

# **Carbon Valley**

*Organische stofmanagement  
op melkveebedrijven*

*Ruwvoerproductie, waterregulatie,  
klimaat en biodiversiteit*



*Nick van Eekeren  
Joachim Deru  
Nyncke Hoekstra  
Jan de Wit*

## Verantwoording

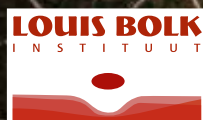
In het project Carbon Valley (2017-2020) werken agrariers van Het Groene Woud, de Duinboeren en Agro As de Peel aan het management van organische stof (Carbon/koolstof, het belangrijkste element in organische stof) in de bodem. Organische stof levert ruwvoerproductie, maar is ook op andere vlakken essentieel. Zo draagt organische stof ook bij aan waterregulatie (klimaatadaptatie), waterkwaliteit en biodiversiteit.

Deze brochure is bedoeld als handreiking voor melkveehouders die meer willen weten over organische stof, en beschrijft een set van maatregelen die in de bedrijfsvoering kan worden toegepast. Daarbij wordt organische stof benaderd op bedrijfsniveau als één van de elementen van bodemkwaliteit.

Carbon Valley komt voort uit het ambitieplan 2017-2020 van Nationaal Landschap Het Groene Woud. Daarin zijn projecten opgenomen die het gebied op alle fronten versterken om toekomstige generaties te laten profiteren van een groen, economisch gezond en gastvrij stad-landschap. Het project wordt uitgevoerd door Stichting Duinboeren en het Louis Bolk Instituut in samenwerking met het Streekhuis Het Groene Woud. Het project wordt gefinancierd door de Provincie Noord-Brabant, Agro Food Capital, deelnemers en bedrijfsleven.



**Provincie Noord-Brabant**



*Nick van Eekeren, Joachim Deru,*

www.louisbolk.nl  
info@louisbolk.nl  
T 0343 523 860  
Kosterijland 3-5  
3981 AJ Bunnik  
@LouisBolk

© Louis Bolk Instituut 2018

Foto's: Louis Bolk Instituut, Henri van Weert (p 31)

Ontwerp: Fingerprint

Druk: Badoux Grafische Communicatie B.V.

Deze uitgave is per mail of website te bestellen  
onder nummer 2018-002 LbD

*Nyncke Hoekstra, Jan de Wit* **Carbon Valley**

## ***Inhoud***

1. Inleiding en leeswijzer	4
2. Organische stof is belangrijk voor?	6
3. Meten en beoordelen organische stof	12
4. Organische stof in de kringloop van een melkveebedrijf	14
5. Bedrijfsniveau: Landgebruik voor meer organische stof	18
6. Grasland: Management voor meer organische stof	20
7. Bouwland: Management voor meer organische stof	26
8. Agro-forestry voor meer organische stof	30
Referenties	32
Maatregelenet voor management van organische stof	34

# 1. Inleiding en leeswijzer

## Organische stof is de basis van bodemkwaliteit

Organische stof is een van de zes elementen van bodemkwaliteit: organische stof, bodemleven, bodemchemie, waterhuishouding, bodemstructuur en worteling (zie Figuur 1.1). Deze zes elementen hangen sterk met elkaar samen: in de bodem is organische stof bepalend voor nutriëntenlevering, vochthuishouding, bodemstructuur en bodemleven. Organische stof is daarmee de basis van de bodemkwaliteit van het melkveebedrijf.

### **Carbon = Koolstof ≈ Organische stof**

*In het project Carbon Valley gaat het over Carbon ofwel koolstof ofwel organische stof. Carbon is het Engelse woord voor koolstof en organische stof bestaat voor 50% uit koolstof.*

### **Ecosysteemdiensten van organische stof in de bodem**

#### **Organische stof en productie**

*Eén procent extra organische stof in de laag 0-10 cm op grasland levert 1300 kg ds extra gras per hectare op zandgrond en 500 kg ds extra gras per hectare op kleigrond. Grasland op zandgrond met 6% organische stof levert daarmee bijna 4000 kg ds per ha meer op dan grasland met 3% organische stof (zie ook 2.5).*

#### **Organische stof en waterkwantiteit en kwaliteit**

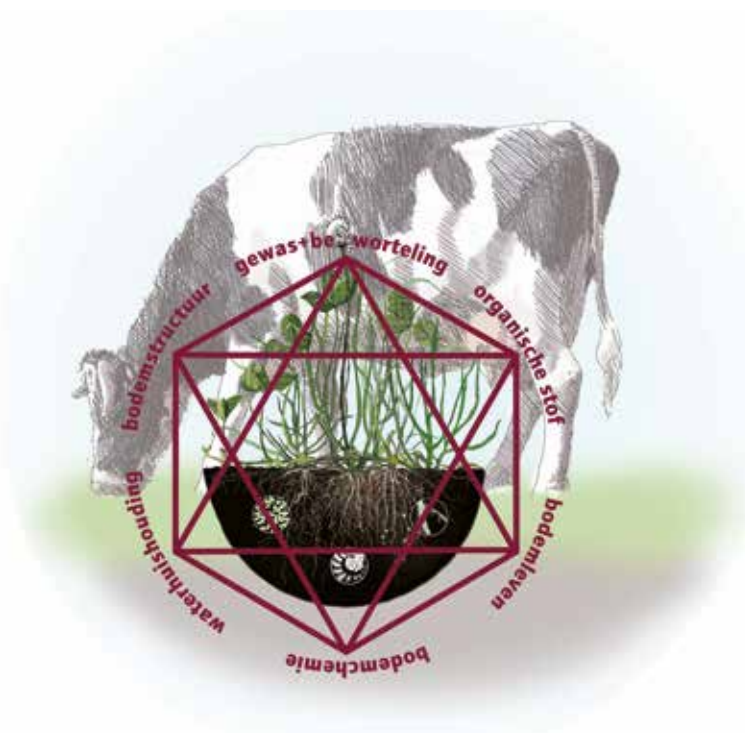
*Organische stof is als een spons: het houdt water vast bij droogte en kan water bufferen bij overtollige regenval. Daarnaast bindt het nutriënten en eventueel ook gifstoffen waarmee verliezen naar het water worden voorkomen (zie ook 2.1, 2.2 en 2.3).*

#### **Organische stof en klimaat**

*Bodemorganische stof is een belangrijk onderdeel in de koolstofkringloop: wereldwijd is in de bodem twee keer zoveel koolstof als in de atmosfeer in de vorm van koolstofdioxide ( $CO_2$ ). Daarmee is de opbouw van organische stof in de bodem een manier om koolstof uit  $CO_2$  vast te leggen (zie ook 2.6).*

#### **Organische stof en biodiversiteit**

*Organische stof is de primaire voedingsbron voor het bodemleven en daarmee de ondergrondse biodiversiteit. Bodemleven is op haar beurt ook weer voedsel voor bovengrondse fauna zoals weidevogels maar ook dassen (zie ook 2.4).*

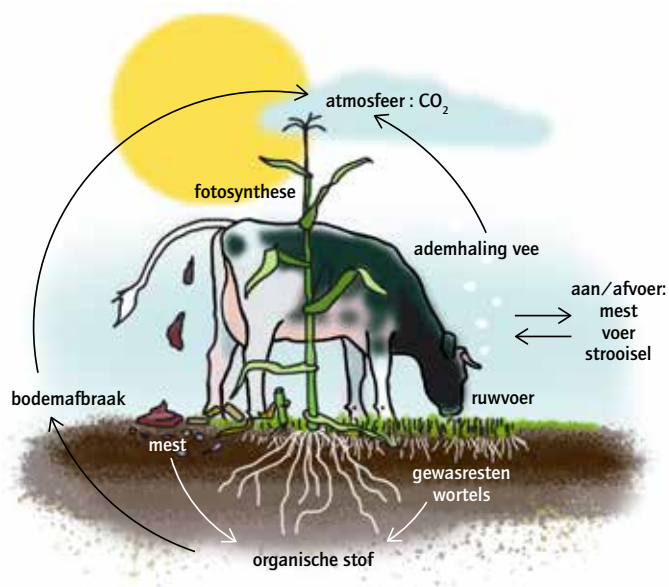


Figuur 1.1: Organische stof kan niet los worden gezien van de andere vijf elementen van bodemkwaliteit.

## Korte en lange koolstofcyclus

Door zonlicht, CO<sub>2</sub> in de lucht, en water en nutriënten uit de bodem wordt in gewassen als gras en maïs organische stof gevormd via fotosynthese. Met deze gewasgroei wordt koolstof vastgelegd in nieuwe organische stof. Deze organische stof wordt geoogst of begraasd of blijft achter als afgestorven blad, stoppel en wortels. De organische stof die aan koeien wordt gevoerd wordt voor ca. 75% als energie gebruikt waarbij CO<sub>2</sub> wordt uitgeademd. De resterende ca. 25% van de gevoerde organische stof komt in de mest terecht, en uiteindelijk op het land en in de bodem.

Samen met gewasresten en wortels vormt mest de belangrijkste bron van verse organische stof voor de bodem. Hiervan wordt een gedeelte binnen één jaar afgebroken en een gedeelte, de effectieve organische stof, blijft langer in de bodem. De 'korte koolstofcyclus' is de door veel uitgeademde CO<sub>2</sub> plus de organische stof in de bodem die binnen één jaar wordt afgebroken. De organische stof die in de bodem langer dan één jaar behouden blijft maakt deel uit van de 'lange koolstofcyclus'.



De korte en lange koolstofcyclus op een melkveebedrijf.



Koolstof in gras en maïs wordt door de koeien voor 75% gebruikt als energie waarbij CO<sub>2</sub> wordt uitgeademd. Dit behoort tot de korte koolstofcyclus op een melkveebedrijf.

## Leeswijzer

Deze brochure geeft u inzicht in:

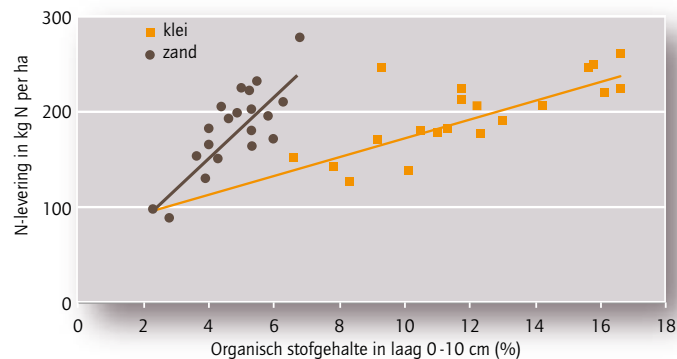
- Het belang van bodemorganische stof (Hoofdstuk 2);
- Beoordelen en meten van organische stof (Hoofdstuk 3);
- Organische stofstromen op een melkveebedrijf (Hoofdstuk 4);
- Maatregelen voor het bedrijf (Hoofdstuk 5), grasland (Hoofdstuk 6) en bouwland (Hoofdstuk 7).

## 2. Organische stof is belangrijk voor?

### 2.1 Nutriëntenlevering en -binding

#### Nutriëntenlevering

Bij de afbraak van organische stof in de bodem komen nutriënten vrij die door gewassen kunnen worden benut, waarvan de stikstof (N), fosfor (P) en zwavel (S) de belangrijkste zijn. De hoogte van het stikstofleverend vermogen (NLV) is daarom sterk afhankelijk van het gehalte aan organische stof (zie Figuur 2.1). Op land met een graslandhistorie is de vuistregel dat elke % organische stof in de laag 0-10 cm, op zandgrond 25-30 kg N per ha per jaar levert, en op kleigrond 10-15 kg N per ha per jaar.



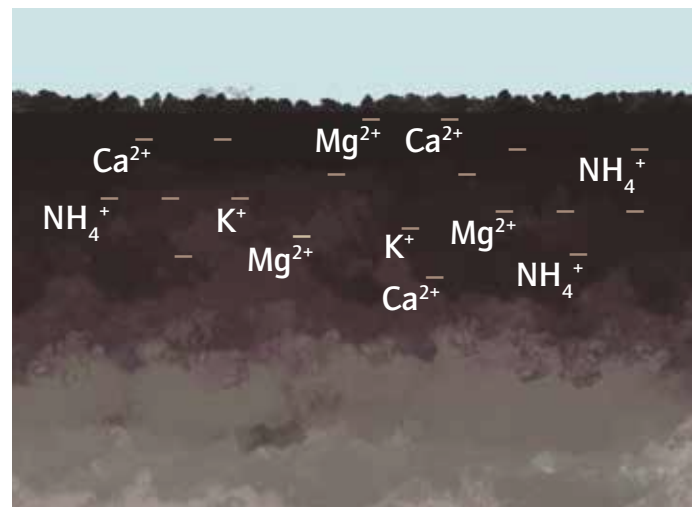
Figuur 2.1: Er is een sterk verband tussen het organische stofgehalte en NLV op zand (bruin) en op klei (oranje).

#### C/N verhouding

De mate van nutriëntenlevering is ook afhankelijk van de kwaliteit van de organische stof, zoals de mate van afbreekbaarheid of de C/N verhouding. Een lage C/N verhouding geeft een hoge bodemvruchtbaarheid aan omdat er veel N aanwezig is ten opzichte van C. Dit is het geval wanneer er veel aanvoer is van jonge, gemakkelijk afbreekbare organische stof in de bodem. Het NLV kan dan hoger zijn dan 25 kg per % organische stof.

#### Nutriëntenbinding

Organische stof is zwak negatief geladen en zorgt daarmee voor binding en opslag van positief geladen deeltjes (kationen) in de bodem, zoals  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ . De gebonden kationen kunnen bijdragen aan de plantenvoeding. Een hoger gehalte aan organische stof betekent een grotere opslag- en buffercapaciteit voor kationen (de CEC). In tegenstelling tot klei of leem heeft puur zand geen kationenbindingscapaciteit en is daarin volledig afhankelijk van organische stof.



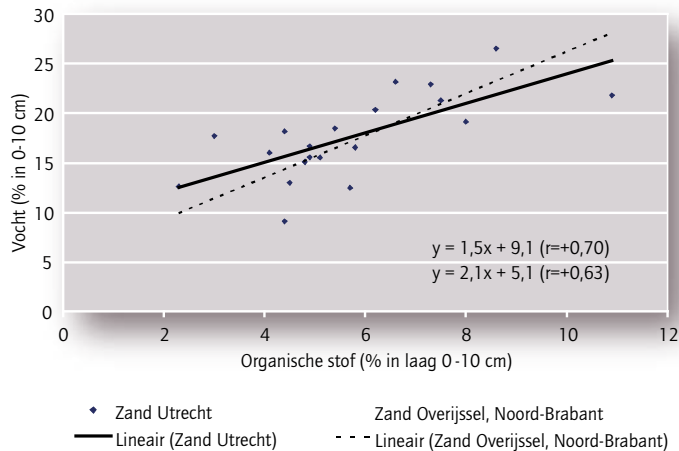
## 2.2 Vochtvasthoudend vermogen

### Vochtbinding

Organische stof kan 20 keer zijn eigen gewicht aan water vasthouden terwijl puur zand niet verder komt dan 0,2 keer. In zandgronden verbetert organische stof daarom in belangrijke mate de vochthuishouding en vochtlevering voor het gewas. Uit metingen in graslanden op melkveebedrijven blijkt dat per % organische stof verhoging in de laag 0-10 cm, de bodem 1,5 tot 2,1% (procentpunten) vochtiger is (zie Figuur 2.2). Dit komt overeen met 2-3 mm water per % organische stof.



Organische stof werkt als een spons om water vast te houden.



Figuur 2.2 Percentage organische stof bepaalt het watervasthoudend vermogen van de bodem.

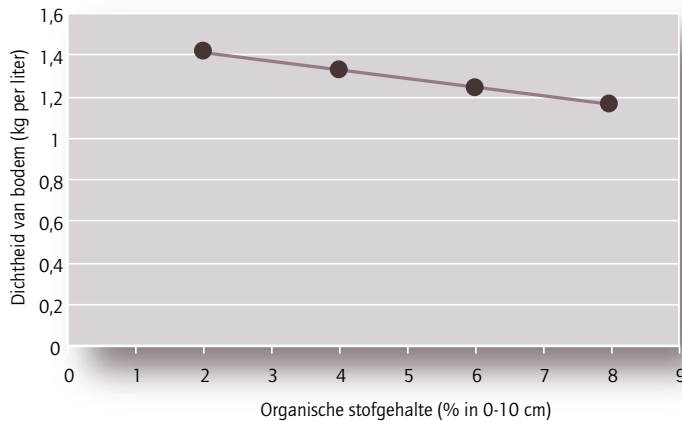


Aangezien gras per kilo drogestof 350 liter water (twee badkuipen) verbruikt en maïs 180 liter water (één badkuip), is organische stof ook voor vochtbinding en -levering heel belangrijk.

## 2.3 Bodemstructuur en waterregulatie

### Directe invloed

Organische stof heeft een directe invloed op de bodemstructuur doordat het bodemdeeltjes aan elkaar bindt. Daardoor ontstaat een kruimelstructuur die minder gevoelig is voor verdichting, beter vocht opneemt, goed draineert (infiltratie), goed doorwortelbaar en bewerkbaar is. Doordat organische stof lichter is dan zanddeeltjes is de dichtheid van de zandgrond direct gerelateerd aan het organische stofgehalte (zie Figuur 2.3).



Figuur 2.3: Relatie tussen organische stofgehalte en bodemdichtheid.

### Indirecte invloed

De indirecte invloed van organische stof op bodemstructuur is via het bodemleven, zoals in Paragraaf 2.4 beschreven. Daarin spelen zowel het kleine als het grotere bodemleven een rol: door het samenklitten van bodemaggregaten en het vormen van micro- en macroporiën. Deze fysische veranderingen in de bodem door het bodemleven hebben een positieve invloed op de infiltratiecapaciteit van de grond (voorkomen van plassen op het land), het waterbergend vermogen, de stuifgevoeligheid, verkrumelbaarheid, slempgevoeligheid en erosiegevoeligheid.



Maisland met een laag organisch stofgehalte is heel stuif- en erosiegevoelig.



## 2.4 Bodemleven

### Organische stof als voedsel

Koeien produceren melk, vlees en mest op basis van verteerbaar organische stof uit gras en maïs. Precies op dezelfde manier draait het ondergrondse voedselweb op het verteren van de organische stof in de bodem. Deze organische stof is afkomstig van de ondergrondse delen van gras en maïs (afgestorven wortels en wortellexudaten), van niet geoogste bovengrondse delen (bladresten, stoppels, ondergeploegde groenbemesters) en uit dierlijke mest of compost.

### Vijf tot 30 koeien aan bodemleven per hectare grasland

De hoeveelheid organische stof in de bodem is sterk bepalend voor de hoeveelheid bodemleven. Gemiddeld is het gezamenlijke gewicht van het bodemleven (bacteriën, schimmels, protozoa, nematoden, springstaarten, mijten, potwormen en regenwormen) onder grasland op zandgrond gelijk aan 5 koeien en kan op kleigrond oplopen tot 30 koeien. Door de minimale verstoring en de hoge aanvoer van vers organisch materiaal is onder grasland zowel de hoeveelheid als de diversiteit van bodemleven groter dan onder bouwland.



Onder de graszode op zandgrond leeft het gewicht van 5 koeien aan bodemleven per hectare.

### 'Producten' van bodemleven

Het bodemleven verteert een deel van de organische stof in de bodem, scheidt plant-opneembare nutriënten uit (dit is de mineralisatie) en ademt CO<sub>2</sub> uit. Bodemleven is daarmee de schakel tussen organische stof in de bodem en nutriëntenlevering (NLV). Het bodemleven levert ook andere 'producten': het verbetert de bodemstructuur, vormt humus en vermengt organische stof vanuit de strooisellaag in de bodem. Daarnaast zijn regenwormen een belangrijke voedselbron voor weidevogels en andere fauna.

*'Mineralisatie van organische stof is niets anders dan poepend bodemleven'*

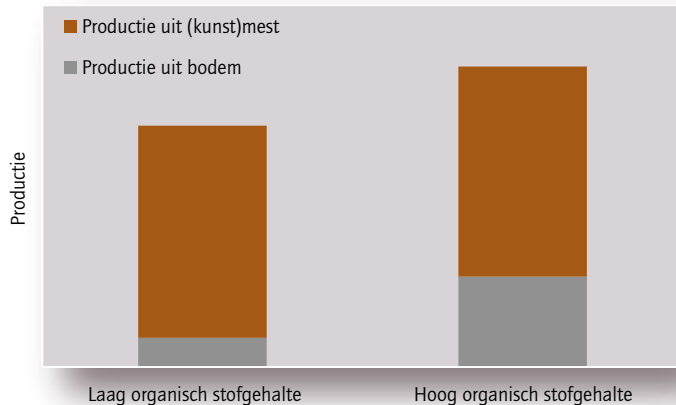
### **Nieuwe inzichten relatie bodemleven en organische stof**

*Uit recent onderzoek blijkt dat bacteriën en schimmels in de bodem een belangrijke rol spelen in de stabilisatie van organische stof, waardoor deze minder snel afbreekt (Kallenbach et al., 2016). Ook blijkt dat dit proces afhangt van de samenstelling van het bodemleven: schimmels dragen bijvoorbeeld meer bij dan bacteriën. Regenwormen blijken zowel de afbraak als de stabilisatie van organische stof te bevorderen. Onderzoek laat zien dat regenwormen verse organische stof vermengen met minerale bodemdelen. Deze activiteit kost energie, wat afbraak van organische stof betekent, maar resulteert in een hoger aandeel gestabiliseerde organische stof die gebonden is aan klei, micro- en macroaggregaten (Lubbers et al., 2017).*

## 2.5 Productie

### Grasproductie

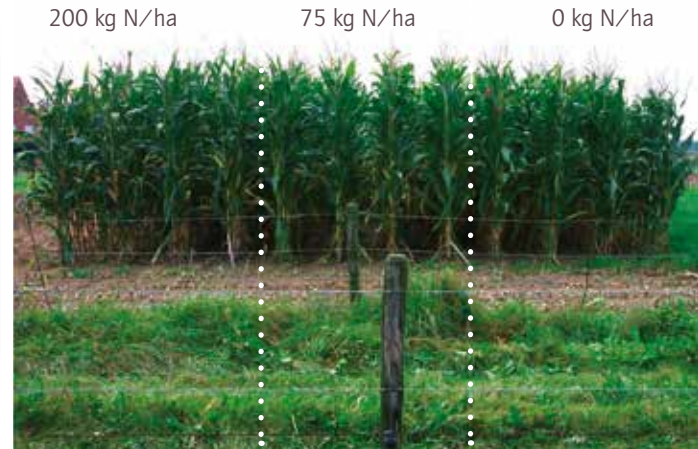
De levering van vocht, stikstof en andere nutriënten zorgen uiteindelijk voor een hogere productie bij gras. Per % extra organische stof in de laag 0-10 cm op grasland zonder bemesting betekent dit 1300 kg ds extra gras per ha op zandgrond (van Eekeren et al., 2010) en 500 kg ds extra gras per ha op kleigrond (Iepema et al, in voorbereiding). Met de huidige gebruiksnormen voor bemesting voor grasland is dit een belangrijk gegeven en zeer bepalend voor de uiteindelijke productie op een perceel (zie Figuur 2.4).



Figuur 2.4: F Met de huidige gebruiksnormen voor bemesting maakt productie uit de 'bodem' het verschil.

### Maïsproductie

De levering van vocht, stikstof en andere nutriënten zorgen uiteindelijk ook voor een hogere productie bij maïs. Daarnaast kan juist ook bij vruchtwisseling gebruik gemaakt worden van de opbouw van organische stof in grasland of grasklaver. Hierbij is het wel wijs om het organische stofgehalte in het grasland niet te hoog op te laten lopen omdat er dan zoveel organische stof wordt afgebroken wat niet meer in een volggewas kan worden gebruikt. Drie jaar grasland of grasklaver wordt hierbij als optimaal gezien.



Maïs geteeld na drie jaar grasklaver profiteert van de opgebouwde organische stof en produceert met 0 kg N evenveel als met 200 kg N.

## 2.6 Klimaat

### Bodem belangrijk voor de koolstofkringloop

De organische stof in de bodem is een belangrijk onderdeel in de koolstofkringloop: wereldwijd is in de bodem 1550 miljard ton koolstof in organische stof aanwezig, dit is twee keer zoveel als in de atmosfeer in de vorm van koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en drie keer zoveel als de hoeveelheid koolstof in levende organismen (bacteriën, schimmels, planten, dieren) (Lal, 2008).

### $\text{CO}_2$ vastleggen in organische stof

Het verhogen van het organisch stofgehalte via de lange koolstofkringloop wordt gezien als een maatregel om klimaatverandering tegen te gaan, de zogenaamde klimaatmitigatie. Wanneer het lukt om de organische stof in de bodem wereldwijd met 0,4% per jaar te verhogen wordt de huidige toename in de atmosfeer opgeheven (4p1000.org/understand). Met een gemiddelde voorraad van 93 ton C per ha in de laag 0-30 cm is dit 375 kg C per ha per jaar ofwel 750 kg effectieve organische stof extra per ha per jaar (Lesschen et al., 2016). Een dergelijke verhoging is met grasland haalbaar maar wordt voor bouwland moeilijk (zie Hoofdstuk 3-7). Bovendien is het een tijdelijk effect: na 30-70 jaar komt de afbraak van (het hogere aandeel) organische stof weer in evenwicht met de extra aanvoer (zie ook Figuur 5.1). Daarnaast kost deze opbouw van organische stof veel stikstof. Desalniettemin kan het vastleggen van  $\text{CO}_2$  in de bodem een belangrijke tijdelijke maatregel zijn in de overgang naar een klimaat-neutrale samenleving.



### Koolstofboeren

Vooralsnog heeft de koolstof die is vastgelegd in de bodem geen zelfstandige economische waarde. Echter, de maatschappelijke kosten voor  $\text{CO}_2$ -uitstoot worden ruw geschat op 40 € per ton  $\text{CO}_2$ , terwijl investeringen voor wind en zonne-energie oplopen tot 100 à 270 € per ton  $\text{CO}_2$  (Koelemeijer et al., 2017). Uitgaande van een netto vastlegging van 0,15% organische stof per jaar in de laag 0-10 cm onder grasland op zandgrond is dit 2000 kg vastgelegde organische stof in de bodem (de Wit et al., ongepubliceerde data), is 1000 kg C per ha per jaar ( $\text{C} = 0,5 \times \text{organische stof}$ ), is 3670 kg  $\text{CO}_2$  per ha, zou dit een waarde vertegenwoordigen van circa 145 € per jaar. Agrariërs worden hier echter nog niet voor beloond, maar binnen een regionaal project in Oostenrijk wel. Hier werd al 220.000 € aan agrariërs betaald voor de vastlegging van koolstof (oekoregion-kaindorf.at).



### Klimaatadaptatie

Het verhogen van het organische stofgehalte is niet alleen een maatregel tegen klimaatverandering, maar ook tegen de gevolgen van klimaatverandering. Bodems met meer organische stof zijn beter bestand tegen meer extreme weersomstandigheden als langere droogteperiodes (vocht vasthouden) of juist zwaardere regenval (bodemstructuur) (zie Paragraaf 2.3).

## 3. Meten en beoordelen organische stof

### 3.1 Verschillen in organische stof

#### Organische stof versus humus

Organische stof is een verzamelterm voor de verschillende organische bestanddelen in de bodem, zoals verse, onverteerde plantenresten of humus. Humus is dat deel van de organische stof dat zover is omgezet, dat de plantaardige en dierlijke resten waaruit het is ontstaan niet meer te onderscheiden zijn. Bij deze omzetting speelt bodemleven, en met name bacteriën en schimmels, een grote rol (zie Kader blz 9). Het deel van de organische stof dat binnen een jaar wordt afgebroken draagt niet bij aan de hoeveelheid humus, maar wel aan de voeding van het bodemleven en aan mineralisatie.

#### Effectieve organische stof

'Effectieve organische stof' (ook EOS genoemd) is de hoeveelheid organische stof die 1 jaar na toevoegen in de bodem nog aanwezig is. Dit is een maat voor de bijdrage van toegevoegde verse organische stof (zoals drijfmest, vaste mest, stro of een ondergeploegde groenbemester) aan de opbouw van organische stof in de bodem op de langere termijn. Dit is verschillend per gewas of mestsoort (zie Tabel 3.1).

Tabel 3.1: Aanvoer van effectieve organische stof en afbraak van verschillende bronnen van organische stof

Bron	Aanvoer effectieve organische stof	Afgebroken van totale verse aanvoer na 1 jaar
Drijfmest rundvee	30 kg/ton	56 %
Vaste mest rundvee	85 kg/ton	45 %
Grasland, drie jaar en ouder	3975 kg/ha/jr	67 %
Snijmaïs	675 kg/ha/jr	68 %
Bladrammenas groenbemester	875 kg/ha/jr	77 %

Bron: os-balans.nl; Handboek Bodem en Bemesting

#### Afbraaksnelheid

In Tabel 3.1 is te zien dat een ondergeploegde groenbemester een hogere afbraaksnelheid heeft dan dierlijke mest of de gewasresten van maïs. Daarnaast breekt vers toegevoegde organische stof ook sneller af dan stabiele humus, ofwel 'oude' organische stof. De hoeveelheden organische stof van verschillende oorsprong en leeftijd in de bodem is daarmee bepalend voor de afbraaksnelheid van de hele voorraad aan organische stof. Een oude vuistregel is 2% afbraak per jaar, maar dit varieert tussen 1 en 4% afhankelijk van de samenstelling van de organische stof en de activiteit van het bodemleven.



Wat zegt op zandgrond de kleur van organische stof? Organische stof die de handen zwart kleurt (foto links) heeft zijn oorsprong in heideplaggen. Deze organische stof is onder natte omstandigheden smerend. Bij bruine organische stof (foto rechts) is de oorsprong van plaggen een rijker bos geweest. De grond is hierdoor ruller en beter bewerkbaar.



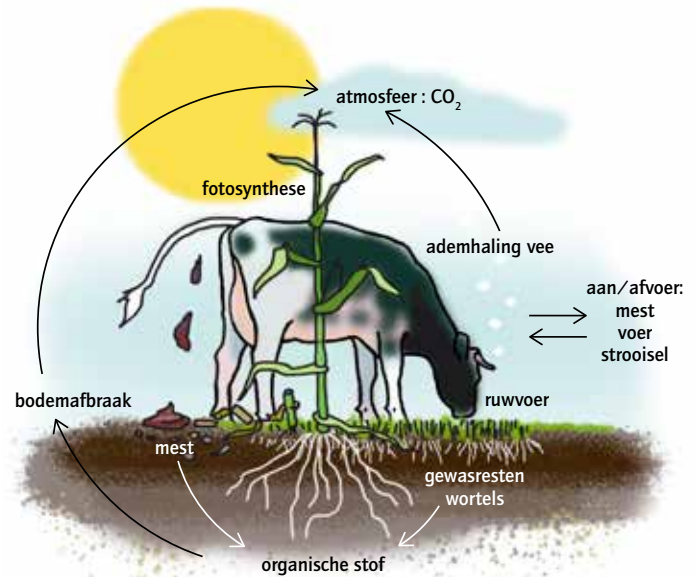
## 4. Organische stof in de kringloop van een melkveebedrijf

### 4.1 Aan- en afvoer op het melkveebedrijf

#### Organische stof in de bedrijfskringloop

In de tekening hiernaast zijn de belangrijkste stromen en processen weergegeven die van belang zijn voor de organische stofkringloop op een melkveebedrijf.

- **Productie van organische stof** – Gras en maïs leggen door middel van fotosynthese  $\text{CO}_2$  uit de lucht vast en produceren plantenweefsel, oftewel nieuwe organische stof. Bij grasland gaat een groot deel daarvan direct in de bodem via gewasresten en wortels, bij maïs zijn er minder gewasresten en wortels. Bovengrondse delen worden begraasd of geoogst en gevoerd, en komen in de vorm van mest ook in de bodem terecht.
- **Afbraak van organische stof** – Bodemleven breekt continu organische stof af tot  $\text{CO}_2$  dat in de atmosfeer terechtkomt (bodemafbraak). Bovengronds vindt ook afbraak plaats: vee verteert ruwvoer en ademt  $\text{CO}_2$  uit, waardoor niet alle organische stof uit ruwvoer uiteindelijk in de mest en bodem terechtkomt (ademhaling vee).
- **Externe aan- en afvoer** – Door aankoop van (kracht)voer en stro en mestafvoer wordt extra organische stof aan- en afgevoerd. Deze organische stof is dus elders geproduceerd of zal elders weer afgebroken worden tot  $\text{CO}_2$ .



Organische stof in de bedrijfskringloop van een melkveebedrijf.

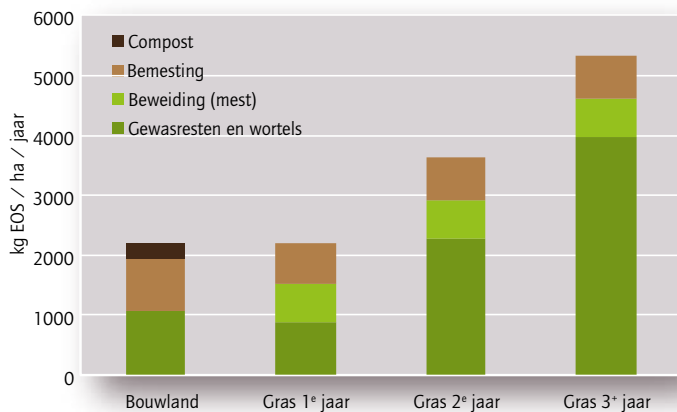


Organische stof opbouw in de bodem is een evenwicht van aanvoer van organische stof (gewasresten, wortels, mest op het bedrijf en eventuele externe aanvoer) en de afbraak van organische stof in de bodem.

## 4.2 Aanvoer

### Gewasresten en wortels belangrijkste aanvoerpost

De aanvoer van organische stof in de bodem via mest is voor veel veehouders de meest zichtbare aanvoerpost. Omgerekend heb je echter 450 m<sup>3</sup> runderdrijfmest nodig voor 1% stijging van het organische stofgehalte in de laag 0-10 cm. Stalmest bevat meer organische stof dan drijfmest maar hier is toch nog 160 ton per ha nodig om 1% verhoging te krijgen. Het is echter niet de mest, maar de gewasresten en wortels van grasland die voor melkveebedrijven de belangrijkste bron van organische stof vormen (60-75%) (zie Figuur 4.1). Blijvend grasland van drie jaar en ouder heeft een aanvoer van 3975 kg effectieve organische stof per ha per jaar (gelijk aan 130 m<sup>3</sup> runderdrijfmest) en een relatief lage afbraak. Blijvend grasland zonder frequente graslandvernieuwing is dan ook de belangrijkste maatregel op een melkveebedrijf om het gehalte aan organische stof van de bodem te verhogen (zie Hoofdstuk 5 en 6). In Figuur 4.1 is verder te zien dat grasland van één of twee jaar oud nog minder effectieve organische stof levert omdat de organische resten nog jong zijn en relatief snel verteren.



Figuur 4.1: Aanvoer van effectieve organische stof (kg EOS per ha per jaar) bij bouwland en grasland.



Gewasresten en wortels vormen op grasland 75% van de aanvoer van organische stof en op maisland 50%.

## 4.3 Afbraak

### Afbraak is ook mineralisatie

Het bodemleven zorgt voor de afbraak van organische stof. Afbraak is in principe positief want dat levert de mineralisatie op van nutriënten waarmee gewasgroei mogelijk is. Daarnaast wordt een deel van de organische stof door het bodemleven omgezet in stabielere vormen van organische stof. Deze organische stof is beter bestand tegen verdere afbraak en draagt dus bij aan organische stof opbouw.

### Factoren die afbraak bepalen

Er vindt altijd afbraak van organische stof plaats in de bodem, omdat er altijd bodemleven actief is en dus voeding nodig heeft. Deze afbraak varieert afhankelijk van de kwaliteit van de organische stof maar juist ook de bodemomstandigheden die de activiteit van het bodemleven bepalen (zuurstof), vocht, bodemtemperatuur, zuurtegraad en kleigehalte.

- **Lucht** – Meer lucht door bodembewerking of betere ontwatering geeft zuurstof aan het bodemleven en bevordert daarmee afbraak van organische stof en vrijkomen van nutriënten.
- **Vocht** - Vocht kan de afbraak van organische stof zowel remmen als versnellen. Teveel vocht leidt tot zuurstofloze omstandigheden en koudere grond waardoor het bodemleven minder actief is waardoor afbraakprocessen stoppen. Andersom, in te droge grond is het bodemleven minder actief en is de afbraak van organische stof dan ook trager.
- **Temperatuur** - Net als vocht is temperatuur een belangrijke factor voor de activiteit van het bodemleven, en is daarmee sturend voor de afbraakprocessen van organische stof. Dit is vooral van belang aan het begin van het groeiseizoen.
- **Zuurtegraad** – Net zoals pensverzuring de bacteriën en protozoa in de pens plat legt, remt een lage pH in de bodem (zure grond) de activiteit van het bodemleven.
- **Kleigehalte** – Organische stof wordt door klei in de bodem beschermd tegen afbraak door het bodemleven. Hierdoor kan op kleigrond het organische stofgehalte hoger oplopen dan op zandgrond.



Als het droog is gaat het bodemleven in rust en wordt er weinig organische stof afgebroken. Als er regen valt na deze droogte is er vaak een piek aan afbraak en dus mineralisatie.

### **Theezakjes als maat voor afbraak van organische stof**

*De Universiteit van Utrecht heeft een methode ontwikkeld om door middel van ingegraven theezakjes iets te kunnen zeggen over de afbraak van organische stof in de bodem. De basis van de theezakjesmethode is dat groene thee makkelijk en rooibos thee moeilijk afbreekbare organische stof bevatten. De gewichtsafname na 90 dagen in de grond is een maat voor afbraak van organische stof. Groene thee bepaalt de 'stabilisatiefactor' en rooibos thee de 'afbraakfactor'. Boeren en burgers wereldwijd kunnen theezakjes ingraven, drogen en wegen en gewichten invullen op [www.teatime4science.org/](http://www.teatime4science.org/). Met deze methode kunnen wereldwijd bodemspecifieke afbraaksnelheden verzameld worden. Bijvoorbeeld onderzoek met theezakjes op klei laat een positieve relatie zien tussen de afbraak van organische stof en het aantal soorten bodemleven (Iepema et al., 2015).*





## 4.4 Organische stofbalans van de bodem

### Balans van aanvoer en afbraak

Vanuit de opbouw van organische stof in de bodem is vooral de verhouding tussen aanvoer en afbraak bepalend voor de hoeveelheid organische stof. Die verhouding wordt zichtbaar in de organische stofbalans, oftewel de balans tussen de aanvoer door gewasresten, wortels en bemesting, en de afbraak door de activiteit van het bodemleven.

### Balans van blijvend grasland en bouwland

Een organische stofbalans wordt doorgaans gemaakt met standaardwaarden (zie Tabel 4.1). Zowel de afbraak als de aanvoer zijn namelijk niet gemakkelijk te meten en worden bovendien door meerdere factoren bepaald, waaronder het weer. Een balans geeft daarom enkel een indicatie van de daling of stijging van het organische stofgehalte van een bepaald perceel met een bepaald gewas.

Tabel 4.1: Voorbeeld van een organische stof-balans voor grasland en bouwland bij 4% organische stof in 0-25 cm (alles in kg per ha).

	Blijvend grasland	Bouwland (maïs + groenbemester)
OS in laag 0-25 cm	140.000	140.000
Afbraak 2% *	-2800	-2800
Aanvoer gewasresten (EOS)	+3975	+1095
Aanvoer drijfmest (EOS) **	+1350	+1050
Netto effect	+2525	-655

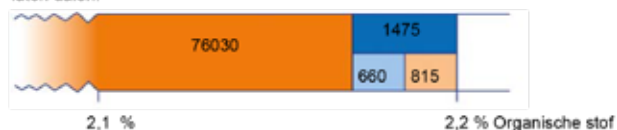
\* In beide gevallen is de afbraak op 2% van de organische stof gesteld, bij gelijke hoeveelheid organische stof. In de praktijk is de afbraakpercentage bij grasland waarschijnlijk lager.

\*\* Bemesting grasland: 45 m<sup>3</sup> (inclusief weidemest). Bemesting maïs: 35 m<sup>3</sup>. Beide 30 kg EOS per m<sup>3</sup>.



**Kijk eens naar de weergave van de organische stofbalans door Eurofins bij bouwland monsters.**

Organische stof in de gekleurde balk staat de informatie over organische stof (kg/ha) die u moet weten om het organische stofgehalte niet te laten dalen.



Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 1,9

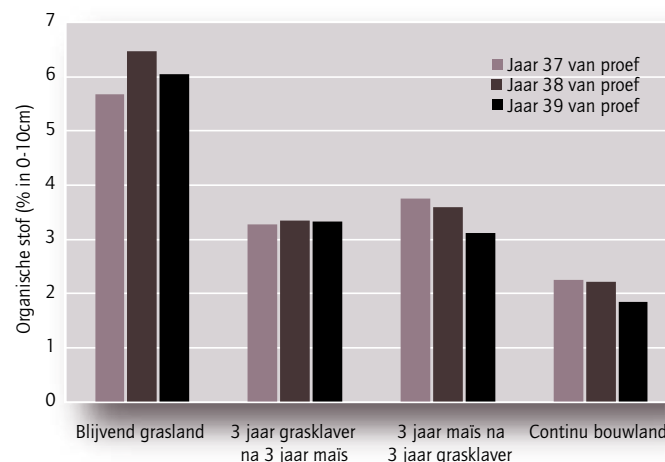
- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer via gewasresten (gemiddeld binnen opgegeven bouwplan of gewassen).
- Nog aan te vullen via bijv. dierlijke mest, groenbemesters en/of compost.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Snijmaïs in continuïteit	660
Gemiddelde aanvoer/jaar	660

## 5. Bedrijfsniveau: Landgebruik voor meer organische stof

### Effect op aanvoer en afbraak

Op bedrijfsniveau heeft de keuze voor landgebruik een belangrijke invloed op het organische stofgehalte van de bodem, en is de basis voor het organische stofmanagement op een melkveebedrijf. Het aandeel grasland ten opzichte van bouwland, maar ook vruchtwisseling tussen grasland en bouwland zijn hierin bepalend. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een langjarige proef op een lemige zandgrond waarin bijna 40 jaar blijvend grasland is vergeleken met 40 jaar continu bouwland, en de vruchtwisseling van 3 jaar grasklaver met 3 jaar snijmaïs (zie Figuur 5.1). Blijvend grasland had na 37 jaar een organische stofgehalte van 6% tegen 2% voor continu bouwland. De vruchtwisseling van 3 jaar grasklaver met 3 jaar maïs zat hier tussen in met 3,5% organische stof. Met blijvend grasland wordt dus het meeste organische stof opgebouwd, terwijl het gehalte met continu maïsteelt alleen maar terugloopt. Het omzetten van continu maïs naar vruchtwisseling is een belangrijke maatregel voor behoud van organische stof, als dit in combinatie is met een hoog aandeel blijvend grasland.



Figuur 5.1: Organische stofgehalte na 37 jaar blijvend grasland, 37 jaar continu bouwland en 37 jaar vruchtwisseling van 3 jaar grasklaver gevolgd door 3 jaar maïs (van Eekeren et al., 2008).

### Effect van landgebruik op de zes elementen van bodemkwaliteit

Organische stof is één van de zes elementen van bodemkwaliteit (zie Hoofdstuk 1). In Tabel 5.1 is weergegeven wat landgebruik betekent voor alle elementen van bodemkwaliteit. Hierin is te zien dat blijvend grasland belangrijk is voor bodemkwaliteit, dat continu bouwland niet wenselijk is en dat maïs in vruchtwisseling geteeld moet worden met grasklaver

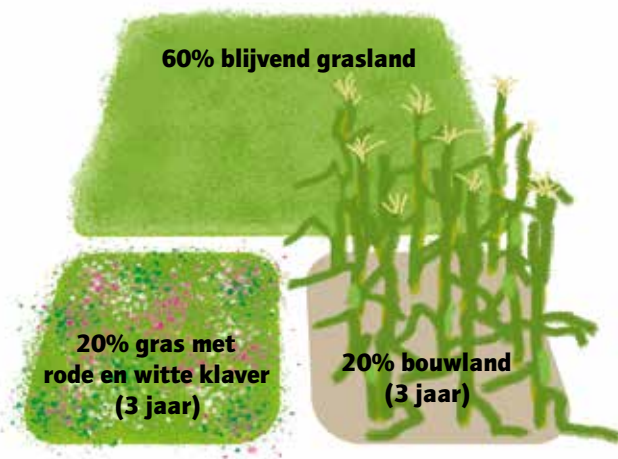
- = positief
- = gemiddeld
- = negatief

Tabel 5.1: Invloed van landgebruik op de zes elementen van bodemkwaliteit (van Eekeren et al, 2016b)

	Blijvend grasland	3 jaar grasklaver in vruchtwisseling met 3 jaar maïs	3 jaar maïs in vruchtwisseling met grasklaver	Continu bouwland
1. Organische stof	+	0	0	-
2. Bodemstructuur	+	+	-	-
3. Beworteling	0	+		
4. Bodemleven	+	0	0	-
5. Waterhuishouding	+	0		
6. Bodemchemie	+	0	0	-

## Inpassing in bedrijfsvoering

De meeste bedrijven op mineralengronden (zand- en kleigrond) hebben een landgebruik van 80% grasland en 20% bouwland. Hierbij wordt maïs vaak in continueelt verbouwd of in vruchtwisseling met blijvend grasland van vijf jaar en ouder. Continueelt maïs is niet wenselijk vanwege het negatieve effect op bodemkwaliteit. Vruchtwisseling van maïs met blijvend grasland van vijf jaar en ouder is niet wenselijk omdat hierbij veel organische stof wordt afgebroken die niet kan worden benut in het volggewas, met als gevolg verliezen voor het milieu en de portemonnee. Mogelijk is voor het totale organische stofgehalte 80% blijvend grasland zonder vruchtwisseling en 20% continueelt het gunstigste. Echter wordt organische stof gecombineerd met andere doelen van bodemkwaliteit, productie, milieu en biodiversiteit dan is het optimale landgebruik 60% blijvend grasland, en 20% gras, rode en witte klaver (3 jaar) in vruchtwisseling met bouwland (3 jaar).



Verdeling van landgebruik op het areaal van een melkveebedrijf voor optimale bodemkwaliteit.



**Bij frezen en ploegen van een driejarige grasklaver komt zoveel stikstof vrij zodat er geen extra stikstofbemesting noodzakelijk is voor de teelt van maïs. Houd daarbij wel rekening met andere elementen zoals kali en zwavel.**

## Voordelen landgebruik 60-20-20 op een rij

- Verhoging organische stofgehalte
- Verhoging NLV van gras- en bouwland
- Verbetering bodemkwaliteit breed
- Verhoging opbrengst en ruw eiwit van eigen land
- Minder aanvoer van kunstmest
- Inkomen 7000 euro hoger per jaar
- Minder aanvoer van soja
- Lagere uitstoot broeikasgassen
- Meer biodiversiteit

(van Eekeren et al. 2016b; Vellinga en Van Eekeren, 2017)



60 % blijvend grasland in combinatie met 20% gras, rode en witte klaver in vruchtwisseling met 20% maïs heeft een positief effect op organische stof, bodemkwaliteit breed, financieel rendement, milieu en biodiversiteit.

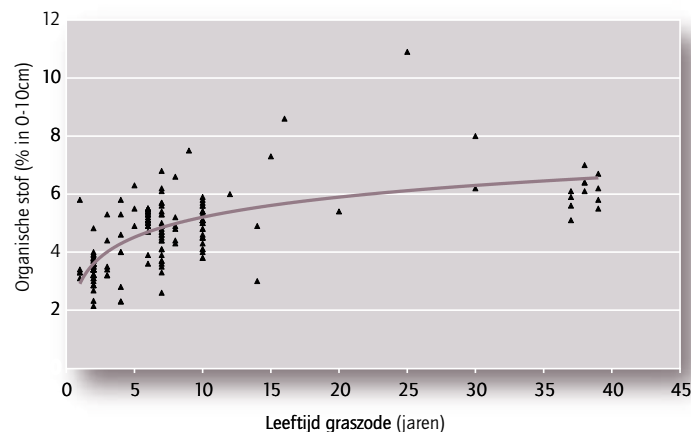
## 6. Grasland: Management voor meer organische stof

### 6.1 Leeftijd grasland verhogen

#### Effect op aanvoer en afbraak

Onder grasland vindt een hoge aanvoer van organische stof plaats omdat gras, zowel boven- als ondergronds veel gewasresten achterlaat. Daarentegen is de afbraak relatief laag omdat de bodem onder grasland niet mechanisch wordt bewerkt. Echter, zodra grasland gescheurd wordt voor graslandvernieuwing of bouwland treedt versneld afbraak plaats. Door het frezen en ploegen wordt veel lucht in de bouwvoor gebracht waardoor het bodemleven tijdelijk geactiveerd wordt. Hierdoor wordt organische stof afgebroken en komt er, afhankelijk van de leeftijd van de graszode en de hoogte van het organische stofgehalte, door mineralisatie veel stikstof vrij. Het verhogen van de leeftijd van grasland oftewel het voorkomen van scheuren van grasland is daarom de topmaatregel in de melkveehouderij om organische stof op te bouwen (zie Figuur 6.1). Cijfers van melkveehouders van de Duinboeren en het Groene Woud laten zien dat zo op zandgrond in 10 jaar tijd 1,54% organische stof in de laag 0-10 cm wordt opgebouwd en in 20 jaar 2,66% organische stof (de Wit et al., ongepubliceerde data).

	Organische stof		
Maatregel grasland	Aanvoer + Afbraak = Netto		
Leeftijd grasland verhogen	>>>	<	>>



#### Inpassing in bedrijfsvoering

Juist omdat onder grasland hogere organische stofgehalte worden opgebouwd is oud grasland met de huidige bemestingsgebruiksnormen even productief of productiever dan jong grasland, mits de botanische samenstelling goed is (van Eekeren et al., 2016c). Botanische samenstelling is vaak ook de belangrijkste reden voor graslandvernieuwing en dit vergt dus extra aandacht. Botanische samenstelling wordt negatief beïnvloed door verdroging, plasvorming, verdichting en een lage pH. Door focus op zodekwaliteit door middel van beweiden, machinekeuze bij bemesten en maaien, beregenen, bekalken en doorzaaien, moet deze zoveel mogelijk op peil worden gehouden. Uitstellen van graslandvernieuwing geeft – naast een maximale opbouw van organische stof – een besparing van zaad- en loonwerkkosten, een reductie van nitraatuitspoeling en stimuleert het de biodiversiteit van het bodemleven.



Kijk op de [herinzaaiwijzer](https://webapplicaties.wur.nl/software/herinzaaiwijzer) of herinzaai noodzakelijk is: [webapplicaties.wur.nl/software/herinzaaiwijzerfe](https://webapplicaties.wur.nl/software/herinzaaiwijzerfe)

## 6.2 Bekalken

### Effect op aanvoer en afbraak

Bekalken stimuleert de activiteit van het bodemleven en daarmee de afbraak van organische stof. Naast de hogere mineralisatie is bekalken, binnen het streeftraject, ook gunstig voor de nutriëntenbeschikbaarheid en uiteindelijk de gewasopbrengst. Dit geeft een kleine verhoging van de aanvoer van organische stof via gewasresten. In combinatie met een hogere afbraak resulteert bekalken op termijn in een verlaging van het organische stofgehalte. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een langjarige graslandproef op rivierklei naar onder andere het effect van bekalken. In de bekalkte behandeling is na 50 jaar de bacteriële activiteit sterk verhoogd en is het organische stofgehalte 3% lager dan de behandeling zonder bekalken (zie Tabel 6.1).

Tabel 6.1: Effect van 50 jaar bekalken op het organische stofgehalte in blijvend grasland (BoBi, ongepubliceerde data)

Parameter	Niet bekalken	Bekalken
pH-KCl	3,9	6,3
Bacteriële activiteit	7	59
Organische stof (%)	22	19

	Organische stof		
Maatregel grasland	Aanvoer + Afbraak = Netto		
Bekalken	0 / >	<	< / 0

### Inpassing in bedrijfsvoering

Het streeftraject voor de pH van grasland op zand- en kleigrond is tussen de 4,8 en 5,5 ([www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/bemestingsadvies.htm](http://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/bemestingsadvies.htm)). Omdat binnen dit streeftraject de nutriëntenbeschikbaarheid voor gras optimaal is en een hogere pH leidt tot lagere organische stofgehalte, is het belangrijk om binnen dit streeftraject te blijven. Als er bekalkt moet worden, bekalk bij voorkeur regelmatig met kleine hoeveelheden. Hierdoor wordt het effect op de activiteit van het bodemleven gelijkmatig verdeeld en kan de mineralisatie van organische stof beter benut worden in het gewas.



**Bekalk bij voorkeur in het najaar; dit geeft voldoende tijd voor een goede werking en valt niet samen met weidegang, ruwvoerwinning of het uitrijden van drijfmest.**



## 6.3 Bemesting en mestsoorten

### Effect op aanvoer en afbraak

Organische mest draagt direct bij aan aanvoer van organische stof in de bodem omdat het plantenresten bevat die nog niet volledig verteerd zijn. Indirect heeft bemesting echter ook invloed op de aanvoer van organische stof via gewasresten, omdat het de plantengroei en beworteling beïnvloedt. Te hoge stikstofbemesting kan bijvoorbeeld de wortelgroei remmen, en daarmee ook de aanvoer van organische stof. In een proef op grasland in Noord-Ierland werd de hoogste wortelmasse gevonden in de niet bemeste objecten, en de laagste wortelmasse bij het hoogste bemestingsniveau (Fornara et al. 2016). Het netto-effect op de opbouw van organische stof was bij rundveedrijfmest ook positief bij de hoge bemestingsniveaus, maar bij kunstmest of varkensdrijfmest was er geen toename van organische stof ongeacht de hoogte van de bemesting.

	Organische stof		
Maatregel	Aanvoer	+ Afbraak	= Netto
Drijfmest rundvee	>>	<	>
Vaste mest rundvee	>>>	<	>>
Kunstmest	</>	<	</0



Rundveedrijfmest brengt 30 kg effectieve organische stof per m<sup>3</sup> en er is 450 m<sup>3</sup> nodig voor 1% stijging van het organische stofgehalte in de laag 0-10 cm.

In Tabel 6.2 is de aanvoer van effectieve organische stof van enkele mestsoorten weergegeven. Daarnaast is berekend hoeveel tonnen product moeten worden aangevoerd voor een stijging van 1% organische stof in de laag 0-10 cm.

Tabel 6.2: Aanvoer van effectieve organische stof per mestsoort

	Effectieve organische stof (kg/ton)	Ton/ha voor 1% organische stof (0-10cm)
Drijfmest rundvee	30	450
Drijfmest varkens	18	750
Vaste mest rundvee	85	160
Champost	126	105
GFT-compost	183	75

Bron: os-balans.nl

### Inpassing in bedrijfsvoering

Op bedrijfsniveau is het gebruik van dierlijke mest wettelijk beperkt. Ook de mogelijkheden om compost aan te voeren zijn beperkt door de mestwetgeving vanwege aanvoer van N en P. Voor gebruik van aangevoerde organische stof zonder wettelijke beperkingen, zoals stro, is een aangepast stalsysteem nodig waarmee vaste mest wordt geproduceerd. Voor de meeste veehouders gaat het dus vooral om de beschikbare mest zo effectief mogelijk in te zetten. Vanuit het oogpunt van organische stof is het beter de eventueel beschikbare vaste mest meer in te zetten op percelen met een negatieve organische stofbalans, zoals bouwland.

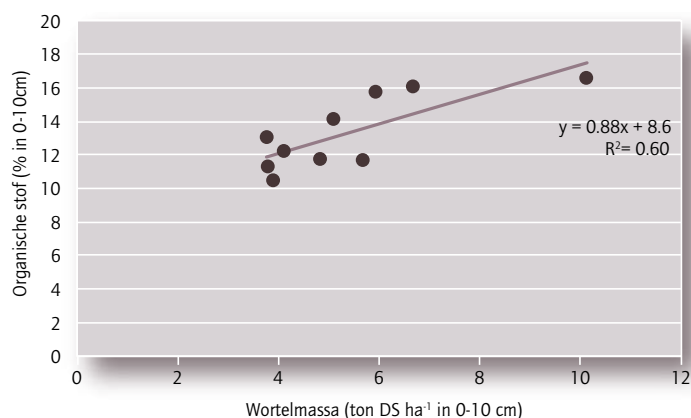


**Gebruik de dierlijke mest niet allen voor aanvoer van nutriënten, maar ook voor aanvoer van organische stof op percelen die dat nodig hebben. Mestsoorten met een hoge C/N verhouding voeren relatief veel organische stof aan ten opzichte van nutriënten. Dit is over het algemeen het geval bij vaste mest, champost en compost.**

## 6.4 Beworteling: Grassoorten en grasrassen

### Effect op aanvoer en afbraak

Beworteling is een belangrijke aanvoerpost van organische stof. De biomassa van beworteling van grasland kan variëren tussen 0,9 en 6,2 ton droge stof per ha op zandgrond (van Eekeren et al, ongepubliceerde data), en 4,1 en 13,9 ton droge stof per ha op kleigrond (van Eekeren et al., 2016c). Onderzoek naar blijvend grasland op kleigrond laat een duidelijk verband zien tussen organische stofgehalte en wortelmassa in de bodem: hoe hoger de wortelmassa, hoe hoger het organische stofgehalte (Iepema et al, 2016) (zie Figuur 6.2).



Figuur 6.2: Relatie tussen wortelmassa en bodem-organische stof in blijvend grasland op kleigrond (Iepema et al, 2016).

Grassoorten Engels raaigras, kropaar en rietzwenkgras hebben wat betreft totale biomassa dezelfde hoeveelheid wortels, maar rietzwenkgras heeft meer wortels op diepte (Deru et al., 2011). Aangezien er dieper in de bodem minder zuurstof is zou dit kunnen betekenen dat deze wortelresten langzamer afbreken en het organische stofgehalte stijgt. Daarnaast is de variatie in beworteling van rassen Engels raaigras interessant: er zijn rassen Engels raaigras die een factor twee in beworteling verschillen, met dezelfde bovengrondse productie (Deru et al., 2014).

### Organische stof

Maatregel grasland	Aanvoer + Afbraak	= Netto
Gras met hoge wortelmassa	>>>>	< >>>
Gras met lage wortelmassa	>>>	< >>

### Inpassing in bedrijfsvoering

Voor tijdelijk grasland is bij inzaai de keuze voor een grasras met een hoge wortelmassa relatief eenvoudig wanneer de informatie hierover beschikbaar is en mengsels worden aangeboden. In blijvend grasland zouden deze rassen met doorzaaien kunnen worden geïntroduceerd.

Naast grassoorten en grasrassen kan beworteling ook gestimuleerd worden door management (o.a. bemesting). Raadpleeg de brochure **Terug naar de graswortel** [www.louisbolck.nl](http://www.louisbolck.nl), 2011-023 LbD



**Vraag je zaadhandelaar naar grasmengsels met een diepe en intensieve beworteling. Informatie over wortelmassa van grasrassen is nog niet algemeen beschikbaar maar als meer veehouders hier naar vragen gaat de markt hier op termijn op inspelen.**

## 6.5 Klaver en kruiden in grasland

### Effect op aanvoer en afbraak

Een mengsel van gras, rode en witte klaver voor een maaibeide heeft een hogere bovengrondse productie dan puur gras. Een hogere opbrengst betekent meer gewasresten, dus meer aanvoer van organische stof. Aan de andere kant heeft grasklaver een positief effect op het bodemleven (van Eekeren et al., 2009), waardoor mogelijk de afbraak van organische stof toeneemt.

Onderzoek naar kruiden in grasland laat zien dat bij een hogere diversiteit aan plantensoorten de opbouw van organische stof toeneemt (Cong et al., 2014; Lange et al., 2015). Dit wordt enerzijds verklaard door de hogere productie van diverse mengsels en daarmee een hogere aanvoer van organische stof via bovengrondse en ondergrondse gewasresten (Cong et al., 2014). Anderzijds kunnen kruiden ook secundaire metabolieten bevatten waardoor de afbraak van organische stof in de bodem geremd wordt.

	Organische stof		
Maatregel grasland	Aanvoer	+ Afbraak	= Netto
Grasklaver	>>>	<<	>
Gras met kruiden	>>>	<	>>



Voor de functionaliteit van kruiden in grasland lees verder in **Van gepeperd naar gekruid grasland**  
[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl), 2017- 022 LbD

### Inpassing in bedrijfsvoering

Een mengsel van gras met rode en witte klaver is het makkelijkste inpasbaar als driejarige maaibeide in vruchtwisseling met drie jaar bouwland (zie Hoofdstuk 5). Bij deze mengsels zouden ook relatief makkelijk kruiden als smalle weegbree en cichorei kunnen worden bijgemengd. Management en behoud van witte klaver en kruiden in blijvend grasland is moeilijker.



Een gras, rode en witte klaver kan relatief makkelijk gecombineerd worden met de inzaai van kruiden zoals smalle weegbree en cichorei.



**Zaai voor een maaibeide in vruchtwisseling met bouwland een mengsel van 30 kg gras (BG3 of BG4), 5 kg rode klaver en 3 kg witte klaver.**



## 6.6 Maaien en weiden

### Effect op aanvoer en afbraak

Bij maaien zijn er minder bovengrondse resten dan bij beweiden, dus een puur maaimanagement geeft aan lagere organische stofaanvoer dan beweiden. In een quick scan van de literatuur door de EU Focus group 'Carbon Grazing' was er, bij enkel beweiden, een drie maal hogere organische stof opbouw dan bij een gemiddeld maai/weide beheer (Klumpp et al., in voorbereiding). Veel discussie is er ook over het effect van beweidingssystemen op het organische stofgehalte. Hier zijn echter weinig concrete cijfers over beschikbaar. Het effect zal een combinatie zijn van bovengrondse productie, wortelproductie en beweidingsverliezen. Beweidingsystemen met een hoge bruto opbrengst en relatief veel beweidingsverliezen zullen hierin het beste scoren. Aan de andere kant zullen beweidingssystemen die het beste de botanische samenstelling behouden en daarmee de leeftijd van de graszode verlengen, indirect het beste zijn voor de opbouw van organische stof.

Maatregel grasland	Organische stof		
	Aanvoer +	Afbraak	= Netto
<b>Maaien</b>	>>	<	>
<b>Beweiden</b>	>>>	<	>>

### Inpassing in bedrijfsvoering

Beweiden draagt direct en indirect (via zodekwaliteit) bij aan het organische stofgehalte. Beweiding is over het algemeen economisch interessant, maar vraagt continue aandacht en de mogelijkheden kunnen worden beperkt door verkaveling etc.



**Wil je weer met weidegang aan de gang of je huidige beweidingssysteem optimaliseren neem contact op met Stichting Weidegang ([www.stichtingweidegang.nl/](http://www.stichtingweidegang.nl/)).**



'Kurzrasen' is een extreme vorm van standweiden waarin de koeien het hele seizoen op hetzelfde blok worden geweid bij een grashoogte van 3-5 cm. Het korte grazen is positief voor de ontwikkeling van witte klaver. Voor biologische melkveehouders kan dit belangrijk zijn om witte klaver in blijvend grasland te behouden en daarmee de leeftijd van het grasland te verlengen.

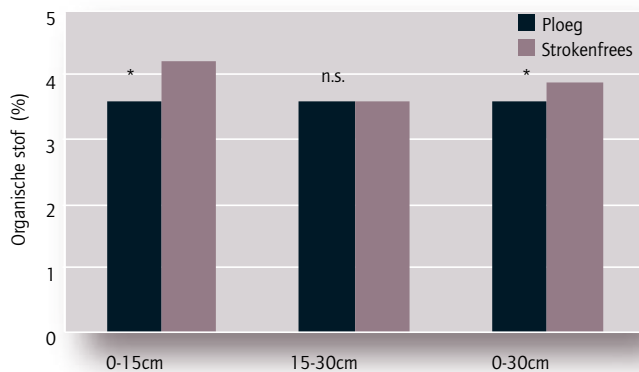
## 7. Bouwland: Management voor meer organische stof

### 7.1 Afbraak verminderen door niet-kerende grondbewerking (NKG)

#### Effect op aanvoer en afbraak

Ploegen leidt tot een luchtige en sneller opgewarmde bouwvoor waarin het bodemleven (vooral bacteriën) tijdelijk actiever wordt. Het bodemleven breekt de organische stof en het verse plantmateriaal versneld af: er vindt een verhoogde mineralisatie plaats en er komen nutriënten vrij. Een manier om de afbraak te beperken is niet-kerende grondbewerking (NKG): hierbij wordt minder lucht in de bouwvoor gebracht dan bij ploegen waardoor minder organische stof wordt afgebroken. NKG heeft geen direct effect op de aanvoer van organische stof.

In een proef op zandgrond in De Moer (NB) was na drie jaar het organische stofgehalte in de laag 0-30 cm 0,3% hoger bij strokenfreesen dan bij ploegen (Deru et al., 2015) (zie Figuur 7.1). Omgerekend is dit een verschil van 12 ton organische stof per ha, wat hetzelfde is als de effectieve organische stof in 400 m<sup>3</sup> runderdrijfmest.



Figuur 7.1: Organische stofgehalte na maïsteelt met drie jaar ploegen of strokenfreesen (Deru et al., 2015).

		Organische stof		
Maatregel maïsland	Aanvoer	+ Afbraak	=	Netto
Ploegen	>	<<	=	<
Niet-kerende grondbewerking	>	<	=	0

#### Inpassing in bedrijfsvoering

In de proef in De Moer zijn maïsofbrengsten niet lager bij NKG dan bij ploegen. Er zijn verschillende varianten NKG, de beste methode is afhankelijk van de specifieke situatie (zie Tabel 7.1). Zo speelt voorvrucht een rol (grasland of bouwland), verdichting van de bouwvoor, bemesting etc. Belangrijk is een goede bodemstructuur om mee te beginnen. Daarnaast is maïs gevoelig voor vocht- en nutriëntenopname door onkruid; de groenbemester of grasmat moet daarom uitgeschakeld worden, wat met ploegen goed lukt. Een beperking van NKG is dat het uitschakelen vooralsnog met chemische middelen moet, hoewel er momenteel ontwikkelingen gaande zijn om dit mechanisch voor elkaar te krijgen.

Tabel 7.1: Verschillende varianten van NKG

	Ondergrond bewerking	Zaaibedbereiding
Volvelds NKG	Woelers	Rotorkoep
Strokenfrees	Geen	Frees in rij
Hunter	Woelpoot in rij	Geen
Ondergrondse ploeg	Strokenploeg	Geen



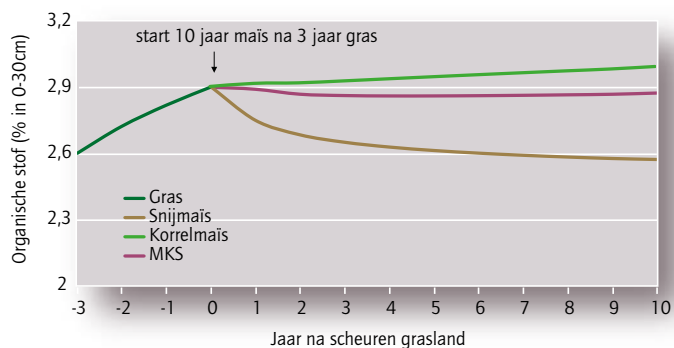
**Pas juist NKG toe in vruchtwisseling omdat het met name zorgt voor behoud van de al aanwezige organische stof.**

## 7.2 Verhogen aanvoer met meer gewasresten

### Effect op aanvoer en afbraak

Bij snijmaïs blijven er weinig gewasresten en wortels op het land achter, waardoor de aanvoer van organische stof lager is dan de afbraak. Bij korrelmaïs of MKS wordt enkel de korrel of de kolf afgevoerd en blijft ongeveer de helft van de bovengrondse productie op het land achter. Ook wanneer maïs hoger wordt geoogst (hogere stoppel) blijft meer organische stof achter. In Figuur 7.2 is de teelt van 10 jaar snijmaïs of korrelmaïs of MKS gesimuleerd met het model NDICEA. De teelt van maïs start na 3 jaar gras met opbouw van organische stof. Bij een gelijke aanvoer van organische stof via dierlijke mest leidt korrelmaïs of MKS tot een gelijkblijvend organische stofgehalte in de bodem, terwijl bij snijmaïs het organische stofgehalte daalt (Deru et al., 2010).

Maatregel maïsland	Organische stof		
	Aanvoer	+ Afbraak	= Netto
Snijmaïs	>	<<	<
Korrelmaïs of MKS	>>	<<	0



Figuur 7.2: Verloop van het organische stofgehalte in laag 0-30 cm gedurende de teelt van 10 jaar snijmaïs, korrelmaïs of MKS.

### Inpassing bedrijfsvoering: voordelen en beperkingen

Het telen van korrelmaïs of MKS in plaats van snijmaïs heeft op een gemiddeld melkveebedrijf grote invloed zowel op het rantsoen als op de voeraankoop, en eventuele mestafzet. De teelt van eigen krachtvoer kan economisch aantrekkelijk zijn bij een ruwvoeroverschot. Het oogsten van snijmaïs met een hogere stoppel is gemakkelijker inpasbaar in de praktijk maar heeft naar verwachting minder effect op de organische stof in de bodem dan bij korrelmaïs.



Na de oogst van korrelmaïs en MKS blijft veel organische stof achter op het land.

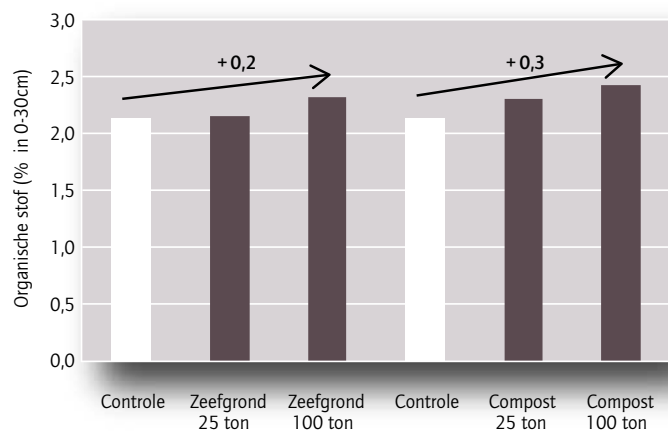


**Veel aanvoer van stikstofarm organisch materiaal kan op termijn stikstof onttrekken aan het volggewas. Dit kan juist interessant zijn in combinatie met een vruchtwisseling met gras, rode en witte klaver omdat de stikstof dan wordt geleverd vanuit de N-binding uit de lucht.**

## 7.3 Bemesting en mestsoorten

### Effect op aanvoer en afbraak

Net als bij grasland (zie Paragraaf 6.3) kan bij bouwland het organische stofgehalte in de bodem beïnvloed worden met bemesting: bij maïs zorgt de aanvoer van organische stof met dierlijke mest voor een minder snelle afname. Het effect is uiteraard groter wanneer meer organische stof per hectare wordt aangevoerd. Omdat mestgiften worden beperkt door mestwetgeving en niet worden afgestemd op organische stofbehoefte, is de organische stofaanvoer via een mestsoort bepaald door de verhouding tussen C en N van die mest. Toevoegen van organische stof met zeefgrond of compost is op maïsland gedemonstreerd in het project Bufferboeren. Om een effect te kunnen meten zijn hoeveelheden van 25 en 100 ton per ha opgebracht, en laten bij 100 ton per ha na drie jaar een stijging van 0,2-0,3 % organische stof in de laag 0-30 cm zien. Dit is in de praktijk niet toegestaan, maar geeft aan wat voor hoeveelheden noodzakelijk zijn om de organische stofbalans op nul te krijgen.



Figuur 7.3: Organische stofgehalte na drie jaar toediening van 25 en 100 ton per ha zeefgrond en compost op maïsland.

### Organische stof

Maatregel	Aanvoer	+ Afbraak	= Netto
Drijfmest	>	<<	<
Compost	>>	<<	0

### Inpassing in bedrijfsvoering

Aanvoer van organische stof via compost is economisch alleen interessant op een melkveebedrijf wanneer de aangevoerde N en P niet meetellen. Gebruik van vaste mest is een andere mogelijkheid, maar wordt beperkt door staltype. Daarnaast zouden andere organische stofbronnen als bermmaaisel, slootmaaisel of maaisel uit natuurgebieden gebruikt kunnen worden. Dit kan vers, gecomposteerd of als bokashi.

#### Bokashi

*Bij het produceren van Bokashi wordt het maaisel onder zuurstofloze omstandigheden gefermenteerd door effectieve microbacteriën. Daarbij worden kalkkorrels en kleimineralen toegevoegd. Tijdens dit proces van fermenteren gaat er minder organische koolstof verloren dan bij composteren, en blijft er meer energie in het product.*



Er zijn op dit moment veel regionale initiatieven voor het gebruik van bermmaaisel, slootmaaisel of maaisel uit natuurgebieden. Laat je inspireren door voorbeelden in de brochure 'Waarde van maaisel, (circulairterreinbeheer.nl/Def\_MagazineCT\_171010\_WEB\_A3.pdf).

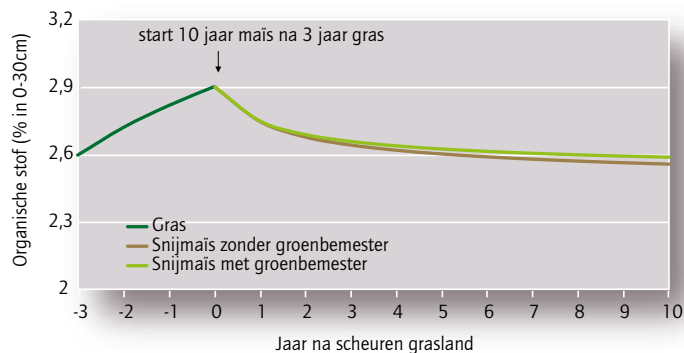
## 7.4 Groenbemester of vanggewas

### Effect op aanvoer en afbraak

Een groenbemester van Italiaans raaigras of rogge draagt via de worteling en de bladmassa bij aan de aanvoer van organische stof. De aanvoer is uiteindelijk afhankelijk van de productie van de groenbemester. Hier lijken weinig verschillen tussen Italiaans raaigras en rogge. De zaaidatum is wel belangrijk. Des te vroeger er in het najaar gezaaid kan worden, hoe beter de groenbemester tot ontwikkeling komt en des te meer organisch materiaal er wordt geproduceerd. Echter, omdat een groenbemester 'groene' organische stof produceert, wordt dit snel verteerd en levert dit relatief weinig effectieve organische stof. Langjarige veldproeven en simulaties met het model NDICEA laten zien dat maïs-teelt met een groenbemester, na 15 jaar, enkel een verschil maakt van 0-0,2% organische stof in de laag 0-30 cm (van Schooten et al., 2006; Deru et al., 2010) (Figuur 7.4).

Maatregel maïsland	Organische stof		
	Aanvoer	Afbraak*	Netto
Zonder groenbemester	0	0	0
Met groenbemester	>	</0	>/0

\* Tijdens de winter is er geen of zeer beperkte afbraak van organische stof. Enkel de grondbewerking bij inzaai van de groenbemester kan aanleiding zijn voor een lichte afbraak van organische stof.



Figuur 7.4: Verloop van het organische stofgehalte in laag 0-30 cm gedurende de teelt van snijmaïs over 10 jaar met en zonder groenbemester.

### Inpassing in bedrijfsvoering

Op zandgrond is het verplicht om na maïs een groenbemester of vanggewas te zaaien. Naast het vastleggen van nutriënten en aanvoer van organische stof, is een groenbemester ook goed voor de bodemstructuur.



**Overweeg om rietzwenkgras als groenbemester te zaaien tegelijkertijd met de inzaai van maïs, of Italiaans raaigras onder te zaaien als het maïsgekwast kniehoog is. Hierdoor kan de groenbemester zich na de oogst van snijmaïs sneller ontwikkelen. Bovendien wordt hiermee een grondbewerking bespaard, wat gunstig is voor het organische stofgehalte.**

< Met onderzaai van een traag groeiende grassoort (hier rietzwenk) is geen grondbewerking in de herfst nodig.

## 8. Agro-forestry voor meer organische stof

### Wat is Agro-forestry?

Agro-forestry is een verzamelnaam voor landbouwsystemen waarin bewust gestreefd wordt naar het introduceren van bomen en struiken op percelen met akkerbouwgewassen of grasland. De combinatie van verschillende teelten leidt tot ecologische en economische interacties die het geheel groter maken dan de som van de monotelten. De combinatie van grasland met bomen is een vorm van agro-forestry en wordt wel een silvo-pastoraal systeem genoemd. Het grazen van vee op boomweides onder populieren of een hoogstamboomgaard is in feite ook een agroforestry systeem. Naast de hout- en fruitproductie leveren deze boomweides ook gras en beschutting voor het vee.



Een klassieke combinatie van agroforestry is de combinatie van akkerbouwgewassen en bomen voor houtproductie.

Voor meer informatie kijk ook naar de brochure [www.wervel.be/downloads/Agroforestry-brochure.pdf](http://www.wervel.be/downloads/Agroforestry-brochure.pdf).

### Combineren van functies

Bomen kunnen rendabel worden op een modern landbouwbedrijf door te zoeken naar (nieuwe) combinaties van functies. Zo is energiewinning uit houtsnippers op normale landbouwgrond in Nederland nu niet rendabel. Door houtige gewassen te selecteren die bijvoorbeeld ook als diervoeder kunnen worden gebruikt biedt het planten van voederbomen veel perspectief. Door bomen zo op het perceel te combineren met landbouwgewassen dat ze aanvullend op elkaar zijn, kunnen ze gezamenlijk meer produceren dan de individuele monoculturen. Bomen, akkerbouwgewassen en grasland vullen elkaar aan wat betreft diepte van worteling in de bodem en hoogte van begroeiing in de lucht. Hierdoor wordt in de beschikbare ruimte beter van de hulpbronnen zonlicht, nutriënten en water gebruik gemaakt. Dit betekent dat de opbrengst van 1,0 ha mengteelt van bomen met akkerbouwgewassen of grasland hoger is dan de gezamenlijke opbrengst van 0,5 ha monocultuur bomen en 0,5 ha akkerbouwgewassen of grasland. Men noemt dit ook wel de relatieve gewasopbrengst. Hiermee kan de inpassing van bomen in het landbouwsysteem bijdragen aan de verhoging van de productie van landbouwgrond. In verschillende proeven in Noordwest Europa met een mengteelt van akkerbouwgewassen en bomen wordt gemiddeld een factor 1,29 meer productie van het land gehaald. Bij de Duinboeren en het Groene Woud wordt geëxperimenteerd met voederbomen in combinatie met grasland maar ook met de combinatie van de teelt van laanbomen en grasland.



Voor meer lezen zie brochure

**Voederbomen** op

[www.louisbolck.nl](http://www.louisbolck.nl) 2014 029 LbD

of [www.voederbomen.nl](http://www.voederbomen.nl)

## Effect op aanvoer en afbraak

Circa 35-40% van de totale biomassa van bomen bevindt zich onder de grond in de vorm van wortels. Daarnaast zorgt het bladafval van bomen dat de bodem rijker wordt aan organische stof. Deels zal het bodemleven ervoor zorgen dat wortelresten en bladafval weer afgebroken worden. Hoe dieper wortels in de bodem zitten hoe langer het duurt dat ze afbreken. Met name hier kunnen bomen een belangrijke rol spelen in de organische stof aanvoer aanvullend op landbouwgewassen. In agro-forestry systemen met bomen op bouwland of bomen op grasland hebben deze positieve effecten van bomen ook invloed op het organische stofgehalte

van de bodem. Door concurrentie voor zonlicht, water en nutriënten kan de aanvoer van organische stof van het bouwlandgewas of gras wel lager zijn. Modellsimulatie van agro-forestry systemen met populieren en bouwland leveren na 80 jaar een verschil op van 20 ton organische stof per ha in de bodem (Palma et al., 2017). Dit is 0,25 ton organische stof per jaar. Ter vergelijking, bij blijvend grasland wordt per jaar 2 ton organische stof per ha opgebouwd en met NKG ten opzichte van ploegen wordt voorkomen dat in de teelt van maïs na grasland, 4 ton organische stof per ha per jaar wordt afgebroken.



Het grazen van vee onder bomen is ook een vorm van agro-forestry en wordt wel een silvo-pastoraal systeem genoemd.

## Referenties

- Cong, W., van Ruijven, J., Mommer, L., De Deyn, G. B. & Hof, E. 2014. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *Journal of ecology* 102: 1163–1170.
- Deru, J., H. van Schooten, H. Huiting, R. van der Weide. 2015. Reduced tillage for silage maize on sand and clay soils: effect on yield and soil organic matter. p. 398-400. In: EGF 2015. Wageningen, The Netherlands. 15-17 June 2015.
- Deru, J., H. Schilder, J. van der Schoot, N. van Eekeren. 2014. Genetic differences in root mass of *Lolium perenne* varieties under field conditions. *Euphytica*. 199(1-2):223-232.
- Deru, J., N. van Eekeren, J. de Wit, H. de Boer. 2011. Effect van grassoort en N-bemestingsniveau op productie, beworteling en N-mineraal in de herfst: Veldproef op zandgrond met Engels Raaigras, Kropaar en Rietzwenkgras. Rapport 2011-017 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 22 p.
- Deru, J., G.J. van der Burgt, N. van Eekeren, H. Wientjes. 2010. Maïs-teelt en mestscheiding: Langetermijneffecten op organische stof. V-focus. December 2010, p. 20-22.
- Fornara, D., E.-A. Wasson, P. Christie, C. Watson. 2016. Long-term nutrient fertilization and the carbon balance of permanent grassland: any evidence for sustainable intensification? *Biogeosciences* 13, nr. 17: 4975–84.
- Iepema, G., J. Deru, N. Hoekstra, N. van Eekeren. 2016. Rooting of permanent grassland in relation to build-up of soil organic matter for climate mitigation. p. 777-779. In: EGF 2016: 26th EGF General Meeting on 'The Multiple Roles of Grassland in the European Bio-economy'. Trondheim, Norway.
- Iepema, G., B. Domhof, N. van Eekeren. 2015. Afbraak thee maat voor afbraak organische stof. V-Focus. Augustus, p. 18-19.
- Kallenbach, C., S. Frey, A. Grandy. 2016. Direct Evidence for Microbial-Derived Soil Organic Matter Formation and Its Ecophysiological Controls. *Nature Communications* 7: ncomms13630.
- Koelemeijer, P., P. Koutstaal, B. Daniëls, P. Boot. 2017. Nationale kosten energietransitie in 2030, Den Haag: PBL.
- Lal, R. 2008. Carbon Sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 363, nr. 1492: 815–30.
- Lange, M., N. Eisenhauer, A. Sierra, H. Bessler, C. Engels, I. Griffiths, G. Mellado-Vazquez, A. Malik, J. Roy, S. Scheu, S. Steinbeiss, C. Thomson, E. Trumbore & G. Gleixner. 2015. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature Communications*, doi:10.1038/ncomms7707.
- Lesschen, JP, P. Kuikman, M. Root. 2016. Klimaatbeleid en bodem C vastlegging. Presentatie bij NAV werkgroep klimaat, 24 november 2016. Wageningen Environmental Research. URL: edepot.wur.nl/408442.
- Lubbers, I., M. Pulleman, J. W. van Groenigen. 2017. Can Earthworms Simultaneously Enhance Decomposition and Stabilization of Plant Residue Carbon? *Soil Biology and Biochemistry* 105: 12–24.
- Palma, J. H. N., J. Crous-Duran, A. R. Graves, S. Garcia de Jalon, M. Upton, T. S. Oliveira, J. A. Paulo, Ferreiro-Domínguez, G. Moreno, P. J. Burgess. 2017. Integrating belowground carbon dynamics into YieldSAFE, a parameter sparse agroforestry model. *Agroforestry Systems*.
- Van Eekeren, N. 2016a. Optimaal landgebruik voor bodemkwaliteit: 60% blijvend grasland en 20% grasklaver in rotatie met 20% snijmaïs. V-focus. December, p. 34-35.
- Van Eekeren, N., S. van de Goor, J. de Wit, A. Evers, M. de Haan. 2016b. Inkomen 7.000 euro hoger bij betere bodemkwaliteit. V-focus. December, p. 36-37.
- Van Eekeren, N., G. Iepema, B. Domhof. 2016c. Goud van Oud Grasland: Bodemkwaliteit onder jong en oud grasland op klei. Rapport 2016-011 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 24 p.
- Van Eekeren, N., B. Luske, M. Vonk, E. Anssems. 2014. Voederbomen in de landbouw: Meer waarde per hectare door multifunctioneel landgebruik. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 32 p.



- Van Eekeren, N., H. de Boer, M. Hanegraaf, J.G. Bokhorst, D. Nierop, J. Bloem, T. Schouten, R. de Goede, L. Brussaard. 2010. Ecosystem services in grassland associated with biotic and abiotic soil parameters. *Soil Biology & Biochemistry*. 42(9):1491-1504.
- Van Eekeren, N., L. Bommelé, J. Bloem, M. Rutgers, R. de Goede, D. Reheul, L. Brussaard. 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology*. , p. 432-446.
- Van Eekeren, N., J.G. Bokhorst. 2009. Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond: Een inventarisatie van bodemindicatoren voor de veehouderij. Rapport LV77. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 61 p.
- Schooten, H.A. van, N. van Eekeren, M.C. Hanegraaf, G.J.H.M. van der Burgt, M. de Visser. 2006. Effect meerjarige toepassing groenbemester en organische mest op bodemkwaliteit bij continueelt mais: 2e rapport project Zorg voor Zand. Rapport 01. Animal Science Group, Wageningen. 40 p.
- Vellinga, T., N. van Eekeren. 2017. Effect verandering landgebruik op emissies broeikasgassen. *V-focus*. April 2017, p. 38-39.

# ***Maatregelenset voor management van organische stof***

## **Basis landgebruik (H5)**

60% blijvend grasland, 20% grasklaver in vruchtwisseling met 20% maïs

### **Grasland (H6)**

#### Afbraak verminderen

- Leeftijd verhogen grasland (§ 6.1)
- Bekalken binnen streeftraject (§ 6.2)

#### Aanvoer verhogen

- Bemesting en mestsoorten (§ 6.3)
- Beworteling: grassoorten en grasrassen (§ 6.4)
- Klaver en kruiden in grasland (§ 6.5)
- Maaien en weiden (§ 6.6)

### **Bouwland (H7)**

#### Afbraak verminderen

- Niet-kerende grondbewerking (§ 7.1)
- Bekalken binnen streeftraject

#### Aanvoer verhogen

- Meer gewasresten (korrelmaïs, MKS) (§ 7.2)
- Maïsrassen met meer wortels
- Bemesting en mestsoorten (§ 7.3)
- Groenbemesters (§ 7.4)

## **Agro-forestry (H8)**





## Carbon Valley

Deze brochure is een handreiking voor melkveehouders die meer willen weten over organische stof in de bodem. Er worden inzichten gegeven en maatregelen beschreven die in de bedrijfsvoering kunnen worden toegepast om het organische stofgehalte te verhogen. Aanpassing van het landgebruik is hierbij de basis. Daarnaast worden maatregelen benoemd om op gras- en bouwland de aanvoer van organische stof te verhogen en afbraak te verminderen.