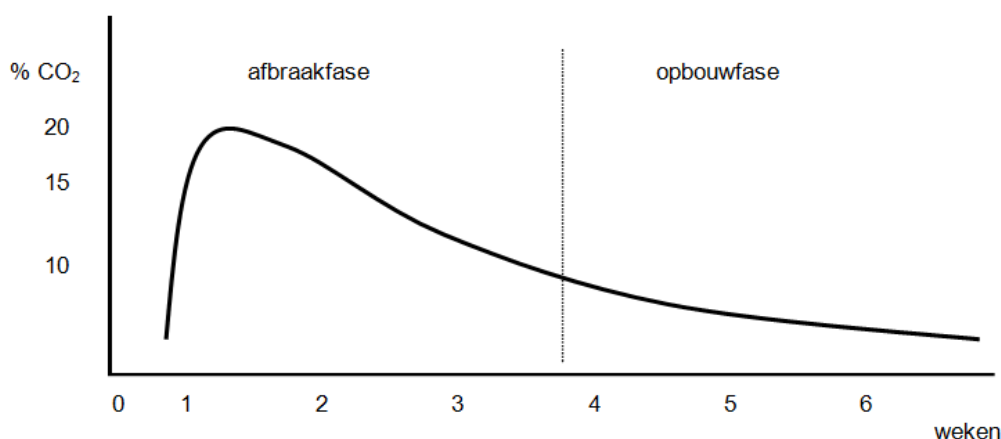


fig. 2 Optimaal koolzuurgehalte tijdens het composteerproces
Bron: S. & U. Lübke: 'Mit der Natur leben und arbeiten' 1996.

Het vochtgehalte

Evenals het zuurstofgehalte en de temperatuur dient het vochtgehalte tijdens het composteringsproces voortdurend te worden gemeten. Hoewel hier meetapparatuur voor gebruikt kan worden is dit handmatig ook gemakkelijk vast te stellen. Het materiaal dient voortdurend vochtig aan te voelen. Bij hoge temperaturen zal vooral tijdens het machinaal omzetten veel vocht verloren gaan. Onder te droge omstandigheden zal de microbiële activiteit afnemen waardoor het omzettingproces zal vertragen. Het regelmatig toedienen van vocht is daarom noodzakelijk.



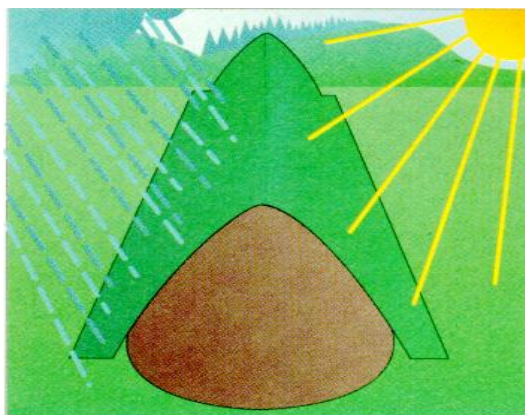
Afb. 8

Tijdens cursussen wordt geleerd met de analysekoffer te werken. De koffers zijn zo uitgerust dat deze op locatie gebruikt kunnen worden. Analyses zoals de pH, de humuswaarde, het nitraat- en het sulfietgehalte zijn hiermee gemakkelijk uit te voeren

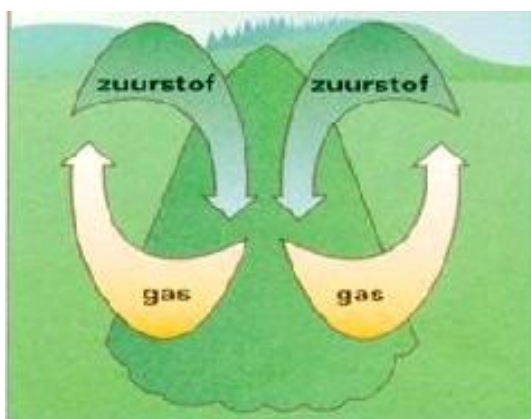
Bron: S. & U. Lübke: 'Mit der Natur leben und arbeiten' 1996.

2.5 Afdekken van het uitgangsmateriaal

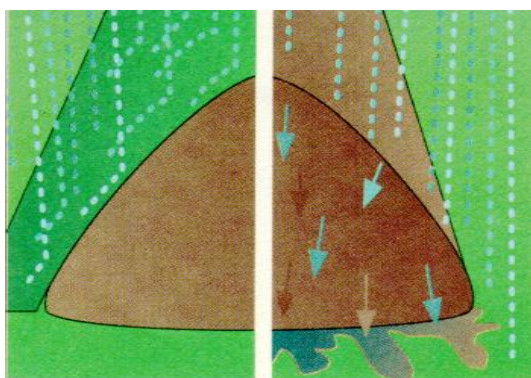
Om de vochtigheidsgraad van het te composteren materiaal op peil te houden en het materiaal te beschermen tegen regenval, wordt de wiers afgedekt met speciaal hiervoor ontwikkeld doek, het zogenaamde 'Toptex'. Ook wordt hiermee voorkomen dat de compost door zon en wind teveel uitdroogt of dat de microbiële activiteit vertraagt ten gevolge van ultraviolette straling. Het doek is zo ontwikkeld dat het geen water doorlaat maar wel gassen, zodat de compost kan blijven ademen. Door het afdekken worden de condities voor een optimale compostering gewaarborgd. Afbeelding 9, 10 en 11 geven hiervan een illustratie. De meeste omzetmachines zijn uitgerust met een doekoprolmechanisme hierdoor is het aanbrengen en oprollen van het doek eenvoudig. Naast het afdekken ziet men in Oostenrijk ook steeds meer overdekte composteerplaatsen. Deze zijn dan voorzien van een nevelinstallatie zodat de wiersen regelmatig kunnen worden bevochtigd ter bevordering van het omzettingsproces.



Afb. 9
Het afdekken van de compostwiersen met Toptex voorkomt dat het materiaal blootgesteld wordt aan weersinvloeden. Tevens worden hiermee de condities in de wiers voor een snelle vermenigvuldiging van de micro-organismen optimaal gehouden.



Afb. 10
Het Toptex-doek is zodanig ontwikkeld dat het afgedekte materiaal kan blijven ademen. Dat wil zeggen dat zuurstof kan toetreden en koolzuur kan ontwijken.



Afb. 11
Doordat het Toptex-doek geen water doorlaat, zullen de vrijgemaakte mineralen tijdens de afbraakfase niet uitspoelen maar worden gefixeerd aan het klei-humuscomplex.

2.6 Stikstofverloop, nitrificatie

Ook het stikstofverloop geeft belangrijke informatie. Bij afbraak van het organisch materiaal wordt ammonium (NH_4) gevormd. Bij voldoende aanwezigheid van zuurstof zal dit omgezet worden tot nitriet (NO_2) en vervolgens tot nitraat (NO_3). Dit wordt door de micro-organismen opgenomen en in humus vastgelegd. Hierdoor zal er geen stikstof verloren gaan. Indien echter te weinig zuurstof aanwezig is, zal ammonium worden omgezet tot ammoniak (NH_3) dat vervluchtigt waardoor veel stikstof verloren gaat. Bij een juiste compostering waarbij voortdurend voldoende zuurstof aanwezig is, is reeds in de tweede week nitraat te meten. De nitraatwaarde stijgt in de afbraakfase tot ongeveer 1000 ppm en dient in de opbouwfase ten gevolge van microbiële opname en fixatie in humus tot ongeveer 200 ppm te dalen. Vanwege deze vastlegging zal een dergelijke compost nooit overbesteding veroorzaken, de vastgelegde stikstof zal pas vrijkomen onder invloed van microbiële activiteit rondom de plantenwortels tijdens het groeiproces. In fig. 3 staat het verloop van het nitraatgehalte gedurende het composteeringsproces weergegeven. Bij te weinig humusopbouw zal er geen nitraatfixatie plaatsvinden en zullen hoge nitraat gehalten worden gemeten. Bij voldoende aanwezigheid van humus zal nitraatfixatie plaatsvinden waardoor lagere waarden worden gemeten.

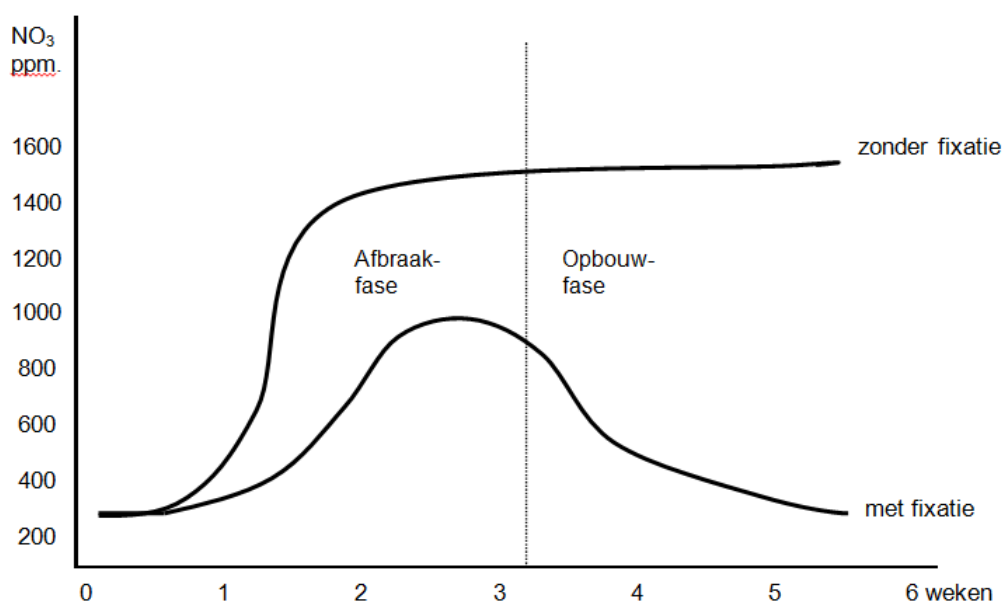


fig. 3 Verloop van het nitraatgehalte tijdens het composteerproces
Bron: S. & U. Lübke: 'Mit der Natur leben und arbeiten', 1996.

2.7 Humificatie en mineralisatie

In de afbraakfase worden de bouwstoffen door microbiële activiteit uit het organisch materiaal vrijgemaakt (mineralisatie). Tijdens de opbouwfase worden de vrijgekomen bouwstoffen als voedingsstoffen vastgelegd in stabiele humus en micro-organismen (humificatie). Het bodemleven en humus vormen daarmee samen een opslagplaats (accumulatie) van mineralen. Als er geen binding heeft plaats gevonden zullen analyses van de compost hoge humuswaarden weergeven. Men meet dan echter valse, onstabiele humus die bestaat uit ongebonden organische stoffen en mineralen. Stabiele humus daarentegen ontstaat als de humusdeeltjes onder invloed van het bodemleven worden gebonden met het minerale gedeelte van de bodem. Bij gebruik van stabiele humus zullen opgeslagen voedingsmineralen langzaam vrijkomen onder invloed van plantengroei. Hierdoor zullen geen mineralen verloren gaan. Naast fixatie van voedingsstoffen blijkt humus veel vocht op te kunnen nemen, 1 gram stabiele humus kan 4 gram water bevatten. Door deze sponswerking kan grond met stabiele humus veel vocht opnemen en dit vervolgens in droge perioden langer afstaan. Indien er daarom voldoende humus in de bodem aanwezig is zal veel water vastgehouden worden waardoor de grond minder droogtegevoelig is en gedurende natte periode minder gauw verslemt, bovendien wordt daardoor de draagkracht van de grond verbeterd. In figuur 4 staat het verloop van de humusopbouw tijdens het composteerproces weergegeven.

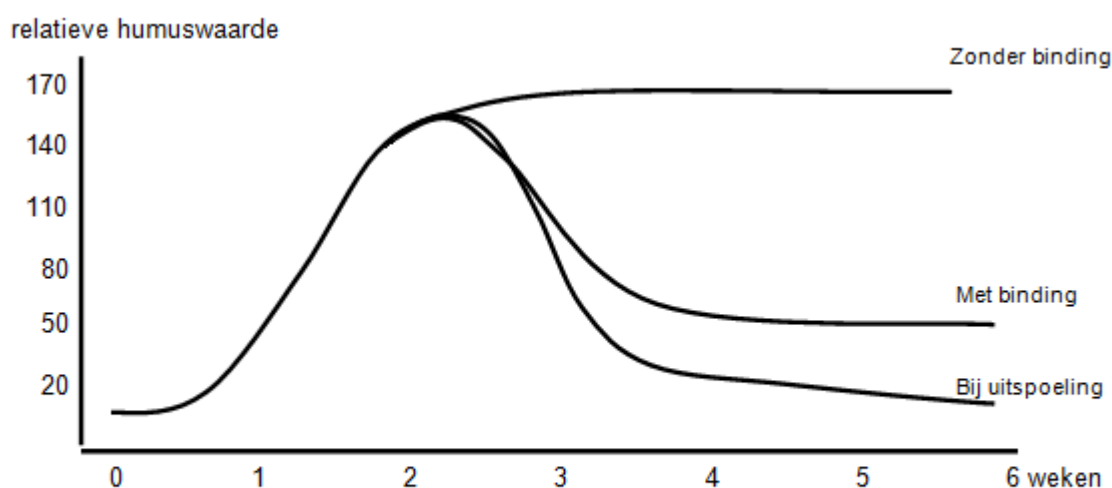


fig. 4 Relatieve humuswaarde gedurende het composteerproces.
Bron: S. & U. Lübke: 'Mit der Natur leben und arbeiten' 1996.

In figuur 4 staat de relatieve humuswaarde weergegeven. Deze waarde wordt bepaald door vergelijking van de kleur van een compostfiltraat met 50 standaardkleuren. Als ijkpunt heeft men de waarde 100 gekozen. In de praktijk komt de waarde 100 overeen met een hoog gehalte valse humus. Deze waarde geeft een donkerbruine kleur vanwege de aanwezigheid van veel opgeloste humusdeeltjes. Humuswaarden boven 100 geven een nagenoeg zwarte kleur waarbij vrijwel geen gebonden humus aanwezig is. Stabiele humus daarentegen geeft een helderder filtraat. De relatieve waarde hiervan blijkt rond de 70 te liggen. In figuur 4 staat de relatieve humuswaarde weergegeven. Zonder binding is alle humus opgelost (ongebonden organische stof) waardoor hoge waarden worden gemeten. Met binding ligt de humuswaarde rond de 70, dit is de meest optimale waarde. Bij uitspoeling is veel ongebonden humus verloren gegaan. Er worden dan lage waarden gemeten, het filtraat hiervan is vrijwel kleurloos.

2.8 De pH-waarde en het sulfietgehalte

pH-waarde

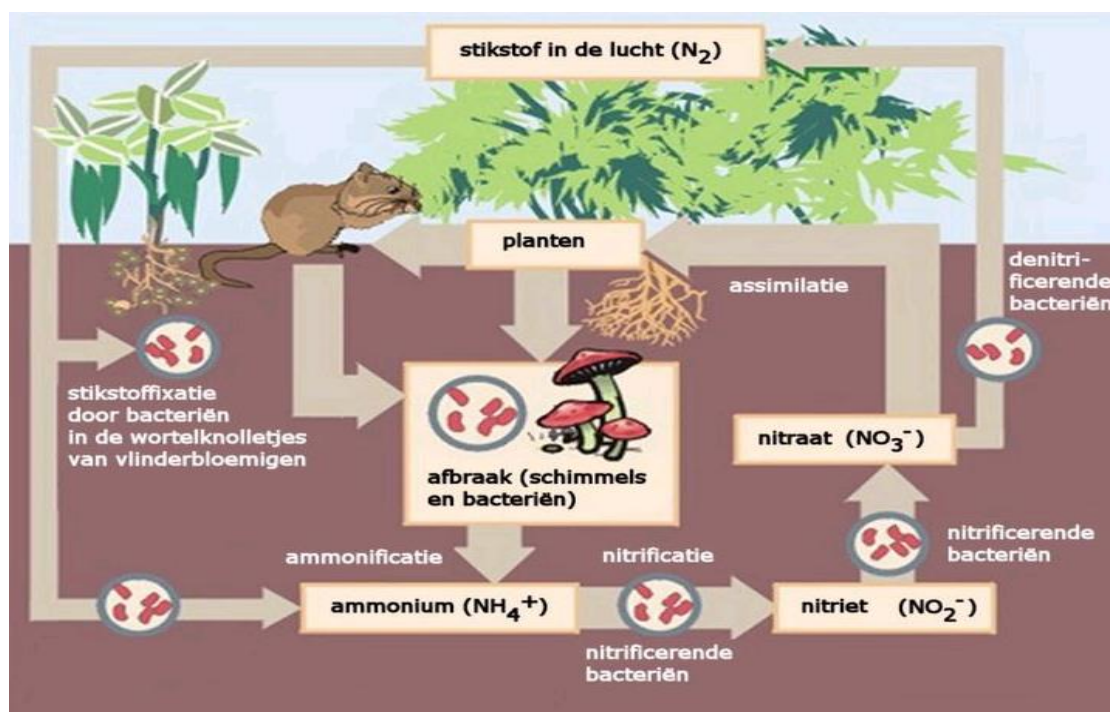
De pH ofwel de zuurgraad zegt iets van de microbiële activiteit. De meest optimale bodem-pH bevindt zich tussen de waarden 6 en 7. Bij een lagere pH (te zuur milieu) of een hogere pH (basisch milieu) zal de microbiële bodemactiviteit snel afnemen. Dit is vergelijkbaar met de pH van het bloed van de mens welke zich onder optimale omstandigheden rond de 7 bevindt, een kleine afwijking naar onderen of naar boven kan al dodelijk zijn. Met behulp van de in de testkoffer geleverde apparatuur is de pH van een compost of grond eenvoudig te bepalen.

Sulfietgehalte

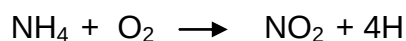
Het sulfietgehalte zegt iets over het zuurstofgehalte tijdens het composteringsproces. Veel sulfiet wijst op weinig zuurstof, de kwaliteit van de compost is dan slecht vanwege de aanwezigheid van giftige afbraakproducten. Indien te veel houtachtig materiaal is gebruikt tijdens de compostering kan dat ook een hoge sulfietwaarde tot gevolg hebben. Bij gebruik van veel houtachtig materiaal is het van belang tijdens de compostering veel vocht toe te dienen. Het sulfietgehalte kan, evenals de pH-waarde, eenvoudig met behulp van de materialen uit testkoffer bepaald worden.

2.9 Stikstofbinding (stikstofkringloop, nitrificatie)

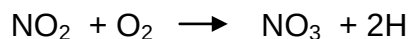
Stikstof in plantenresten bevindt zich in hoofdzaak in de eiwitverbindingen. Tijdens de natuurlijke ontbinding worden deze eiwitten afgebroken waarbij de stikstof vrijkomt in de vorm ammonium. Indien voldoende zuurstof aanwezig is wordt dit ammonium omgezet in nitriet en vervolgens in nitraat. Dit wordt het nitrificatieproces genoemd. Maar als er te weinig zuurstof aanwezig is, dan wordt ammonium omgezet gasvormig ammoniak (NH_3) wat vervluchtigd waardoor veel stikstof verloren gaat. Het is daarom van belang dat tijdens het composteerproces het zuurstofgehalte voortdurend wordt gemeten. Door het omzetten van de materialen wordt er lucht en zuurstof in de wiers gebracht. De onderstaande illustratie geeft een schematische weergave van het nitrificatieproces als onderdeel van de stikstofkringloop.



De chemische reacties zijn hierbij als volgt:



Ammonium wordt geoxideerd tot nitriet,



Nitriet wordt geoxideerd tot nitraat, dit is voor planten opneembaar is.

Het nitraatgehalte is daarom een belangrijke kwaliteitsmeter voor compost.

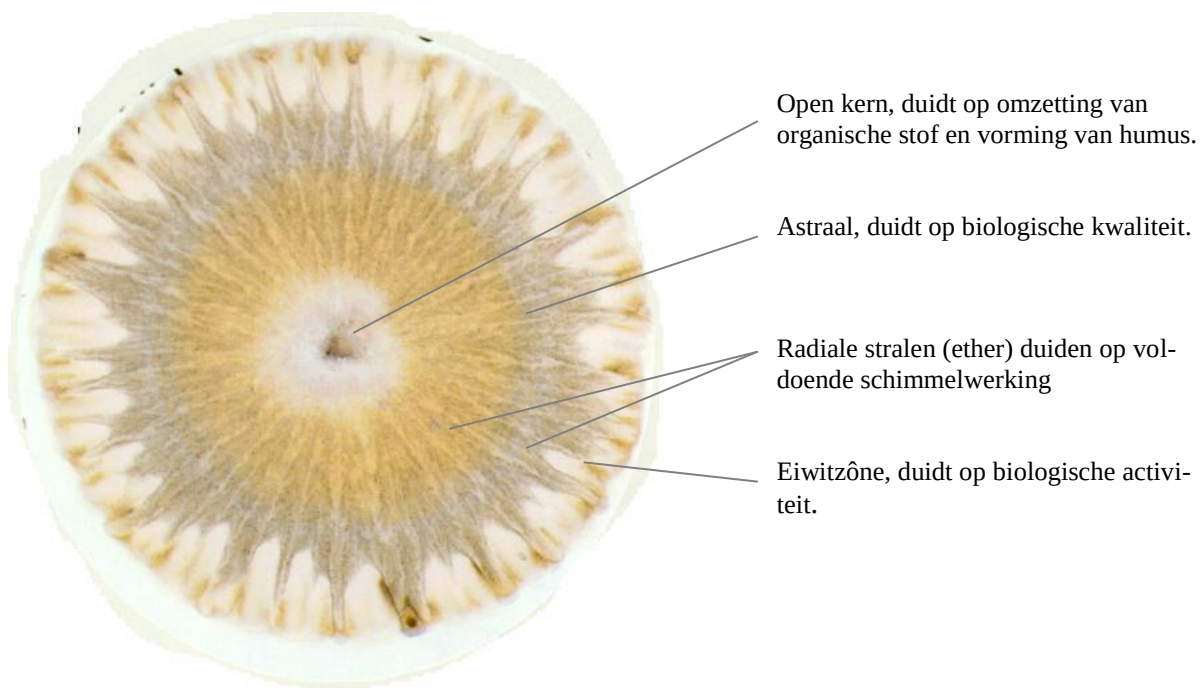
3. Chromatografie

Naast analyses waarbij de kwaliteit van de compost in waarden wordt uitgedrukt, is het met een chromatogram (ofwel chroma) mogelijk een beeld te maken van de compostkwaliteit. Een chroma is eigenlijk een soort foto van de compostkwaliteit. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van de chromatografische scheidingstechniek. Dit is een scheidingstechniek waarbij een filtraat van de te onderzoeken stof door een medium wordt geleid waardoor de samenstellende elementen van die stof worden gescheiden. Voor het scheidingsmedium worden verschillende stoffen gebruikt. De chromatografie heeft zijn oorsprong in Rusland waar deze techniek in de medische sector ten behoeve van de bepaling van bloedbeelden werd toegepast. Om de biologische kwaliteit van compost (of bodem) vast te kunnen stellen heeft Pfeiffer deze techniek overgenomen en zodanig aangepast dat de bepaling eenvoudig uitgevoerd kan worden. Het hierna volgende geeft hiervan een beschrijving.

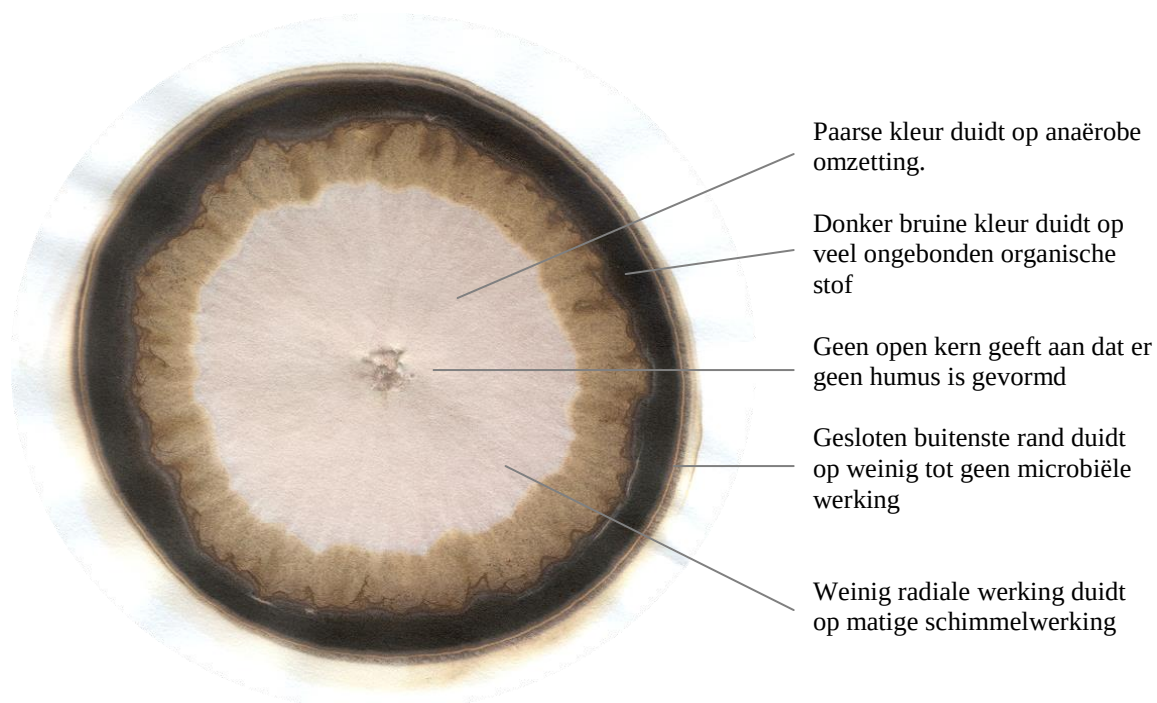
3.1 De ontwikkeling van een compostchroma

In natronloog opgelost filtraat van compost wordt op het middelpunt van cirkelvormig filtreerpapier gebracht. Het filtreerpapier is behandeld met zilvernitraat om het kleurenpatroon te versterken. Afhankelijk van de grootte, het soortelijk gewicht en de polariteit van de opgeloste stoffen, varieert de mate van verplaatsing waarmee de opgeloste stoffen in het filtraat door het filtreerpapier worden geabsorbeerd en naar de rand trekken. Hierdoor ontstaat een scheiding van de opgeloste stoffen. Tengevolge van de fysisch-chemische eigenschappen van deze stoffen ontstaat tevens een bepaald patroon. Het resultaat is dat er in de vorm van een cirkelvormig kleurenpatroon een karakteristiek van de compost ontstaat. Deze karakteristiek wordt een chroma genoemd. Omdat met name micro-organismen bepalend zijn voor de kwaliteit van de compost, kan een chroma een goed beeld geven van de biologische kwaliteit van de compost.

Op de volgende bladzijden staan chroma's weergegeven. Afbeelding 12 is een chroma van een compost van goede kwaliteit, dat wil zeggen met voldoende biologische activiteit. Afbeelding 13 is een chroma van een compost met weinig tot geen biologische activiteit. Afbeelding 14 is een chroma van een bodem met een verslechte structuur en weinig bodemleven. Afbeelding 15 geeft een chromabeeld van een zandgrond die door toevoeging van stabiele compost veel microbiële activiteit bevat.



Afb. 12 Chroma-beeld van biologisch kwalitatief goede compost.



Afb. 13 Chromabeeld van biologische kwalitatief slechte compost.
Bron: Voith/Guggenberger; Der Chroma-Boden-Test, 1986

Afb. 14. Chromabeeld van een traditioneel bewerkte kleigrond

Grijs-blauwe randkleur duidt op afwezigheid van organische stof

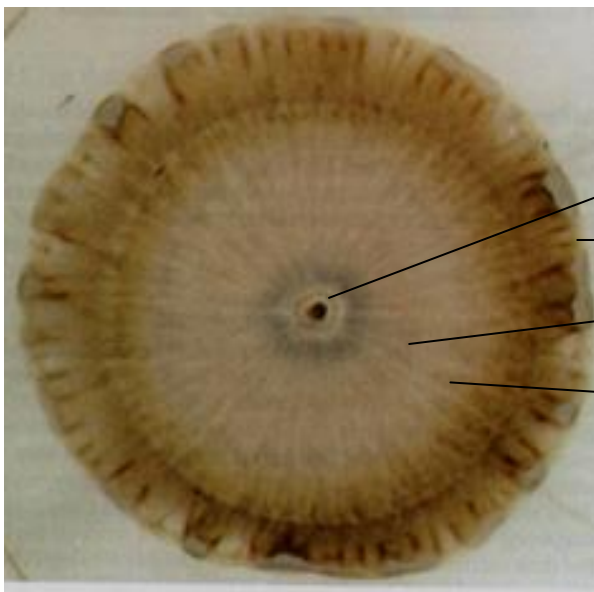
Geen open kern en gesloten rand wijzen op afwezigheid humus

Ontbreken van stralenpatroon wijst op afwezigheid van schimmelwerking

Geen eiwitzône betekent geen bodemleven



Afb. 15. Chromabeeld van een biologisch dynamisch bewerkte zangrond



Lichtbruine kleuren overheersen

Een open kern is aanwezig

De buitenste rand is sterk gegolfd

Er is een duidelijk radialenpatroon aanwezig

Er is een astraal aanwezig

3.2 Het interpreteren van een chroma

Een goede interpretatie van een chroma vereist enige oefening. Om iets van de biologische kwaliteit van compost of een grondsoort te kunnen zeggen zijn de volgende punten van belang:

Kleuren

Indien weinig organische stof aanwezig is vertoont een chroma een grijsblauwe kleur. Bruin en okerkleuring daarentegen wijzen op de aanwezigheid van voldoende organische stof.

Open kern

Een open kern (middelpunt) van een chroma wijst op goede microbiële omzetting van organische stof naar humus en binding daarvan met het minerale gedeelte van de compost of bodem (humusvorming). Er is dan een klei-humuscomplex opgebouwd.

Stralenpatroon

Indien een chroma een stralenpatroon (ether) vertoont dan wijst dit op de aanwezigheid van schimmelwerking. Bij afbraak van organisch materiaal spelen schimmels een grote rol, zij vormen hierin de voorhoede en zijn verantwoordelijk voor de voorvertering door afscheiding van enzymen. Hierdoor worden cellulose en celwanden afgebroken. De schimmelwerking gaat altijd vooraf aan de microbiële werking. Als de omzetting van organisch materiaal tot humus juist is verlopen vertonen de stralen van de ether een golvend patroon. Indien de stralen recht lopen kan dit duiden op een gebrekkige bodemactiviteit. Het geheel of deels ontbreken van de eiwitzone (zie hierna) kan dit vermoeden bevestigen.

Eiwitzone

Een open rand met golvend patroon aan de buitenste zone van de chroma wijst op aanwezigheid van micro-organismen. Dit wordt ook wel de eiwitzone genoemd. Indien een chroma dit beeld vertoont dan is de biologische activiteit in orde. Bij kwaliteitsbepalingen van bepaalde bodemsoorten blijken veel chroma's vaak wel een open kern te vertonen maar ontbreekt de eiwitzone. Een dergelijke grond bevat dan nog wel humus maar vrijwel geen bodemleven. Deze bodems zijn biologisch nagenoeg dood en zullen uiteindelijk alleen nog fungeren als substraat.

Afbeelding 12 is een chroma van compost met goede biologische kwaliteit. Hierbij overheersen bruine en gele tinten. Duidelijk is een open kern te zien hetgeen wijst op de vorming van humus. De donker gekleurde en gegolfde ring (de astraal) geeft dit ook aan. Vervolgens vertoont deze chroma een stralingspatroon (ether) hetgeen duidt op een goede schimmelwerking. De buitenste ring van de chroma vertoont een golvend patroon met aan de uiteinden bruine vlekjes. Dit is de eiwitzone wat wijst op aanwezigheid van micro-organismen. Biologisch is deze compost daarom van goede kwaliteit. De humusvoorraad wordt door de micro-organismen voortdurend aangemaakt zodat er sprake is van bodemvorming. Gebruik van dergelijke compost zal een bodem vruchtbaarder maken en verslumping en erosie voorkomen. De geoogste gewassen zullen meer weerstand hebben en van een betere kwaliteit zijn.

Afbeelding 13 is een chroma van een compost met slechte biologische kwaliteit. De donkerbruine tot zwarte buitenste gesloten ring geeft aan dat deze compost in hoofdzaak bestaat uit ongebonden opgelost organisch materiaal. Bij gebruik van deze compost zal dit organisch materiaal uitspoelen wat verlies van mineralen betekent. Er is geen sprake van een eiwitzone hetgeen aangeeft aan dat deze compost vrijwel geen microbiële activiteit bevat. Het ontbreken van een open kern geeft aan dat er geen minerale binding heeft plaatsgevonden en dat er geen humus is opgebouwd. Hoewel dergelijke compost van goede kwaliteit mag lijken, blijkt uit de chroma dat gebruik hiervan vrijwel niets toevoegt aan de bodemvruchtbaarheid en bodemvitaliteit. De ongebonden voedingsstoffen zullen voor een groot deel uitspoelen. Bovendien bevat dergelijke compost vaak een restant onverteerde houtachtige

materialen die in de bodem verder afgebroken zullen worden waardoor stikstof aan de bodem wordt onttrokken. Dit zal dan weer aangevuld moeten worden wat extra kosten met zich meebrengt. Vrijwel alle hedendaagse compost vertoont een dergelijk chromabeeld.

Afbeelding 14 is een chroma van een kleigrond. Deze chroma heeft geen open kern, dat geeft aan dat er is in deze grond geen humus is opgebouwd. De grijsblauwe tinten duiden op afwezigheid van organische stof. Vervolgens is er geen ether en geen eiwitzone aanwezig hetgeen duidt op afwezigheid van dan wel onvoldoende bodemleven. De ringen van de chroma geven alleen de levenloze minerale bestanddelen weer. Dit is een bodem die sterk onderhevig is aan erosie. Teeltechnisch fungeert deze bodem als substraat en voegt niets toe aan de kwaliteit van de hierop verbouwde gewassen. De voortgebrachte producten zijn van matige kwaliteit, de bewaarbaarheid daarvan zal zeer te wensen overlaten. Dergelijke chromabeelden zijn kenmerkend voor de meeste akkerbouwgronden.

Afbeelding 15 is een chroma van een zandgrond van een biologisch dynamisch bedrijf. De kleine open kern geeft duidelijk een beginnende aanmaak van humus weer. De sterk gegolfde rand bevestigt dit omdat hieruit voldoende aanwezigheid van microbiële activiteit blijkt. De lichtbruine kleuring geeft aan dat er voldoende organische stof aanwezig is. De open kern en gegolfde rand geven aan dat binding hiervan met het minerale gedeelte plaatsvindt. Het duidelijk aanwezige radialenpatroon duidt op voldoende schimmelwerking. Hoewel dit bedrijf pas sinds vijf jaar de omschakeling naar biologisch dynamisch heeft gemaakt, blijkt er nu reeds voldoende bodemleven te zijn opgebouwd. Door het toedienen van een jaarlijkse onderhoudshoeveelheid van 10 tot 15 ton CMC-compost per ha. zal deze grond blijvend vruchtbaar zijn. De biologische activiteit zal garant staan voor voedselvoortbrengend vermogen en voedselkwaliteit.

3.2 Analyseprotocol en standaardwaarden voor CMC-compost

Compost mag alleen CMC-compost worden genoemd als het aan de daaraan verbonden kwaliteitscriteria voldoet. De compost dient daartoe volgens de CMC-methode geproduceerd te zijn, dat wil zeggen dat bij de samenstelling van de materialen rekening is gehouden met de C/N-verhouding, dat het procesverloop voortdurend gecontroleerd is door het meten van de temperatuur en koolzuurgehalte en dat indien nodig omzetting heeft plaatsgevonden, dat registratie van de metingen heeft plaatsgevonden en dat een CMC-starter gebruikt is om de juiste micro-organismen te laten werken. Daarnaast dient CMC-compost aan de onderstaande analysevoorwaarden te voldoen;

1. Koolzuurgehalte (CO ₂)	max. 0 –1 %
2. Temperatuur	max. 5 °C boven oppervlaktemp.
3. Sulfiet	0
4. pH aktueel	7 - 8
5. pH potentieel	7 - 8
6. Nitriet	0 ppm
7. Nitraat	max. 300 ppm. in de zomer max. 100 ppm. in voor- en najaar
8. Ammonium	max. 2 ppm.
9. Relatieve humuswaarde	70 – 80
10. Organische stof	16 – 22 %
11. Kiemtest	geen onkruid

Daarnaast dient een chromatogram bepaald te worden om een beeld te krijgen van de opbouw van gebonden humus, binding van de nutriënten en aanwezigheid microbiële activiteit.

Koolzuurgehalte

Het uitgangspunt bij CMC-composteren is te werk gaan overeenkomstig de natuurlijke kringloopwet. Omdat bij de vertering van organisch materiaal in de natuur zuurstof een grote rol speelt, is het ook bij

composteren van belang om te weten of het proces langs de aerobe weg (met aanwezigheid van voldoende zuurstof) of de anaerobe weg (langs de weg van te weinig zuurstof, dus rotting) heeft plaatsgevonden. Het koolzuurgehalte is gemakkelijk te bepalen. Te veel koolzuur in de compost betekent te weinig zuurstof. Is dat het geval dan heeft er rotting plaatsgevonden en zijn er fytotoxische stoffen geproduceerd zoals, indol, skatol, mercaptaan, putricine, etc. Zuurstofminnende bacteriën daarentegen produceren natuurlijke antibiotica die ziektekiemen doden. De eerste drie weken van het cmc-proces wordt daarom de pasteurisatieperiode genoemd. Ook onkruidzaden worden in deze periode vernietigd, met name door de hoge temperatuur gedurende langere tijd.

Temperatuur

Als de compost na 6 tot 8 weken nog te warm is, is dat een teken dat dit nog niet uitgewerkt is. Meestal is dit een gevolg van te veel houtachtig materiaal. Dit breekt namelijk moeilijk af waardoor de microbiële activiteit langer doorgaat.

Sulfiet

De sulfietwaarde zegt ook iets over het procesverloop. Indien sulfiet gemeten wordt is dit een signaal dat er anaërobe omzetting heeft plaatsgevonden. Dit kan overeen komen met te hoge koolzuurgehalten vermoedelijk ten gevolge van anaërobe omzetting.

De pH

Er wordt een pH-meting met gedestilleerd water gedaan en met KCL, respectievelijk de actuele en de potentiële pH-meting. Als de potentiële pH veel lager is dan de actuele dan geeft dit aan dat de compost nog veel H-ionen bevat. Hierdoor kunnen veel nutriënten gebonden worden door uitwisseling met de H-ionen. Deze gebonden voedingsstoffen kunnen niet meer door planten worden opgenomen.

Nitriet en Nitraat

Het nitraatgehalte zegt iets over de aanwezigheid van stikstof. Bij afbraak van organisch materiaal wordt ammonium (NH_4) gevormd dat zoals hiervoor is aangegeven bij voldoende aanwezigheid van zuurstof wordt omgezet tot nitriet (NO_2) en nitraat (NO_3). Bij onvoldoende zuurstof wordt ammonium omgezet tot ammoniak. Nitraat wordt door micro-organismen opgenomen. Hierdoor wordt de vrijgekomen stikstof opgeslagen. Omdat de C/N-verhouding van micro-organismen lager is dan die van de organismen van de mesofauna, zal bij opname van deze micro-organismen de overmaat aan stikstof worden uitgescheiden die dan ten goede kan komen aan het plantenleven. Indien een te hoog nitraatgehalte wordt gemeten betekent dit dat er te weinig nitraat is opgenomen. Dit kan een gevolg zijn van te weinig microleven in de compost.

Ammonium

Zoals vermeld ontstaat ammonium tijdens het afbraakproces. Indien te hoge ammoniumwaarden worden gemeten is dit een teken dat het proces anaëroob is verlopen en dat er geen fixatie van de aanwezige stikstof heeft plaatsgevonden. Naast een hoge ammoniumconcentratie zal waarschijnlijk ook een hoge ammoniakconcentratie waarneembaar zijn.

Relatieve humuswaarde

De relatieve humuswaarde wordt bepaald door vergelijking van de kleur van een oplossing van een compost met 100 standaardmonsters die van kleur variëren van licht naar donker. Indien er voldoende microleven in de compost aanwezig is en de omstandigheden tijdens de omzettingsperiode optimaal zijn geweest, dan heeft er humusvorming plaats kunnen vinden. Humus vormt de behuizing en de voorraadschuur voor het bodemleven. Plantenwortels scheiden stoffen af, met name suikers, die door micro-organismen worden opgenomen. Ten gevolge van de microbiële stofwisseling scheiden micro-organismen stoffen uit die weer ten goede komen aan de plantengroei. Een hoog humusgehalte in compost betekent echter dat er veel valse humus is gevormd. Dit is nog niet gebonden met de minerale bodemdeeltjes waardoor zich stabiele humus vormt. Wordt er geen humus gemeten dan heeft er geen humusvorming plaatsgevonden of alle (valse) humus is uitgespoeld. De optimale relatieve humuswaarde ligt om en nabij 70 (standaardmonster nr. 70).

Organische stof

Om na te gaan of er voldoende omzetting van organische stof heeft plaatsgevonden mag het gehalte hiervan in de compost niet meer te hoog zijn. Als de compost is 'uitgewerkt' is er sprake van een stabiel eindproduct met een organische stof gehalte variërend tussen 16 en 22 procent. Hierdoor zal het C/N-quotient van de compost variëren tussen 20 en 30. Toediening van deze compost zal daarom niet leiden tot onttrekking van stikstof aan de grond.

Kiemtest

De kiemtest dient uiteraard ter bepaling van de aanwezigheid van onkruidzaden. Gedurende de eerste drie weken worden zaden en kiemen vernietigd ten gevolge van de hoge temperatuur (max. 60 °C). Eventuele kiemen worden tijdens het omzetten van de compost vernietigd. CMC-compost mag geen onkruidzaden bevatten.

Chromatogram

Met behulp van de papierfiltertechniek wordt een chromatogram van de compost gemaakt. Door het laten absorberen van een filtraat van een compost in filterpapier ontstaat een cirkelvormige patroon. Afhankelijk van de kleuren en de structuur van dit patroon kan iets gezegd worden over de kwaliteit van de compost. Een chromabeeld van een compost waarbij geen omzetting heeft plaatsgevonden en in hoofdzaak uit organisch materiaal bestaat zal paars-bruin van kleur zijn. Een stabiele compost waarin humus is opgebouwd geeft daarentegen een chroma die bestaat uit lichtbruine en oker kleuren tevens zijn verschillende cirkelvormige patronen te onderscheiden die iets zeggen over de kwaliteit van de compost.

4. Het verband tussen organische stof, kunstmest en het klimaat

De bodem als koolstofreservoir

Alle levende organismen bevatten koolstof (C) als bouwsteen. Dit is door fotosynthese uit de atmosfeer vastgelegd in planten en vervolgens een deel daarvan na opname in dieren. Na afsterven komt dit in de vorm van organisch materiaal in de bodem terecht. Verreweg het meeste van dit materiaal is van plantaardige oorsprong. Sinds het ontstaan van het eerste leven op aarde en daarmee ook de vorming van bodem, is de bodem in de natuurlijke kringloop een opslagplaats van koolstof. Deze hoeveelheid koolstof is dan niet in de vorm van kooldioxide in de atmosfeer aanwezig, dat gebeurt pas na oxidatie waardoor CO₂ wordt gevormd. Meer koolstof in de bodem betekent dus minder kooldioxide in de lucht. De meest geconcentreerde vorm van koolstof in de bodem zijn de fossiele grondstoffen, zoals steenkool en aardolie, de minst geconcentreerde vorm is bijvoorbeeld veen. Ophoping van organisch materiaal vindt plaats als gedurende een bepaalde periode de vorming groter is dan de afbraak. Afbraak vindt onder natuurlijke omstandigheden in de bovenste zuurstofrijke laag van de bodem plaats. Insecten, wormen en schimmels doen hierin het voorwerk waarna bacteriën zorgen voor de verdere verwerking. In deze stroom van opname vormt het organisch materiaal voedsel, ofwel een energiebron voor de bodemorganismen. Verteerd organisch materiaal wordt uiteindelijk als humus vastgelegd. Humus vormt de verbinding tussen het organische en minerale gedeelte van de bodem. Het bestaat uit verteerde en onverteerde plantenresten en alle in de bodem levende micro-organismen. Humus kan wel duizenden jaren oud zijn. Vanwege het hoge gehalte aan verteerde organische stof bevat humus veel koolstof.

De landbouw kan een belangrijke rol spelen in het vastleggen van koolstof, in gewassen maar vooral in de opbouw van humus. Echter door het gebruik van kunstmest en koolstofarme drijfmest daalt het gemiddelde organische stofgehalte wereldwijd jaar na jaar. Het jaarlijks verlies aan koolstof uit landbouwgebieden wordt geschat op 800 Mt/jaar. Dit is 14 % van de totale koolstofuitstoot ten gevolge van het gebruik van fossiele brandstoffen. De Europese commissie berekende omgekeerd dat een verhoging van 0,15 % van het koolstofgehalte in landbouwbodems zou leiden tot het vastleggen van een hoeveelheid koolstof gelijk aan de jaarlijkse koolstofuitstoot door fossiele brandstoffen (*cijfers ontleent aan Vlado te Mechelen met verwijzing naar een rapport van de Europese commissie*).

De energiebehoefte bij productie van kunstmest in Nederland

Het produceren van kunstmest vergt veel energie. Op de ranglijst van de Nederlandse industrie staat de kunstmestsector op de 4e plaats (zie onderstaande tabel waarin het energieverbruik van de Nederlandse industrie in 2009 in Peta Joules staat weergegeven.)

Specificatie 2009

Voedings- en genotmiddelenindustrie	58	25	32	0
Textiel- en lederindustrie	3	0	3	-
Papier- en grafische industrie	19	12	7	0
Raffinaderijen	157	25	98	34
Kunstmestindustrie	84	3	20	61
Overige chemische industrie ^{*1}	633	33	128	472
Basismetalaalindustrie ^{*1}	91	4	28	59
Overige industrie ^{*1}	71	1	46	24

Bron: CBS.

CBS/CLO/dec10/0017

Om een indruk te krijgen van de omvang van deze energievraag wordt in het streven naar een duurzame maatschappij een vergelijking gemaakt met de opgewekte windenergie.

In het jaar 2009 bedroeg het totale energieverbruik van de Nederlandse kunstmestindustrie 84 PJ (Peta joule). In dat jaar bedroeg de totale hoeveelheid opgewekte windenergie in Nederland 4256 GWh (Gigawattuur) (bron: Statline / CBS).

1 kWh = 3,6 MJ waaruit volgt dat 4286 GWh overeenkomt met 15,43 PJ. Dit betekent dat in het jaar 2009 de Nederlandse kunstmestindustrie 84 / 15,43 = 5,4 maal de in dat zelfde jaar opgewekte hoeveelheid windenergie heeft verbruikt. Dit is echter niet alleen de Nederlandse landbouw toe te rekenen omdat het merendeel van de geproduceerde kunstmest wordt geëxporteerd. Om een beeld te krijgen van de energiebehoefte per hectare in Nederland als gevolg van het kunstmestgebruik wordt daarom de volgende berekening gemaakt:

De energiebehoefte per hectare ten gevolge van het gebruik van de hoofdnutriënten NPK is op grond van de gebruiksnormen als volgt te berekenen;

De productie en aanwending van NPK vergt de volgende hoeveelheden energie (in MJ per kg) ⁽¹⁾

N:	42 (productie) + 1,1 (aanwending) =	43,10 MJ/kg
K60 :	1,1 (winning en trans.) + 3,5 (productie) + 0,34 (aanwending) =	4,94 MJ/kg
P:	1,55 (winning en trans.) + 2,46 (productie) + 0,6 (aanwending) =	4,61 MJ/kg

Voor kalium en fosfaat dat als delfstof wordt gewonnen, dient de energievraag tengevolge van winning en transport mee berekend te worden. Het transport vindt plaats per trein en vervolgens per bulkcarrier. Omdat de fosfaatvoorraden verder weg gelegen zijn (Amerika, Marokko, China) dan de kalimijnen, kost het transport daarvan meer energie.

Fosfaat wordt in hoofdzaak met bulkcarriers aangevoerd. Gemiddeld vervoeren deze zo'n 80.000 ton per keer. Het energieverbruik van de carriers bedraagt gemiddeld 9000 liter/uur bij een snelheid van 50 km /uur. Bij het transport is uitgegaan van een gemiddelde afstand van 8000 km.

Met de gebruiksnormen in kilogrammen per hectare is de hoeveelheid benodigde energie t.b.v. het NPK-gebruik per hectare uit het bovenstaande als volgt te berekenen:

N:	170 kg,	170 x 43,1 MJ =	7327,0 MJ/ha
K60:	150 kg (geen normen)	150 x 4,94 MJ =	741,0 MJ/ha
P:	80 kg (2009)	80 x 4,61 MJ =	<u>368,8 MJ/ha</u>
			8436,8 MJ/ha

Het areaal cultuurgrond in Nederland bedroeg in 2009 in totaal 1.917481 miljoen ha. ⁽²⁾

De totale energiebehoefte t.g.v. de minerale meststoffentoediening in 2009 bedroeg daardoor:

$$1917481 \text{ ha} \times 8436,8 \text{ MJ/ha} = 16,17 \text{ PJ}$$

De totale hoeveelheid opgewekte windenergie in Nederland in 2009 bedroeg 15,43 PJ. Hieruit volgt dat de energiebehoefte als gevolg van het kunstmestgebruik op de Nederlandse landbouwgronden in dat jaar de hoeveelheid opgewerkte windenergie in datzelfde jaar dus overtrof.

⁽¹⁾ Minerale Meststoffen Federatie, nieuwsbrief november 2009, LCA van een aantal minerale mest stoffen. Fosfaatkringloop voor Thermophos, CE Delft, september 2000

⁽²⁾ Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen 8-5-2011

Kunstmest en CO₂-uitstoot

Nederland was op grond van de Kyoto-afspraken verplicht de CO₂-uitstoot in 2010 met 6 procent te reduceren ten opzichte van de niveaus van 1990. De afgesproken vermindering van de uitstoot van kooldioxide voor Nederland voor dat jaar komt daarmee overeen met 13 Mton. Het is interessant om te weten hoe groot het aandeel van de agrarische sector hierin zou kunnen zijn indien geen kunstmest meer zou worden gebruikt.

De CO₂-uitstoot ten gevolge van de productie en het gebruik van de hoofdmineralen stikstof (N), fosfaat (P) en Kalium (K) staat in de volgende tabel weergegeven ⁽¹⁾

Kg CO ₂ eq/ton	N	P	K
productie	1442	247	353
Aanwending (transport)	806	43	25

De totale CO₂-uitstoot ten gevolge van productie en gebruik op totale Nederlandse landbouwgronden laat zich met in acht name van de gebruiksnormen als volgt berekenen:

Productie

N: 1917481 (ha)	x 170 kg	= 323000 ton	x 806 kg CO ₂	=	0,26 Mton
P: 1917481	x 80 kg	= 152000 ton	x 247 kg CO ₂	=	0,038 "
K: 1917481	x 150 kg	= 285.000 ton	x 353 kg CO ₂	=	0,1 "

Aanwending

N: 1917481 (ha)	x 170 kg	= 323000 ton	x 1442 kg CO ₂	=	0,465 "
P: 1917481	x 80 kg	= 152000 ton	x 43 kg CO ₂	=	0,006 "
K: 1917481	x 150 kg	= 285000 ton	x 25 kg CO ₂	=	<u>0,071 "</u>
					0,994 Mton

Dit komt overeen met 7% van de Kyoto doelstelling. Hierbij is de CO₂-uitstoot ten gevolge van afbraak van organische stof door het gebruik kunstmest niet meeberekend. Aangenomen wordt dat dit secundaire effect vele malen groter is dan het primaire effect bij de productie en dat dit de CO₂-uitstoot ten gevolge van het wegverkeer wel eens zou kunnen overtreffen.

5. Agrarische groenstations

De essentie

Het ligt in principe voor de hand organische reststromen te verwerken in de agrarische sector. Bermmaaisel, snoeimateriaal, slootschoonsel, particulier tuinafval, etc. kan dan verwerkt worden bij het dichtst bij zijnde agrarische bedrijf. Dit levert direct besparing op transport en daarmee op CO₂-uitstoot. De agrariër krijgt een vergoeding voor inname van dit groen afval en verwerkt het tot hoogwaardige compost, de geproduceerde compost wordt op het land gebruikt zodat de cirkel daarmee weer rond is. Door deze regionale verwerking wordt voorkomen dat mineralen en nutriënten uit verre landen worden gehaald, zoals kunstmest- en krachtvoergrondstoffen, om vervolgens hier tot onbalans in het milieu en ecosystemen te leiden. Onder toepassing van de CMC-techniek kan een loonbedrijf met een omzetmachine een aantal boeren bedienen zodat de arbeidsbelasting van de betrokken boeren beperkt blijft tot alleen de controle van het proces aan de hand van een dagelijkse meting van de temperatuur, koolzuurgehalte en vochtigheidsgraad. Gemiddeld neemt dit ongeveer een half uur in beslag. Gemeenten, waterschappen en provincies kunnen hun restmaterialen die bij onderhoudswerkzaamheden vrijkomen aan een nabij gelegen agrarisch bedrijf afstaan wat een kostenbesparing op transport betekent en waarmee zij tevens een bijdrage leveren aan de duurzaamheidsdoelstellingen.

Wet- en regelgeving

Ten aanzien van de wet- en regelgeving geldt dat tot een hoeveelheid van 15.000 ton geproduceerde compost per jaar, gemeenten het bevoegd gezag zijn. Omdat materiaal van derden wordt ingenomen moet hiervoor een omgevingsvergunning worden aangevraagd. De aandacht richt zich daarbij op het voorkomen van emissies naar het milieu, zoals vorming van percolaatvocht en vrijkomen van stank. Het vrijkomen van percolaatvocht wordt voorkomen door de wierzen af te dekken en door het regelmatig omzetten van de wierzen wordt rotting en daarmee stank voorkomen. Omdat de compost niet van elders wordt aangevoerd maar gemaakt wordt uit regionale materialen, is er geen sprake van externe aanvoer van mineralen. Deze aanvoer valt daarom buiten de meststoffenwet.



Afb.16

Een praktijkvoorbeeld van een agrarisch groenstation. Langs een pad is een wiers aangelegd. Bij een wiers van 50 m lengte neemt het omzetten gemiddeld 20 minuten in beslag. Het omzetten dient de eerste week vrijwel elke dag te gebeuren, de tweede week om de twee dagen, de derde week om de drie dagen en de laatste drie weken naar behoefte. Gemiddeld komt dit neer op 15 tot 20 keer per slag. Een slag duurt 6 tot 8 weken.

Foto: veehouderijbedrijf familie Van Miltenburg, Hoofdstraat 178 te Lettelbert.

De energiebehoefte

Het omzetten van de wierzen kost energie. De vraag rijst dan in hoeverre deze energiebehoefte minder is dan de energie die nodig zou zijn geweest deze meststoffen als kunstmest te produceren. In het hierna volgende is daar een berekening van gemaakt.

Een wiers met lengte van 50m, 3m breed en 1,50m hoog, heeft gemiddeld een inhoud van 150 m³ (een wiers is iets bolvormig). Bij een gemiddeld soortelijk gewicht van het uitgangsmateriaal van 0,6 ton/m³ (bij baggermateriaal is die waarde uiteraard hoger dan bij bermmaaisel) betekent dat een dergelijke wiers 90 ton ruw materiaal bevat waaruit gemiddeld 45 ton compost wordt geproduceerd. Gemiddeld bevat een ton compost 6 kg N, 4 kg K en 1 kg P. De vermeden hoeveelheid energie (in Mega Joule) is dan:

45 x 6 x 43,1 MJ*	= 11637 MJ
45 x 4 x 4,6 MJ	= 828 MJ
45 x 1 x 4,01 MJ	= 180 MJ
	<u>12645 MJ</u>

* zie 4

Het omzetten van een wiers duurt gemiddeld een half uur. Bij gemiddeld 18 keer omzetten per slag is dat dus 9 uren. Het verbruik van een voor dit doel geschikte trekker is gemiddeld 5 L per uur. Het totaal verbruik bij 9 uren is dan 45 L. Een liter diesel heeft een energie-inhoud van 36 MJ, 45 liter bevat dus 45 x 36 MJ = 1620 MJ. Dit blijkt dus 13% van de 12645 MJ die nodig is om deze stoffen als kunstmest te produceren. Kunstmest produceren kost dus veel meer energie. De besparing op de uitstoot van de broeikasgassen CO₂- en N₂O-uitstoot is overeenkomstig.

6. Betekenis CMC-compostering

De gevolgen van de ontbrekende schakel

In het voorgaande is ingegaan op de processen in de bodem zoals die overeenkomstig de natuurlijke kringloopwet plaatsvinden. Toepassing van stikstofhoudende delfstoffen in de landbouw vond reeds in de 19^e eeuw plaats. De ontdekking van het stikstofbindingproces ten tijde van de 1^e Wereldoorlog ten behoeve van de kruitproductie heeft er toe geleid dat stikstof industrieel geproduceerd kon worden en wereldwijd in de landbouw kon worden toegepast. Hierdoor konden voedingstoffen direct aan de plant toegediend worden en was men niet afhankelijk van de natuurlijke factoren die bepalend zijn voor bodemvruchtbaarheid. De functie van het bodemleven als schakel in het proces van afbraak en opbouw werd hierdoor vrijwel geheel verdrongen. Het miljoenen jaren oude ecosysteem van afbraak en opbouw raakte hierdoor langzaam maar zeker uit balans. De gevolgen daarvan laten zich steeds duidelijker zien. Het afnemende organische stofgehalte van de bodem leidt tot structuurbederf en verslumping en erosie. Levenloze bodems zullen uiteindelijk verworden tot woestijn. De voortdurende toediening van wateroplosbare mineralen leidt tot eutrofiëring van het oppervlaktewater en te hoge nitraatgehalten van het drinkwater. De beperkte diversiteit van de voedingsstoffen uit kunstmest veroorzaakt een tekort aan andere essentiële mineralen. Dit heeft tot gevolg dat (grootschalig en industrieel geproduceerd) voedsel niet meer volwaardig is. Aanvullingen op het dagelijkse menu met vitaminepreparaten of het kopen van biologische producten blijkt steeds meer noodzakelijk maar waarschijnlijk niet toereikend. Wereldwijde volksziektes kunnen daarvan het gevolg zijn.

De essentiële rol van het bodemleven

Herstel van de natuurlijke kringloop in de landbouw is daarom van het grootste belang. Alleen indien te werk wordt gegaan overeenkomstig de natuurlijke kringloopprocessen zal er werkelijk sprake zijn van balans en daardoor duurzaamheid en kwaliteit in de landbouw en voedselvoorziening. Herstel van de rol en functie van het bodemleven is daarmee essentieel. Organisch materiaal in de vorm van groen afval dient als voedsel voor het bodemleven en krijgt daarmee een geheel andere betekenis.

De basis van de CMC-techniek

Het besef van de waarde en de betekenis van groen restmateriaal staat aan de basis van de Controlled Microbial Composting techniek. Het gehele proces in deze techniek, vanaf de samenstelling van de afvalmaterialen in de wiers tot en met het ontwerp van de omzetmachines, is gebaseerd op de natuurlijke processen van afbraak en opbouw.

Meer dan een win-win-situatie

De betekenis van de CMC-techniek reikt verder dan alleen het herstel van het ecologische evenwicht en voedselkwaliteit. Door de verwerking van groen restmateriaal onder te brengen in de agrarische sector wordt deze sector een tweede tak geboden. Voor overheden biedt dit het voordeel dat men duurzaamheid direct in de praktijk kan brengen en een belangrijk aandeel kan leveren in de aanpak van het klimaatprobleem. De geproduceerde compost kan direct als bodemverbeteraar gebruikt worden. Maar ook het imago van de agrarische sector zal door deze concrete bijdrage aan duurzaamheid, voedselkwaliteit en klimaatbeleid een positieve impuls krijgen. Dit gevoegd naast het feit dat de kwaliteit van het platteland wordt gestimuleerd door bevordering van de biodiversiteit en verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit, zijn redenen voor alle geledingen in de maatschappij die hierbij betrokkenen zijn om het CMC-concept te omarmen.

Interessante sites

http://www.changemagazine.nl/klimaatkennis/onderzoek/kunstmest_schadelijk_voor_klimaat_en_economie

Eerste Europese studie naar de schadelijke invloed van kunstmest op economie en klimaat.

<http://n-print.org/>

Aan de hand van vragen wordt de persoonlijke bijdrage aan de N-uitstoot berekend.

http://www.zuidafrika2010.net/index.php?option=com_content&view=article&id=303

Compensatie CO2-uitstoot bezoekers WK voetbal door toepassing van CMC-compost

http://www.oneworld.nl/Dossiers/flora_en_fauna/article/13785/?template=print

Toepassing CMC-compostering genomineerd voor de duurzaamheidsprijs 'Het ei van Columbus'

<http://www.youtube.com/watch?v=w5da0aCiaqY>

Video met betrekking tot de rol van humus in het klimaatprobleem

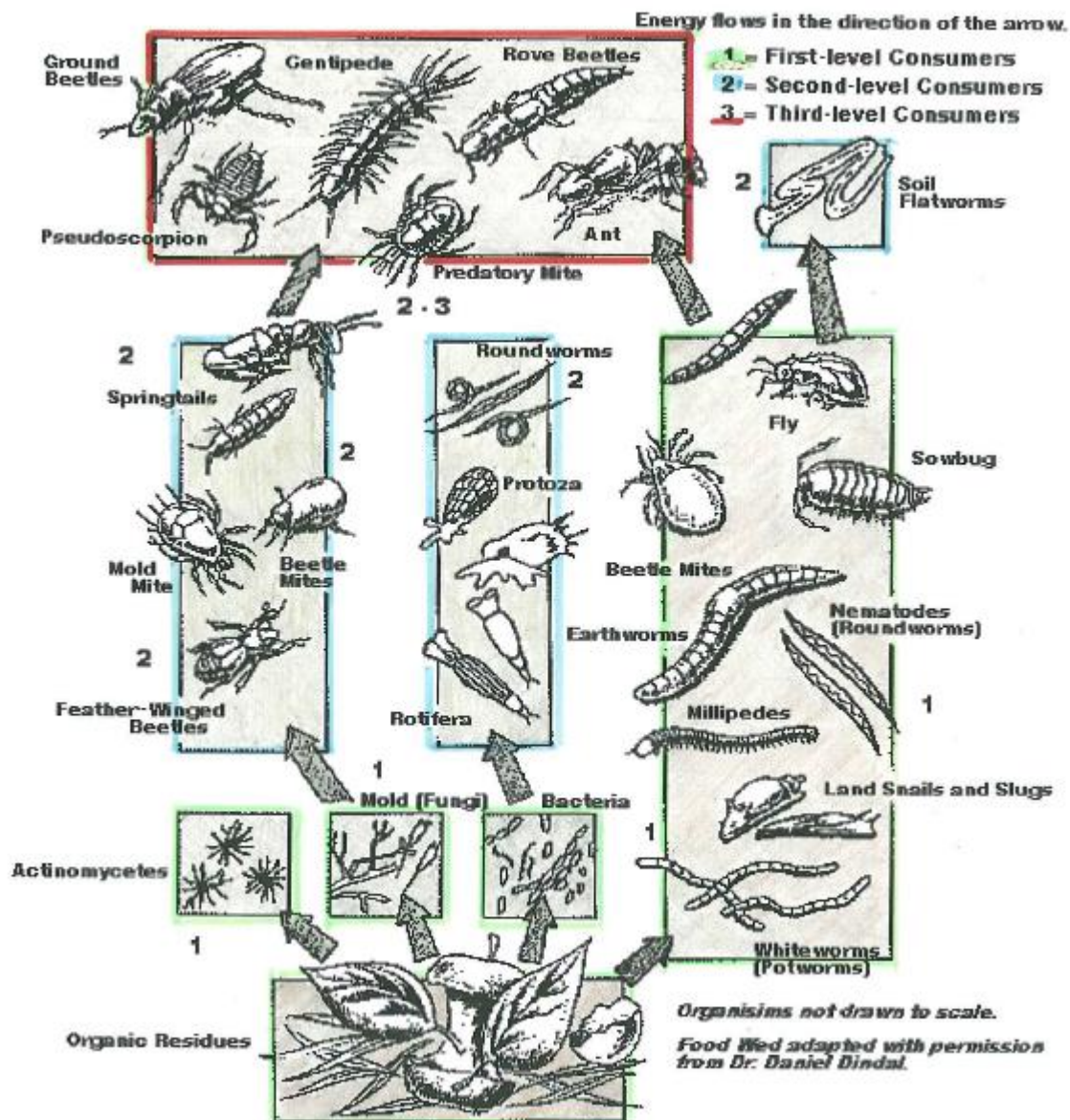
<http://www.youtube.com/watch?v=S5XJ6MkxJQE>

Heathy soil healthy food. Praktijksituatie omzetten organisch materiaal volgens de CMC-methode.

Geraadpleegde literatuur.

CMC-Gruppe,	Mit der Natur leben und arbeiten. Das CMC Verfahren - kontrollierte mikrobielle Kompostierung.
CMC-Gruppe,	Mit der Natur leben und arbeiten. Natürliche Kreisläufe verstehen, kontrollieren und lenken.
Compara bv Hazerwoude	Cursus Micro-farming, najaar 2000.
Humus: Still a Mystery	Paul Sachs
Hennig ing. E., 1996	De geheimen van een vruchtbare bodem.
Locker W.P. Bakker H. 1990	Bodemkunde van Nederland deel 1, Algemene bodemkunde.
Lübke dr. S., 1985	Die Geschichte der Mikrobiologie.
Lübke dr. S., 1985	Es gibt einen Unterschied, die Chromatogramme beweisen es.
Lübke dr S. und U.	Mit der Natur leben und arbeiten. Siegfried und Uta Lübke - Wegbereiter der kontrollierten mikrobiellen Kompostierung (CMC).
Natrik,	Bibliographie von Ehrenfried Pfeiffer.
Pfeiffer dr. E., 1961	Plants Absorb Organic Substance From Soil. New discoveries show need proper composting to get quality produce.
Pfeiffer dr. E., 1960	Available, water-soluble, or storage: humus decides the issue.
Rohde dr. G., 1951	Mistcompostierung.
Stichting Aqua Mai- Andros, 1999,	Duurzame Landbouw. Hoofdzaak.
Voitl H. Und Guggen- Berger E., 1986	Der Chroma-Boden-Test.
Verbeek H., 1989	In Boeren Handen.
Wynd F.L., 1952	The Scientific Monthly; Feed the soil!
Cursussen	Bodemkunde en composteertechniek te Oostenrijk: CMC-Gruppe Dittersdorf 10 A-4084 St. Agatha

Energiestroom bij afbraak van organisch materiaal. De afbeelding geeft schematisch een overzicht van de belangrijkste groepen organismen die actief zijn bij de afbraak van organisch materiaal. In dit schema loopt de voedselopname, wat in principe opname van energie betekent, van beneden naar boven. Hierbij zijn drie verschillende niveaus te onderscheiden. Op de volgende bladzijde wordt dit nader uit gelegd.



Uitleg bijlage 1

In de illustratie van bijlage 1 worden 3 niveaus bodemorganismen onderscheiden. Het eerste niveau wordt gevormd door organismen die direct leven van organisch materiaal, zoals bacteriën, schimmels, wormen, etc., het tweede niveau door organismen die in hoofdzaak leven van micro-organismen van het eerste niveau, en het derde niveau wordt gevormd door organismen die leven van organismen uit het eerste en tweede niveau.

De organismen van het eerste niveau dragen naar verhouding meer stikstof in hun lichaam dan de organismen van het derde niveau die de overmaat aan stikstof bij opname uitscheiden dat dan ten goede komt aan het plantenleven.

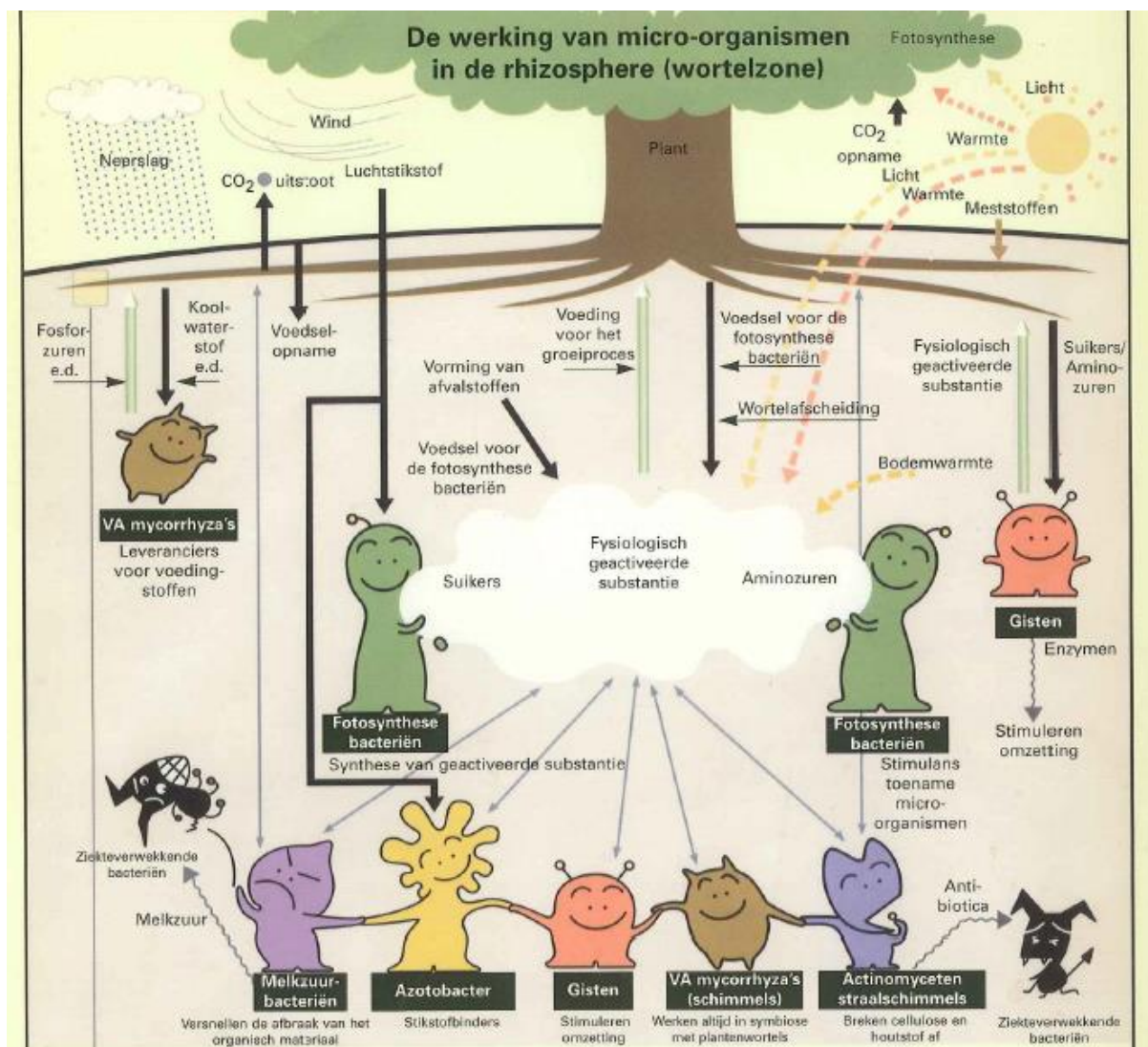
Naast een voedingsstoffenstroom is er bij het verteringsproces sprake van een energiestroom. De energie die opgeslagen zit in het organisch materiaal stroomt hierbij van het eerste naar het tweede en derde niveau. Bacteriën, die ver weg de grootste groep vormen en in symbiose met planten leven, geven langs deze weg energie door aan het plantenleven. Bij substraatteelt, waarbij in plaats van organisch materiaal gebruik wordt gemaakt van steenwol, ontbreekt deze energiestroom.



Deze foto geeft een beeld van toepassing van de CMC-techniek op agrarisch niveau. Compostwiersen worden aan de rand van de akkers opgezet. Rechts een wiers die pas is opgezet, links een wiers die meerdere malen is omgezet. Op de foto wordt de compostcover aangebracht.



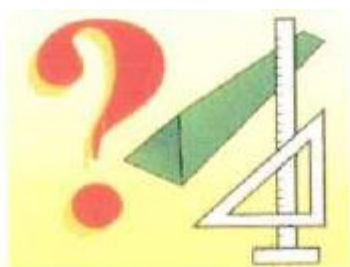
Deze foto geeft een beeld van een gemeentelijke CMC-compostering in Frankrijk. Hier wordt gebruik gemaakt van een zelfrijdende omzetmachine die is uitgerust met een doekoprolmechaniek. Na het omzetten wordt de compostcover weer aangebracht door terug te rijden. De omzetas kan daartoe omhooggetrokken worden.



Planten leven in symbiose met bodemorganismen. Het bovenstaande schema geeft hiervan een indruk. Zoals de darmflora bij mens en dier zorgt voor omzetting en vorming van voedingsstoffen, zo verzorgt de bodemflora dit voor planten. De bodem is daarmee vergelijkbaar met de maag en darm van mens en dier. Bodembacteriën bevinden zich rond en in de plantenwortel. De plant scheidt voor de bodembacteriën noodzakelijke suikers af terwijl bodembacteriën voor de plant noodzakelijke stoffen produceren. Daarnaast zorgen bepaalde bodembacteriën, zoals melkzuurbacteriën en actinomyceten voor een verhoogde weerstand tegen ziekten en plagen. Daarnaast zorgen bodembacteriën voor een kruimelstructuur van de bodem door vorming van humus. Humus vormt de verbinding van bodemdeeltjes met bacteriën en dient voor de vastlegging van voedsel en bescherming van de bodembacteriën.

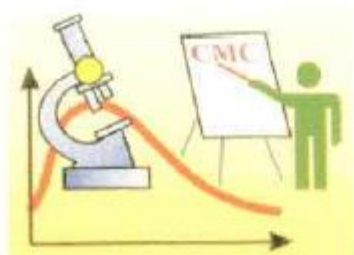
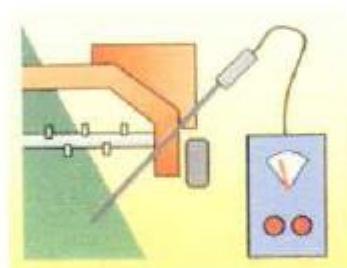


In het bovenstaande overzicht staan de belangrijkste bodembacteriën en hun specifieke functies aangegeven. Naast bacteriën spelen schimmels, algen en wieren eveneens een belangrijke rol in de bodemprocessen. Vooral schimmels vormen door de vorming van hyfen (schimmeldraden) een belangrijke schakel tussen de bodem en planten, waarbij schimmels tot in de buitenste laag van de wortels groeien. Vocht en voedingsstoffen kunnen hierdoor van grote afstand aangevoerd worden. Men neemt aan dat schimmeldraden zich wel tot honderden meters in de bodem kunnen uitstrekken.



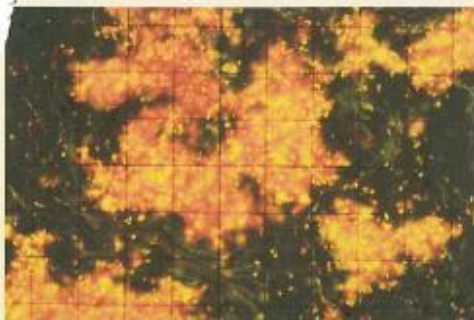
Het aanleggen van een *CMC*-compostering vereist een gedegen calculatie en planning.

Om tot een kwalitatief hoogwaardig eindproduct te komen is een constante begeleiding en sturing van het omzettingsproces noodzakelijk.



Via onderzoek, voorlichting en onderwijs wordt de kennis op het gebied van de *CMC*-compostering verbreed en verspreid.

Gezielter Humusaufbau durch Kompostierung organischer Abfälle



Humusbildende Mikroorganismen unter dem
Fluoreszenz-Mikroskop

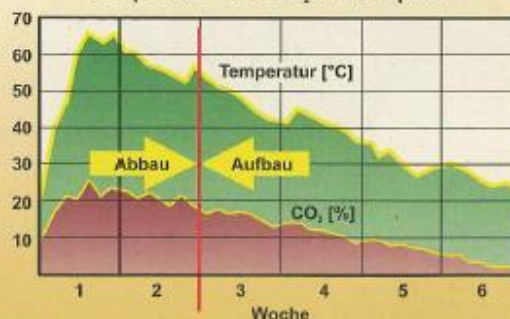
Kompostierung ist der Aufbau von hochwertigem Humus aus organischen Abfällen. Durch gezielte Kontrolle können diese Stoffe in den Kreislauf der Natur zurückgeführt und die Böden dadurch verbessert werden.

Die kontrollierte mikrobielle Kompostierung nach dem **CMC-Verfahren** hilft, die Fruchtbarkeit und Widerstandsfähigkeit landwirtschaftlicher Böden wiederherzustellen. Dazu bedarf es strenger Richtlinien und laufender Kontrolle. Dies umfaßt die Auswahl der Ausgangsmaterialien, das Aufsetzen der Mieten, das regelmäßige Wenden zur Belüftung und die Kontrolle des Rotteverlaufes. Dazu müssen laufend Parameter wie Temperatur, Sauerstoffgehalt, CO_2 -Gehalt, pH-Wert, Sulfid-, Nitrit- und Nitratgehalt, Ammoniumgehalt und Temperatur gemessen und gegebenenfalls korrigiert werden (siehe Tabelle).

Optimale Bedingungen in der Kompostmiete

Temperatur:	max 65°C
Feuchtigkeit:	55 - 60%
CO_2 -Gehalt:	max. 20%
Sauerstoffgehalt:	> 5%
pH-Wert:	< 8
Nitrit (NO_2):	nicht meßbar
Nitrat (NO_3):	< 100 mg/kg (Winter) < 300 mg/kg (Sommer)

Temperatur- und CO_2 im Kompost



Bovenstaande geeft een fragment uit een folder van de firma Sandberger die onder andere het afdekdoek 'Toptex' levert. De afbeeldingen geven een beeld van een microscopische opname van humus, een grafische weergave van het CMC-composteerproces en een opsomming van de streefwaarden van een aantal parameters die bepalend zijn voor een optimaal verloop van het CMC-proces.

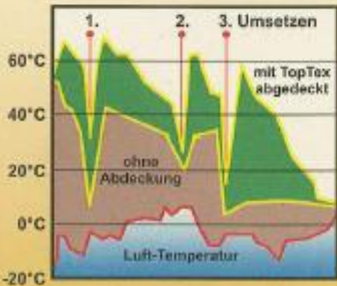
TOPTEX Kompostschutzvlies
Ein wichtiger Bestandteil optimaler Kompostierung

- TopTex erhält optimale Feuchtigkeitsbedingungen**
 TopTex leitet Niederschläge an der Oberfläche ab und schützt vor Austrocknung durch Sonne und Wind.
- TopTex sichert den aeroben Rotteverlauf**
 TopTex ermöglicht den notwendigen Gasaustausch und sichert optimale Temperaturen auch in den Randschichten.
- TopTex minimiert Sickerwässer und Nährstoffverluste**
 TopTex leitet Niederschläge ab und minimiert dadurch die Sickersaftbildung.

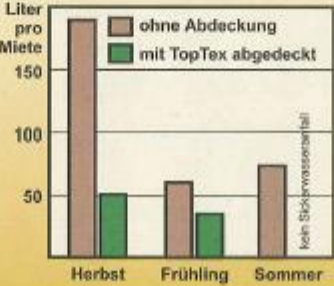


Hochwertiger Humus als Basis für gesundes Pflanzenwachstum

Temperatur in Versuchsmieten



Sickerwassermenge

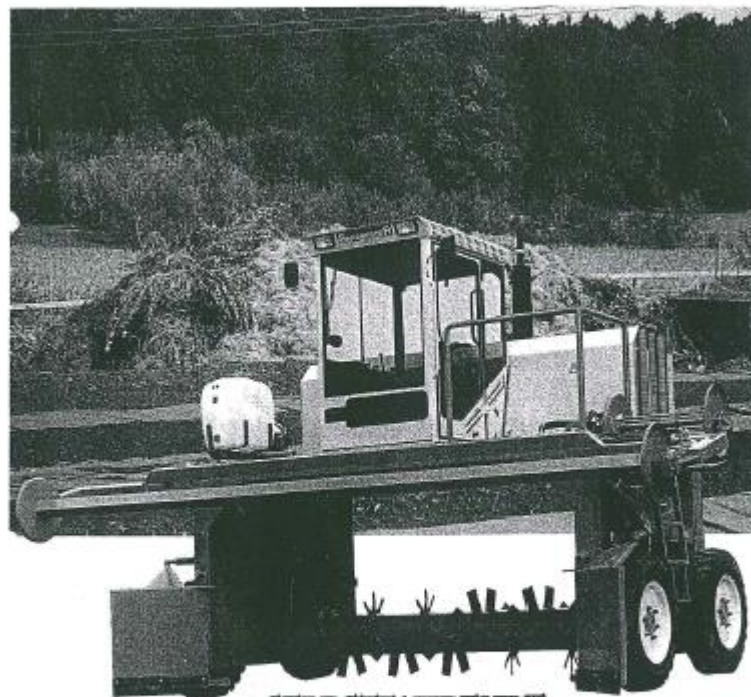


Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen belegen die positive Wirkung von TopTex Kompostschutzvlies auf die Qualität des fertigen Kompostes (IGW Ingenieurgesellschaft Witzhausen; TU Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft; Univ. für Bodenkultur; uvm.).

De volgende pagina van de in bijlage 6 genoemde folder staat hier afgebeeld. Aangegeven wordt dat met behulp van Toptex het afbraakproces optimaal verloopt doordat het vochtigheidsgehalte en de temperatuur beter in de hand worden gehouden en minder verlies van voedingsstoffen plaatsvindt door uitstromend percolaat. De afgebeelde grafieken geven een indruk van het temperatuurverloop en percolaatverlies bij omzetting met Toptex en omzetting zonder Toptex-afdekking.

SANDBERGER

Spezialisten für Kompost und Boden



SELBSTFAHRENDE
KOMPOSTWENDEMASCHINEN

SANDBERGER
SF 300

Der SF 300 entspricht den strengen
Kriterien der kontrollierten, mikrobiellen
Kompostierung nach der CMC-Methode.



De SF 300 is een veel gebruikte zelfrijdende omzetmachine. Met een doekoprolmechaniek en een bevoelingsinstallatie vormt dit een zeer complete omzetmachine die vaak ingezet wordt op de grotere composteerplaatsen.

Sichern Sie Ihre Kompostqualität mit den original SANDBERGER-MASCHINEN



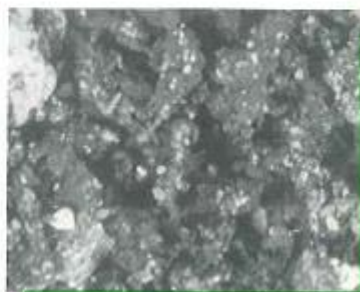
Nur beste Kompostqualität führt zum gewünschten Erfolg. Die SANDBERGER Kompostwendemaschinen helfen Ihnen dabei, diese Qualität zu erlangen. Alle Geräte sind durch eindeutige Einflüsse von solidem Maschinenbau, Praxiserfahrung und wissenschaftlichem Hintergrund geprägt.

Das Herzstück aller Kompostwendemaschinen ist die original SANDBERGER Wendewalze. Mikrobiologie, Mietenform, Mischung, Strukturschonung, Gashaushalt und lockere Mietenablage stellen höchste Ansprüche an die Walze.



Mechanische Struktur

Das
Mikroskop
gibt
Aufschluß



Belebte, natürliche Struktur

A-4084 St. Agatha, Dittersdorf 10
Tel. 07277/8864, Fax 07277/8612

De firma Sandberger heeft zich gespecialiseerd in de CMC-techniek en levert hiervoor de noodzakelijke apparatuur. Het ontwerp van de omzetmachine en rotoras is zodanig dat de omvang van de rillen, de materiaalstructuur en verhouding en de gasuitwisseling optimaal is voor de vorming van bodemleven. De microscopische opnamen tonen organisch materiaal waarin zich geen (links) en waarin zich wel (rechts) bodemleven heeft gevormd.



Selbstfahrende Kompostwendemaschine Baby

- Robust
- Ferngesteuert
- Wartungsfrei
- Leistungsfähig
- Wendig
- Leise
- 2 Arbeitsbreiten
1,5 m und 2 m

Das ideale Gerät für kleinere Anlagen.
Auch mit aufgebautem Stromerzeuger lieferbar.

Gezogene Kompostwendemaschinen

- Traktorbetrieben
- Kein Seitenzug am Traktor
- Stabile Konstruktion
- Minimale Rüstzeiten
- Geringer Kraftbedarf
- Schon ab 35 PS
- Bedienung auch ohne Superkriechgang möglich
- Arbeitsbreiten 2,5 m und 3 m

Die optimale Lösung für überall dort, wo Traktoren
im Einsatz sind.
Auch mit 3 Gang Triebachse lieferbar.



Sanberger is een van de leveranciers van omzetmachines. De bovenafgebeelde omzetmachines betreffen de kleinste zelfrijdende en de meest gebruikte op het boerenbedrijf.



Industriebhäcksler IG8

- Automatische Einzugsteuerung
- Förderbandaustragung
- Optimale Oberflächenvergrößerung
- Förderbandauswurf
- Magnetabschneider
- 110 PS John Deere Motor
- Leicht transportabel
- Hoher Durchsatz
- Maschinell beschickbar
- Häckselgutgröße ist je nach Sieb einstellbar

Geeignet für:

Holzabfälle - Rinde - Gartenabfälle - Bioabfall -
Strauch- und Baumschnitt - Forstabfall - Abrißholz -
Laub - Plastik - Papier - Glas u.v.a.

Weitere Shredder von 5 PS - 503 PS lieferbar.

Weitere Produkte im Programm:

Messgeräte zur Kompostierung und Bodenprüfung, Kompostschutzvlies, Kompoststreuer, rotierende Spatenmaschine. Fordern Sie Unterlagen an!

Selbstfahrende Kompostwendemaschine SF 300

- Allrad
- Vliesaufrollung
- Bewässerungsanlage
- Hydr. Leitschaufeln
- Bedienungs- u. wartungsfreundlich
- Walze ausklappbar
- Hohe Umsetzleistung
- Einzigartiges Hydrauliksystem
- 100 PS Ford Dieselmotor
- Schallgedämpfte Luxuskabine

Der SF 300 macht eine Großanlage zum 1-Mannbetrieb durch sinnvolle Mechanisierung ohne Qualitätskompromisse.

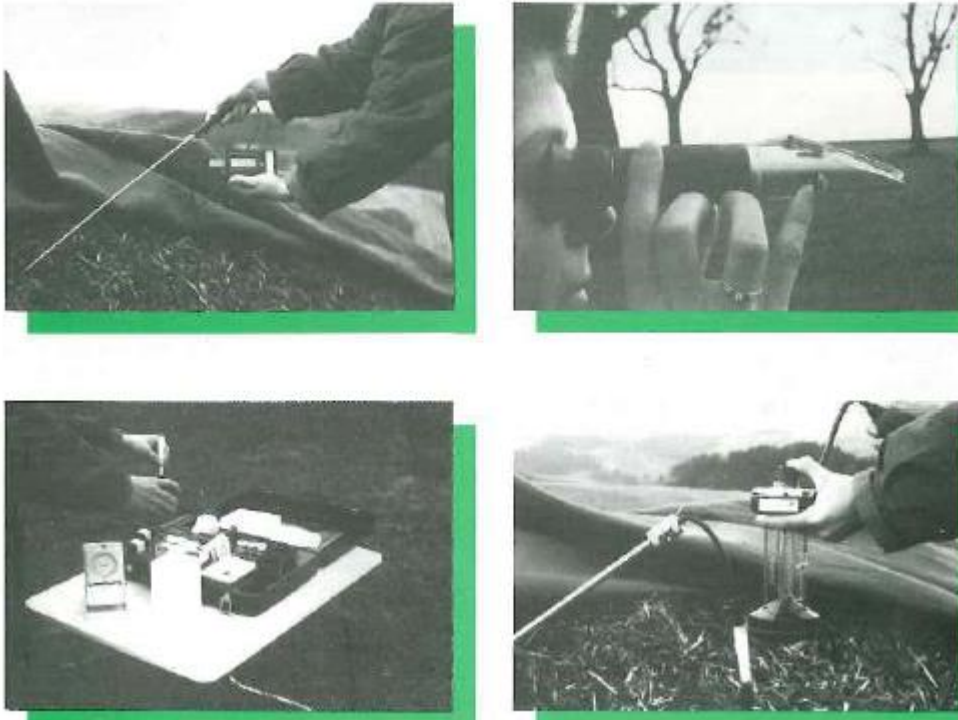


Ook de SF 300 maakt deel uit van het leveringsprogramma. Naast diverse apparatuur op het gebied van CMC- composteren, levert de firma Sandberger ook kleinere schreddermachines voor het verschredderen van houtachtig materiaal. Door het verschredderen wordt het materiaal uit elkaar gescheurd waardoor een groot oppervlak ontstaat waar het bodemleven op in kan werken. Dit in tegenstelling tot het verhakselen waarbij het materiaal doorsneden wordt en korte breuk- en snijvlakken ontstaan waardoor het inwerkingsoppervlak minder groot is en als gevolg daarvan het verteringsproces (de omzetting) langer duurt.

SANDBERGER

Spezialisten für Kompost und Boden

**Glauben ist gut
messen ist besser**



Om het omzettingsproces te controleren en indien nodig bij te sturen is het noodzakelijk metingen uit te voeren. Met name de temperatuur (links boven) en het koolzuurgehalte zijn hierbij van belang (rechts onder). Een complete kofferset bevat alle noodzakelijke apparatuur voor het bepalen van het verloop van het omzettingsproces, zoals de nitraat- en nitrietbepaling, de pH en sulfiet en redox.



CO2-Indicator Testoryt

Der Gashaushalt bei der Kompostierung spielt eine wesentliche Rolle. Durch die aerobe Verrottung wird Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid gebildet (CO₂). Steigt dieser CO₂ Gehalt über 8 Vol. %, so beginnen die Mikroben zu sterben. Eine einseitige Mikrobenflora kommt zur Entwicklung. Das Endprodukt wird im Wert vermindert.

Achtung: Temperatur spielt für die CO₂ Entwicklung nur eine geringe Rolle.

Messverfahren:

Mit dem CO₂-Testoryt wird durch eine Spezialsonde das zu messende Gas angesaugt. Im Gerät wird das CO₂ von der Messflüssigkeit absorbiert. Die Volumsveränderung wird in Vol. % angezeigt.

Technische Daten:

	Ind10	Ind20	Ind60
Spanne Vol. %	0 - 10	0 - 20	0 - 60
Genauigk. Vol. %	0,2	0,5	2
Auflösung	0,2	0,5	2

Lebensdauer der Messflüssigkeit ca. 300 Messungen.

Lieferumfang:

CO₂-Messgerät mit Ansaugvorrichtung und Ersatzflüssigkeit.
Spezialsonde gegen Aufpreis.



Präzisions pH/mv (Redox) Messgerät GPHR 1400

Der pH-Wert ist ein entscheidender Faktor in der Kompostierung, bei der Kalkung, bei der Bodenbearbeitung und bei der Wahl der Gründüngung bzw. der Frucht. Leider hat sich herausgestellt, daß die herkömmlichen Untersuchungen eines zentralen Bodenlabors nur selten mit den echten Werten auf dem Feld zusammenstimmen, was jederzeit bewiesen werden kann. Als beste Methode zur Ermittlung des echten pH-Wertes hat sich die Messung direkt auf dem Feld ergeben, da hier Fehlerquellen von vornherein ausgeschlossen sind. Außerdem kann der Praktiker sofort Maßnahmen setzen, ohne auf das Ergebnis einer Untersuchung warten zu müssen.

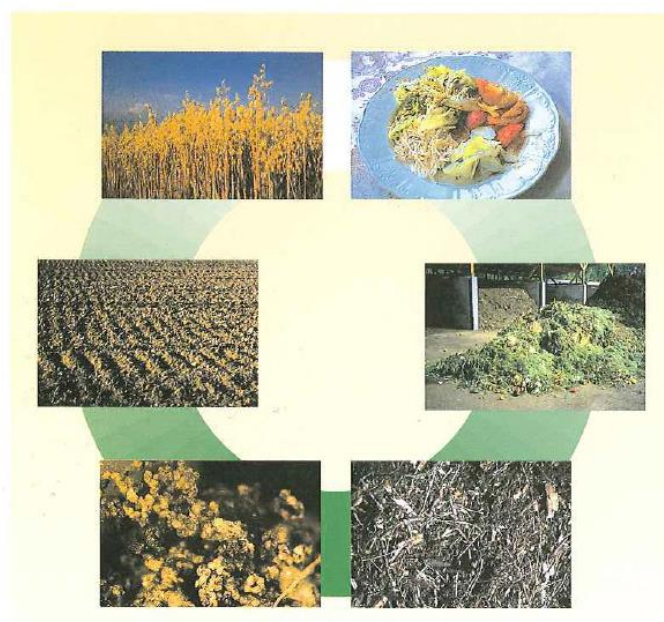
Technische Daten:

Auflösung:	0,01 pH
Genauigkeit:	+ - 0,02 pH
Spanne:	0 - 14 pH
Strom:	9 V Batterie JEC 6F22
Messbereich:	0 - 80° C

Lieferumfang:

1 pH-Messgerät incl. Sonde
2 Pufferkapseln (zur Eichung)
Aufbewahrungsbehälter für Eichlösung
Redoxsonde gegen Aufpreis
Option pH-Meter Piccolo

Het bovenstaande geeft een beschrijving van CO₂-meter en een pH - redox meter.

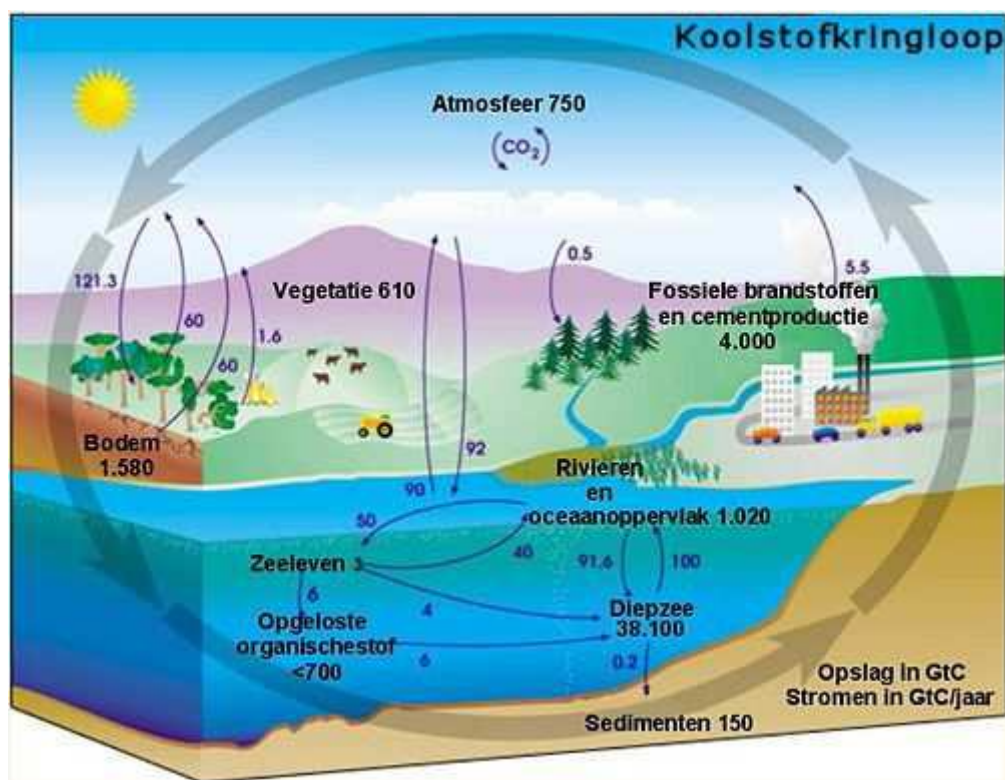


Geschlossene Kreisläufe im Einklang mit der Natur

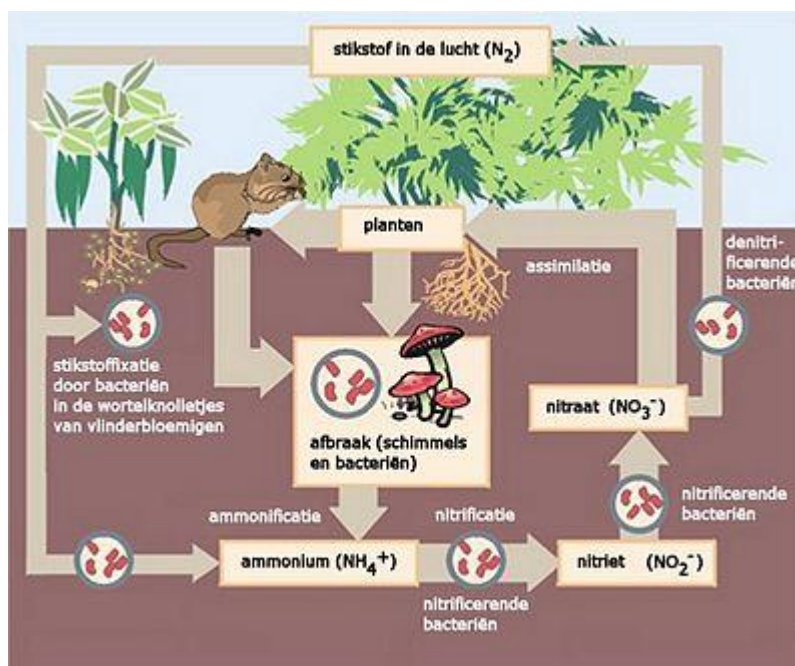
Die Produktion von Nahrungsmitteln und deren Verwertung ist ein natürlicher Kreislauf des Werdens und Vergehens. Unsere Großväter verstanden diese Kreisläufe noch, und ihr ganzes Leben und Arbeiten richtete sich danach:

- gesunder Boden
- gesunde Pflanzen
- gesunde Nahrung
- Gesundheit für Mensch und Tier
- in einer gesunden Umwelt!

De bovenstaande afbeelding geeft samengevat de natuurlijke kringloop weer. De opsomming van voordelen, die in 1985 op schrift is gesteld, kan anno 2010 worden aangevuld met het tegengaan van het klimaatprobleem, 1% verhoging van het organische stofgehalte van de aardbodem zou het klimaatprobleem teniet doen.



De bovenstaande afbeelding geeft schematisch de koolstofkringloop weer. Deze bestaat uit een aantal deelkringlopen. Afhankelijk van de plaats op aarde vindt uitwisseling van koolstof plaats naar de atmosfeer. Hieruit blijkt dat de opslag van koolstof in de bodem ongeveer 40% is van de totale uitstoot tengevolge van het gebruik van fossiele brandstoffen en cementproductie.



Deze afbeelding geeft een schematisch overzicht van de stikstofkringloop. Hieruit valt af te leiden dat schimmels en bacteriën organisch materiaal afbreken waarbij de vrijkomende stikstof wordt omgezet in ammonium dat bij voldoende aanwezigheid van zuurstof en nitrificerende bacteriën wordt omgezet tot nitraat. Dit is voor planten opneembaar. Indien geen omzetting plaatsvindt tot nitraat, vervluchtigt de meeste ammonium in de vorm van ammoniak. Dit betekent stikstofverlies. Daarnaast is aanwezigheid van zuurstof van belang om het giftige nitriet om te zetten in nitraat.



Te hoog nitraat- en fosfaatgehalte van het grondwater betekent een bedreiging voor de volksgezondheid. De Europese Nitraatrichtlijn schrijft daarom voor dat de concentratie nitraat in het grondwater niet hoger mag zijn dan 50 mg/l. Uitspoeling kan worden voorkomen door minder kunstmestgebruik en meer humushoudende compost. Humus werkt als een magneet, het bindt mineralen zoals nitraat zodat er geen sprake is van uitspoeling.