



Vlaanderen
is duurzaam

Organische stof in de bodem

Sleutel tot bodemvruchtbaarheid



Inhoudstafel

Woord vooraf	3
Belangrijke begrippen	4
Wat is organische stof in de bodem?	5
Hoe is het gesteld met het organischestofgehalte in de Vlaamse bodems?	7
De rol van organische stof in de bodem	9
Hoe beïnvloedt organische stof de landbouwproductie?	14
Is er een optimaal gehalte aan organische koolstof?	16
Hoe het gehalte aan organische koolstof in de bodem verhogen?	18
Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting	22
Mogelijke nadelen van toediening van organisch materiaal	23
Demetertool: eenvoudige berekening van de evolutie van organischekoolstofgehaltes en nutriëntenbalansen van akkerbouw- en groentepercelen	25
De organische koolstof in de bodem in balans? Enkele voorbeelden	26
De Demetertool: geïntegreerde aanpak	31
Wisselwerkingen met bestaande wetgeving	33
Tot slot	35
Annex: Tabellen met koolstofaanbreng door gewassen en organische bemesting	36



Woord vooraf

Het leven op aarde is opgebouwd rond het chemische element koolstof (symbool C). Koolstof vormt in verbinding met zuurstof (symbool O) o.a. koolstofdioxide (CO₂), essentieel voor de plantengroei. Planten halen immers via fotosynthese CO₂ uit de lucht en gebruiken dit als bouwsteen voor hun groei. Zo wordt CO₂ vastgelegd in plantaardig materiaal dat op zijn beurt de basis vormt voor de voedselketen. Sterft dit plantaardig materiaal af, dan komt het in de bodem terecht, waar het bijdraagt tot de opbouw van een voorraad aan organische koolstof. Naast planten zijn ook andere organische materialen, zoals compost en mest, een bron van koolstof in de bodem.

In de bodem wordt een gigantische hoeveelheid koolstof aangetroffen. Deze organische koolstof speelt een hoofdrol in de goede werking en de vruchtbaarheid van de bodem. De aanwezigheid van organische koolstof heeft immers een grote invloed op talrijke bodemprocessen en dus ook op de hoeveelheid en de dynamiek van water en nutriënten in de bodem. Landbouwers die streven naar een optimaal gehalte aan organische koolstof in de bodem genieten op een duurzame wijze van een grotere productie en opbrengst.

Ook het milieu vaart wel bij een goed beheer van de organische koolstof. In een akker met voldoende organische koolstof is er meer biodiversiteit en is de weerstand tegen erosie groter. Daarenboven is CO₂ een broeikasgas. De koolstof die in de bodem is opgeslagen, kan ondertussen niet bijdragen aan de opwarming van de aarde.

Organische koolstofverbindingen (= organische stof) worden in de bodem ook continu afgebroken. Het behouden van een optimaal organischekoolstofgehalte is dan ook een subtiele evenwichtsoefening. Het beheer van organische koolstof in de bodem vereist de nodige inzichten in de processen van opbouw en afbraak van organische stof in de bodem.

Deze brochure wil een hulp zijn bij het koolstofbeheer in landbouwbodems. U vindt er informatie over de rol van organische koolstof in de bodem en de invloed hiervan op de landbouwproductie. Wilt u het eigen koolstofbeheer evalueren of aanpassen? Dan vindt u nuttige informatie in het tweede deel van de brochure met o.a. gegevens over de koolstofaanvoer door verschillende gewassen en mestsoorten. Een laatste deel gaat uitgebreid in op de online Demetertool, de opvolger van de 'KOOLSTOFSIMULATOR', en de wisselwerking met bestaande wetgeving wordt kort toegelicht.

Belangrijke begrippen

Effectieve organische koolstof: De koolstof aanwezig in vers organisch materiaal (plantenresten, organische mest, compost, ...) wordt voor een groot gedeelte door bodemmicro-organismen gebruikt als voedselbron. De organische koolstof die 1 jaar na toediening nog in de bodem aanwezig is, wordt effectieve organische koolstof genoemd.

Humificatie: Na inwerken van vers organisch materiaal (plantenresten, organische mest, compost, ...) wordt het grootste deel van het materiaal door de micro-organismen gebruikt als voedselbron en afgebroken. Een deel van dit organisch materiaal wordt echter niet afgebroken, maar behouden of omgezet naar een stabielere vorm en gaat deel uitmaken van de organische stof in de bodem. Dit proces heet humificatie. Daarnaast verwijst humificatie ook naar interne omzettingen in de organische stof.

Humificatiecoëfficiënt (h_c): De humificatiecoëfficiënt geeft de verhouding weer van het gehalte aan effectieve organische koolstof op het gehalte aan totale organische koolstof van vers organisch materiaal (plantenresten, mest, compost, ...).

Humus: Een vulgariserende benaming voor organische stof in de bodem. De term humus is verwarrend omdat soms de volledige organischestoffractie in de bodem of soms enkel een stabielere fractie van de organische stof wordt bedoeld. In dit document is humus de stabiele fractie van de organische stof.

Mineraal: Van anorganische oorsprong, dus niet dierlijk of plantaardig.

Mineralisatie: De continue, microbiële afbraak van zowel vers organisch materiaal als de organische stof in de bodem wordt mineralisatie genoemd. Bij deze afbraak gebruiken de micro-organismen dit materiaal als voedingsbron en worden organische verbindingen omgezet in minerale verbindingen, zoals CO_2 en NH_4^+ .

Nutriënten (of voedingsstoffen): Elke molecule die door de planten opgenomen en nuttig gebruikt kan worden. Planten nemen de in het bodemwater opgeloste nutriënten op via hun plantenwortels.

Organisch: koolstofverbindingen bevattend.

Organisch materiaal: De term 'organisch materiaal' wordt voorbehouden voor verse plantenresten, mest, compost, enz.

Organische bemesting: Het over de bodem verspreiden en inwerken van dierlijke mest en andere meststoffen (buiten kunstmest) om de bodem en gewassen van nieuwe voedingsstoffen te voorzien.

Organische koolstof in de bodem: De koolstof aanwezig in organische stof in de bodem. Organische koolstof in de bodem maakt gemiddeld ongeveer 50% uit van het totale gewicht van de organische stof in landbouwbodems. Naast organische koolstof bevatten bodems met een hogere pH eveneens anorganische koolstof onder de vorm van CaCO_3 (calciumcarbonaat) of MgCO_3 (magnesiumcarbonaat).

Organische stof in de bodem: De organische fractie van de bodem. Naast koolstof bestaat organische stof, zoals alle organische verbindingen in de natuur, voornamelijk uit zuurstof, waterstof en stikstof.

Organischekoolstofgehalte en organischekoolstofvoorraad: Deze twee termen worden vaak door elkaar gebruikt, hoewel ze 2 verschillende dingen aanduiden:

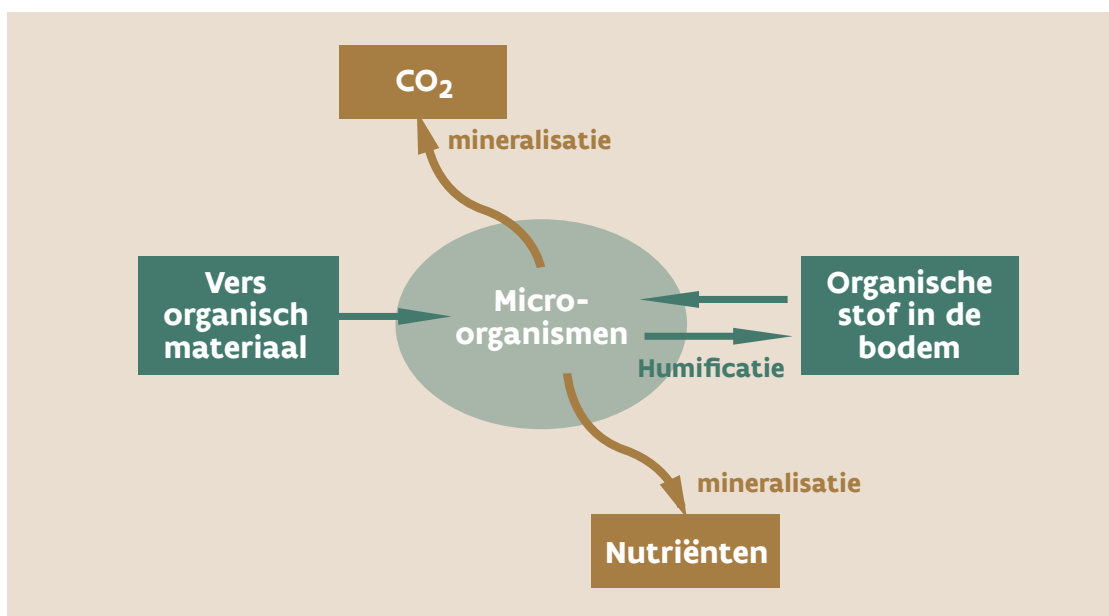
- **Het organischekoolstofgehalte** is een concentratie (%) = gewichtspercentage van organische koolstof in de bodem t.o.v. het totale gewicht van de bodemlaag
- **De organischekoolstofvoorraad** is een massa (t/ha) = gewicht van de bodemlaag (t/ha) x organischekoolstofgehalte in de bodemlaag (%) / 100
- **Gewicht van de bodemlaag** (t/ha) = 100 x dikte van de bodemlaag (cm) x volumegewicht van de bodemlaag (g/cm^3)

Grondstoffen voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel: Grondstoffen afgeleid uit bepaalde afvalstoffen die onder specifieke voorwaarden hergebruikt kunnen worden, zoals compost, slib en digestaat (product van vergisting).

Wat is organische stof in de bodem?

Het uitgangsmateriaal van organische stof in de bodem is vers organisch materiaal zoals oogst- en plantenresten, compost, mest, enz. Dit organisch materiaal wordt in de bodem door micro-organismen afgebroken. Wanneer dit vers organisch materiaal door de afbraak onherkenbaar is geworden, spreken we van organische stof in de bodem. Organische stof is een complex mengsel van koolstofhoudende verbindingen en bestaat gemiddeld voor ongeveer 50%¹ uit organische koolstof.

Tijdens de afbraak van **vers organisch materiaal** spelen er twee processen: mineralisatie en humificatie (Figuur 1). Bij **mineralisatie** worden een aantal nutriënten (stikstof, fosfor, kalium, calcium, magnesium, zwavel, sporenelementen, ...) en het gas koolstofdioxide (CO₂) vrijgezet. Door **humificatie** wordt een deel van het vers organisch materiaal omgevormd tot organische stof in de bodem.



figuur 1: De koolstofcyclus in de bodem

De **organische stof** in de bodem wordt op zijn beurt afgebroken door micro-organismen en ondergaat opnieuw mineralisatie en humificatie (Figuur 1). Door **mineralisatie** van organische stof worden eveneens nutriënten en CO₂ vrijgesteld, waardoor de hoeveelheid organische stof afneemt. Door een verdere **humificatie** van organische stof wordt een meer stabiele fractie van organische stof gevormd. Organische stof wordt dan ook vaak opgesplitst in een gemakkelijk afbreekbare fractie (= labiele fractie) en een moeilijk afbreekbare fractie (= stabiele fractie of humus). Deze stabiele fractie mineraliseert veel trager dan de gemakkelijk afbreekbare fractie.

Tot slot: mineralisatie en humificatie zijn biologische, dus 'levende' processen. Zij hangen af van **diverse factoren** zoals de temperatuur, het vochtgehalte, de zuurstofvoorziening, de bodemtextuur, de bodemdrainage, de bemestingshistoriek (zware organische bemesting, enkel minerale bemesting, vroeger weiland,...), de hoeveelheid labiele en stabiele organische stof, enz. Bodems verschillen dan ook in de mate waarin ze mineraliseren.

¹ Gebaseerd op: Pribyl, D. W. 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. Geoderma, 156, 75–83.



Hoe is het gesteld met het organischestofgehalte in de Vlaamse bodems?

Een Vlaamse akker bevat in zijn bouwvoor gemiddeld zo'n 50 ton organische koolstof/ha. Ruw geschat breekt jaarlijks ongeveer 2% van deze organische koolstof af, wat overeenkomt met ±1 ton koolstof/ha. Om het organischekoolstofgehalte op hetzelfde peil te houden, zou jaarlijks dus ook 1 ton koolstof/ha in de bodem moeten worden gebracht. De afbraak van organische koolstof in de bodem is zeer variabel en afhankelijk van tal van factoren (zie vorig hoofdstuk). Ook de aanvoer van vers organisch materiaal zal verschillen van jaar tot jaar, o.a. afhankelijk van de geteelde gewassen en het gevoerde management. Een paar voorbeelden ter verduidelijking (uitgedrukt in de hoeveelheid koolstof die 1 jaar na toediening nog in de bodem aanwezig is):

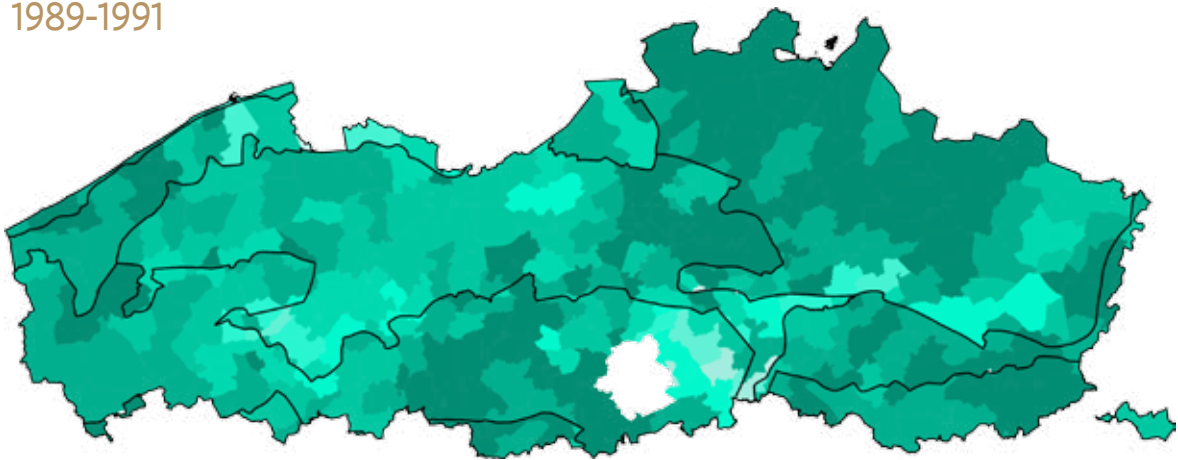
- Wintertarwe, stro ingewerkt, gevolgd door gele mosterd: 2,21 ton C/ha
Wintertarwe, stro afgevoerd, gevolgd door gele mosterd: 1,67 ton C/ha
Wintertarwe, stro afgevoerd, geen groenbedekker: 1,04 ton C/ha
- Korrelmaïs, 20 ton runderdrijfmest: 1,63 ton C/ha
Snijmaïs, 20 ton runderdrijfmest: 0,94 ton C/ha
Snijmaïs, 20 ton runderdrijfmest, gras na maïs (1 snede afgevoerd in voorjaar): 1,37 ton C/ha

Mogelijke oorzaken van de daling van de organischekoolstofvoorraden (1-6) en het organischekoolstofgehalte (1-7)

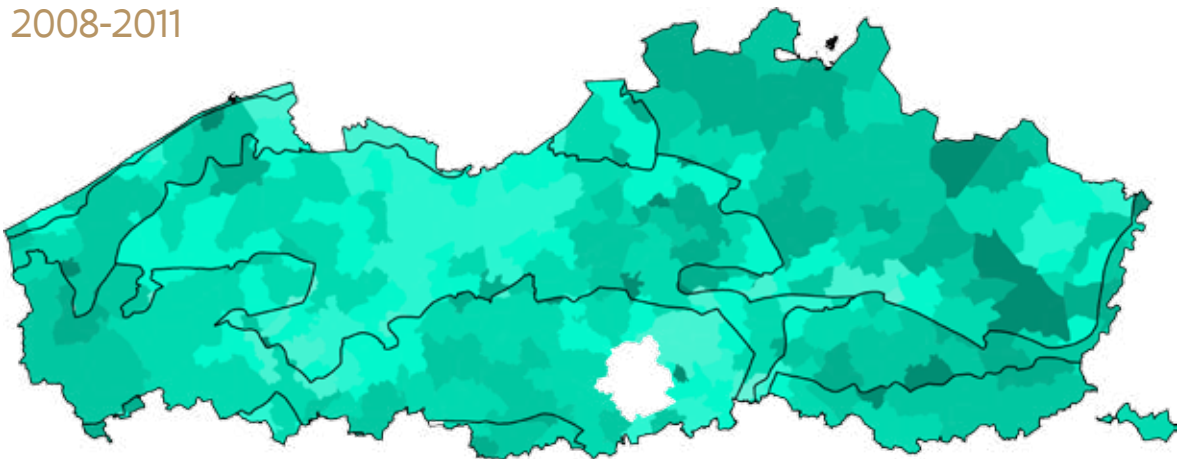
1. De vermindering van het graslandareaal en een stijging van het akkerlandareaal door de omzetting van permanent grasland naar tijdelijk grasland en akkerland.
2. Een hogere frequentie van grasmatvernieuwing van het permanent grasland.
3. De gedeeltelijke vervanging van stalmest door drijfmest en de verminderde toediening van dierlijke mest per oppervlakte-eenheid sinds het midden van de jaren '90.
4. Gewijzigde teeltrotaties: de daling van het aandeel graangewassen ten voordele van snijmaïs en hakvruchten.
5. De graduele verhoging van de oogstresthoeveelheden als gevolg van de sterke productieverhoging van de landbouwgewassen sinds de jaren zestig vertraagt of stabiliseert.
6. Bij (sterke) erosie verdwijnt een deel van de koolstofrijke toplaag van de bodem.
7. Dieper ploegen: vanaf de jaren vijftig is de ploegdiepte geleidelijk aan vergroot, zodat de koolstof over een grotere diepte verspreid wordt.

Wegens deze grote jaarlijkse schommelingen moet op langere termijn bekeken worden of het mogelijk is om voldoende organische koolstof in de Vlaamse akkers en graslanden te behouden. In de periode 1950-1990 namen zowel in akkerland als in grasland de organische koolstofvoorraden toe. Deze toename werd in hoofdzaak veroorzaakt door een sterke uitbreiding van de veestapel en een continue stijging van de plantaardige productie, waardoor meer gewasresten op het veld achterbleven. Sinds 1990 wordt echter een daling in de organische koolstofvoorraden vastgesteld, waarbij op sommige plaatsen in Vlaanderen zelfs extreem lage waarden worden vastgesteld. Mogelijke verklaringen zijn de omzetting van permanent grasland naar akkerland en de verminderde toediening van dierlijke mest sinds het midden van de jaren '90.

1989-1991



2008-2011



Figuur 2: Evolutie van het organische koolstofgehalte in de 0-23 cm bodemlaag in de Vlaamse akkerbodems tussen de periodes 1989-1991 en 2008-2011. Licht -> donker geeft de procentuele verdeling weer van lager naar hoger dan de streefzone

bron: Bodemkundige Dienst van België

De rol van organische stof in de bodem

Het gehalte aan organische stof beïnvloedt zowel de fysische, de chemische als de biologische eigenschappen van een bodem (Tabel 1). De belangrijkste effecten worden hieronder verder uitgewerkt.

Tabel 1: Effect van organische stof op bodemeigenschappen

Eigenschap	Omschrijving	Effect op de bodem
Donkere kleur	De aanwezigheid van organische stof verklaart de donkere kleur, typisch voor vele bodems.	De bodem warmt sneller op
Stabiel bindmiddel	Organische stof vormt het cement waarmee bodemdeeltjes aan elkaar klitten tot aggregaten.	Stabiliseert de bodemstructuur, minimaliseert korstvorming en erosie en vergroot de doorlaatbaarheid voor water en gassen
Voedsel voor bodemorganismen	Organische stof vormt een bron van voedsel en energie voor een groot aantal bodemorganismen.	Stimuleert het bodemleven en zo talrijke bodemprocessen die belangrijk zijn voor de bodemvruchtbaarheid
Verhoogt het waterbergend vermogen	Wanneer er organische stof wordt toegediend, kan de bodem meer water bevatten.	Verhoogt vnl. in zandige bodems het waterbergend vermogen, waardoor planten in deze bodems meer vocht ter beschikking krijgen
Doorlatende bodem voor water en lucht	Hogere porositeit van de bodem en stabielere bodemstructuur.	Laat water en lucht gemakkelijker door de bodem dringen, wat op zijn beurt goed is voor een optimaal bodemklimaat voor de biologische activiteit
Leverancier van nutriënten	Afbraak van organische stof levert NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}	Bron van nutriënten voor planten
Leverancier van sporenelementen	Organische stof levert sporenelementen via mineralisatie en complexvorming.	Vergroot de beschikbaarheid van sporenelementen voor de plant
Verhoogt kationen-uitwisseling	Organische stof verhoogt de kationen-uitwisseling van de bodem.	De kationen (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) dienen o.a. om de negatieve ladingen van de bodem te neutraliseren, maar vooral om de planten te voeden via de plantenwortels.
Buffer	Organische stof oefent een bufferende werking uit en gaat verandering in bodemzuurtegraad (pH) tegen.	Bodemzuurtegraad blijft optimaal
Houdt CO_2 duurzaam vast	Organische stof in de bodem bevat dubbel zoveel koolstof als de atmosfeer.	Kan bijdragen in de strijd tegen de opwarming van de aarde

Kleur zorgt voor warmte

Bodems met een hoog gehalte aan organische stof hebben meestal een donkere kleur. Daardoor nemen ze meer warmte op. Door de snellere opwarming droogt de bodem vlugger op, is hij vroeger bewerkbaar en kan de landbouwer sneller planten en oogsten. Ook de kieming en de jeugdgroei verlopen vlotter in een warmere bodem. Dit is zeker belangrijk bij de teelt van primeurgroenten.



bodem met zeer veel organische stof



bodem met voldoende organische stof

Organische stof verbetert de bodemstructuur

Bodemstructuur is de basis

Hoe meer organische stof in de bodem, hoe stabiel de bodem. Organische stof zorgt er namelijk voor dat bodemdeeltjes aaneenklitten tot aggregaten; de bodem verkrijgt een kruimelstructuur en wordt gestabiliseerd. Daardoor neemt het risico op verdichting, verslemping (korstvorming van de bovenlaag) en erosie af, is de bodem beter bewerkbaar en laat de bodem meer water en zuurstof door.

Naast organische stof zijn ook nog andere factoren bepalend voor een goede bodemstructuur:

- aard en omstandigheden van bodembewerkingen: berijden en bewerken van de bodem onder ongunstige omstandigheden (vb. te nat) leidt tot structuurschade;
- zaaibed: aanleg van een te fijn zaaibed net voor zware regenval geeft aanleiding tot korstvorming en erosie;
- zuurtegraad of pH: een hoge pH stimuleert de afbraak van organische stof.

Organische stof, bodembewerkingen en de pH dragen bij tot een goede bodemstructuur en vormen de basis voor optimale opbrengsten.

Weerstand tegen korstvorming (dichtslaan van de bodem) en erosie

Bij zware regenval worden door de inslaande regendruppels aggregaten vernietigd en bodemdeeltjes losgeslagen. In extreme gevallen wordt de bodemstructuur zelfs volledig vernietigd en wordt aan het bodemoppervlak een korst gevormd. Korstvorming vermindert de infiltratiecapaciteit voor water en verhoogt de erosiegevoeligheid van de bodem.

Bij erosie worden de fijne bodemdeeltjes losgeslagen en met het afstromend water hellingafwaarts meegevoerd. Het meegevoerde bodemmateriaal wordt deels opnieuw afgezet lager op het perceel of afgevoerd buiten het landbouwgebied.

Een hoger gehalte aan organische stof in de bovenste centimeters van de bodem (verbeterde bodemstructuur en stabiele bodempartikels) en een kluitiger zaaibed verhogen de weerstand van de bodem tegen korstvorming en erosie. Als de bodem daarbij ook nog gedurende het grootste deel van het jaar bedekt blijft (groenbedekkers, mulch, ...), worden korstvorming en erosie verder tegengegaan.



korstvorming bodem



erosie



helling met bodem met veel organische stof en goede structuur

Organische stof onderhoudt het bodemvoedselweb

Een goede bodem leeft! Het **bodemleven**, een keten van eten en gegeten worden, vormt het **bodemvoedselweb** en de motor voor alle omzettingen van organische stof. Het bodemleven speelt een rol bij het in kleinere stukken verdelen van organisch materiaal, het vrijmaken van voedingsstoffen uit organische stof (mineralisatie), het opbouwen van stabiele organische stof (humificatie) en het verkrijgen van een goede bodemstructuur. Het bodemleven, van microscopisch klein (bacteriën en schimmels) tot grotere insecten en wormen, is essentieel voor de bodemkwaliteit en de opbrengst van een landbouwperceel. Om dit bodemvoedselweb te onderhouden, moet echter regelmatig vers organisch materiaal aangevoerd worden.



Regenwormen houden van een bodem met veel organisch materiaal. Bepaalde soorten regenwormen dragen bij tot het inwerken van dit vers organisch materiaal (oogstresten, strooisel, etc.). Hierdoor wordt het organisch materiaal beschikbaar voor de bacteriën en schimmels en wordt het bodemvoedselweb gevoed. Een bijkomend voordeel van regenwormen is dat ze organische en minerale bodembestanddelen mengen tot waterstabile aggregaten. Hierdoor wordt een goede bodemstructuur gevormd en/of onderhouden. Bovendien zorgen de graafactiviteiten van regenwormen voor een verminderde run-off en een betere infiltratie.

Meer organische stof in de bodem betekent dus meer voedsel en leefruimte voor bodemdiertjes en dus meer biodiversiteit. Het stimuleren van de bodemorganismen heeft op zijn beurt een invloed op de diversiteit van vogels en zoogdieren die hoger in de voedselketen staan en die zich met bodemorganismen voeden.

Organische stof verhoogt de doorlatendheid en het waterbergend vermogen van de bodem

Een stabiele bodemstructuur met hoge porositeit door voldoende organische stof verhoogt de **waterdoorlatendheid** van de bodem, wat vooral bij kleibodems belangrijk is. Daardoor zal het water bij intensieve regenbuien sneller in de bodem dringen. Er zal dus minder water van de bodem afstromen en meer water in de bodem terechtkomen. Door een verandering van de bodemstructuur kan organische stof bovendien bijdragen tot een beter **waterbergend vermogen** van de bodem. Op die manier is er tijdens het teeltseizoen meer water beschikbaar voor de plant. Dit is vooral belangrijk in zandige bodems die van nature een laag waterbergend vermogen hebben.

Organische stof in de bodem: bron van plantenvoeding

Organisch materiaal en organische stof vormen een belangrijke bron van **voedingsstoffen** voor landbouwgewassen. De (trage) afbraak van organisch materiaal en organische stof (= **mineralisatie**) levert heel wat nutriënten (N, P, K, sporenelementen, ...) en was tot aan het begin van de 20ste eeuw, met de opkomst van de minerale meststoffen, de enige mogelijkheid om nutriënten aan te voeren.

Mineralisatie verloopt het vlotst als de bodem warm en vochtig is en vertoont daarom een typisch patroon. De mineralisatie herstart ongeveer samen met de plantengroei in het voorjaar, bereikt een piek tijdens de zomer – als de bodem tenminste voldoende vochtig is – en neemt terug af in het najaar. Onder koude omstandigheden valt de mineralisatie stil.

De vrijstelling van nutriënten gebeurt dus voornamelijk tijdens het groeiseizoen, wanneer de vraag naar nutriënten hoog is. Als de nutriënten echter vrijkomen op een tijdstip dat er geen behoefte aan is, of op een plaats die niet bereikbaar is voor de plantenwortels, dan kan een deel van de nutriënten verloren gaan.

Meer sporenelementen

Metaalionen, zoals koper, zink en mangaan, die in kleine hoeveelheden als **sporenelementen** onmisbaar zijn voor de plantengroei, kunnen met organische moleculen van organische stof metallo-organische complexen vormen. Dit proces heet **chelatie**. Deze complexen zorgen ervoor dat sporenelementen beschikbaar blijven voor de planten, aangezien de metaalionen noch uitspoelen, noch neerslaan in een onoplosbare vorm. Plantenwortels zijn immers in staat metaalionen op te nemen uit metallo-organische complexen en deze ionen verder in te bouwen in complexe, chemische verbindingen.



Organische stof als kationenuitwisselaar

Bodemdeeltjes, inclusief organische stof, zijn negatief geladen en zijn in staat om kationen (positief geladen deeltjes zoals K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ ,...) aan hun buitenoppervlak te binden. Daardoor neutraliseren deze kationen de negatieve ladingen van de bodem en gaan zij niet of nauwelijks verloren. Zij zijn echter wel uitwisselbaar. De 'uitwisseling' van de kationen gebeurt als volgt: de planten scheiden via de worteluiteinden H^+ - of beter gezegd protonen - af. Deze protonen nemen de plaats in van bijvoorbeeld Ca^{2+} of K^+ op de bodemdeeltjes of op de organische stof in de bodem, zodat de Ca^{2+} of K^+ vrijkomt en door de plantewortels kan worden opgenomen.

Een maat voor de hoeveelheid uitwisselbare kationen is de **kationenuitwisselingscapaciteit** (CEC of cation exchange capacity). Deze uitwisselingscapaciteit is afhankelijk van de bodemtextuur - zand heeft een lagere CEC dan klei - en de hoeveelheid organische stof. Naargelang de textuur en de hoeveelheid organische stof is deze laatste verantwoordelijk voor 20 tot 70 % van de CEC van de bodem. Hoe hoger de CEC, hoe vruchtbaarder de bodem.

Organische stof werkt als buffer tegen pH-schommelingen

Organische stof werkt als een buffer tegen schommelingen van de zuurtegraad (pH) van de bodem. Dit is van belang omdat gewassen slechts binnen vrij nauwe pH-grenzen optimaal kunnen groeien. Door de aanwezigheid van organische stof in de bodem stijgt de kationenuitwisselingscapaciteit en kunnen meer protonen uitgewisseld worden. Dit bufferende effect is het grootst wanneer de pH schommelt rondom de neutrale pH (pH = 7), m.a.w. in een licht zuur, neutraal of licht basisch milieu. In elk geval, hoe meer organische stof, hoe beter de bodem gebufferd is.

Organische koolstof in de bodem en klimaatverandering

Niet alleen planten en bomen zijn geschikt om het broeikasgas CO_2 vast te leggen, ook de bodem zelf biedt een mogelijkheid tot koolstofopslag. De organischekoolstofvoorraad in de bodem is dubbel zo groot als de atmosferische koolstofpool. Kleine veranderingen in de netto-afbraak van de voorraad aan organische koolstof in de bodem kunnen dus grote gevolgen hebben voor de opwarming van de aarde. Afhankelijk van zijn beheer en de lokale omstandigheden kan een landbouwbodem zowel een opslagplaats ('sink') als een bron ('source') zijn voor CO_2 en andere broeikasgassen (N_2O en CH_4). De balans tussen deze uitstoot en de opslag van broeikasgassen is zeer gevoelig.

De bodem kan dus een rol spelen in de strijd tegen klimaatverandering, maar omgekeerd kan klimaatverandering ook een invloed hebben op het organischekoolstofgehalte in de bodem. Door gewijzigde klimaatomstandigheden kan de mineralisatie ofwel sneller ofwel trager verlopen. Een hogere temperatuur en meer neerslag versnellen de mineralisatie, waardoor meer koolstof wordt afgebroken en de opwarming van de aarde bijkomend wordt versterkt. Grotere droogtes daarentegen remmen de mineralisatie af.

Hoe beïnvloedt organische stof de landbouwproductie?

Beter bewerkbare bodem

Een hoger gehalte aan organische stof leidt tot een betere bodemstructuur en dus een gemakkelijker bewerkbare bodem. Daardoor zijn minder intensieve bodembewerkingen nodig en wordt het mogelijk lichtere machines in te zetten, waardoor bovendien het risico op bodemcompactie afneemt. Dit beschermt op zijn beurt de goede bodemstructuur. Voor landbouwproductie schept dit mogelijkheden voor een hogere opbrengst.

Waterhuishouding en waterbeschikbaarheid in de bodem

Een verhoogd organischestofgehalte in de bodem maakt de grond stabiel en poreuzer. Zo zal een grotere hoeveelheid neerslag effectief de bodem indringen. Bovendien kan organische stof in de bodem een grote hoeveelheid water vasthouden. In het algemeen zal daardoor de beschikbare vochtreserve toenemen.

De watervoorziening van een gewas heeft een grote invloed op de ontwikkeling van het gewas. Met een hoger gehalte aan organische stof in de bodem stijgt zowel de hoeveelheid gemakkelijk opneembaar water als de totale waterreserve. Dit vertaalt zich in minder droogtestress en een hogere gewasproductie.

Organische stof in de bodem in relatie tot stikstofbemesting

Stikstofmineralisatie is één van de belangrijkste aanvoerposten van stikstof (N) tijdens het groeiseizoen. Het gehalte aan organische stof in de bodem speelt dan ook een sleutelrol bij het opstellen van stikstofbemestingsadviezen. Een beredeneerde stikstofbemesting hangt immers niet alleen af van de stikstofbehoefte van het gewas, maar houdt ook rekening met de hoeveelheid beschikbare minerale stikstof in de bodem, de stikstofwerking van de toegediende minerale of organische bemesting, en met de stikstof die tijdens het groeiseizoen zal vrijkomen uit oogstresten en organische stof in de bodem. Hoeveel stikstof uiteindelijk zal vrijkomen uit organische stof, is sterk afhankelijk van de oorspronkelijke hoeveelheid organische stof in de bodem en de aard van het perceel.

Stikstofmineralisatie is een microbiologisch proces dat heel sterk bepaald wordt door factoren zoals de bodemtemperatuur, het bodemvochtgehalte, de zuurstofvoorziening in de bodem (dit hangt samen met bodemstructuur) en de C/N-verhouding van de organische stof of het organisch materiaal dat wordt afgebroken. Het inschatten van de stikstofmineralisatie uit organische stof is dan ook vaak de bottleneck bij bemestingsadvisering. Bij inwerken van vers organisch materiaal met een C/N-verhouding die hoger is dan 25, zal voor de afbraak zelfs minerale stikstof uit de bodem onttrokken worden (stikstoffimmobilisatie).

De stikstofmineralisatie herneemt begin maart en geeft gedurende een achttal maanden continu stikstof vrij. Een belangrijk aandachtspunt is het feit dat de oogstdatum van de meeste gewassen vroeger valt dan het einde van de stikstofmineralisatie. Hierdoor kan in het najaar te veel minerale stikstof in de bodem aanwezig zijn. Om **nitraatuitspoeling** te vermijden, is het dus belangrijk om na de oogst maatregelen te nemen, zoals het inzaaien van een groenbedekker.

Een berekening ter verduidelijking:

We keren terug naar ons voorbeeld. Als gevolg van een gemiddelde afbraak van 2% en een organischekoolstofvoorraad van 50 ton, wordt jaarlijks ± 1000 kg organische koolstof afgebroken. Ervan uitgaand dat een landbouwgrond een gemiddelde koolstof/stikstofverhouding van tien op één ($C/N = 10$) heeft, kunnen we afleiden dat jaarlijks per hectare ± 100 kg minerale stikstof vrijkomt, waarvan een deel na de oogst. Daarboven is er ook nog de mineralisatie van oogstresten, van groenbemesters en van de toegediende organische bemesting van het huidige en van het voorgaande jaar, waardoor nog enkele tientallen kg minerale stikstof extra vrijkomen. In bodems met zeer hoge mineralisatiecapaciteit (bv. bij intensieve groenteteelt) kan dit mee aanleiding geven tot een (te) hoog nitraatresidu in het najaar.

Koolstof in de praktijk, enkele voorbeelden

Plaggenbodems zijn oorspronkelijk arme zandbodems die, dankzij hard labeur van de Kempische landbouwers en de massale inbreng van grote hoeveelheden organisch materiaal uit bossen en vennen, hoog productieve zandbodems zijn geworden.

Proefveldwerking en modelresultaten hebben aangetoond dat het gemiddeld opbrengstverschil tussen twee vergelijkbare zandbodems, maar met duidelijk verschillende organischestofgehaltes (1% \leftrightarrow 2%), 2,5 ton aardappelen bedraagt. Hoewel beperkt, zit de meerwinst van landbouwproducten in hogere opbrengsten, gekoppeld aan kwaliteit.

Is er een optimaal gehalte aan organische koolstof?

Het opstellen van algemene limiet- en streefwaarden voor organische koolstof in de bodem is problematisch omdat er zoveel verschillende factoren meespelen (klimaat, bodemtype, bodemgebruik, ...).

In Vlaanderen werden in het kader van het gemeenschappelijk landbouwbeleid (Mid Term Review – MTR) **limietwaarden** voor het organischekoolstofgehalte in de bodem opgesteld. Deze limietwaarden zijn opgenomen in de Code van Goede Praktijk Bodembescherming. De beoordeling van het gehalte aan organische koolstof in de bodem gebeurt in functie van het bodemtype (Tabel 2). De limietwaarden zijn een absoluut minimum, de optimale waarden liggen zeker hoger.

Tabel 2: Vlaamse limietwaarden voor de ondergrens van het organischekoolstofgehalte in de bouwvoor, jaarlijkse afbraak van organische koolstof in de bodem voor bodems rond de limietwaarde en vereiste minimale jaarlijkse aanbreng van effectieve organische koolstof bij een bemonstering tot 23 cm diepte (Code van Goede Praktijk Bodembescherming)

type bodem	limietwaarde organische koolstof (% C)	jaarlijkse afbraak organische stof (kg C/ha)	minimale jaarlijkse aanbreng effectieve organische koolstof (kg C/ha)
zand	1,0	900	1050
zandleem	0,9	700	850
leem	0,9	750	900
klei	1,2	900	1050

Als het gemeten percentage organische koolstof in de bodem lager is dan de limietwaarde, wat naar schatting voor 10% van de Vlaamse akkerbodems het geval is, dan moet de landbouwer acties ondernemen om de landbouwgrond in goede landbouw- en milieucondities te brengen.

Door mineralisatie in de bodem wordt, zoals hiervoor ook al aangegeven, jaarlijks een hoeveelheid organische koolstof in de bodem afgebroken. Tabel 2 geeft de gemiddelde jaarlijkse afbraak van organische koolstof voor bodems met een organische koolstofgehalte rond de limietwaarde. De exacte hoeveelheid is afhankelijk van diverse factoren, zoals de grondsoort, het koolstofgehalte, het aandeel jong organisch materiaal,

Om het organischekoolstofgehalte op peil te houden, moet de aanvoer van effectieve organische koolstof (zie hoofdstuk 'Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting') even groot zijn als de natuurlijke afbraak. Bij een te laag gehalte aan organische koolstof in de bodem moet de aanvoer van effectieve organische koolstof gedurende meerdere jaren veel groter zijn dan de afbraak.

Tabel 2 geeft de in het kader van de MTR verplichte, minimaal jaarlijks toe te dienen hoeveelheid effectieve organische koolstof (organische koolstof die 1 jaar na toediening van het vers organisch materiaal nog in de bodem aanwezig is). Wanneer het organischekoolstofgehalte onder de limietwaarde ligt, moet het eerste jaar minstens de minimale dosis worden toegediend. Na twee jaar moet minstens twee keer de minimale dosis en na drie jaar minstens drie keer deze dosis zijn toegediend. Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5 (zie Annex) geven voor diverse koolstofbronnen de gemiddelde aanvoer van effectieve organische koolstof.

Het verplicht op te volgen advies in het kader van de Mid Term Review is een minimaal advies dat er enkel op gericht is om de landbouwgrond in goede landbouw- en milieuconditie te brengen.

Opdat alle bodemfuncties zo optimaal mogelijk zouden doorgaan, is het echter belangrijk om een optimaal organischekoolstofgehalte na te streven, vastgelegd in **streefzones**. In het verleden werden deze streefzones vaak opgesteld op basis van een experimentele, landbouwkundige bepaling van bodem-plantrelaties. Recent echter werd de bodemvruchtbaarheid zelf als uitgangspunt genomen voor het opstellen van streefzones. De ondergrens werd vastgelegd op basis van een afbreekbare organischekoolstoffractie, die nodig is voor een voldoende bodemvruchtbaarheid. De bovenlimieten werden gelijkgesteld met een organischekoolstofgehalte waarboven er geen verder positief effect op de bodemvruchtbaarheid vastgesteld kon worden, maar waarbij wel het risico op milieuproblemen, gerelateerd aan stikstofverliezen, zou kunnen toenemen.

Voor akkerlandbodems worden volgende streefzones vooropgesteld:

- Zandbodems: 1,2 - 1,9%C
- Zandleembodems: 1,0 - 1,5%C
- Leembodems: 1,3 – 1,7%C
- Kleibodems: 1,6 – 2,1%C

Deze streefzones stemmen voor zandleem-, leem- en kleibodems goed overeen met de door de Bodemkundige Dienst van België gehanteerde streefzones. Enkel voor zandbodems liggen de waarden van de streefzone veel lager dan diegene die de Bodemkundige Dienst van België hanteert.

Hoe het gehalte aan organische koolstof in de bodem verhogen?

Het is belangrijk om op perceelsniveau de organischekoolstofbalans in evenwicht te houden. Dat kan door de juiste bemesting te kiezen in functie van de teeltrotatie. Het verhogen van het organischekoolstofgehalte in de bodem kan op verschillende wijzen gebeuren. Een aantal worden hieronder toegelicht. Regelmatig vers organisch materiaal (onder de vorm van gewasresten of organische bemesting) toedienen, verhoogt het organischekoolstofgehalte, zelfs op korte termijn. De stijging van het organischekoolstofgehalte hangt af van de kwaliteit en de stabiliteit van het toegediende vers organisch materiaal (zie hoofdstuk 'Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting').

Toediening van organische bemesting

Dierlijke meststoffen

Als dierlijke mest toegediend wordt, kan het organischekoolstofgehalte in de bodem op korte tot middellange termijn wezenlijk veranderen. Hierbij spelen zowel de toegediende hoeveelheid, de samenstelling als de afbreekbaarheid van de dierlijke mest een rol. Bij eenzelfde hoeveelheid toegediende mest is vaste mest effectiever om het organischekoolstofgehalte te verhogen dan mengmest (zie ook hoofdstuk 'Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting'). Niet alleen de samenstelling verschilt (meer droge stof), maar ook de afbreekbaarheid ligt een stuk lager bij vaste mest.



bron: Vlaamse Landmaatschappij

Compost

Het toedienen van compost als zeer stabiel organisch materiaal kan het organischekoolstofgehalte in de bodem sterk doen stijgen. Grote hoeveelheden compost aanvoeren om een snelle stijging te realiseren, is in het kader van de huidige mestwetgeving echter niet mogelijk.



bron: Vlaco vzw

Grondstoffen voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel

Grondstoffen voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel zijn grondstoffen afgeleid uit bepaalde afvalstoffen die onder specifieke voorwaarden hergebruikt kunnen worden. Bij het toedienen van deze grondstoffen als bron van organische koolstof moet u rekening houden met de invloed op de beschikbaarheid van stikstof en fosfor, de microbiële activiteit en biodiversiteit en het gevaar voor bodemverontreiniging. Uit onderzoek blijkt dat vele van deze grondstoffen niet zonder beperkingen in aanmerking komen als bron voor organische koolstof, omdat ze meer nutriënten aanvoeren dan de bemestingslimieten toestaan (zie ook hoofdstuk 'Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting').

Rotten van organisch materiaal

Is er te weinig zuurstof in de bodem, dan rot het organische materiaal in plaats van te mineraliseren. Rotting is eenvoudig te herkennen aan de grijsblauwe kleur rond het afbrekende organische materiaal.

Zuurstofgebrek komt meestal voor in bodems die te nat zijn of een slechte structuur hebben. Dit ongunstige bodemklimaat (te compact en/of te nat) dient op korte termijn aangepakt te worden. Enkel op die manier kan de bodem echt leven en zorgt zuurstof voor een goede mineralisatie van toegediend organisch materiaal. Bij te weinig zuurstof is het gebruik van vers organisch materiaal in de bodem niet aanbevolen.

Beheermaatregelen

Gewasrotatie

Welke rotatie is het interessantst om het niveau van organische koolstof in de bodem op peil te houden? Dit wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid en effectiviteit van de ingewerkte oogstresten (zie ook hoofdstuk 'Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting').



Het teeltplan speelt een belangrijke rol. De omschakeling naar meer granen en het inwerken van stro hebben een positieve invloed op het organischekoolstofgehalte. Frequent toepassen van groenbedekkers is een must. Studies tonen aan dat een klassieke akkerbouwrotatie met enkel inwerken van oogstresten niet volstaat om het organischekoolstofgehalte op peil te houden, zelfs niet bij consequent inwerken van tarwestro.

Bij akkerbouwrotaties die typisch zijn voor rundveehouderijen, zullen teeltplannen waarin luzerne wordt opgenomen en waarbij korrelmaïs vaker voorkomt dan snijmaïs, beter presteren in de opbouw van organische koolstof in de bodem dan de gebruikelijke rotaties. Ook het inlassen van graangewassen in de rotatie, waarbij het stro wordt ingewerkt, en van gras als groenbedekker hebben een erg positieve invloed op het koolstofgehalte van de bodem. Uiteraard is meerjarig grasland de meest ideale manier om de organische koolstof in de bodem terug op peil te brengen.

Groenbedekkers

Groenbedekkers kunnen helpen om het organischekoolstofgehalte in de bodem op peil te houden. Bovendien kunnen zij in een aantal gevallen gedurende de winter stikstof vasthouden. De verhouding koolstof-stikstof van de meeste groenbedekkers is evenwel laag, net als de hoeveelheid moeilijk afbreekbaar organisch materiaal. Daarom is de hoeveelheid organische koolstof afkomstig van groenbedekkers in de bodem na één jaar eerder beperkt.



Toch mag hun belang niet onderschat worden. In het kader van goede bodempraktijken is het inzaaien van een groenbemester, waar mogelijk, steeds aan te raden.

Tijdelijk grasland

De omschakeling van akkerbouw naar tijdelijk of permanent grasland zorgt voor een enorme verhoging van het organischekoolstofgehalte. Grasland is één van de meest efficiënte manieren om het organischekoolstofgehalte in de bodem te verhogen.

Wisselbouw, waarbij maïs of andere granen afgewisseld worden met tijdelijk grasland, is ook een mogelijkheid om het organischekoolstofgehalte op peil te houden. De organische koolstof die in de graslandperiode wordt opgebouwd, zal in de akkerbouwperiode worden verbruikt. Hierdoor zal het organischekoolstofgehalte minder snel dalen dan bij maïsteelt in monocultuur.



bron: Vlaamse Landmaatschappij

Bescherming van de resterende organische koolstof in de bodem

In de eeuwenoude intensief bewerkte Vlaamse akkerbouwbodems heeft het grootste verlies van organische koolstof in het verleden plaatsgevonden. Daardoor zullen beheermaatregelen die het verlies aan organische koolstof in de bodem beperken, minder invloed hebben in Vlaanderen dan in buitenlandse regio's met minder intensief bewerkte en recenter ontgonnen akkerbouwbodems. Dit betekent echter niet dat beheermaatregelen overbodig zijn. De huidige organischekoolstofvoorraden moeten minstens behouden blijven. Verder verlies van organische koolstof uit onze bodems kan immers nadelige gevolgen hebben, nl. afname van de bodemvruchtbaarheid, hogere gevoeligheid voor erosie en degradatie van de bodemstructuur.

Permanent grasland bevat een enorme hoeveelheid organische koolstof in de bodem. Hoe meer koolstof er in de bodem zit, hoe groter het potentieel om deze koolstof te verliezen. Dit wil zeggen dat nieuwe omzettingen van permanent gras naar akker zoveel mogelijk vermeden moeten worden. Het is veel moeilijker om extra koolstof in de bodem te stockeren door de omzetting van akker naar gras dan om nieuwe verliezen te beperken.

Het behoud van de resterende organische koolstof in de Vlaamse bodems is van cruciaal belang voor de duurzaamheid van de landbouw en voor de bodemkwaliteit in zijn geheel.

Alternatieve landbouwsystemen

Minimale bodembewerking

Uit onderzoek blijkt dat minimale bodembewerking (niet-kerend of directe inzaai) de toegediende organische koolstof in de bovenste 5 à 15 cm van de bodem concentreert. Hierdoor neemt het organische koolstofgehalte duidelijk toe in de bovenste bodemlaag, maar neemt het af in de diepere lagen. Die stijging in de bovenste laag is van groot landbouwkundig belang. Organische koolstof in de bodem oefent voornamelijk in de bovenste lagen cruciale functies uit, zoals aggregaatvorming, het tegengaan van verslemping en erosie, het vrijstellen van nutriënten, ... Onderzoek heeft niet kunnen aantonen dat minimale bodembewerking in Vlaanderen de organische koolstofvoorraden verhoogt. Wel staat het vast dat door het niet meer of ondieper bewerken van de bodem, het toegevoegde materiaal minder wordt verdund en de organische stof daar wordt geconcentreerd waar ze het meeste belang heeft.



Biologische landbouw

Omdat biologische landbouw nagenoeg uitsluitend organische bemesting gebruikt en meer werkt met grasland, groenbedekkers en vanggewassen, brengt biologische landbouw globaal gezien meer koolstof in de bodem dan gewone landbouw.



Koolstofaanbreng door gewassen en bemesting

Om het organischekoolstofgehalte van een akker op peil te houden, is een regelmatige toediening van nieuwe organische koolstof noodzakelijk. Hoeveel een landbouwer moet toedienen, hangt af van het aandeel **effectieve organische koolstof** van het toegediend vers organisch materiaal. Dit is de hoeveelheid aangevoerde organische koolstof die na één jaar nog in de bodem aanwezig is. Van bovengrondse plantenresten blijft na één jaar ongeveer 25% van het organische materiaal in de bodem achter, bij stalmest is dit 50% en bij compost meer dan 80%.

De hoeveelheid effectieve organische koolstof is het product van de totale hoeveelheid aangevoerde organische koolstof en een humificatiecoëfficiënt. De humificatiecoëfficiënt geeft de verhouding weer van het gehalte aan effectieve organische koolstof op het gehalte aan totale organische koolstof van vers organisch materiaal (plantenresten, mest, compost, ...)

Om het organischekoolstofgehalte op peil te houden, moet de aanvoer van effectieve organische koolstof even groot zijn als de natuurlijke afbraak van organische koolstof in de bodem. Bij een te laag organischekoolstofgehalte moet de aanvoer van effectieve organische koolstof gedurende meerdere jaren veel groter zijn dan de afbraak. Bij een negatieve balans (aanvoer < afbraak) daalt het organischekoolstofgehalte in de bodem.

In Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5 (zie Annex) vindt u een lijst van gewassen en mestsoorten met hun respectievelijke aanvoer van totale en effectieve organische koolstof, gesorteerd volgens afnemende aanvoer van effectieve organische koolstof.

Let op: bij het kiezen van een bemesting die voldoende effectieve organische koolstof aanvoert, moet u ook rekening houden met het Mestdecreet. De nutriëntenaanvoer door organische bemesting (dierlijke en andere bemesting) moet in rekening worden gebracht. De in Tabel 5 gegeven aanvoer van N en P door organische bemesting is gebaseerd op de richtwaarden van de Mestbank.



Mogelijke nadelen van toediening van organisch materiaal

Het verhogen van het gehalte aan organische stof in de bodem door het toedienen van organisch materiaal heeft heel wat voordelen. Maar er zijn ook risico's aan verbonden. Voorzichtig te werk gaan, is de boodschap.

Hogere nitraatuitspoeling en fosfaatverzadiging

Mineralisatie is een continu en nauwelijks te sturen proces. Bij een hoog gehalte aan organische stof en/of een grote toevoer van makkelijk afbreekbaar vers organisch materiaal komen grote hoeveelheden nutriënten beschikbaar. Deze nutriënten kunnen echter ook vrijkomen op momenten dat ze niet opgenomen worden door het gewas (bv. na de oogst). Tijdens een vochtig en warm najaar (zeker na een droge zomer) kan de mineralisatie nog sterk doorgaan en, samen met hoge nitraatresidu's bij de oogst, zorgen voor verhoogde nitraatresidu's.

Het gebruik van stabiele koolstofbronnen zoals compost is erg efficiënt om het gehalte aan organische stof in de bodem te verhogen. Door de lage stikstofinhoud blijft het risico op nitraatuitspoeling beperkt. Een nadeel is dan weer de hoge fosfaatinhoud, met een risico op fosfaatverzadiging in zure zandige bodems en op eutrofiëring van grond- en oppervlaktewater.

Dit alles maakt het op peil houden van het organischekoolstofgehalte in de bodem een delicate, maar realiseerbare evenwichtsoefening. De online Demetertool, die verder in deze brochure wordt toegelicht, is een handig instrument om inzicht te krijgen in de evolutie van het gehalte aan organische koolstof en de nutriëntenlevering bij verschillende beheermaatregelen.

Kans op verontreiniging

Een manier om het gehalte aan organische stof in de bodem te verhogen, is reststoffen uit de industrie – organisch biologische afvalstoffen – te gebruiken als grondstoffen voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel. Op lange termijn is diffuse verontreiniging van de bodem mogelijk, met alle nadelen vandien. Het gebruik van stadscompost kan bijvoorbeeld leiden tot te hoge concentraties aan zware metalen. Deze grondstoffen kunnen ook zorgen voor verhoogde concentraties van organische pollutanten (dioxines, antibiotica, ...). Het is daarom belangrijk om grondstoffen van goede kwaliteit te gebruiken (zie ook hoofdstuk 'Wisselwerkingen met bestaande wetgeving').

VLACO vzw, de Vlaamse Compostorganisatie, werd in 1991 opgericht met als doel een kwaliteitscontrolesysteem op te zetten voor groen- en GFT-compost. VLACO (en recent ook andere certificeringsinstellingen) volgt de kwaliteit van de compost en het composteringsproces bij de aangesloten bedrijven nauwgezet op. Dit gebeurt via een systeem van integrale ketenbewaking. Een eerste controlestap is de input (het GFT- en/of groenafval dat verwerkt wordt). Vervolgens wordt ook het composteringsproces nauwgezet opgevolgd. Tot slot worden ook regelmatig stalen van de geproduceerde compost geanalyseerd op tal van parameters. Compost met een kwaliteitskenmerk voldoet steeds aan alle betrokken normen.



Demetertool: eenvoudige berekening van de evolutie van organischekoolstofgehaltes en nutriëntenbalansen van akkerbouw- en groentepercelen

De opbouw en de afbraak van organische koolstof in de bodem zijn moeilijk te voorspellen. Er zijn dan ook diverse **computermodellen** in omloop die proberen de evolutie van het organischekoolstofgehalte in de bodem in te schatten. Gezien het vaak complexe karakter van die modellen zijn ze meestal niet gebruiksvriendelijk en slechts beperkt toepasbaar in de praktijk. In 2009 werd op vraag van de afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse Overheid het gebruiksvriendelijk computerprogramma 'KOOLSTOFSIMULATOR' ontworpen. De **online Demetertool**¹ werd in 2014 gelanceerd als opvolger en uitbreiding van de KOOLSTOFSIMULATOR en bevat naast de module voor de evolutie van het organischekoolstofgehalte ook een module voor een optimale stikstofvoorziening en fosfaatbalans voor de gewassen.

De online Demetertool laat u toe zelf een onderbouwde inschatting te maken van de langetermijnevolutie van het organischekoolstofgehalte in akkerbouw- en groentepercelen in functie van de toegepaste gewasrotatie en bemestingspraktijk. Tegelijk krijgt u inzicht in de opmaak van het stikstofbemestingsadvies voor de gewassen en de fosforbalans op perceleniveau.

Door verschillende rotaties door te rekenen, ziet u of het organischekoolstofgehalte zal verhogen, verlagen of op hetzelfde peil blijven. Door de inputparameters te wijzigen, kan u uitzoeken welke maatregelen of aanpassingen het organischekoolstofgehalte in de ene of andere richting beïnvloeden. U kan de aard en hoeveelheid van de toegediende bemesting veranderen of andere gewassen in de rotatie steken. U kan kiezen tussen het al dan niet verwijderen van de oogstresten of een groenbedekker inplannen. Om deze zoektocht naar geschikte combinaties te vergemakkelijken, worden vergelijkende tabellen ter beschikking gesteld met informatie over de aanvoer van organische koolstof door diverse gewassen en organische mestsoorten (zie Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5 in Annex).

Met de Demetertool kan iedereen dus zelf berekenen hoeveel extra organisch materiaal nodig is om bij een gegeven gewasrotatie de organische stof in de bodem in de streefzone te houden of te brengen, en wat het effect is op de stikstofvoorziening en de fosforbalans. Uiteraard kan een simulatie nooit een koolstofanalyse vervangen, en is regelmatige opvolging van het organischekoolstofgehalte via staalname en analyse blijvend nodig.

U kan de online Demetertool vinden op <https://eloket.vlm.be/Demeter>.

¹ De Demetertool werd ontwikkeld door de Vlaamse Landmaatschappij (dienst Bedrijfsadvies), Universiteit Gent (vakgroep Bodembeheer) en het Nederlandse Nutriënten Management Instituut. Deze tool is onderdeel van het Europees Life+ project 'Demeter' met als geïntegreerde doelstellingen het op peil houden van het organischekoolstofgehalte van de bodem en het voorzien in een optimale nutriëntenaanbreng voor gewassen. Binnen dit project werd samengewerkt met het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE).

De organische koolstof in de bodem in balans? Enkele voorbeelden

In de bouwvoor van onze landbouwbodems gaat door mineralisatie jaarlijks gemiddeld 2% van de organische koolstof verloren. Om het organischekoolstofgehalte van het perceel op peil te houden, moet er dus evenveel effectieve organische koolstof worden aangevoerd via oogstresten en organische bemesting.

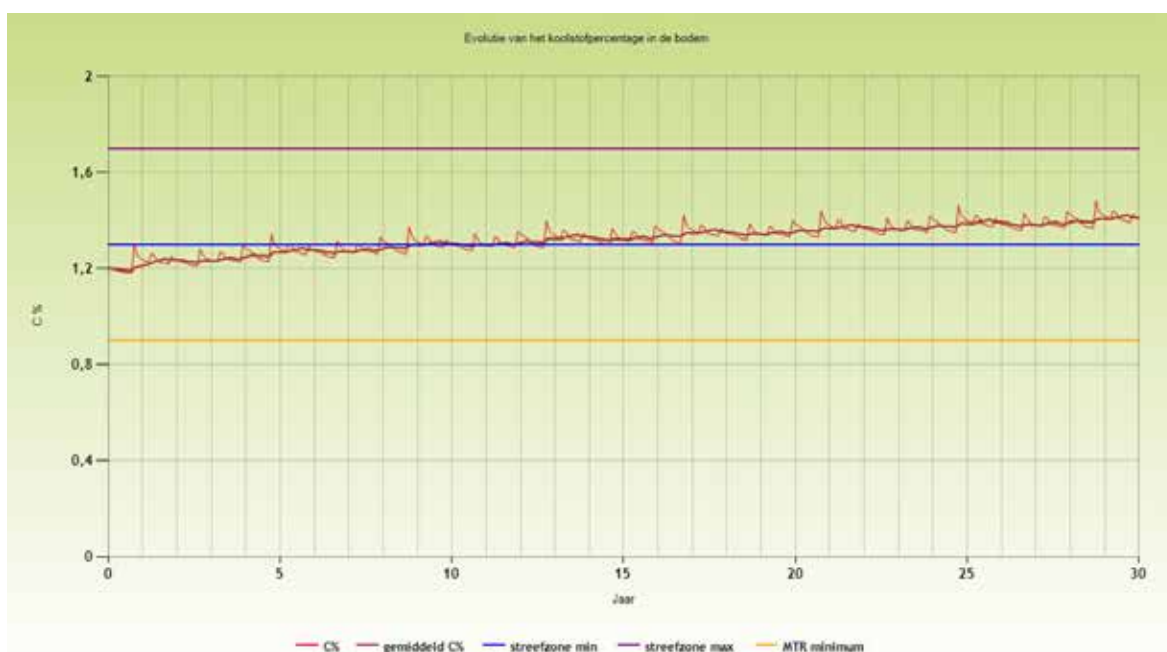
De online Demetertool rekt ons voor hoe het organischekoolstofgehalte van het perceel zal evolueren, afhankelijk van de teeltrotatie en de bemesting. Hieronder staan enkele voorbeelden.

4-jarige rotatie wintertarwe/aardappelen/wintergerst/suikerbieten

We bekijken een leembodem, normaal bemest ('akkerbouw/groenten mengmest normaal' in de Demetertool), met een koolstofpercentage van 1,2 % in de bouwvoor.

Op het voorbeeldperceel wordt een vierjarige teeltrotatie toegepast: wintertarwe, met inwerking van het tarwestro, aardappelen, wintergerst en suikerbieten. Na de wintertarwe en de wintergerst wordt gele mosterd als groenbedekker ingezaaid en voor zowel de aardappelen als de suikerbieten wordt in het voorjaar telkens 20 ton vleesvarkensdrijfmest toegediend. Hoe ziet het koolstofpercentage er dan uit na 30 jaar?

Als we deze vierjarige teeltrotatie in de online DEMETERTOOL invoeren (Figuur 3), dan zien we (Figuur 4) dat het koolstofpercentage geleidelijk stijgt en dat het koolstofpercentage na ongeveer 9 jaar in de streefzone komt. Bij deze rotatie werden dan ook belangrijke inspanningen geleverd om de bodemkoolstof te beschermen: een vrij gunstige teeltrotatie met twee graangewassen op vier, inwerken van stro, groenbedekkers waar mogelijk en dierlijke mest.



Figuur 4: Demetertool: Outputscherm voor een 4-jarige rotatie wintertarwe/aardappelen/wintergerst/suikerbieten

Rotatie aanpassen

- [Bedrijf](#)
- [Percelen](#)
- [Rotaties](#)
- [Resultaten](#)

Rotatie naam:
 Perceel:

Lengte van rotatie:
 Begin Jaar:

Jaar 1 (2014)

Teelten en groenbedekkers

begin in (voorafgaand jaar) en einde in

afvoer oogstresten

reële opbrengst t/ha geoogst hoofdproduct bij 14% vocht

Toediening organisch materiaal

dosis t/ha in de maand

droge stof kg/t gehalte P205 kg/t gehalte N kg/t

Jaar 2 (2015)

Teelten en groenbedekkers

begin in en einde in

afvoer oogstresten

reële opbrengst t/ha

volgende teelt of groenbedekker

begin in en einde in

afvoer oogstresten

reële opbrengst t/ha geoogst hoofdproduct vers

Toediening organisch materiaal

dosis t/ha in de maand

droge stof kg/t gehalte P205 kg/t gehalte N kg/t

volgende toediening

dosis t/ha in de maand

droge stof kg/t gehalte P205 kg/t gehalte N kg/t

Jaar 3 (2016)

Teelten en groenbedekkers

begin in (voorafgaand jaar) en einde in

afvoer oogstresten

reële opbrengst t/ha geoogst hoofdproduct bij 14% vocht

Toediening organisch materiaal

dosis t/ha in de maand

droge stof kg/t gehalte P205 kg/t gehalte N kg/t

Jaar 4 (2017)

Teelten en groenbedekkers

begin in en einde in

afvoer oogstresten

reële opbrengst t/ha

volgende teelt of groenbedekker

begin in en einde in

afvoer oogstresten

reële opbrengst t/ha geoogst hoofdproduct vers

Toediening organisch materiaal

dosis t/ha in de maand

droge stof kg/t gehalte P205 kg/t gehalte N kg/t

volgende toediening

dosis t/ha in de maand

droge stof kg/t gehalte P205 kg/t gehalte N kg/t

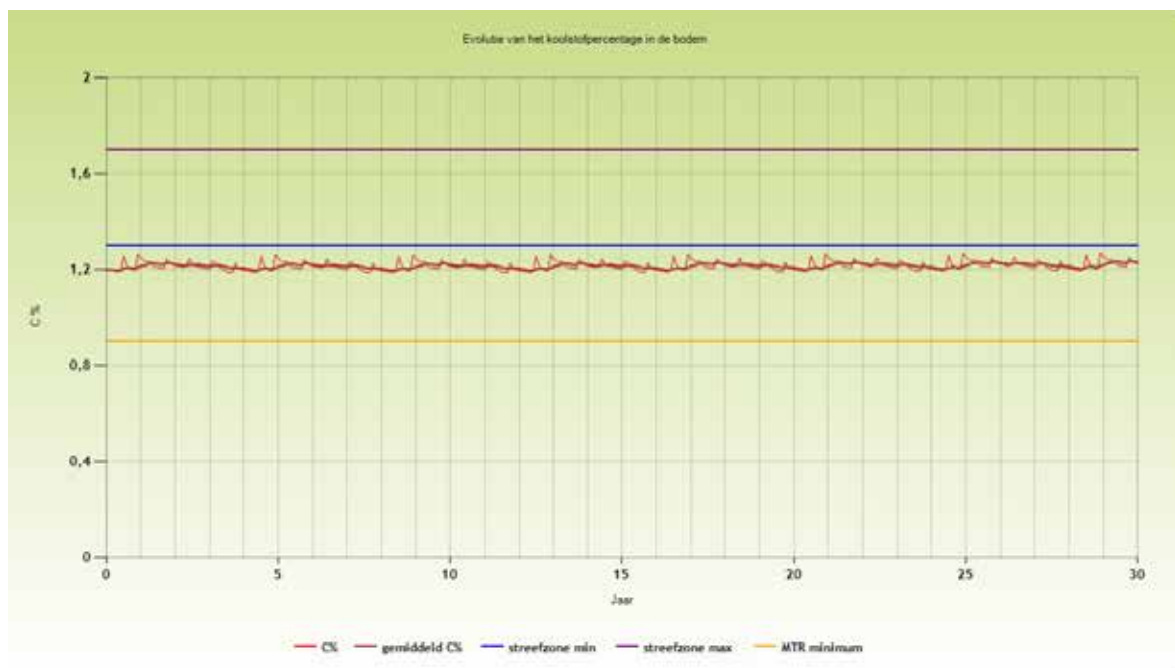
-

Figuur 3 Demetertool: Invoerscherm voor rotatiegegevens voor een 4-jarige rotatie wintertarwe/aardappelen/wintergerst/suikerbieten

4-jarige rotatie bloemkool/aardappelen/prei/stamslabonen

Op dezelfde leembodem wordt nu een vierjarige teeltrotatie met voornamelijk groenten toegepast: bloemkool, aardappelen, prei, stamslabonen, met japanse haver als groenbedekker na de stamslabonen, en facelia als groenbedekker na de halfvroegge aardappelen en 20 ton vleesvarkensdrijfmest in het voorjaar vóór de bloemkool, aardappelen en prei.

De berekening in de Demetertool geeft aan dat het koolstofpercentage op hetzelfde niveau blijft, onder de streefzone. De inzaai van de groenbedekkers is zeker een goede maatregel, maar er zijn nog bijkomende inspanningen nodig om het koolstofpercentage te doen stijgen.



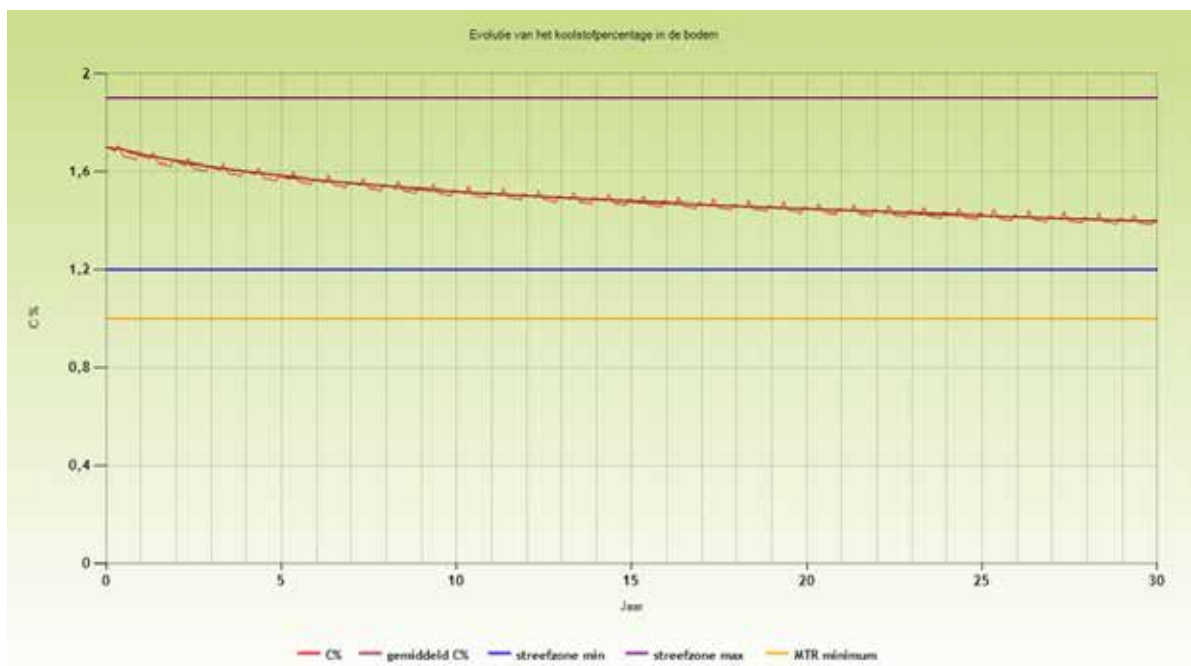
Figuur 5: Demetertool: Outputscherf voor een 4-jarige rotatie bloemkool/aardappelen/prei/stamslabonen



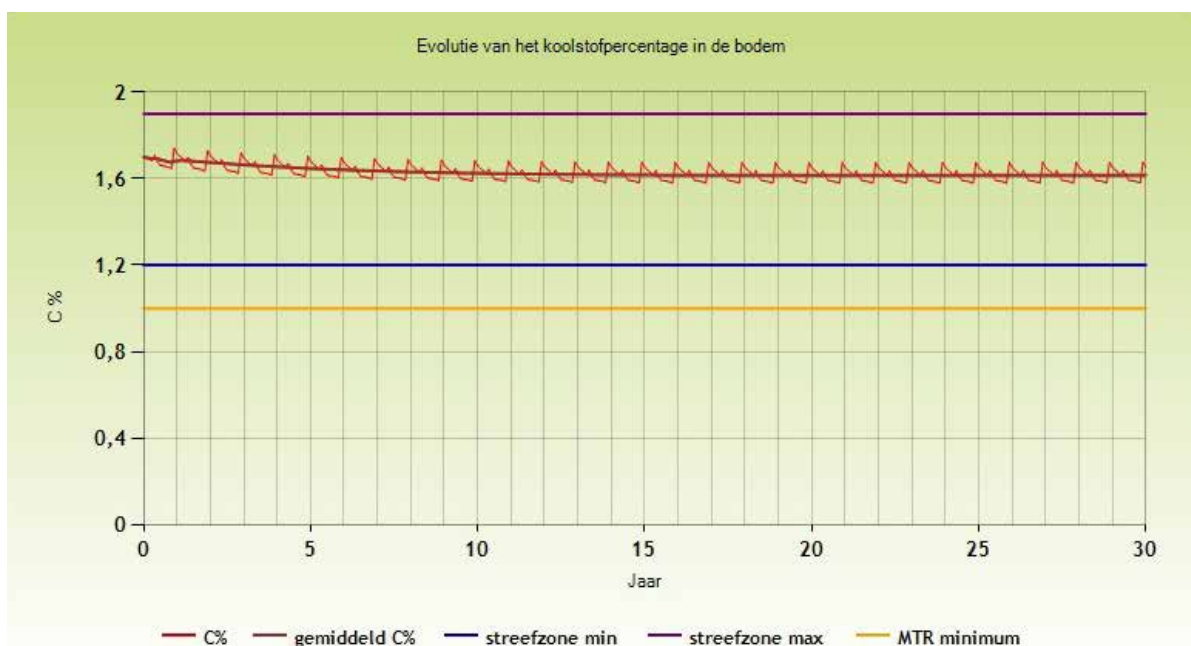
Monocultuur snijmaïs en korrelmaïs

De berekening voor een monocultuur met snijmaïs en korrelmaïs wordt uitgevoerd voor een zandbodem, met een gunstig koolstofpercentage van 1,7 % in de bouwvoor en in het verleden steeds bemest met dierlijke mest ('maximale toepassing van organische bemesting' in de Demetertool). Zowel voor de snijmaïs als de korrelmaïs wordt jaarlijks 35 ton runderdrijfmest aangevoerd.

Bij een monocultuur snijmaïs zal het koolstofpercentage sterk dalen door de lage aanvoer van effectieve organische koolstof. Bij een monocultuur korrelmaïs met gelijke bemesting daarentegen kan het organische koolstofgehalte van het perceel min of meer op peil gehouden worden door de grote hoeveelheid oogstresten die achterblijven op het perceel.



Figuur 6: Demetertool: Output scherm voor een monocultuur snijmaïs

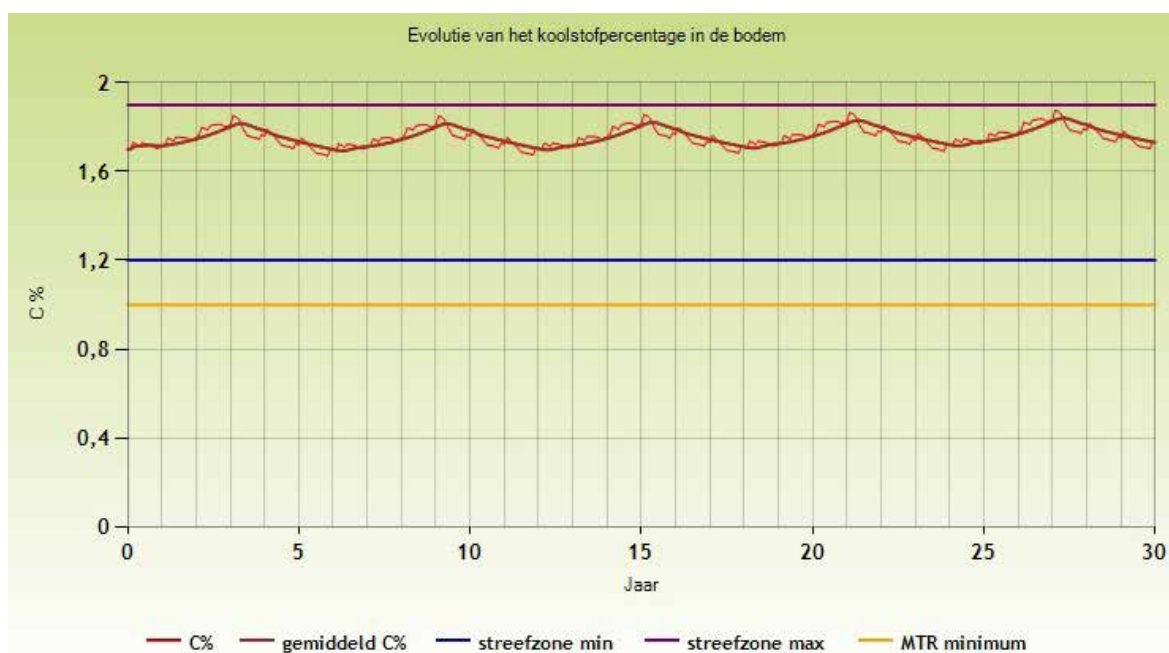


Figuur 7: Demetertool: Output scherm voor een monocultuur korrelmaïs

Snijmaïs afgewisseld met tijdelijk grasland

Op dezelfde zandbodem wordt de monocultuur snijmaïs doorbroken door de snijmaïs (3 jaar) af te wisselen met tijdelijk grasland (3 jaar). Voor de snijmaïs wordt telkens 35 ton runderdrijfmest aangevoerd, voor het tijdelijk grasland 52 ton runderdrijfmest (onder de derogatievoorwaarden van 2014).

De berekening in de Demetertool geeft aan dat de combinatie snijmaïs-tijdelijk grasland het reeds gunstige organische koolstofgehalte in de bodem eveneens op peil kan houden.



Figuur 8: Demetertool: Output scherm voor de combinatie snijmaïs-tijdelijk grasland

Andere teeltrotaties of monoculturen

Reken ook uw eigen teeltrotaties door met de inzet van verschillende groenbedekkers en organische bemesting. De online Demetertool zal u bijkomend inzicht verschaffen in de dynamiek van de organische koolstof in de bodem. Dit inzicht kan nuttig zijn als u geschikte en efficiënte middelen zoekt om de organische koolstof in de bodem van uw landbouwpercelen op peil te houden of te brengen.



De Demetertool: geïntegreerde aanpak

Naast de evolutie op lange termijn van het organischekoolstofgehalte in de bodem kan u met de online Demetertool ook de optimale stikstofvoorziening voor de gewassen en de fosforbalans op perceelsniveau berekenen.

De inputparameters van percelen en gewasrotaties die reeds werden ingegeven voor de berekening van de organischekoolstofevolutie, zijn ook de basis voor de berekeningen voor:

- Fosfor: fosforbalans per perceel op jaarbasis en op rotatieniveau
- Stikstof: stikstofbalans per perceel voor de teelten in het eerste jaar van de rotatie (stikstofbestedingsadvies)

Fosfor

De fosformodule geeft de fosforbalans weer per jaar en per rotatiecyclus (figuur 9). In de fosforbalans wordt de fosforaanvoer via de voorziene organische bemesting meegenomen als fosforinput en de fosforonttrekking door de gewassen als fosforoutput. Ook het fosforgehalte in de bodem wordt in de fosformodule weergegeven.

Het voorbeeld van de akkerbouwrotatie op de leembodem (zie vroeger) geeft aan dat er op rotatieniveau fosfor onttrokken wordt aan de bodem, tenminste als er geen fosforhoudende minerale meststoffen worden toegediend op het perceel.

Rotatiejaar	jaar 1		jaar 2		jaar 3		jaar 4	
	P ₂ O ₅	P	P ₂ O ₅	P	P ₂ O ₅	P	P ₂ O ₅	P
uitgedrukt in kg/ha								
aanvoer van P via toediening van organisch materiaal	0	0	100	44	0	0	100	44
onttrekking van P via afvoer van oogstproducten	70	31	51	22	73	32	60	26
saldo	-70	-31	49	21	-73	-32	40	17

Figuur 9: Demetertool: Outputscherf voor de P-balans voor een 4-jarige rotatie wintertarwe/aardappelen/wintergerst/suikerbieten

Stikstof

In de stikstofmodule wordt een stikstofbestedingsadvies gegeven voor de gewassen van het eerste jaar van de opgegeven gewasrotatie. Het stikstofbestedingsadvies vertrekt van de stikstofbehoefte van de gewassen en houdt rekening met de stikstofvoorziening en -vrijstelling uit verschillende bronnen, met name:

- de hoeveelheid minerale N in de bodem in het voorjaar,
- N-mineralisatie uit oogstresten,
- N-mineralisatie uit groenbedekkers,

- N-mineralisatie uit gescheurd grasland,
- N-mineralisatie uit organische stof in de bodem,
- N-mineralisatie uit reeds toegediende organische bemesting,
- N-depositie.

Op deze manier krijgt u via het gebruik van de Demetertool inzicht in de verschillende parameters bij de opmaak van een stikstofbemestingsadvies.

Voor de akkerbouwrotatie op de leembodem wordt het stikstofbemestingsadvies berekend voor wintertarwe (geteeld tijdens het eerste rotatiejaar). Het advies houdt rekening met de aanwezige minerale stikstof in het bodemprofiel en de N-mineralisatie van de oogstresten van de suikerbieten en organische stof in de bodem en de stikstofdepositie. Na berekening blijkt dat er nog een resterende stikstofbehoefte van 166 kg N/ha is, waarin via minerale meststoffen of deels via dierlijke mest kan worden voorzien.

Balans voor TARWE, WINTERTARWE	in kg N/ha
N opname gewas*	209
Buffer N	30
Totaal behoefte N	239
- N-min meting	12
- Mineralisatie uit oogstresten (vorige teelt)	6
- Mineralisatie uit groenbeheer	0
- Mineralisatie uit gescheurd grasland	0
- Mineralisatie uit bodemorganische stof	46
- Mineralisatie uit organische bemesting	0
- N Depositie	8
- Totaal levering N	73
Resterende stikstofbehoefte (in werkzame N)	166

* N-opname bij een opbrengst van 9,5 ton/ha geoogst hoofdproduct bij 14% vocht.

Figuur 10: Demetertool: Outputscherf voor de N-balans van de eerste teelt (wintertarwe) van een 4-jarige rotatie wintertarwe/aardappelen/wintergerst/suikerbieten

Wisselwerkingen met bestaande wetgeving

De problematiek van organische koolstof in de bodem staat niet los van andere beleidsdoelstellingen, onder meer het landbouw-, milieu- en energiebeleid.

Wat is de impact van de bestaande wetgeving op organische koolstof in de bodem?

Randvoorwaarden bij het gemeenschappelijk landbouwbeleid

In het **gemeenschappelijk landbouwbeleid** worden aan landbouwers randvoorwaarden (cross-compliance) opgelegd voor het ontvangen van inkomenssteun. Sinds 2007 gelden deze randvoorwaarden ook voor agromilieumaatregelen. Eén van de randvoorwaarden omvat minimumeisen om landbouwgronden in goede landbouw- en milieuconditie te houden. Hiertoe moeten landbouwers o.a. het **organischekoolstofgehalte** van een aantal akkerlandpercelen laten bepalen door een erkend laboratorium. Het aantal percelen is afhankelijk van het areaal akkerland van de landbouwer. De landbouwer moet de resultaten kunnen voorleggen. Bij een te laag organischekoolstofgehalte (lager dan een bepaalde limietwaarde - zie Tabel 2) moet de landbouwer het advies van het erkend laboratorium opvolgen.

Er zijn ook minimumeisen m.b.t. erosie. Landbouwers die aan de hand van een analyse van een bodemstaal kunnen aantonen dat het koolstofgehalte minstens 1,7% bedraagt (bemonsteringsdiepte minstens 10 cm en maximaal 30 cm onder maaiveld) en de pH zich in de optimale zone bevindt, kunnen een aanvraag indienen bij de buitendiensten van het Agentschap voor Landbouw en Visserij om de erosiegevoeligheid van het desbetreffende perceel met één klasse te laten dalen. De monsternamen en analyse van het bodemmonster wordt uitgevoerd door een laboratorium dat erkend is in de discipline bodem, deeldomein bodembescherming.

Een andere randvoorwaarde is de verplichting tot het behouden van het areaal **blijvend grasland**. Blijvend grasland wordt gedefinieerd als grond met een natuurlijke of ingezaaide vegetatie van grassen of andere kruidachtige voedergewassen, die gedurende ten minste vijf jaar niet in de vruchtwisseling van het bedrijf werd opgenomen. De landbouwer mag blijvend grasland enkel scheuren op voorwaarde dat hij een even grote oppervlakte nieuw blijvend grasland aanlegt, en dat dan voor minstens vijf jaar behoudt.

Het op peil houden van het organischekoolstofgehalte in akkerland en het behoud van blijvend grasland hebben een positieve invloed op de voorraden organische koolstof. Maar bij de omzetting van oud, blijvend grasland naar akkerland gaat meer organische koolstof in de bodem verloren dan de hoeveelheid die door een equivalente oppervlakte nieuw blijvend grasland in 5 jaar kan worden opgebouwd. Ook bij de vernieuwing van de weidegrasmat zal de organische koolstof in de bodem tijdelijk dalen, maar minder dan bij een systeem waarin het blijvend grasland zou roteren met akkerbouwteelten.

Mestdecreet

Het **Mestdecreet** legt beperkingen op m.b.t. de maximaal toegelaten N- en P₂O₅-giften per ha en per jaar, en dit in functie van de gewasgroep en de bodemtextuur. Dit heeft uiteraard ook gevolgen voor de toediening van allerlei organisch materiaal aan de bodem. Voor de kwaliteit van de bodem is het aangewezen om een voldoende hoeveelheid organische stof in de bodem te hebben. Men moet dus regelmatig extra organisch materiaal toedienen, aangezien de oogstresten van de gewassen niet volstaan om de mineralisatie van organische stof in de bodem te compenseren. Maar voor een groot aantal gewassen is de combinatie van een optimale bemesting (voor optimale gewasopbrengst) en de noodzakelijke toediening van extra organisch materiaal (om de organische koolstof in de bodem op peil te houden) moeilijk door de beperkingen van het Mestdecreet. Om waterverontreiniging door overmatig gebruik van meststoffen te voorkomen, terwijl er toch voldoende organische koolstof in de bodem aanwezig moet blijven, zijn land- en tuinbouwers gedwongen tot een permanente waakzaamheid en een soms moeilijke evenwichtsoefening.

Grondstoffen voor gebruik als meststof of bodemverbeterend middel

Om aan alle wettelijke bepalingen te beantwoorden, moeten grondstoffen afgeleid uit bepaalde afvalstoffen (zoals compost) zowel voldoen aan de normen van de federale overheidssdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, als aan de Vlaamse vereisten opgelegd door het VLAREMA. De federale normen hebben betrekking op de kwaliteit van de grondstoffen als bodemverbeterend middel. De vereisten van het VLAREMA zijn gericht op een duurzaam gebruik van verwerkte afvalstoffen als grondstof (meststof of bodemverbeterend middel), door o.a. de verontreinigingen door milieuvervuilende stoffen op te nemen. Het is dan ook vaak een vrij lange procedure om een zogenaamde 'ontheffing' voor het gebruik in de landbouw te verkrijgen. Zelfs na het verkrijgen van die ontheffing blijft waakzaamheid geboden over de kwaliteit van de aangeboden grondstoffen.

Europese richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen

Deze Europese richtlijn kan een negatieve invloed hebben op de voorraaden aan organische koolstof in de bodem. Door een stijgende vraag naar energiegewassen als grondstof voor biobrandstoffen kan de druk op het omzetten van grasland naar akkerland verhogen. Deze omzetting brengt een enorm verlies van organische koolstof in de bodem met zich mee. Bovendien vermindert de koolstoftoevoer naar de bodem door het eventuele gebruik van oogstresten voor de aanmaak van biobrandstoffen of voor andere valorisatiedoelinden. Het is immers de bedoeling om zoveel mogelijk oogstresten van het veld te halen om te valoriseren en dus zo weinig mogelijk gewasresten achter te laten.

Tot slot

Talrijke landbouwpercelen in Vlaanderen hebben een kritisch lage voorraad aan organische stof, dit als gevolg van een intensieve landbouw waarbij onvoldoende organisch materiaal wordt aangevoerd. De voorraden aan organische stof moeten maximaal behouden blijven, want zij zijn belangrijk voor de fysische, chemische en biologische vruchtbaarheid van de bodem. Organische stof zorgt voor een gemakkelijk bewerkbare bodem met een goede structuur, die lucht en water beter doorlaat. Bovendien levert organische stof stikstof en kunnen een aantal nutriënten (calcium, magnesium, kalium, ...) gebonden worden aan het bodemoppervlak. Zo is de bodem een reservoir van nutriënten. Tot slot kan een toename van de biologische activiteit ook het ziektevermogen van de bodem verhogen.

Opdat de vruchtbaarheid van de bodem op peil zou blijven, moet de jaarlijkse afbraak van organische stof in de bodem gecompenseerd worden door de aanvoer van organisch materiaal. Bij de aanvoer van organisch materiaal moet rekening worden gehouden met het rendement voor de opbouw van organische stof, aangeduid met de term 'effectieve organische stof'. Van bovengrondse plantenresten blijft ongeveer 25% van het organisch materiaal na 1 jaar nog achter in de bodem, van stalmest is dit 50% en van compost meer dan 80%.

De hoeveelheid effectieve organische stof uit oogstresten op zich is onvoldoende om het organischestofgehalte in de bodem op peil te houden. Gezien de moderne manier van uitbating van een akkerbouwbedrijf zal het organischestofgehalte in de bodem zonder supplementaire toediening van organisch materiaal op middellange termijn zodanig gedaald zijn dat de bodemvruchtbaarheid in het gedrang komt.

Het is niet eenvoudig om de afbraak en opbouw van organische stof in de bodem (uitgedrukt als %C) te voorspellen, want de jaarlijkse afbraak van de organische stof is sterk afhankelijk van een aantal bodem- en beheerfactoren. Computermodellen zijn vereist om de toekomstige evolutie van het organischestofgehalte te voorspellen bij een bepaald landbouwbeheer. De online Demetertool, als opvolger van de KOOLSTOFSIMULATOR, is zo'n eenvoudig computermodel dat toelaat de impact van bepaalde landbouwpraktijken in te schatten (groenbedekkers inzaaien, gebruik van compost, oogstresten inwerken, ...) en verschillende beheeropties met elkaar te vergelijken.

Bijkomend is er de laatste jaren in het kader van de klimaatproblematiek een vernieuwde aandacht voor organische koolstof in de bodem. De bodem zou kunnen helpen om CO₂ op te slaan.

Samengevat moet zowel wegens het streven naar duurzame landbouw als wegens overwegingen inzake de klimaatverandering een actief beleid gevoerd worden om de huidige organische-koolstofvoorraden zoveel mogelijk te behouden en waar nodig te verhogen.

Annex: Tabellen met koolstofaanbreng door gewassen en organische bemesting

Tabel 3: Lijst van gewassen met hun respectievelijke aanvoer van totale organische koolstof per hectare en aanvoer van effectieve organische koolstof per hectare gesorteerd volgens afnemende aanvoer van effectieve organische koolstof

Gewas	Aanvoer totale koolstof (ton C/ha)	Aanvoer effectieve koolstof (ton C/ha)
Tarwe, zomertarwe, stro ingewerkt	4,62	1,66
Triticale, stro ingewerkt	4,51	1,62
Spelt, stro ingewerkt	4,56	1,60
Haver, stro ingewerkt	4,40	1,58
Rogge, stro ingewerkt	4,51	1,58
Tarwe, wintertarwe, stro ingewerkt	4,38	1,58
Gerst, wintergerst, stro ingewerkt	4,17	1,50
Maïs, korrelmaïs	3,89	1,33
Gerst, zomergerst, stro ingewerkt	3,46	1,21
Tarwe, zomertarwe, stro afgevoerd	2,83	1,10
Triticale, stro afgevoerd	2,72	1,09
Haver, stro afgevoerd	2,72	1,09
Gerst, wintergerst, stro afgevoerd	2,72	1,09
Tarwe, wintertarwe, stro afgevoerd	2,53	1,04
Rogge, stro afgevoerd	2,61	1,02
Spelt, stro afgevoerd	2,67	1,01
Klaver, rode klaver	2,33	0,93
Gras, tijdelijk grasland	2,22	0,89
Gerst, zomergerst, stro afgevoerd	2,28	0,87
Suikerbieten	2,78	0,81
Erwten droog geoogst	2,53	0,77
Rode kolen	2,39	0,73
Voederbieten	2,50	0,73
Spruitkolen	2,34	0,72
Koolzaad, winterkoolzaad	1,96	0,70

Gewas	Aanvoer totale koolstof (ton C/ha)	Aanvoer effectieve koolstof (ton C/ha)
Klaver, witte klaver	1,70	0,68
Savooikolen	2,15	0,66
Maïs, snijmaïs	1,11	0,64
Koolzaad, zomerkoolzaad	1,89	0,64
Asperge 1 jaar	2,78	0,57
Knolselder	1,72	0,55
Broccoli	1,76	0,54
Witte kolen	1,72	0,53
Aardappelen	1,56	0,47
Aardappelen, vroege	1,56	0,47
Bloemkolen	1,52	0,47
Bruine bonen	1,55	0,47
Veldbonen	1,53	0,46
Stamslabonen	1,56	0,46
Prei	1,25	0,38
Raapkolen	1,22	0,37
Wortelen	1,21	0,37
Witlofwortels	1,33	0,27
Chicorei	1,30	0,27
Voederbieten, oogstresten afgevoerd	0,44	0,22
Suikerbieten, oogstresten afgevoerd	0,44	0,22
Kropsla	0,63	0,19
Vlas, vezelvlas	0,33	0,18
Vlas, zaad	0,22	0,15

Tabel 4: Lijst van groenbedekkers met hun respectievelijke aanvoer van totale organische koolstof per hectare en aanvoer van effectieve organische koolstof per hectare gesorteerd volgens afnemende aanvoer van effectieve organische koolstof

Gewas	Aanvoer totale koolstof (ton C/ha)	Aanvoer effectieve koolstof (ton C/ha)
Japanse haver	2,70	1,20
Gras, groenbedekker engels raaigras	1,99	0,95
Gras, groenbedekker italiaans raaigras	1,95	0,93
Gele mosterd	1,66	0,63
Bladrammenas	1,64	0,62
Facelia	1,47	0,56
Snijrogge	1,47	0,51
Wikken	1,30	0,49
Gras, snede afgevoerd in het voorjaar	0,90	0,43
Snijrogge, gemaaid en afgevoerd in het voorjaar	0,26	0,12

Tabel 5: Lijst van mestsoorten met hun respectievelijke aanvoer van totale organische koolstof per 10 ton vers materiaal, aanvoer van effectieve organische koolstof per 10 ton vers materiaal, stikstofaanvoer per ton en fosforaanvoer per ton gesorteerd volgens afnemende aanvoer van effectieve organische koolstof per 10 ton vers materiaal

Mestsoort	Aanvoer totale koolstof (ton C/10 ton vers materiaal)	Aanvoer effectieve koolstof (ton C/10 ton vers materiaal)	Aanvoer N (kg N/ton)	Aanvoer fosfor (kg P ₂ O ₅ /ton)
Leghennenmest (droog)	2,96	1,48	31,5	28,5
Slachtkuikemest	2,90	1,45	27,1	14,1
GFT-compost	1,54	1,32	12,0	6,6
Champost	1,33	1,21	6,8	3,9
Groencompost	1,16	1,10	7,0	2,8
Konijnenmest	1,22	0,61	11,6	8,3
Varkensstalmest	1,13	0,57	7,5	9,0
Paardenmest	1,04	0,52	5,0	3,0
Runderstalmest	0,93	0,46	7,1	2,9
Kippendrijfmest	0,49	0,20	10,8	6,9
Runderdrijfmest	0,38	0,15	4,8	1,4
Vleesvarkensdrijfmest (brijbakken)	0,37	0,12	9,2	4,9
Vleesvarkensdrijfmest (niet brijbakken)	0,31	0,12	8,1	5,0
Zeugendrijfmest	0,25	0,10	4,4	2,9
Kalverdrijfmest	0,05	0,02	3,0	1,3

Colofon

Vlaamse overheid
Departement Leefmilieu, Natuur en Energie
Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen
Koning Albert II-laan 20 bus 20
1000 Brussel
Tel. 02-553 21 86
Fax. 02-553 21 85
E-mail. land@lne.vlaanderen.be

Verantwoordelijke uitgever:

J.P. Heirman, secretaris-generaal

Samenstelling en redactie:

dienst Land en Bodembescherming

Fotografie:

ALBON (Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen), Roos Rummens, Patrick Van Hopplinus, Hugo Vanderwegen, Jan Lauwereys, Vlaco vzw, Vlaamse Landmaatschappij

Eindredactie en lay-out:

dienst Milieucommunicatie en -Informatie

Druk:

Depotnummer: D/2014/3241/335

Uitgave: december 2014

Deze brochure kan je gratis ontvangen via de Vlaamse Infolijn (tel. **1700** of www.vlaanderen.be) of bij de afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen. van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE)





DEPARTEMENT
LEEFMILIEU,
NATUUR &
ENERGIE