

# De gebruikswaarde van de Cool Farm Tool voor de Nederlandse landbouw

Nota ter ondersteuning van de beslissing voor het gebruik van een rekensystematiek voor "carbon credits"

Annette Pronk<sup>1</sup>, Corné Kempenaar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen University & Research

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, november 2023

---

Nota WPR

---

Pronk, A.A., C. Kempenaar, 2023. *De gebruikswaarde van de Cool Farm Tool voor de Nederlandse landbouw*; Wageningen Research, Nota WPR. 24 blz.; 6 fig.; 1 tab.; 14 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/642273>

Samenvatting. Deze notitie is gemaakt in opdracht van het Topsector AgriFood PPS-project 'Precisielandbouw 4.0': op naar data-gedreven landbouw voor rotatie management van de Topsector PPS AF-18101. Hiertoe is een aantal vragen geformuleerd en beantwoord omtrent de werkwijze en de gebruiksmogelijkheden van de Cool Farm Tool en BodemC. De keuze voor de Cool Farm Tool of BodemC heeft in grote mate te maken met het doel van het gebruik. Voor de evaluatie van de bodemvoorraad koolstof (huidige en toekomstige met scenario's) is BodemC het meest geschikt. Is het doel meer omvattend en zijn emissies van broeikasgassen voor een teelt daar een onderdeel van, dan is de Cool Farm Tool het meest geschikt.

Trefwoorden: praktijkvragen, de Cool Farm Alliance, benchmarking, BodemC, Precisielandbouw 4.0, BO-Akkerbouw.

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Nota WPR

Foto omslag: Annette Pronk

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 De Cool Farm Tool</b>	<b>8</b>
2.1 Het ontstaan van de CFT	8
2.2 Toegankelijkheid van de CFT	9
2.3 Rekenregels van de CFT	10
2.3.1 Bodemorganische (kool)stof	11
2.3.2 Narekenen van de uitkomsten van de Cool Farm Tool	12
2.4 Aanpassingen aan de Cool Farm Tool	13
2.4.1 Procedure voor aanpassingen	13
2.4.2 Welke mogelijkheden zijn er om de CFT aan te passen aan specifieke aspecten van de Nederlandse landbouw	13
<b>3 Vragen en antwoorden</b>	<b>15</b>
3.1 Enkele effecten van 'Good Agricultural Practices' op milieuparameters	15
3.2 Welke rekenregels voor evaluatie van bodemkoolstof worden er nog meer in Nederland aangeboden?	16
3.3 Onderbouwde visie voor de ondersteuning van de keuze voor een bodem C-module of een volledige C-footprint (GHG-emissies) voor een teelt.	16
3.4 Onderwerpen voor verdere specificatie voor Nederlandse omstandigheden	18
3.5 De potentie van de Nederlandse akkerbouw voor verbeteren van de Carbon Footprint	18
3.6 Nederlands bedrijfsleven en de Cool Farm Tool	19
3.6.1 Achtergrond duurzaamheidsrapportages en commitment	19
3.6.2 Visie Nederlands bedrijfsleven	19
<b>4 Conclusies</b>	<b>22</b>
<b>Literatuur</b>	<b>23</b>
<b>Bijlage 1 Effecten van de maatregelen om koolstof vast te leggen in minerale landbouwgronden op de emissie van N<sub>2</sub>O (Lesschen <i>et al.</i> 2021)</b>	<b>24</b>
<b>Bijlage 2 Beknopte toelichting op de steady-state modelbenadering in Hoofdstuk 5</b>	<b>26</b>



---

# Samenvatting

In het project Precisielandbouw 4.0: op naar data-gedreven landbouw voor rotatie management van de Topsector PPS AF-18101 is de onderzoeksvraag geformuleerd over het gebruik van de Cool Farm Tool (CFT). Hiertoe is een aantal vragen geformuleerd en beantwoord. De vragen hebben betrekking op de werkwijze en de gebruiksmogelijkheden van de Cool Farm Tool en worden vergeleken met BodemC. De antwoorden op de onderzoeksvraag zal de keuze over het gebruik van de Cool Farm Tool ondersteunen.

De volgende bevindingen komen uit de beantwoorde vragen naar voren:

- BodemC is speciaal voor de Nederlandse landbouw ontwikkeld en daardoor goed geschikt voor berekeningen van de bodemvoorraad koolstof.
- BodemC is goed geschikt voor het doorrekenen van de effecten van maatregelen op de veranderingen in de bodemkoolstof voorraad.
- BodemC kan prognoses uitvoeren voor de ontwikkeling van de bodemvoorraad koolstof op lange termijn voor verschillende maatregelen.
- BodemC houdt geen rekening met aanvullende acties met bijbehorende emissies die nodig zijn om de maatregelen uit te voeren.
- De Cool Farm Tool gebruikt een andere rekensystematiek om de veranderingen van de bodemvoorraad koolstof te berekenen dan de BodemC: een steady-state model versus een dynamisch model.
- De Cool Farm Tool houdt rekening met aanvullende emissies die gepaard gaan met veranderingen in het landgebruik om de vastlegging van koolstof in de bodem te bevorderen.
- De Cool Farm Tool heeft een bredere benadering dan veranderingen in de bodemvoorraad, het evalueert de prestatie van een teelt m.b.t. de emissie van broeikasgassen. De verandering in de bodemvoorraad koolstof is daar een onderdeel van.

De keuze voor de Cool Farm Tool of BodemC heeft in grote mate te maken met het doel van het gebruik. Als dit het evalueren is van de bodemvoorraad aan koolstof (huidige en toekomstige met scenario's) dan is BodemC daar het meest geschikt voor. Is het doel meer omvattend en zijn emissies van broeikasgassen voor een teelt daar een onderdeel van, dan is de Cool Farm Tool het meest geschikt.



---

# 1 Inleiding

In het project Precisielandbouw 4.0: op naar data-gedreven landbouw voor rotatie management van de Topsector PPS AF-18101 is de onderzoeksvraag geformuleerd over het gebruik van de Cool Farm Tool (CFT). Op dit moment is het mogelijk dat boeren hun bedrijfsregistratie aanbieden aan de CFT en een pdf met de resultaten ontvangen.

Deze nota maakt deel uit van deze onderzoeksvraag en heeft tot doel om de beslissing van BO akkerbouw te ondersteunen omtrent het huidige gebruik van de CFT. De onderzoeksvraag omvat het volgende:

1. Meer inzicht in de rekenregels van de Cool Farm Tool, voor bodem maar ook voor andere emissieberekeningen (Hoofdstuk 2).
2. Kan de uitkomst van een berekening van de emissies via de website van de Cool Farm Tool 'met de hand' worden nagerekend (zie par 2.3.2)?
3. In hoe verre is het wellicht mogelijk om de CFT beter te laten aansluiten bij Nederlandse omstandigheden => hoe ziet zo'n proces eruit? (zie par. 2.4)
4. Het kwalitatief in beeld brengen van enkele effecten van "Good Agricultural Practices" op de C-footprint (GHG emissies) (Hoofdstuk 3).
5. Welke rekenregels voor evaluatie van bodem koolstof worden er nog meer in Nederland aangeboden? Meer specifiek: wat is de relatie tussen de bodemmodule van Slim Landgebruik (Agrifirm, BodemC, ...) en de bodemmodule die nu in de CFT wordt gebruikt? Inclusief een beargumenteerd inzicht in de "waarde" van deze berekeningen vanuit de visie van C-opslag (zie par. 3.2).
6. Welke onderwerpen lenen zich voor verdere specificatie voor Nederlandse omstandigheden? (lage dosering bespuitingen, verbeterde N-benutting door bijbemesting, ..., maar ook verdere uitsplitsing van gewassen, bv. suikerbieten i.p.v. root crops (zie par. 3.4).
7. Onderbouwde visie voor de ondersteuning van de keuze voor een bodem C-module of een volledige C-footprint (GHG-emissies) voor een teelt (zie par. 3.3).  
In hoeverre zijn de CFT en BodemC complementair, in hoeverre overlappen ze. Indien BO-Akkerbouw een keuze zou moeten maken, aan welke module heeft de teler dan het meest voor wat betreft het managen van zijn broeikasgasemissie? (zie par. 3.3)
8. Zijn er meer geschikte modules, naast de CFT en BodemC die de teler kunnen ondersteunen in het managen van zijn broeikasgasemissie? (zie par. 3.2)
9. Visie van het Nederlands bedrijfsleven op de Cool Farm Tool (zie par. 3.6):  
Wat is de ervaring van Agrifirm met BodemC en CFT?  
Wat is het draagvlak bij Cosun, Avebe en LambWeston voor het ondersteunen en breed promoten van de CFT?
10. Als onderdeel van deze sprint wellicht ook een gesprek hebben met Peter-Erik Ywema (Avebe, Peter-Erik.Ywema@AVEBE.COM). Peter-Erik is de voorzitter van de CFT Dutch User Group en vertegenwoordigd Nederland naar de CFA (Cool Farm Alliance) (zie par. 3.6).

Met andere woorden, de sprint moet zoveel mogelijk informatie opleveren voor BO Akkerbouw om een verantwoorde keuze te maken of de sector verder moet met de CFT óf dat er betere alternatieven zijn.

---

## 2 De Cool Farm Tool

De CFT is een platform ([www.cft.org](http://www.cft.org)) waarmee de broeikasgas emissies voor de teelt van landbouwgewassen kan worden berekend. De Cool Farm Alliance ([coolfarm.org](http://coolfarm.org)) is de beheerder van het platform. De leden van de Alliance zijn divers, uit verwerkende bedrijven zoals Unilever, Pepsico, McCain maar ook uit toeleveranciers, Yara en Syngenta, belangenorganisaties zoals de Rainforest Alliance en Fairtrade en Universiteiten waaronder Wageningen University Research (zie <https://coolfarm.org/members-partners/> voor een volledig overzicht).

### 2.1 Het ontstaan van de CFT

De eerste analyse van broeikasgasemissies vanuit de landbouw waaruit de CFT is ontstaan, is beschreven door John Hiller van Aberdeen University (2009). Zijn collega Prof. P. Smith was benaderd door Unilever met de vraag hoe boeren ondersteund konden worden op hun weg naar het verminderen van broeikasgasemissies. Deze 'farm gate' rekensystematiek beoogt inzicht te geven in de productieketen en hoe deze milieuvriendelijker en duurzamer kan worden.

In de publicatie van John Hiller (2011) heeft de rekensystematiek uit 2009 een naam gekregen, de Cool Farm Tool. Deze publicatie is samen geschreven met Unilever en The Sustainable Food Lab (USA) en de software van de rekenregels werden publiekelijk beschikbaar gesteld (Excel spreadsheet, Figuur 1).

#### Software availability

The Cool Farm Tool Version 1.0 has been engineered in Microsoft Excel, and is available for free under a creative commons licence at <http://www.growingforthefuture.com/content/Cool+Farm+Tool>.  
Input is broken down into the following tabbed sections

1. Crop management: Geographic location, crop yields, and soil properties. Tillage practice, C input class, fertiliser and agro-chemical usage.
2. Livestock: Livestock and manure management.
3. Field Energy Use.
4. Primary Processing energy use.

There are additional tabs for "Results", "Default Factors" which we consider the users most likely to wish to edit, and further tabs containing all the underlying data.

Documentation is also provided at: [http://www.growingforthefuture.com/cms/pages/documents/ModelHelp\\_v1.0.doc](http://www.growingforthefuture.com/cms/pages/documents/ModelHelp_v1.0.doc).

**Figuur 1** Overgenomen uit: *A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production* (Hillier et al. 2011)

Vanuit The Sustainable Food Lab is vervolgens de Cool Farm Alliance opgericht. De Cool Farm Alliance heeft een verdere uitbreiding van de CFT gerealiseerd met verdere differentiaties naar productgroepen zoals aardappelen in 2011 (Haverkort & Hillier 2011) en meerjarige gewassen (Ledo et al. 2018). Rond 2013 is de spreadsheet online gegaan als platform ([www.cft.org](http://www.cft.org)). De Cool Farm Alliance heeft een missie, visie en een strategie. Een belangrijk onderdeel daarvan is transparantie, openheid van de rekenregels en verantwoording over de gehanteerde methoden.

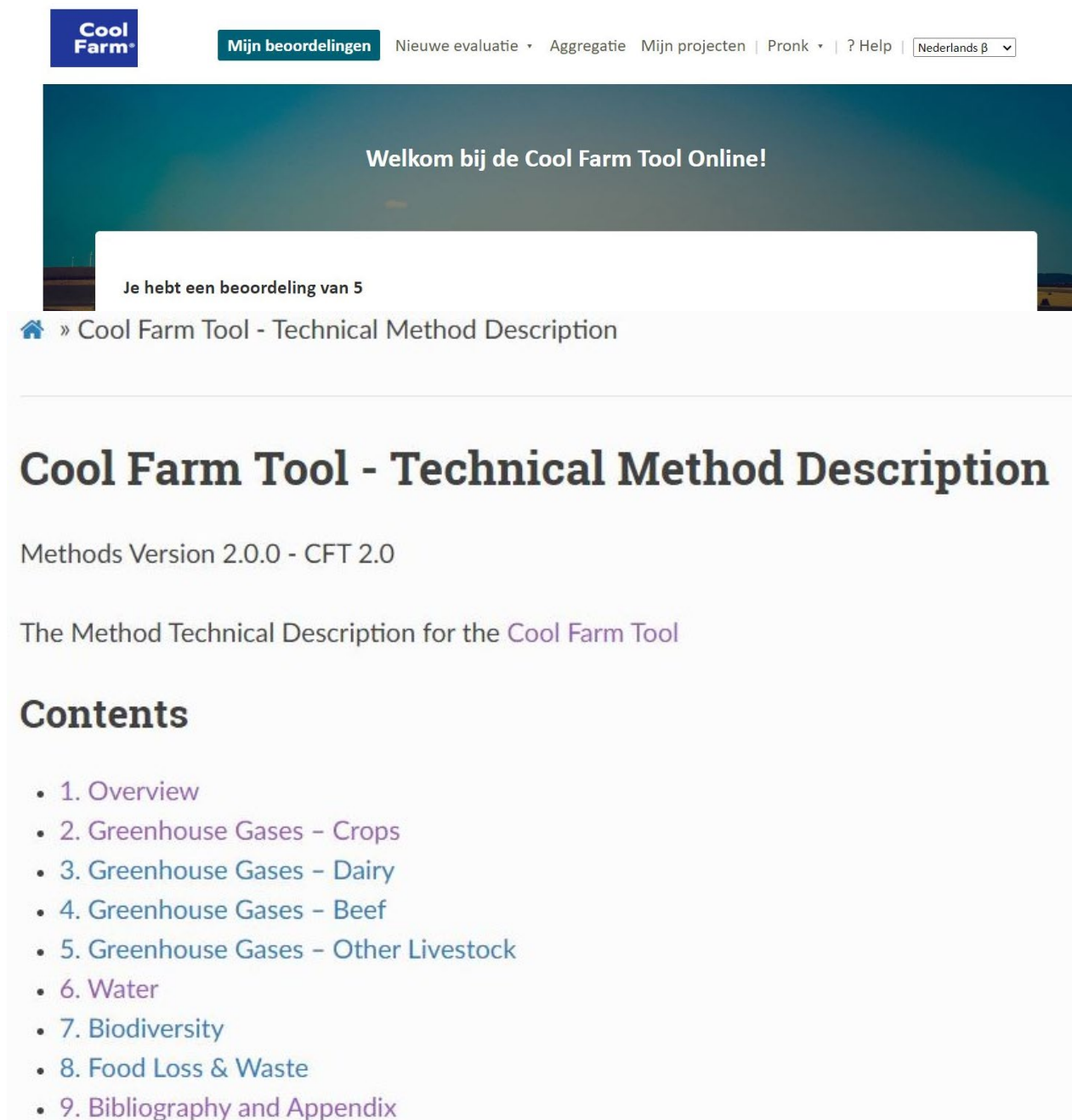
De rekensystematiek is hoofdzakelijk bedoeld om inzicht te krijgen in de verschillende factoren die bijdragen aan de broeikasgasemissies van een teelt en het tevens mogelijk maakt om teelten op verschillende



bedrijven, in verschillende regio's of continenten of op dezelfde bedrijven na de introductie van veranderingen in de bedrijfsvoering, te vergelijken op hun broeikasgasemissies. Enkele voorbeelden daarvan zijn beschreven in Kempenaar et al., (2015), Pronk et al., (2014) en Haverkort et al. (2014). Daarmee is de CFT bij uitstek een benchmark methode.

## 2.2 Toegankelijkheid van de CFT

De CFT is toegankelijk voor iedereen. Iedereen kan een gratis account aanmaken en maximaal 5 percelen evalueren. Na het aanmaken van een gebruikersnaam en wachtwoord komt men in een scherm zoals in Figuur 2 bovenaan. Onder de naam van de gebruiker (Pronk, zie Figuur 2) staat een keuzemenu met o.a. 'Technical description', waarin alle gehanteerde rekenregels beschreven worden en de gebruikte waarden van de parameters in de 'Bibliography and Appendix' met literatuur bron vermeld zijn.



The screenshot displays the user interface of the Cool Farm Tool Online. At the top left is the 'Cool Farm' logo. To its right is a navigation bar with a 'Mijn beoordelingen' button and a dropdown menu containing 'Nieuwe evaluatie', 'Aggregatie', 'Mijn projecten', 'Pronk', '? Help', and a language selector set to 'Nederlands β'. Below the navigation bar is a dark teal banner with the text 'Welkom bij de Cool Farm Tool Online!'. Underneath the banner, a white box indicates 'Je hebt een beoordeling van 5'. The main content area has a breadcrumb trail: '» Cool Farm Tool - Technical Method Description'. The title 'Cool Farm Tool - Technical Method Description' is prominently displayed. Below the title, it states 'Methods Version 2.0.0 - CFT 2.0' and 'The Method Technical Description for the Cool Farm Tool'. A 'Contents' section follows, listing nine items: 1. Overview, 2. Greenhouse Gases - Crops, 3. Greenhouse Gases - Dairy, 4. Greenhouse Gases - Beef, 5. Greenhouse Gases - Other Livestock, 6. Water, 7. Biodiversity, 8. Food Loss & Waste, and 9. Bibliography and Appendix.

## 9.2. Appendix

### 9.2.1. Fertiliser Production Emission Factors

Table 9.1 Emission factors for fertiliser production [Fertilizers Europe, 2013]

Production	Fertiliser type	Emissions, kg(CO <sub>2</sub> e) kg <sup>-1</sup>
Europe 2014	Urea - 46% N	0.878009263
Europe 2014	Urea ammonium nitrate solution - 32% N	0.781585094
Europe 2014	Ammonium nitrate - 33.5% N (granulated)	1.144603371

**Figuur 2** Na inloggen ziet de gebruiker de bovenste figuur, bij Technical description onder 'Pronk' de middelste figuur en een voorbeeld vanuit de Appendix staat in de onderste figuur.

## 2.3 Rekenregels van de CFT

Een algemeen overzicht van de gehanteerde rekenregels met bronvermelding staat in de documentatie 9.5 Method Summary (Figuur 3, <https://app.coolfarmtool.org/documentation/technical-description/bibliography-appendix/method-summary.html?highlight=method%20summary>). De rekensystematiek bestaat uit een combinatie van tier 1 en tier 2 methoden, waarbij tier 1 de meest eenvoudige en tier 2 de eerste stap naar meer ingewikkelde rekenregels is.

### 9.5. Method Summary

Below tables gives a high-level view and summary of the methods used in the crop pathway, and the dairy and beef pathways.

Table 9.6 Summary of methods and emission factors used in the crop pathway.

Section	Method [CFT 2.0]	Emission Factors [CFT 2.0]
Global warming potentials	IPCC 2019	AR6
Crop residues	IPCC 2019 tier 1 [updated in CFT 2.0]	IPCC 2019 [updated in CFT 2.0]. Default values for crops not in IPCC by papers, referenced in Table 2.1
Fertiliser production	n/a	Fertilizers Europe
Fertiliser use	IPCC 2019 tier 1 & 2, with some refinements for wet/dry factor use described in Section 2.3 [updated in CFT 2.0]	IPCC 2019 tier 1 & 2 [updated in CFT 2.0]
Compost production (fertiliser)	n/a	Derived from Brown et al. [2009]
Pesticide use	n/a	WFLDB - pesticide factors
Paddy rice	IPCC 2019 tier 1, Methane updated in CFT 1.0, N <sub>2</sub> O updated in CFT 2.0	IPCC 2019
Machinery	n/a	ÖKL
energy use	n/a	DEFRA 2021 [updated in CFT 2.0]
electricity	n/a	IEA 2019 [updated in CFT 2.0]
Seed production	potatoes only - Haverkort and Hillier [2011]	potatoes only - Haverkort and Hillier [2011]
Waste water	IPCC 2019 tier 1	IPCC 2019
Carbon stock change (LUC + carbon inputs)	IPCC 2019 tier 1 [updated in CFT 2.0]	IPCC 2019
Carbon stock change (forest biomass from LUC)	IPCC 2019 tier 1 [updated in CFT 2.0]	IPCC 2019
Carbon stock change (Biomass changes in perennials and agroforestry)	IPCC 2003 and for coffee Segura et al. 2006	NA
irrigation emissions	Depth and distance: Haverkort and Hillier [2011] and Location: WFLDB	electricity/ WFLDB

**Figuur 3.** De Method Summary voor de gewasmodule.

De resultaten van de CFT worden in verschillende eenheden gepresenteerd, de totale hoeveelheid kg CO<sub>2</sub>-equivalenten, per ha en per ton of kg geleverd product. Dit onderscheid is belangrijk omdat sommige maatregelen per ha geen verbetering laten zien maar wel per ton geleverd product.

Daarnaast worden de resultaten per categorie gegeven (plantmateriaal, gewasresten, bemesting, bodem + bemesting, gewasbescherming, veranderingen van koolstofvoorraad, energie, afvalwater en transport van bedrijf naar afnemer) en per soort emissie (koolstofdioxide, CO<sub>2</sub>, lachgas, N<sub>2</sub>O en methaan, CH<sub>4</sub>).

### 2.3.1 Bodemorganische (kool)stof

De veranderingen van de koolstof (C) in het systeem is opgebouwd uit drie delen, de C in de bodem en de C in de biomassa van bomen/bos of van meerjarige gewassen (Figuur 4). Op dit moment wordt een stabiel systeem verondersteld voor de C in de bodem als het management gedurende de afgelopen 20 jaar niet is veranderd. Er zijn drie categorieën van waaruit de C toe- dan wel afname wordt berekend:

- Landgebruik,
- Grondbewerking en
- Aanvoer organische producten.

## 2.9. Carbon Stock Changes $L_{C \text{ stock}}$

Changes in carbon stocks can result from alterations in land use, management practices (tillage), and biomass (inputs).

The word “emissions” is used for consistency with other areas of the CFT, but the value may be positive or negative depending on management interventions – for example, an increase in soil organic matter, and thus a sequestration of carbon, will result in negative “emissions”.

The CFT considers three different carbon stocks: soil organic carbon “SOC” ( $\Delta SOC$ , 2.9.1), carbon stored in the biomass of forests ( $C_{\text{forest}}$ , 2.9.2) and carbon in perennials and agroforestry ( $G_{\text{tree}}$ , 2.9.3). The change in carbon from these stocks is converted to a  $\text{CO}_2$  emissions value as follows.

$$L_{C \text{ stock}} = (C_{\text{soil}} + C_{\text{forest}}) \cdot \frac{44}{12} \quad (2.45)$$

$$L_{C \text{ stock}} = (\Delta SOC + C_{\text{forest}} + G_{\text{tree}}) \cdot \frac{44}{12}$$

where

$L_{C \text{ stock}}$	Total carbon storage “emissions” [kg $\text{CO}_2\text{e}$ ]
$\Delta SOC$	Change in soil carbon stocks [kg(C)]
$C_{\text{forest}}$	Change in forest biomass carbon stocks [kg(C)]
44/12	Conversion from C, atomic weight 12, to $\text{CO}_2$ , molecular weight 44.

**Figuur 4.** De rekensystematiek voor de veranderingen van de koolstof (C) in de bodem en de biomassa (bomen).

Bij iedere keuzemogelijkheid staat een korte toelichting wat onder de categorie wordt verstaan. Landgebruik heeft betrekking op omschakeling van bos naar landbouwgrond, d.w.z. akkerbouw of grasland, en visa versa, of van grasland naar akkerbouw en visa versa. Een graslandperceel heeft meer koolstof in de bodem dan een akkerbouwperceel op dezelfde grondsoort. Een veranderend landgebruik resulteert daardoor in een andere C-balans waarbij onder grasland het niveau hoger ligt. De toelichting voor grondbewerking en organische producten staat in Figuur 5.

---

Full: Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.

Reduced: Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.

No-till: Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.

Low: Low residue return occurs when there is removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing, production of crops yielding low residues (e.g., vegetables, tobacco, cotton), no mineral fertilization or N-fixing crops.

Medium: Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.

High without manure: Represents significantly greater crop residue inputs over medium C input cropping systems due to additional practices, such as production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, irrigation, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see below).

High with manure: Represents significantly higher C input over medium C input cropping systems due to an additional practice of regular addition of animal manure.

Slurry is 'high without manure', but if the user is applying enough slurry and there's a significant Carbon input, then they can change it to 'high with manure'. See tech description (section 2.9) for more details

**Figuur 5** De toelichting bij de keuzemogelijkheden voor veranderingen in grondbewerking (bovenste figuur) en organische producten (onderste figuur).

Bij de keuze van een verandering wordt deze berekend volgens tier 1 zoals beschreven in IPCC 2019. Op dit moment wordt gewerkt om over te stappen naar een tier 2 à 3 benadering waarbij de steady-state methode wordt geïmplementeerd (Ogle *et al.* 2006). Een korte beschrijving van deze steady state methode staat in Bijlage 2.

### 2.3.2 Narekenen van de uitkomsten van de Cool Farm Tool

De documentatie van de Cool Farm Tool website is in principe voldoende uitgebreid om de resultaten van de website te kunnen narekenen. Ook staat duidelijk aangegeven waar de berekeningen vandaan komen en waar de invoergegevens uit zijn overgenomen. Daarbij zijn belangrijke bronnen de IPCC documentatie die

---

publiekelijk toegankelijk is via internet maar ook is gebruik gemaakt van informatie uit wetenschappelijke publicaties die niet publiekelijk toegankelijk zijn. In een enkel geval is aangegeven dat de gebruikte waarde of benadering gebaseerd is op 'expert information' bij gebrek aan voldoende betrouwbare refereerbare documentatie. Een voorbeeld hiervan is te vinden in:

Table 2.1 Default coefficients to estimate quantity of residues and nitrogen content of residues. Source (except otherwise noted in footnotes): IPCC [2019], Table 11.2. As below ground residues for perennials are not modelled here, RS(T) and NBG(T) are 0 (<https://app.coolfarmtool.org/documentation/technical-description/crops/residue.html?highlight=expert>).

In de footnotes staat aangegeven dat het droge stofgehalte van frambozen en bosbessen is gebaseerd op 'estimated expert opinion'.

## 2.4 Aanpassingen aan de Cool Farm Tool

### 2.4.1 Procedure voor aanpassingen

De Cool Farm Tool wordt beheerd door de Cool Farm Alliance waarvan de leden een belangrijke stem hebben bij de besluitvorming.

Met betrekking tot de CFT heeft deze besluitvorming vooral betrekking op de aandachtspunten binnen de CFT die in aanmerking komen voor verdere uitwerking, verbetering en/of ontwikkeling. De wetenschappelijke verantwoordelijkheid ligt bij de Science Advisory Council bestaande uit 10 leden van onderzoekers van grote bedrijven tot universitaire medewerkers van diverse universiteiten (Cornell University, WUR, University Aberdeen, University of Cambridge, Universidad Católica de Chile). De definitieve besluitvorming ligt bij de bij de product manager, de wetenschappelijk manager en het adviesorgaan voor de strategie.

Aanpassingen van huidige getalswaarden is niet gemakkelijk. De eerste voorwaarde is dat de nieuwe waarden wetenschappelijk verantwoord zijn en dat betekent dat ze wetenschappelijk gepubliceerd moeten zijn. De meeste huidige waarden zijn afkomstig van de IPCC of uit wetenschappelijke samenvattende artikelen (review articles). In beide situaties gaat het veelal om gemiddelden van meerdere bronnen. Het aandragen van een nieuwe waarde via 1 wetenschappelijk artikel is daardoor onvoldoende om de gebruikte waarde te vervangen. Er zijn uitzonderingen. Daar waar het om 'expert judgment' gaat, kan een wetenschappelijk gepubliceerde waarde een belangrijke bijdrage leveren.

### 2.4.2 Welke mogelijkheden zijn er om de CFT aan te passen aan specifieke aspecten van de Nederlandse landbouw

De CFT kan overal in de wereld gebruikt worden. Hiervoor zijn op de achtergrond veel effecten gekoppeld aan de locatie die een gebruiker aangeeft. Dit brengt ook een zekere globalisering met zich mee, waardoor specifieke aspecten in eerste instantie niet worden meegenomen. Het is echter zo dat binnen de visie van de Cool Farm Alliance er ruimte is om locatie en/of gebruikers specifieke aspecten te implementeren. Goede voorbeelden hiervan zijn de specifiek voor aardappelen en rijst ontwikkelde gewasmodulen. Ook is er de mogelijkheid om een 'destoning machine' te gebruiken, een grondbewerking waarbij stenen uit de bouwvoor worden verwijderd voorafgaande aan een teelt van bv. aardappelen. Deze machine wordt in Nederland niet gebruikt maar in andere landen wel.

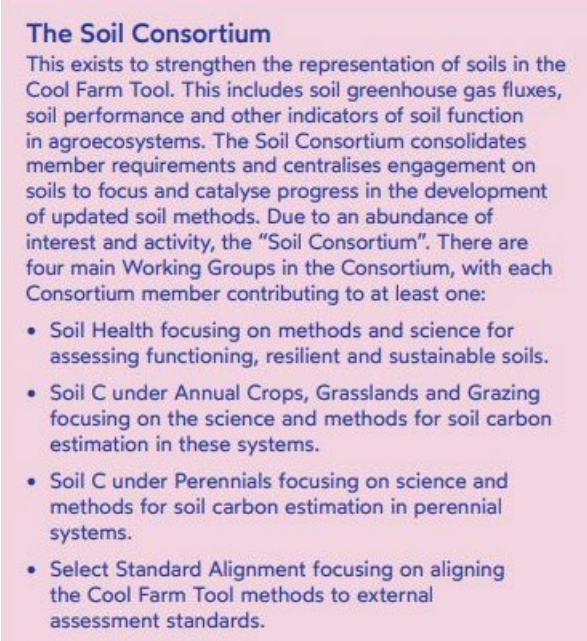
De insteek voor aanpassingen van de CFT is dat de aanpassing recht doet aan het berekenen van de broeikasgasemissies en voor een groep gebruikers nodig is. Zoals in de situatie van de 'destoning machine', die handeling heeft erg veel energie nodig en draagt daardoor behoorlijk bij aan het berekenen van de emissies. De berekening heeft echter alleen een betekenis voor broeikasgasemissies, en hierin worden andere milieuaspecten niet meegenomen.

Precisiebemesting komt eventueel in aanmerking voor een aanscherping d.w.z. een verlaging van de emissies dan die op dit moment wordt berekend in de Cool Farm Tool. De bemesting met meststoffen draagt bij aan de emissie doordat 1) het maken van de meststof een emissie heeft en 2) de meststof met de tractor wordt aangewend en 3) de meststof in de bodem terecht komt en indien deze meststof stikstof bevat deze in N<sub>2</sub>O wordt omgezet.

De broeikasgasemissies zijn daardoor gerelateerd aan de totale N-input, die afhankelijk van bodemkarakteristieken en klimatologische omstandigheden een relatief grote bijdrage leveren, immers iedere kg N<sub>2</sub>O wordt met een factor 273 vermenigvuldigd naar kg CO<sub>2</sub>-e (Smith *et al.* 2021). Bij de berekening van de emissies in kg/ha, wordt geen rekening gehouden met de N-benutting. Bij een bepaalde gift behoort daardoor een vaste emissie, bestaande uit ad. 1 en 3. Voor additie 3 maakt het niet uit of het gewas nu geen of alle stikstof van de gift heeft opgenomen, de emissie vanuit de bodem wordt berekend aan de hand van forfaitaire waarden. Dit betekent dat indien de N-gift gelijk blijft en de efficiëntie door de gedeelde gift wordt verbeterd door een hogere opbrengst, de C-footprint per kg product afneemt (hogere opbrengst). Echter, in de berekening de emissie per ha vermindert de emissie vanuit de bodem niet. Bij een gelijke gift en een hogere opbrengst is er in principe meer N opgenomen door het gewas en daardoor neemt de hoeveelheid N in de bodem die als broeikasgas kan verdwijnen af, bij gelijk blijvende bodemvruchtbaarheid (steady state conditions, zie par 2.3.1). Dit positieve effect van een hogere N-benutting komt niet tot uitdrukking in de Cool Farm Tool doordat de N-emissie vanuit de bodem berekend wordt met forfaitaire waarden gebaseerd op de totale N-gift, bodemeigenschappen en klimatologische omstandigheden.

Naar verwachting is het aanpassen van het machinepark voor specifieke machines makkelijker om te realiseren. De machine moet zich in brandstofverbruik onderscheiden van de beschikbare machines en voor een grotere groep gebruikers relevant zijn.

Bodem en bodemgebruik zijn belangrijke aandachtspunten binnen de CFT. Daarom bestaat er een 'Soil Consortium', zie Figuur 6 voor de doelstellingen van dit consortium. Dit consortium houdt zich bezig met verschillende disciplines en heeft werkgroepen rondom de thema's bodemgezondheid, bodemkoolstof bij akkerbouw, grasland en beweiding, bodemkoolstof bij meerjarige gewassen en afstemming met andere evaluatiemethoden.



**The Soil Consortium**

This exists to strengthen the representation of soils in the Cool Farm Tool. This includes soil greenhouse gas fluxes, soil performance and other indicators of soil function in agroecosystems. The Soil Consortium consolidates member requirements and centralises engagement on soils to focus and catalyse progress in the development of updated soil methods. Due to an abundance of interest and activity, the "Soil Consortium". There are four main Working Groups in the Consortium, with each Consortium member contributing to at least one:

- Soil Health focusing on methods and science for assessing functioning, resilient and sustainable soils.
- Soil C under Annual Crops, Grasslands and Grazing focusing on the science and methods for soil carbon estimation in these systems.
- Soil C under Perennials focusing on science and methods for soil carbon estimation in perennial systems.
- Select Standard Alignment focusing on aligning the Cool Farm Tool methods to external assessment standards.

**Figuur 6** Overzicht van het bodem consortium (Cool Farm Alliance 2023).

---

## 3 Vragen en antwoorden

In dit hoofdstuk worden de vragen beantwoord zoals in de inleiding geformuleerd en afgestemd met BO Akkerbouw.

### 3.1 Enkele effecten van 'Good Agricultural Practices' op C-footprint en andere milieuparameters

Een teelt met een lage 'Carbon Footprint' is niet automatisch ook de meest milieuvriendelijke teelt, een teelt volgens 'Good Agricultural Practices' (GAP) of volgens de meest gevorderde precisielandbouw-technieken. Dit komt omdat de Carbon Footprint alleen betrekking heeft op de emissie van de broeikasgassen koolstofdioxide, (CO<sub>2</sub>), lachgas (N<sub>2</sub>O) en methaan (CH<sub>4</sub>). Hierdoor wordt geen rekening gehouden met andere milieueffecten die wel een belangrijke rol spelen bij een milieuvriendelijke teelt, GAP en/of precisielandbouw. Een aantal voorbeelden wordt hier toegelicht.

*Verbranden van gewasresten in vergelijking met het composteren van gewasresten.*

Hoewel dit niet direct voor Nederland van toepassing is, laat dit wel de tegenstrijdigheden zien. Het verbranden van gewasresten is geen GAP, maar levert een veel lagere bijdrage aan GHG-emissies dan composteren. Vanuit het verlagen van de GHG-emissies, is verbranden daardoor een betere keuze dan composteren, maar vanuit GAP is composteren een veel betere keuze dan verbranden. Ook vanuit het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid is composteren en daarna gebruik van de compost meer in overeenstemming met GAP dan verbranden. Dit komt omdat tijdens composteren meer N<sub>2</sub>O gevormd wordt dan bij verbranden en N<sub>2</sub>O 273 keer zo schadelijk is als een CO<sub>2</sub>-equivalent (Smith *et al.* 2021).

*Precisiebemesting door gedeelde stikstofbemesting, NBS (zie ook 2.4.2).*

De bemesting met meststoffen draagt bij aan de emissie doordat 1) het maken van de meststof een emissie heeft en 2) de meststof met de tractor wordt aangewend en 3) de meststof in het milieu terecht komt en indien deze meststof stikstof bevat deze in N<sub>2</sub>O wordt omgezet.

Indien bij een gedeelde N-gift de totale hoeveelheid N afneemt bij gelijke opbrengst, komt dit tot uiting in een verlaging van de totale som van emissie per ha voor het maken van de meststof en de hoeveelheid die in het milieu terecht komt. Doordat de opbrengst gelijk blijft, neemt de C-footprint per kg product af. Moet hiervoor een extra werkgang over het veld worden uitgevoerd, dan nemen de emissies door brandstofverbruik toe. Het hangt er dan vanaf wat de netto toe- dan wel afname is van de totale emissie om een vermindering van emissies per kg product te realiseren.

*Mechanische onkruidbeheersing (zie ook 2.4.2)*

Bij de introductie van mechanische onkruidbeheersing neemt de milieubelasting naar bodem en water af. De C-Footprint neemt echter toe doordat meer met de tractor over het land wordt gereden waarmee meer emissies worden geproduceerd dan wordt bezuinigd doordat geen herbicide wordt gespoten.

*Lagere dosering-sputten*

Bij de introductie van lage dosering sputten neemt de milieubelasting naar bodem en water af. Als hierdoor vaker een bespuiting nodig is neemt de C-footprint echter toe door een toegenomen brandstofverbruik. De emissie voor het produceren van gewasbeschermingsmiddelen is erg laag zodat de bijdrage aan de totale emissie beperkt is en lagere doseringen de C-footprint nauwelijks verlagen. De werkgang van 1 maal sputten van een fungicide/insecticide produceert 6,7 kg CO<sub>2</sub>e/ha terwijl de emissie van de productie van 0.5 kg insecticide met 50% actieve stof 2,38 kg CO<sub>2</sub>e/ha is. Wanneer ongeveer 5 kg product per ha wordt gebruikt komen de emissies voor de productie overeen met de emissies van 1 werkgang sputten.

---

## 3.2 Welke rekenregels voor evaluatie van bodemkoolstof worden er nog meer in Nederland aangeboden?

Deze vraag kan verder worden gespecificeerd:

wat is de relatie tussen de bodemmodule van Slim Landgebruik (Agrifirm, BodemC, ...) en die nu in de CFT wordt gebruikt? Inclusief een beargumenteerd inzicht in de "waarde" van deze berekeningen vanuit de visie van C-opslag.

Het Europese project Climate Farm Demo maakt een kwalitatieve evaluatie van een aantal tools die broeikasgassen berekenen voor landbouw bedrijven (<https://cordis.europa.eu/project/id/101060212>). Op termijn is er een lijst beschikbaar met alle rekenmodules in Europa.

In het Nederlands Klimaatakkoord van 28 juni 2019 is afgesproken dat landgebruik bijdraagt aan meer koolstofvastlegging in o.a. minerale landbouwbodems. De doelstelling is 0,4 tot 0,6 Mton CO<sub>2</sub> vastlegging per jaar in 2030. Om deze vastlegging te realiseren zijn er een aantal maatregelen voorgesteld en de bijdrage van deze maatregelen is gekwantificeerd.

Een belangrijk aandachtspunt in deze benadering is dat de bodemkoolstof in de minerale gronden in de afgelopen jaren (circa 1998 en 2018) niet veranderd is (Tol-Leenders *et al.* 2019). Dit betekent dat er een evenwichtssituatie is in die periode tussen de aanvoer van organische stof (met daarin koolstof) en de afbraak (= afvoer) van organische stof. De beoogde maatregelen verhogen de aanvoer waardoor het niveau zal stijgen, maar er zal wederom een evenwichtssituatie ontstaat, nu met meer koolstof in de bodem. Het omzetten van het landgebruik akkerbouw naar grasland levert de grootste bijdrage, immers het percentage organische stof gaat omhoog. Alle maatregelen moeten blijvend worden uitgevoerd, anders zakt het evenwicht terug naar een lager niveau. De maatregelen hebben ook een effect op andere emissies, zoals de emissie van lachgas, N<sub>2</sub>O. De emissie van lachgas is veel schadelijker voor het milieu dan de emissie van CO<sub>2</sub>, ongeveer 273 maal zo schadelijk (Smith *et al.* 2021). De omzetting van maisland en tijdelijk grasland naar permanent grasland en het telen van groenbemesters en rustgewassen (granen) zijn maatregelen die het meeste perspectief bieden voor het verhogen van het bodemkoolstofgehalte. Wordt het bodemkoolstofgehalte omhoog gebracht door de aanvoer van meer mest- of compostachtige producten, dan is het waarschijnlijk dat de lachgasemissies toenemen en veel of alle positieve effecten van meer koolstof in de bodem teniet doen. Hoe dit komt is uitgebreid beschreven door Lesschen *et al.*, (2021) en de effecten van de maatregelen om koolstof vast te leggen in minerale landbouwgronden op de emissie van N<sub>2</sub>O (tabel 9) staat in Bijlage 1.

Een realistische combinatie van maatregelen zou op zand 0,65 en op klei 0,6 ton CO<sub>2</sub>/ha/jaar kunnen vastleggen (Lesschen *et al.* 2021). Dit komt overeen met 1,8 en 1,6 ton C/ha gedurende 10 jaar voor zand en klei respectievelijk. In een bouwvoor (25 cm diep) van een zandbodem met 2,5% organische stof en een dichtheid van 1,5 kg/l zit 64 ton C. Een verhoging met 1,8 ton C in 10 jaar is omgerekend een verhoging van 0,1% van het percentage organische stof (54% C in OS). Deze verhoging is beperkt en niet meetbaar. Deze berekening is iets eenvoudiger dan in het model BodemC omdat in het BodemC model de dichtheid van de bodem anders wordt uitgerekend. De orde van grootte van de uitkomsten blijft echter hetzelfde.

## 3.3 Onderbouwde visie voor de ondersteuning van de keuze voor een bodem C-module of een volledige C-footprint (GHG-emissies) voor een teelt.

In hoeverre zijn de CFT en BodemC complementair en in hoeverre overlappen ze. Indien BO-Akkerbouw een keuze zou moeten maken, aan welke module heeft de teler dan het meest voor wat betreft het managen van zijn broeikasgasemissie?

De BodemC rekensystematiek voor de berekening van de C-dynamiek in de bodem is gebaseerd op het RothC model (Hendriks *et al.* 2021; Lesschen *et al.* 2020) en geïmplementeerd in een voorlopig gratis



toepassing (App) op het FarmMaps platform ([www.farmmaps.eu](http://www.farmmaps.eu)). Het model is volledig aangepast aan de Nederlandse situatie. Het is gekalibreerd voor Nederlandse omstandigheden en gebruikt de Nederlandse bodemkaarten en weerstations. Hiermee is de voorspellende waarde van de C-dynamiek voor de Nederlandse boer naar verwachting beter dan het gebruik van het steady-state model binnen de CFT. Dit omdat de CFT voor "de wereld" geschikt is en data bestanden gebruikt op wereldniveau (ISRIC bodemkaarten via GPS locaties, [www.isric.org/soilgrids/v2.0](http://www.isric.org/soilgrids/v2.0)).

Naast dit verschil zijn beide rekensystematieken beperkt vergelijkbaar. BodemC berekent alleen de C-dynamiek in de bodem en houdt geen rekening met andere bronnen van emissies. De CFT daarentegen, neemt alle grote emissiebronnen van een teelt mee in de berekening van de GHG-emissies. In het Klimaatakkoord 2019 wordt in hoofdstuk C4 Landbouw en Landgebruik toegelicht hoe de verschillende partijen overeengekomen zijn om de emissies te beperken. Een van de mogelijkheden is om de bodemkoolstof voorraad te verhogen op de minerale landbouwbodems. Het model BodemC ondersteunt gebruikers om inzicht te krijgen in de effectiviteit van de maatregelen. De best presterende maatregelen zijn het omschakelen van tijdelijk grasland en maisland naar permanent grasland en het telen van graangewassen en groenbemesters<sup>1</sup>. Het BodemC model kan tevens een prognose geven voor de ontwikkeling van de C-voorraad gedurende de komende jaren. Deze prognose wordt niet standaard gemaakt in de CFT. Het is wel mogelijk voor een gebruiker om een veranderend landgebruik te evalueren in de CFT. Zo kan de gebruiker aangeven groenbemesters te gaan telen, of ermee te stoppen, mest of andere organische producten te gaan gebruiken en de effecten op de emissies worden doorgerekend, inclusief veranderingen van de C-hoeveelheid in de bodem.

Op korte termijn wordt de BiodiversiteitsMonitoring Akkerbouw (BMA) geïmplementeerd met 8 geselecteerde Key performance Indexen (KPI's) (Ambrosius *et al.* 2023). De KPI 'organische stofbalans' kan goed berekend worden met BodemC. Deze berekening geeft immers aan of de C-voorraad in de bodem toe dan wel afneemt. Binnen de CFT wordt de organische stofbalans constant verondersteld onder de voorwaarde dat het management gedurende de laatste 20 jaar geen veranderingen heeft gekend m.b.t. de teelt van groenbemesters, het management van gewasresten, mestgebruik en andere organische inputs, de grondbewerking en de gewasrotatie. Het moment/jaar van de verandering kan ingevoerd worden waarbij een nieuwe situatie wordt berekend waarbij een toe- dan wel afname zichtbaar wordt. Hoewel niet "straight forwards" kan via deze omweg de organische stofbalans in kaart gebracht worden. De KPI 'Carbon Footprint' kan goed met de CFT berekend worden en niet met BodemC.

**Tabel 1** Verschillen tussen en overlap van de CFT en BodemC.

Thema	CFT	BodemC	Opmerking
Berekening bodemkoolstofvoorraad	+	+	
Bedrijfsspecifieke gegevens voor berekeningen	+	+	
Prognose verloop C-voorraad toekomst	-/+	+	Dit kan maar vergt enige inspanning van de gebruiker
Evaluatie emissies teeltmaatregelen:			
Veranderend landgebruik	+	+	mais en tijdelijk grasland => permanent grasland
Telen groenbemesters	+	+	
Management gewasresten	+	+	aan/afvoer gewasresten, met name stro
Grondbewerking	+	-	Bv naar 'no tillage' systeem
Organische producten	+	+	mest, compost,... Figuur 5
Aangeven hoeveelheid gewasresten	+	-	

<sup>1</sup> <https://slimlandgebruik.nl/nieuws-agenda/nieuws/hoer-kunnen-we-meer-koolstof-vastleggen-nederlandse-landbouwbodems-rapport>. Bezocht op 15 augustus 2023

### 3.4 Onderwerpen voor verdere specificatie voor Nederlandse omstandigheden

Deze vraag kan verder worden gespecificeerd:

Bijvoorbeeld lage dosering bespuitingen, verbeterde N-benutting door bijbemesting, ..., maar ook verdere uitsplitsing van gewassen, bv. Suikerbieten i.p.v. root crops).

Er zijn mogelijk onderwerpen die voor de Nederlandse landbouw van toepassing zijn en ontbreken in de huidige CFT. Deze onderwerpen moeten echter een duidelijk effect hebben op de broeikasgasemissie om in aanmerking te komen voor opname.

De lage dosering spuiten is reeds benoemd (zie ook hoofdstuk 3.1), en voornamelijk is daar weinig 'winst' te behalen, waardoor de aanpassingen waarschijnlijk geen prioriteit krijgen.

Voor bijbemesting/gedeelde N-gift ligt het ingewikkeld en is niet direct duidelijk of en zo ja wat de gevolgen zijn voor de broeikasgasemissies. Aan de aanvoerkant van stikstof zijn er twee mogelijkheden: 1) door de bijbemesting gaat de totale aanvoer van N [kg/ha] naar beneden en hierdoor nemen de emissies af. Dit wordt meegenomen in de berekeningen van de CFT. En 2) de efficiëntie van de N-gift wordt groter waardoor de emissies afnemen bij een gelijke totale N-gift. Deze mogelijkheid resulteert in een lagere hoeveelheid stikstof die voor emissie in aanmerking komt en wordt niet meegenomen in de berekeningen. Voor de toediening van de gedeelde N-gift moet de tractor een extra werkgang maken met bijbehorend brandstofverbruik, emissie. De winst door minder N-aanvoer en/of verhoogde N-benutting moet groter zijn dan de emissie van de extra werkgang voor een verlaging van de broeikasgasemissie. Dit is echter niet bekend.

Voor specificatie naar andere gewassen zal een inventarisatie met telers van deze gewassen helder moeten maken welke specifieke handelingen bijdragen aan de GHG-emissies die nu niet gekozen kunnen worden. Zo kan uien niet als apart gewas worden gekozen en valt het nu onder 'other – vegetable root' (groentegewas voor de wortel/knol). Bij dit gewas is er geen optie om te bewaren, hetgeen in Nederland wel gebeurt en zou daarmee wellicht in aanmerking komen voor verdere specificatie. Maar, het energieverbruik voor de bewaring kan wel opgegeven worden. Het is namelijk mogelijk om het verbruik van de fossiele brandstoffen voor de teelt apart op te geven, per fossiele brandstoffengroep, zoals bijvoorbeeld diesel, benzine, bio-ethanol, propaan en elektriciteit. Hoewel op het eerste gezicht er daardoor een behoefte is voor de specificatie uien waarin bewaring wordt opgenomen als keuzemogelijkheid kan dit ondervangen worden door het energieverbruik op te nemen bij de daarvoor bestemde invulpagina (4.1 van de CFT).

### 3.5 De potentie van de Nederlandse akkerbouw voor verbeteren van de Carbon Footprint

De teelt van Nederlandse akkerbouwgewassen behoort tot de meest geavanceerde teelten in Europa zo niet de wereld. Vooraanstaande technologieën worden gebruikt voor hoge opbrengsten van een goede kwaliteit. Wanneer gekeken wordt naar de bijdrage van de verschillende onderdelen van de teelt aan de broeikasgasemissie leveren het gebruik van stikstof in combinatie met de achtergrond emissies uit de bodem en het energieverbruik (brandstof en elektriciteit, vooral bij grondbewerking en oogst met grote machines) de grootste bijdrage. De berekeningen voor de GHG-emissies met de CFT laten zien dat voor de teelt van consumptieaardappelen ongeveer 32% van de emissies afkomstig is van bemesting, 32% van de achtergrond emissies uit de bodem en 25% van energieverbruik voor de tractor, bewaring en transport drijfmest (Haverkort & Hillier 2011). Voor de Nederlandse situatie wordt altijd een dierlijke stikstofbron opgenomen in de berekeningen, waarvan de GHG-emissies voor de productie toegeschreven worden aan de

---

veehouderij. Voor gebruik elders worden alleen emissies voor vervoer in rekening gebracht. De aangevoerde stikstof wordt wel meegenomen bij de berekening van de lachgasemissies door gebruik van stikstof. Het verminderen van de emissies kan door het vergroten van de C-voorraad in de bodem. Dit is een negatieve emissie omdat C wordt weggevangen uit de lucht en in de bodem wordt vastgelegd. De potentie van deze maatregel staat beschreven in par 2.3.1.

Daarnaast leent de energiebron, als grote emissiebron, zich voor aanpassing. Mogelijkheden zijn het vervangen van brandstof door groene stroom. Dit geldt niet alleen voor de directe energie nodig voor de teelt van een gewas, maar ook voor de bewaring indien van toepassing en voor het transport, zowel afstand als keuze van type transport, van het geoogst product naar de afnemer. Lokaal geproduceerde en geconsumeerde of verwerkte producten hebben een lagere broeikasgasemissie.

Het gebruik van pesticiden, d.w.z. de emissies afkomstig van de aanschaf van de producten en niet de toediening, draagt zo'n 7% bij aan de totale emissies, waardoor hier relatief weinig vermindering te realiseren is door veranderend gebruik. Als chemische onkruidbeheersing wordt vervangen door mechanische onkruidbeheersing neemt de emissie voor gewasbeschermingsmiddelen af (minder aanschaf en mechanisch spuiten middelen) maar neemt het energieverbruik toe door een hoger brandstofverbruik mechanische onkruidbeheersing.

De aanvoer van stikstof als onderdeel van de bemesting (exclusief productiekosten en energieverbruik voor toediening), zou ook een optie kunnen zijn voor het verminderen van de emissies. Vooralsnog zal alleen een verlaagde totale N-aanvoer rekenkundig een lagere emissie per ha geven omdat het verhogen van de efficiëntie en daardoor minder stikstof beschikbaar voor emissies, niet opgenomen is in de CFT. De verbeterde efficiëntie komt wel tot zijn recht indien de productie is gestegen door de verbeterde efficiëntie, doordat de emissies lager zijn per geleverd product.

## 3.6 Nederlands bedrijfsleven en de Cool Farm Tool

### 3.6.1 Achtergrond duurzaamheidsrapportages en commitment

De Europese Unie heeft een richtlijn gepubliceerd voor de duurzaamheidsrapportage van grote bedrijven, de Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), die ook van toepassing is voor Nederland<sup>2</sup>. Daarnaast hebben bedrijven binnen de agrarische sector zich ook verbonden aan het Science Based Targets initiative (SBTi)<sup>3</sup>. Hierdoor worden, naar verwachting, agrarisch ondernemers in toenemende mate gevraagd naar de C-footprint van de geleverde producten. De Cool Farm Tool biedt agrarisch ondernemers de mogelijkheid om deze vraag te beantwoorden, terwijl met BodemC alleen over de veranderingen van de koolstofvoorraad in de bodem gerapporteerd kan worden.

### 3.6.2 Visie Nederlands bedrijfsleven

Een aantal Nederlandse bedrijven zijn lid van de Cool Farm Alliance. Dit hoofdstuk rapporteert over de visie van deze leden van de CFT. De volgende personen zijn geïnterviewd:

---

naam organisatie	naam persoon	email-adres
Agrifirm	Josien van Harten	j.vanharten@agrifirm.com
Avebe	Peter-Erik Ywema	Peter-Erik.Ywema@AVEBE.COM
Cosun	Bertram de Crom	Bertram.de.Crom@cosun.com
LambWeston	Dirk Peters	DirkPeters@lambweston.eu

---

<sup>2</sup> [https://www.kvk.nl/duurzaamheid/verplichte-duurzaamheidsrapportage-dit-betekent-het/?gclid=EAIaIQobChMIi9XiibbrggMVmYRoCR1reAvyEAAyAAEgI8pvD\\_BwE](https://www.kvk.nl/duurzaamheid/verplichte-duurzaamheidsrapportage-dit-betekent-het/?gclid=EAIaIQobChMIi9XiibbrggMVmYRoCR1reAvyEAAyAAEgI8pvD_BwE)

<sup>3</sup> <https://sciencebasedtargets.org/companies-taking-action>

---

*Josien van Harten, Agrifirm*

Agrifirm is nauw betrokken geweest bij de ontwikkeling van BodemC. De berekeningen voor de ontwikkeling van de koolstofvoorraad in de bodem op lange termijn worden gebruikt maar Agrifirm mist berekeningen van de extra GHG-emissies die soms nodig zijn om de koolstof verhogende maatregelen uit te voeren. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om aanvullend brandstofverbruik en aanvullende N-bemesting bij het telen van groenbemesters. Agrifirm heeft daarom een aanvullende spreadsheet opgezet waarin deze aanvullende emissieposten uitgerekend worden. Bij de berekeningen voor de pilot groep van boeren bleek de 'winst' door groenbemesters en andere maatregelen beperkt, zeker als de aanvullende emissies in de berekening verder meegenomen. De winst is het verschil tussen de extra C-vastlegging in de bodem door maatregelen en de emissies van die maatregelen.

Agrifirm heeft belangstelling voor de CFT waarin deze aanvullende emissieposten voor maatregelen wel uitgerekend worden, maar mist de mogelijkheden van de voorspellende berekeningen voor het verloop van de koolstofvoorraad in de bodem op lange termijn.

Agrifirm heeft de mogelijkheden verkend voor certificering van BodemC met aanvullende berekeningen zodat dit op termijn geschikt is voor de carbon credit handel. Echter, dit traject is niet doorgezet omdat vooralsnog de 'winst' en daarmee de mogelijke carbon credits beperkt bleken en de prijzen voor carbon credits onvoldoende zijn.

*Peter-Erik Ywema, Avebe*

Peter-Erik Ywema is de voorzitter van de CFT Dutch User Group en vertegenwoordigt Nederland naar de CFA (Cool Farm Alliance). Gedurende de afgelopen jaren heeft de Dutch User Group een inventarisatie gemaakt van wat wel en wat niet werkt voor de Nederlandse landbouw en Nederlandse boer. De bevindingen zijn gedeeld met de CFA en soms geïmplementeerd, soms in de planning opgenomen voor uitvoering en soms als niet relevant beoordeeld. De CFT heeft hierdoor aan kracht voor de Nederlandse landbouw gewonnen. Een groot aandachtspunt is op dit moment de koolstofdynamiek. Deze is voor de akkerbouwgewassen nog niet voldoende uitgewerkt.

De CFT is een goed instrument waarmee ook een stukje bewustwording kan worden gecreëerd. Bij het handmatig invullen van de online tool kunnen verschillende scenario's ingevuld worden waardoor het effect op de emissies direct inzichtelijk wordt. Het inzicht in de C-footprint wordt zo bij alle ketenpartijen, van boer tot verwerker, verbeterd. Vanuit deze educatieve insteek verdient de koolstof dynamiek eveneens meer aandacht. Het handmatig invullen is voor boeren toch best een ingewikkelde aangelegenheid en de ontwikkelde API ondervangt dit. Het educatieve aspect van de invuloefening met de bijbehorende scenario berekeningen neemt hierdoor echter af. De verwerkende industrie kan de CFT goed gebruiken om op hoofdlijnen veranderingen in de C-footprint tussen jaren te identificeren en de factoren die hieraan bijdragen. Hiermee kunnen ook mogelijkheden worden verkend om de C-footprint te verlagen.

De CFT is op dit moment de best beschikbare tool om als onderdeel van de BiodiversiteitsMonitoring Akkerbouw (BMA) de C-footprint te berekenen.

*Bertram de Crom, Cosun*

Cosun werkt aan een klimaatprogramma, waar ook scope 3 emissies in worden meegenomen. De teelt is de grootste emissiebron m.b.t. scope 3 emissies (ABC teelten: aardappel, suikerbieten, cichorei)

We hebben een tool nodig die teeltemissies kan berekenen op individueel telerniveau, de CFT is daarvoor een mogelijkheid.

De tool moet internationaal erkend zijn en er moet vertrouwen zijn in de uitkomsten.

De koppelingen met bedrijfsmanagementsystemen moeten altijd goed werken en tot de juiste resultaten leiden, daar kan geen discussie over zijn (anders geen vertrouwen in het gebruik). Deze koppelingen moeten dus goed onderhouden worden.

We gebruiken de tool nog niet. We hebben wel geprobeerd om handmatig assessments in te voeren op basis van de parameters die bij ons bekend zijn. Dit lijkt redelijk goed te lukken, maar hebben de nodige opmerkingen op het systeem die verbetering vragen.

Slechte input levert slechte output, dus er moeten afspraken worden gemaakt wat er verplicht ingevuld moet worden, maar ook controle op de invoer (auditeerbaarheid van brongegevens)

Er moet bij voorkeur sector-breed draagvlak zijn over het gebruik van de tool, zodat telers niet meerdere systemen moeten gaan gebruiken

Er is veel communicatie en training nodig om de tool in de praktijk te gaan gebruiken

---

*Dirk Peters, LambWeston*

LambWeston gebruikt de CFT voor het berekenen van de C-footprint van de teelt van fabrieksaardappelen die geleverd worden. Binnen de Scope 3 van het duurzaamheidsprogramma heeft LambWeston een doelstelling geformuleerd voor het verlagen van de C-footprint van de teelt van de fabrieksaardappelen in 2030. De CFT kan hiervoor gebruikt worden en op dit moment worden hiermee verkennende berekeningen uitgevoerd. Tijdens deze berekeningen is er een aantal aandachtspunten gesignaleerd. De berekeningen van de koolstofdynamiek is (nog) niet bruikbaar voor de Nederlandse teelt en wordt nu niet meegenomen. Dit geldt ook voor de gewasresten die met de koolstofdynamiek samenhangen. Maar, de CFT is op dit moment de best beschikbare tool. Het doel LambWeston is om vanuit de bedrijfsregistratie van de boeren een analyse te kunnen maken van de C-footprint met de CFT zodat binnen hun telersgroep een benchmarking van de C-footprint kan worden uitgevoerd. Hiermee kan een goed inzicht verkregen worden in de C-footprint en kan ook monitoring plaats vinden. Doordat dezelfde rekensystematiek wordt toegepast is monitoring over de jaren en tussen telers goed mogelijk waarbij in acht genomen wordt dat het niet om de absolute getallen gaat.

---

## 4 Conclusies

De keuze voor de Cool Farm Tool of BodemC heeft in grote mate te maken met het doel van het gebruik. Als dit het evalueren is van de bodemvoorraad aan koolstof (huidige en toekomstige met scenario's) dan is BodemC daar het meest geschikt voor. Is het doel meer omvattend en zijn emissies van broeikasgassen voor een teelt daar een onderdeel van, dan is de Cool Farm Tool het meest geschikt.

De bovenstaande conclusie is gebaseerd op de voor- en nadelen van twee beschikbare rekenmodulen die in deze notitie in kaart gebracht zijn.

- BodemC is speciaal voor de Nederlandse landbouw ontwikkeld en daardoor goed geschikt voor berekeningen van de bodemvoorraad koolstof.
- BodemC is goed geschikt voor het doorrekenen van de effecten van maatregelen op de veranderingen in de bodemkoolstof voorraad.
- BodemC kan prognoses uitvoeren voor de ontwikkeling van de bodemvoorraad koolstof op lange termijn voor verschillende maatregelen.
- BodemC houdt geen rekening met aanvullende acties met bijbehorende emissies die nodig zijn om de maatregelen uit te voeren.
- De Cool Farm Tool gebruikt een andere rekensystematiek om de veranderingen van de bodemvoorraad koolstof te berekenen dan de BodemC: een steady-state model versus een dynamisch model.
- De Cool Farm Tool houdt rekening met aanvullende emissies die gepaard gaan met veranderingen in het landgebruik om de vastlegging van koolstof in de bodem te bevorderen.
- De Cool Farm Tool heeft een bredere benadering dan veranderingen in de bodemvoorraad, het evalueert de prestatie van een teelt m.b.t. de emissie van broeikasgassen. De verandering in de bodemvoorraad koolstof is daar een onderdeel van.

---

# Literatuur

- Ambrosius F., R. Klaassens, A. Lodders and J. Nijboer, 2023. BiodiversiteitsMonitor Akkerbouw: Het instrument dat prestaties van de Nederlandse akkerbouw om de biodiversiteit te versterken eenduidig meetbaar maakt, Sustainable Development Goals.
- Cool Farm Alliance, 2023. Annual Report. Calendar Year - 2022, Cool Farm Alliance, England, 27 pp.
- Haverkort A.J. and J.G. Hillier, 2011. Cool Farm Tool - Potato: Model Description and Performance of Four Production Systems. *Potato Research* 54, 355-369.
- Haverkort A.J., P. Sandaña and J. Kalazich, 2014. Yield gaps and ecological footprints of potato production systems in Chile. *Potato Research* 57, 13-31.
- Hendriks C., J.P. Lesschen, B. Timmermans, M. Hanegraaf, W. Dijkman, C. Rougoor, J. Crujisen and J. Schepens, 2021. Beschrijving en ontwikkeling Praktijktool BodemCoolstof.
- Hillier J., C. Walter, D. Malin, T. Garcia-Suarez, L. Mila-i-Canals and P. Smith, 2011. A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environmental Modelling and Software* 26, 1070-1078.
- Hillier J., C. Whittaker, G. Dailey, M. Aylott, E. Casella, G.M. Richter, A. Riche, R. Murphy, G. Taylor and P. Smith, 2009. Greenhouse gas emissions from four bioenergy crops in England and Wales: integrating spatial estimates of yield and soil carbon balance in life cycle analyses. *Gcb Bioenergy* 1, 267-281.
- Kempenaar C., G. Kessel, R. Wustman, A. Pronk, A. Haverkort, F. de Ruijter, D. Lyu, S. Wan, G. Fan, Y. Bai, F. Min, M. Guo, S. Zhang, S. Yang and Y. Gao, 2015. Progress report China Potato GAP project : late blight control, seed quality, storage facilities and sustainability studies in Heilongjiang province and communications. *Applied Plant Research & Plant Research International*, part of Wageningen UR, Wageningen.
- Ledo A., R. Heathcote, A. Hastings, P. Smith and J. Hillier, 2018. Perennial-GHG: A new generic allometric model to estimate biomass accumulation and greenhouse gas emissions in perennial food and bioenergy crops. *Environmental Modelling and Software* 102, 292-305.
- Lesschen J.P., C. Hendriks, A.v.d. Linden, B. Timmermans, J. Keuskamp, D. Keuper, M. Hanegraaf, S. Conijn, T. Slier, J.P. Lesschen, C. Hendriks, A.v.d. Linden, B. Timmermans, J. Keuskamp, D. Keuper, M. Hanegraaf, S. Conijn and T. Slier, 2020. Ontwikkeling praktijktool voor bodem C. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Lesschen J.P., C. Hendriks, T. Slier, R. Porre, G. Velthof, R. Rietra, J.P. Lesschen, C. Hendriks, T. Slier, R. Porre, G. Velthof and R. Rietra, 2021. De potentie voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw. Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Ogle S.M., S.J. Wakelin, L. Buendia, B. McConkey, J. Baldock, H. Akiyama, A.W.M. Kishimoto, N. Chirinda, M. Bernoux, S. Bhattacharya, N. Chuersuwan, M.A.R. Goheer, K. Hergoual'c'h, S. Ishizuka, R.D. Lasco, X. Pan, H. Pathak, K. Regina, A. Sato, G. Vazquez-Amabile, C.W. Wang, X. Zheng and H. Eggleston, 2006. Agriculture, Forestry and Other Land Use. *In* 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. pp. 102.
- Pronk A.A., R. Wustman, A. Haverkort, L. van den Brink, B. Janssens and M. Schoutsen, 2014. Annual report topsector potato India and Ethiopia 2013. *Plant Research International, Business Unit Agrosystems Research*, Wageningen.
- Smith C., Z.R. Nicholls, K. Armour, W. Collins, P. Forster, M. Meinshausen, M.D. Palmer and M. Watanabe, 2021. The earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity supplementary material. *Climate change, 1850-2005*.
- Tol-Leenders D.e.v., M. Knotters, W.d. Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F.v. Egmond, H. Wösten, P. Kuikman, D.v. Tol-Leenders, M. Knotters, W.d. Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F.v. Egmond, H. Wösten and P. Kuikman, 2019. Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018) : CC-NL. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

# Bijlage 1 Effecten van de maatregelen om koolstof vast te leggen in minerale landbouwgronden op de emissie van N<sub>2</sub>O (Lesschen *et al.* 2021)

**Tabel 9** Effecten van maatregelen om koolstof vast te leggen in minerale landbouwgronden op de emissie van N<sub>2</sub>O.

Maatregel	Effect op N <sub>2</sub> O-emissie
Minder grondbewerking	Indien minder grondbewerking leidt tot een slechtere structuur en zuurstofvoorziening van bodems kan dit leiden tot een hogere N <sub>2</sub> O-emissie uit toegediende meststoffen.
Niet scheuren van grasland	Het minder vaak scheuren van grasland leidt tot een lager risico op N <sub>2</sub> O-emissie. Ook het risico op nitraatuitspoeling en de daaraan gerelateerde indirecte N <sub>2</sub> O-emissie neemt af.
Telen van vanggewassen en wintergewassen	Het risico op N <sub>2</sub> O-emissie neemt toe bij een bemest wintergewas (groenbemester) door de stikstofbemesting. Een onbemest vanggewas neemt stikstof op na de oogst van het hoofdgewas, waardoor het risico op N <sub>2</sub> O-emissie en nitraatuitspoeling in de winter afneemt. Het onderploegen van een winter- vanggewas kan leiden tot een toename van de N <sub>2</sub> O-emissie.
Achterlaten gewasresten	
Stikstofrijk	Stikstofrijke gewasresten zijn meestal gemakkelijk afbreekbaar en hebben een lage C/N-verhouding. Er is duidelijk risico op toename van N <sub>2</sub> O-emissie en nitraatuitspoeling (indirecte N <sub>2</sub> O-emissie) als deze gewasresten in de bodem achterblijven. In de huidige praktijk blijven deze gewasresten meestal achter in de bodem.
Stikstofarm (o.a. stro)	Het effect op N <sub>2</sub> O-emissie is beperkt, omdat de organische stof relatief moeilijk afbreekbaar is en de C/N-verhouding hoog is. Minerale stikstof in de bodem wordt vastgelegd bij de vertering van stro, waardoor risico op nitraatuitspoeling en (indirecte) N <sub>2</sub> O-emissie lager wordt. Een deel van het stro wordt momenteel afgevoerd na de oogst.
Meer organische meststoffen	
Drijfmest	Het risico op N <sub>2</sub> O-emissie neemt toe naarmate er meer drijfmest wordt toegediend. Drijfmest bevat veel minerale N en gemakkelijk afbreekbare C. Er is ook een risico op nitraatuitspoeling (indirecte N <sub>2</sub> O-emissie).
Vaste fractie na scheiden	Het risico op N <sub>2</sub> O-emissie is kleiner dan bij drijfmest. Er is een risico op N <sub>2</sub> O-emissie, omdat de vaste fractie minerale N en gemakkelijk afbreekbare C bevat. Ook risico op nitraatuitspoeling (indirecte N <sub>2</sub> O-emissie) neemt toe.
Digestaat	Het risico op N <sub>2</sub> O-emissie is vergelijkbaar met drijfmest. Door vergisting is het gehalte aan minerale N hoger en die van gemakkelijk afbreekbare C lager dan van drijfmest. Er is een risico op een hogere N <sub>2</sub> O-emissie.
Stalmest	Er is een risico op N <sub>2</sub> O-emissie, maar lager dan bij drijfmest, vaste fractie en digestaat, omdat stalmest minder minerale N en gemakkelijk afbreekbare C bevat.
Gft-Compost	Risico op N <sub>2</sub> O-emissie is kleiner dan bij drijfmest, omdat gft-compost minder minerale N en gemakkelijk afbreekbare C bevat.
Groencompost	Risico op N <sub>2</sub> O-emissie is lager dan de andere genoemde organische meststoffen, omdat groencompost veel minder minerale N en gemakkelijk afbreekbare C bevat.





# Bijlage 2 Beknopte toelichting op de steady-state modelbenadering in Hoofdstuk 5

'Cropland' van volume number 4 'Agriculture, Forestry and other Land Use [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4\\_Volume4/19R\\_V4\\_Ch05\\_Cropland.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch05_Cropland.pdf) (Ogle et al. 2006)

The Tier 2 steady-state method addresses more complexity in soil C dynamics than Tier 1 or Tier 2 using default equations, by subdividing soil organic C into three separate sub-pools with fast (Active sub-pool), intermediate (Slow sub-pool), and long turnover times (Passive sub-pool). The turnover time of C within each sub-pool determines the length of time that C remains in the soil. The Tier 2 steady-state method incorporates spatial and temporal variation in climate, organic carbon inputs to soils, soil properties and management practices. However, compilers can further develop and/or parameterise this model given appropriate datasets, which would be a Tier 3 method (See Section 2.5.2 for more information about developing a Tier 3 model-based approach). See Boxes 5.1A and 5.1B for more information about the method.

**BOX 5.1A (NEW)**  
UNDERSTANDING THE BASIS FOR THE TIER 2 STEADY STATE METHOD

The Tier 2 steady-state method, based on a soil C model, features intermediate complexity between Tier 1 and Tier 3 methods. It allows a compiler to estimate C stock changes in a more disaggregated way compared to Tier 1, but lacks the full complexity of Tier 3 methods. The model parameters were determined using a Bayesian Calibration method (See Annex 5A.3), and application of this method will generate SOC stock change factors that are specific to climate, soil and management conditions in a country. Consequently, the resulting stock change factors are more disaggregated than the default Tier 1 methods that are derived at a global scale with limited disaggregation to broadly-defined climate regions.

It is noteworthy that Tier 2 methods are often based directly on the Tier 1 equations with country-specific factors, but this is not a requirement for a Tier 2 method (See Volume 4, Chapter 1, Box 1.1). This method is analogous to the Tier 2 methods for estimating CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation (Volume 4, Chapter 10), with a set of equations for calculating gross energy intake in order to derive a country-specific emission factor. The Tier 2 equations are used to derive stock change factors from country-specific data on crop type, yields, tillage, organic amendments, soil texture, and weather. The Tier 2 steady-state method uses management activity data that are typically more available in a country than that required to apply the methods for the default equations. The method gives the countries with these data an option to develop C stock change that are more responsive to their particular conditions than the Tier 1 approach. The Tier 1 equations require detailed information on the combination of crops types, tillage practices, manure amendments, mineral fertilization, irrigation management, grazing management, green manures, and fallows for individual parcels of land in the inventory. Although several of these activity data are needed for the Tier 2 steady-state method, much of the data requirements with the default equations are represented by the C inputs to the soil that are derived from crop yields, thereby eliminating several data requirements.

This method differs from Tier 3 methods that utilize process-based models that yield a fully dynamic time series by simulating changes in management and environmental conditions through time. This Tier 2 method does not simulate C change but simply calculates an annual C stock change from the current C stock to the future steady-state soil C stock calculated based on current conditions. In addition, the steady-state method is much less complex with about 20 parameters compared to the 100s to 1000s parameters that are often found in Tier 3 process-based models. Consequently, the data and resource requirements are considerably less intensive than typical process-based model applications (See examples in Box 2.2d, Chapter 2, Volume IV).

The Tier 2 steady state method introduces additional interannual variation into the final results compared to Tier 1, by representing the impact of drivers such as weather on C inputs to soils and losses associated with decomposition of soil organic matter. Using this method may require additional quality assurance, quality control and verification (see Volume 1, Chapter 6, Section 6.11).

**BOX 5.1B (NEW)**  
DESCRIPTION OF THE TIER 2 STEADY STATE METHOD FOR ESTIMATING MINERAL SOIL ORGANIC CARBON STOCK CHANGES

The Tier 2 steady-state method is adapted from the Century Ecosystem Model (Parton *et al.* 1987) and estimates changes in soil organic C for the top 30cm of the soil profile. In this model, the stock of the soil carbon sub-pools is initialised by running the model with climate and carbon input data associated for a period of 5-20 years prior to the start of the inventory (or longer if data are available). A proportion of biomass C (C input to the soil) is transferred to soil litter, and then divided into fraction,  $\beta$ , that goes to metabolic components with the remaining fraction ( $C_{input} - \beta$ ) going to structural components<sup>1</sup>. The structural component is composed of more recalcitrant, ligno-cellulose plant materials. The metabolic component is composed of more readily decomposed organic matter. Decomposition products are transferred according to calculated fractional transfer coefficients ( $f_1$  to  $f_6$ ) to and between three soil organic matter sub-pools, active, slow and passive. The active sub-pool is microbial (bacteria and fungi) biomass and associated metabolites with a rapid turnover (months to years), the slow sub-pool has intermediate stability and turnover (decades), and the passive sub-pool is mineral-protected C and microbial decomposition products with long turnover times (centuries). Irrespective of the turnover time the approach is used to estimate the stock of each sub-pool and how they change over time. The total soil organic carbon stock and stock change is calculated as the sum of the values derived for each sub-pool.

$C_{input} - \beta$  → Structural Dead Organic Matter  
 $C_{input}$  → C input →  $\beta$  → Metabolic Dead Organic Matter  
 Structural Dead Organic Matter → Active Pool ( $f_2$ )  
 Metabolic Dead Organic Matter → Active Pool ( $f_1$ )  
 Active Pool → Slow Pool ( $f_3$ )  
 Active Pool → Passive Pool ( $f_4$ )  
 Slow Pool → Active Pool ( $f_5$ )  
 Slow Pool → Passive Pool ( $f_6$ )  
 Passive Pool → Active Pool ( $f_7$ )

Decomposition rates for sub-pools depend on the decay rate constants, temperature effects, and moisture effects. Decomposition of the active and slow sub-pools is also influenced by the soil texture (sand content) and tillage practice. Sub-pools with longer turnover times imply that the C remains in the soil for more years before the organic matter is decomposed and carbon is respired as CO<sub>2</sub> by the soil decomposer community. As decomposition occurs in each sub-pool, some of the decomposing C is transferred to other sub-pools and components (arrows in the diagram) and some of the C is converted into CO<sub>2</sub> and lost from the soil (not identified with arrows). The transfer of C to the next sub-pool or component at steady state is determined by the transfer coefficients ( $f$ ). Higher transfer coefficients imply that more of the C is transferred to the next sub-pool or component rather than converted into CO<sub>2</sub>. The steady-state solution for this model is discussed further in Paustian *et al.* (1997) and Ogle *et al.* (2012).

<sup>1</sup> This approach is not intended to be used for estimation of dead organic matter. Compilers should apply the dead organic matter methods in section 5.2.2.



---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-Nota



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---