

Planter, Grise, Kvæg

Viden om kulstofbalancemodellen C-TOOL

I artiklen beskrives C-TOOL modellens opbygning.

Viden om



C-TOOL modellen er udviklet over en årrække ved Aarhus Universitet, og den implementering, som er foretaget i C-værktøj, bygger på beskrivelsen i Taghizadeh-Toosi et al., 2014.

C-TOOL består af to selvstændige del-modeller: Én allometrisk model, som ud fra udbytte beregner kulstofinputtet til jorden fra afgrøderester, og én balancemodel, som fører regnskab med kulstofinput og tab fra jordens kulstofpulje.

Kulstof-input beregningsmodel

Input-modellen bygger på en parametrisering af afgrøderne ift. til disse tre allometriske forhold (se også figur 1):

- Høst indeks (HI) for udbytte af hovedprodukt som andel af den totale overjordiske biomasse.
- Biomasse af sekundært produkt relativt til udbytte af hovedprodukt (δ).
- Rødder og rod-exudater som andel af den totale biomasse (β).

Udgangspunktet for beregninger af kulstofinput fra afgrøderester er udbyttet af hovedproduktet angivet som tørstof. Det antages, at kulstof udgør 45% af al biomasse tørstof. Kulstof i udbytte af hovedproduktet beregnes:

$$C_{\text{udbytte}} = \text{Udbytte ts} \times 45\%$$

De overjordiske afgrøderester, som består af stub, halm, avner, blade tabt i løbet af vækstsæsonen, beregnes således, hvis et evt. sekundært produkt, halm, ikke bjærges:

$$C_{\text{overjordisk rest}} = ((1/HI) - 1) \times C_{\text{udbytte}}$$

og hvis halmen bjærges:

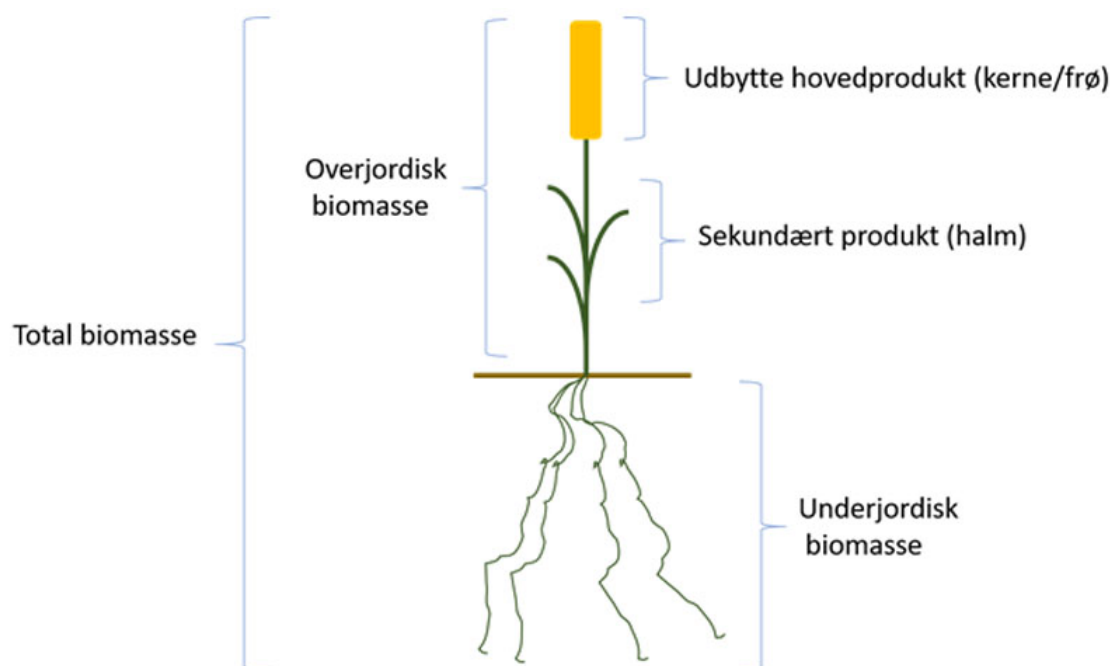
$$C_{\text{overjordisk rest}} = ((1/HI) - 1 - \delta \times \zeta) \times C_{\text{udbytte}}$$

hvor ζ er en faktor, som nedjusterer den halmmængde, som egentlig bjærges i marken pga. tab af smådele ($\zeta = 0,5$)

De underjordiske, som består af rødder og rod-exudater beregnes sådan:

$$C_{\text{underjordisk rest}} = \beta / ((1 - \beta) \times HI) \times C_{\text{udbytte}}$$





Figur 1.

I tabel 1 nedenfor er vist eksempler på modellens allometriske forhold for en række afgrøder. Det er værd at lægge mærke til, at for græsser, sukkerroer og kartofler er δ -værdien, sekundært produkt relativt til hovedprodukt, er 0. Det er for græssers vedkommende fordi, der ikke er noget sekundært produkt, og for kartofler og sukkerroers vedkommende fordi toppen ikke regnes for et sekundært produkt. Beregningen af overjordisk rest i disse to afgrøder bliver således den samme uanset, om toppen bjærges eller ej.

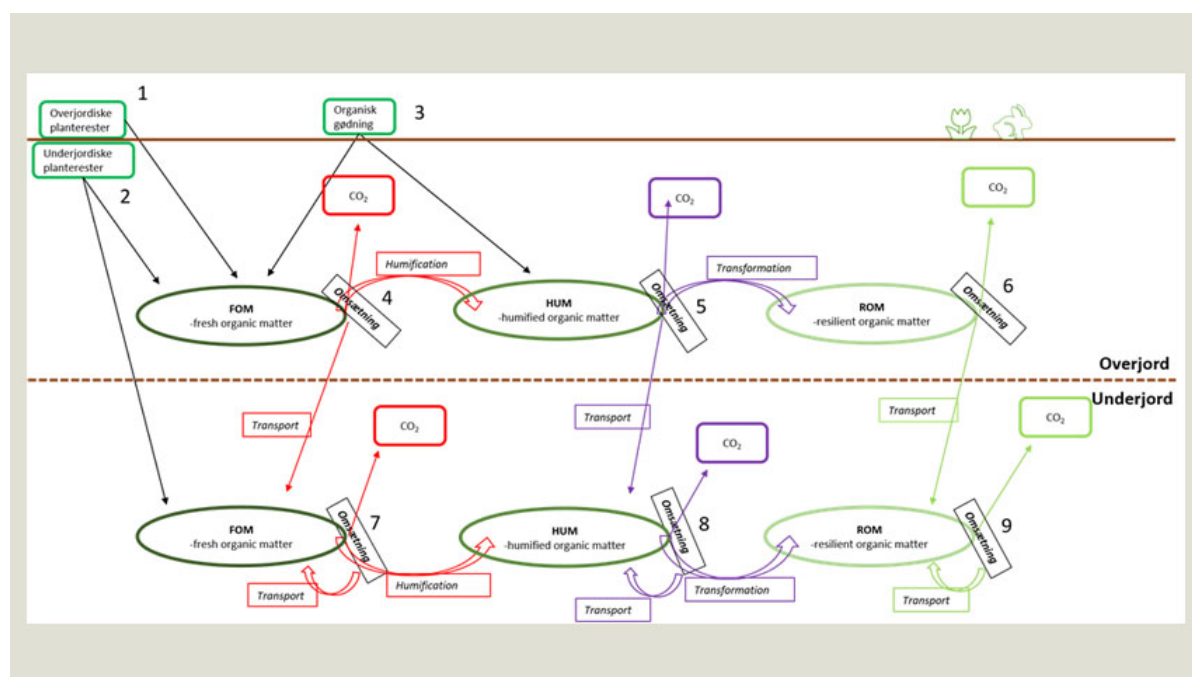
Tabel 1.

	HI (høst indeks): Udbytte C/overjordisk biomasse C	δ : Sekundært produkt C/udbytte C	β : Rødder og rod-exudater C/total assimileret C
Vinterhvede	0,45	0,55	0,25
Vårbyg	0,45	0,55	0,17
Vinterbyg	0,39	0,55	0,17
Vinterrug	0,38	0,80	0,25
Havre	0,40	0,60	0,17
Helsæd korn	0,75	0	0,17
Triticale	0,38	0,80	0,25
Raps	0,37	0,90	0,25
Græs/kløvergræs	0,70	0	0,45
Kartofler	0,70	0	0,11



	HI (høst indeks): Udbytte C/overjordisk biomasse C	δ : Sekundært produkt C/udbytte C	β : Rødder og rod-exudater C/total assimileret C
Sukkerroer	0,70	0	0,12
Foderroer	0,70	0,34	0,12
Ærter	0,42	0,50	0,10
Majshelsæd	0,85	0	0,15

Kulstofinput fra tilført organisk gødning beregnes ud fra specifik viden om tørstofindhold og kulstof i tørstof i den aktuelle type gødning.



Figur 2. C-TOOL modelstruktur.

1. Tilførsel af kulstof i overjordiske planterester til FOM-pulje i overjord.
2. Tilførsel af kulstof i underjordiske planterester til FOM-puljer i over- og underjord.
3. Tilførsel af kulstof i tilført organisk gødning til FOM- og HUM-puljer i overjord.
4. Omsætning i FOM-pulje i overjord - fordeles mellem omdannelse til HUM, tab som CO₂ og transport til FOM i underjord.
5. Omsætning i HUM-pulje overjord - fordeles mellem omdannelse til ROM, tab som CO₂ og transport til HUM i underjord.
6. Omsætning i ROM-pulje overjord - fordeles mellem tab som CO₂ og transport til ROM-pulje underjord.
7. Omsætning i FOM-pulje underjord - fordeles mellem omdannelse til HUM, tab som CO₂ og transport.
8. Omsætning i HUM-pulje i underjord - fordeles mellem omdannelse til ROM, tab som CO₂ og transport.
9. Omsætning i ROM-pulje underjord - fordeles mellem tab som CO₂ og transport.

[Hent C-TOOL modelstruktur som pdf](#)

Kulstofbalance-model

Kulstofpuljer



Jordens samlede kulstofindhold er i modellen inddelt i tre puljer: FOM-puljen (fresh organic matter) som indeholder de netop tilførte planterester og en andel af den tilførte husdyrgødning, halveringstid < 1 år; HUM-puljen (humified organic matter) som indeholder det delvist nedbrudte organiske materiale, der er fysisk og/eller kemisk stabiliseret i jorden, halveringstid ~20 år; og ROM-puljen (resistant organic matter) som kan betragtes som stabilt og har meget langsom omsætning, halveringstid ~1500 år. Puljerne er 'konceptuelle' puljer, der er defineret i modellen, men som ikke er mulige at adskille ved analyse.

Modelopbygning

Modellen opererer med en overjord (0-25 cm) og underjord (26-100 cm), hvor der i begge føres regnskab over de tre kulstofpuljer. Der regnes med transport af kulstof fra overjord til underjord, men ikke transport nedenud af underjorden.

Tilførsel af kulstof-input

Kulstofinput via afgrøderester tilføres alle FOM-puljen, men kulstofinput via husdyrgødning primært til FOM-puljen og sekundært HUM-puljen i en fraktion bestemt af jordens lerindhold. Tilførslen til HUM-puljen skyldes, at en del af plantematerialet i husdyrgødningen allerede inden tilførsel til jorden er mikrobielt omsat. Kulstof fra de underjordiske planterester fordeles mellem FOM-puljen i over- og underjord: 70/30 for vinterafgrøder, 80/20 for vårafgrøder og 90/10 for græsafgrøder.

Kulstoffet i både overjordiske og underjordiske planterester tilføres FOM-puljer i over- og underjord efter denne fordeling: 8% i april, 16% i juni og 64% i juli. Kulstof fra organisk gødning tilføres FOM- og HUM-puljer i overjord i marts.

Omsætning i kulstofpuljer

Modellen kører i månedlige skridt. I hvert skridt tilføres de relevante kulstofinputs og der beregnes en omsætning i hver kulstofpulje i over- og underjord. Omsætningen i hver pulje fordeles mellem tre poster: Tab af kulstof som CO₂, transport ud af det aktuelle jordlag og omdannelse til sværere nedbrydeligt organisk stof - dvs. fra FOM til HUM og fra HUM til ROM. I underjorden tilbageføres den beregnede transport i hver kulstofpulje til samme pulje.

Størrelsen af den månedlige omsætning bestemmes af de puljespecifikke omsætningsrater, en dybdejusteret (over-/underjord) månedsspecifik temperatur, samt mængden af kulstof i puljerne, mens fordelingen mellem tab, transport og omdannelse bestemmes, som beskrevet nedenfor.

Fordeling af FOM-pulje omsætning:

Transport til dybere jordlag: C-omsætning x tF

Omdannelse til HUM (humifisering): (C-omsætning - transport) x h

Tab som CO₂: (C-omsætning - transport) x (1-h)

hvor

tF er en transportfaktor på 0,03

h er en humificeringskoefficient, som varierer fra 0,148 i jord uden ler til 0,244 i jord med 100 % ler.

Fordeling af HUM-pulje omsætning:

Tab som CO₂: C-omsætning x f_{CO2}

Omdannelse til ROM (transformation): C-omsætning x f_{ROM}

Transport til dybere jordlag: C-omsætning - (Tab CO₂ + Omdannelse til ROM)

hvor

f_{CO2} er faktoren for andel tabt som CO₂ gælden for både HUM og ROM på 0,628

f_{ROM} er faktoren for andel omdannet til ROM på 0,012

Fordeling af ROM-pulje omsætning:

Tab som CO₂: C-omsætning x f_{CO2}

Transport til dybere jordlag: C-omsætning - Tab CO₂

hvor

f_{CO2} er faktoren for andel tabt som CO₂ gælden for både HUM og ROM på 0,628

Udgangsindhold i kulstofpuljer.



Det samlede kulstofindhold ned til 100 cm dybde antages fordelt med 47% i overjorden og 53% i underjorden. Fordelingen mellem kulstofpuljerne bestemmes sådan:

FOM-pulje: C-indhold x 0

HUM-pulje: C-indhold x (0,595 x f(cn))

ROM-pulje: C-indhold x (1-0,595 x f(cn))

hvor

f(cn) beregnes ved: $f(cn) = \min(56,2 \times CN^{-1,69})$

Parameteren f(cn) justerer fordelingen fra HUM til ROM-puljen, når jordens C/N-forhold er højt. Et højt C/N-forhold antages her at være et resultat af hedeafbrænding, hvorved en relativt større andel af kulstofindholdet vil sværtomsætteligt - dvs. tilhørende ROM-puljen.

Referencer

Taghizadeh-Toosi et al., 2014. CTOOL: A simple model for simulating whole-profile carbon storage in temperate agricultural soils. Ecological Modelling 292; 11-25.

Emneord

Klima

Kulstofopbygning

Publiceret: 14. oktober 2021

Opdateret: 14. oktober 2021

Vil du vide mere?



Henrik Vestergaard Poulsen

Specialkonsulent

SEGES

hevp@seges.dk

+45 8740 5578

Støttet af

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Landbrug & Fødevarer F.m.b.A. SEGES	Tlf.	87 40 50 00
Agro Food Park 15	Fax.	87 40 50 10
8200 Aarhus N	Email	info@seges.dk

