

Datagrundlag for anvendelse af C-TOOL til beregning af kulstoflagring	Ansvarlig	hevp
	Oprettet	07-11-2022
Projekt: 7854 – Mod en klimaneutral planteproduktion	Side	1 af 7

Datagrundlag for beregning af kulstoflagring ved C-TOOL modellen

Introduktion.

Modellen:

1. Modellen holder regnskab på jordens indhold af SOC (Soil Organic Carbon) i over- (0-25 cm) og underjord (25-100 cm). I over- og underjord håndteres SOC i tre puljer og kvælstof-regnskabet proportionalt med disse:

FOM (Fresh Organic Material, hurtig omsætning, halveringstid på 0,5 år)

HUM (Humified Organic Material, langsom omsætning, halveringstid på 20 år)

ROM (Resistant Organic Material, meget langsom omsætning, halveringstid på 1500 år)

Indholdet i de tre puljer fremskrives i månedlige skridt.

2. Kulstofinput fra afgrøder sker via en overjordisk og en underjordisk afgrøderest til FOM i måneder bestemt af afgrøde, samt faktisk eller default tidspunkt for nedmuldning.

3. Kulstofinput fra organisk gødning sker til FOM og HUM i overjord i måneder bestemt af faktisk eller default tidspunkt for tilførsel.

4. Der beregnes en månedlig omsætning i FOM-puljen i over- og underjord, som forsvinder fra puljen. Den omsatte mængde fordeles til transport, CO₂-emission og humificering (tilførsel til HUM-puljen). Kulstof til transport i overjord tilføres FOM i underjord, mens kulstof til transport i underjord tilbageføres til FOM-puljen i underjorden.

5. Der beregnes en månedlig omsætning i HUM-puljen, som forsvinder fra puljen. Den omsatte mængde fordeles til transport, CO₂-emission og transformation til ROM (tilførsel til ROM-puljen). Kulstof til transport i overjord tilføres HUM i underjord, mens kulstof til transport i underjord tilbageføres til HUM i underjord.

6. Der beregnes en månedlig omsætning i ROM-puljen, som forsvinder fra puljen. Den omsatte mængde fordeles til transport og CO₂-emission. Kulstof til transport i overjord tilføres ROM i underjord, mens kulstof til transport i underjord tilbageføres til ROM-puljen i underjord.

7. Parallelt med kulstofregnskabet føres et kvælstofregnskab. Omsætningen i kvælstofregnskabet beregnes proportionalt med omsætning i kulstofregnskab. Planterest-input til kvælstofpuljer beregnes ved C/N forhold i planterester. Start-indhold i kvælstofpuljer beregnes ved et vægtet C/N-forhold for planterest og husdyrgødning-input i år 1.

Notat

SEGES Innovation
Planter og Miljø

Datagrundlag for anvendelse af C-TOOL til beregning af kulstoflagring

Ansvarlig

hevp

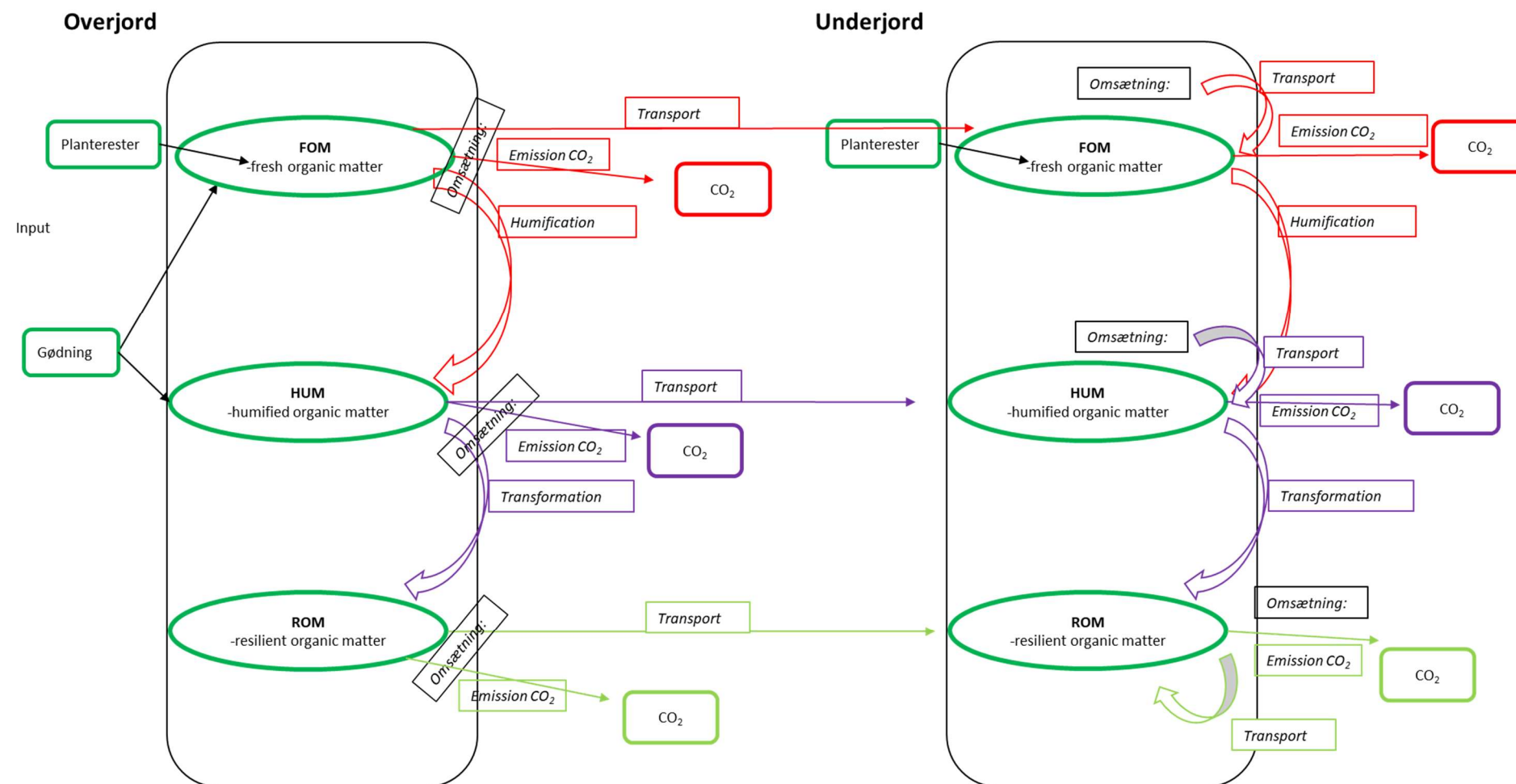
Oprettet

07-11-2022

Projekt: 7854 – Mod en klimaneutral planteproduktion

Side

2 af 7



Figur 1. Skematisk oversigt over opbygningen af C-TOOL modellen.

Datagrundlag for anvendelse af C-TOOL til beregning af kulstoflagring	Ansvarlig	hevp
	Oprettet	07-11-2022
	Side	3 af 7

Projekt: 7854 – Mod en klimaneutral planteproduktion

Datagrundlag:

1. Kulstofinput afgrøder

Kulstofinputtet fra afgrøder – hovedafgrøde + evt. mellem-, efter- og udlægsafgrøder – beregnes med udgangspunkt i et udbytte. Der tages her udgangspunkt i registreret udbytte og som anden prioritet anvendes norm-udbytter. For afgrøder uden registreret eller normudbytte eller udbytte enhed uden kendt tørstofindhold kan der ikke beregnes et kulstofinput. I disse tilfælde kan der ikke beregnes et kulstofinput.

For afgrøder med et sekundært produkt (halm el. roetop) anvendes registreret information om bjærgning eller efterlades i marken. Alternativt anvendes en antaget håndtering af det sekundære produkt.

Udbyttet omregnes til tørstof ud fra tabellagte afgrødeprodukt-specifikke værdier for tørstofindhold og omregnes videre til kulstof ved antagelse om 45% kulstof i tørstof plantemateriale.

Kulstofinputtet fra overjordisk og underjordisk afgrøderest beregnes ud fra udbyttet ved parametrene:

HI (harvest indeks), udbytte/overjordisk biomasse	F_s , sekundært produkt/udbytte	F_{re} , underjordisk biomasse/total biomasse
--	--	--

og formlerne:

Overjordisk rest v. bjærgning	$(1/HI - 1) \times C\text{-udbytte}$
Overjordisk rest v. nedmuldning	$(1/HI - 1 - F_s) \times C\text{-udbytte}$
Underjordisk rest	$(F_{re} \times ((1 - F_{re}) \times HI)) \times C\text{-udbytte}$

Parameter-værdierne stammer i hovedsagen fra litteratur publiceret af AU – bl.a. Keel et al.. Large uncertainty in soil carbon modelling related to method of calculation of plant carbon input in agricultural systems. European Journal of Soil Science, 2017, 68:953-963.

Det er problematisk, at specielt frøgræs, men også en række arealmæssigt mindre betydende afgrøder, ikke er dækket af parameter-værdier fra litteraturen. I disse tilfælde bør det undersøges, om der kan findes dækkende parameter-værdier. For afgrøder uden parameter-værdier kan der ikke beregnes et kulstofinput.

Almindeligt anvendte efterafgrødearter som Gul Sennep og Olierædike er ikke parametriseret og der vil alligevel sjældent foreligge information om et udbytte/tørstof biomasse. Bl.a. på grund af den store arealmæssige udbredelse af efterafgrøder er det imidlertid vigtigt, at kulstofinput fra disse indgår i beregninger med C-TOOL. En løsning kunne her være at regne med et fast kulstofinput fra efterafgrøder, som altså ikke tager udgangspunkt i parameter-værdier og formler angivet ovenfor. AU regner på denne måde i de nationale opgørelser med et fast efterafgrødeinput på 2,2 ton C/ha. Som gennemsnitsværdi virker det meget højt sat.

2. Kulstofinput organisk gødning

Der tages udgangspunkt i registrerede mængder af tilført husdyrgødning. Kulstofinputtet beregnes via tilført tørstofmængde, som enten er analyseret eller en tabellagt værdi for typen af husdyrgødning. Det antages også her, at tørstoffet i husdyrgødningen indeholder 45 % kulstof.

3. Kulstofindhold i jorden

Jordens initielle kulstofindhold trækkes fra Typejordkortet udviklet af AU. Kortet bygger på et meget omfattende datasæt over danske jordprøver.

Datasættet er beskrevet i Appendix BN4-2 (s. 129-150) i DCA Rapport #31: <https://pure.au.dk/portal/files/68362856/dcarapporten31.pdf>

The dataset is also presented in this Danish article on nationwide leaching calculation: <http://www.vand-og-jord.dk/artikler/vj209-nudvaskning.pdf>

Til fordeling af initielt kulstofindhold i FOM, HUM og ROM puljer anvendes de faste fraktioner:

FOM = 3.16%, HUM = 48.03%, og ROM = 48.81% i overjord og

FOM = 0.30%, HUM = 31.23%, og ROM = 68.47% i underjord

samt over- og underjordens C/N-forhold, som trækkes fra typejordskortet.

Jordens C/N forhold justerer de faste fraktioner ud fra følgende funktion (vist for overjord):

$f_{HUM} : 0,4803 \times f(c_n)$

$f_{ROM} : 1 - (0,4803 \times f(c_n))$

$f(c_n) = \min(56,2 \times (c_n)^{-1,69} ; 1)$

Funktionen af jordens C/N-forhold er beskrevet som undtagelse for situationer, hvor tidligere tiders gentagne afbrændinger af bevoksning har resulteret i et relativt højere indhold i den tungt omsættelige ROM-pulje – indikeret af et C/N over 10,8. I Typejordskortet har de fleste typejorde imidlertid et C/N over 10,8 og funktionen af C/N kommer således i brug oftere end det virker tiltænkt. Der er behov for en undersøgelse af dette.

4. C-TOOL simulering af jordens kulstof indhold

4.1 Temperatur

Der tages udgangspunkt i jordtemperaturen i 10 cm dybde udstillet af DMI for den specifikke position. Ved beregninger fremad i tid anvendes en norm-temperatur, som bygger på hele den periode, hvor temperaturen i 10 cm dybde har været tilgængelig (2015(?)-). Ved beregninger forud for 2015 anvendes også norm-temperatur. Denne temperatur justeres til 12,5 cm til brug for beregninger i overjorden og til 50 cm til brug for beregninger i underjorden.

Fremgangsmåde:

$T_{10f}(12,5)$ og $T_{10f}(50)$ er temperaturen i 10 cm dybde til tiden $t - D \times (t_0/4a\pi)^{0,5}$

hvor

t er dagsnummeret regnet efter 1. januar (dag 1)

D er dybden som temperaturen skal justeres til regnet fra de 10 cm (2,5 og 40 cm for 12,5 og 50 cm dybde)

t_0 er temperaturkurvens svingningstid i dage, 365 dage

a er jordtypeafhængig temperaturledningstal, m^2/s

Dvs.

Tiden(dagsnummeret) ' $t - D \times (t_0/4a\pi)^{0,5}$ ' for de to dybder beregnes og temperaturen i 10 cm dybde det pågældende dagsnummer slås op.

Herefter justeres temperaturen til dybden

$TD(12,5\text{cm})$ og $TD(50\text{cm})$ er temperaturen justeret til henholdsvis 12,5 og 50 cm dybde

$$TD(12,5\text{cm}) = T_{\text{gns.}} + (T_{10f}(12,5\text{cm}) - T_{\text{gns.}}) * e^{(-D * (\pi/(a * t_0))^{0,5})}$$

og

$$TD(50\text{cm}) = T_{\text{gns.}} + (T_{10f}(50\text{cm}) - T_{\text{gns.}}) * e^{(-D * (\pi/(a * t_0))^{0,5})}$$

hvor

$T_{\text{gns.}}$ er middeltemperaturen i 10 cm dybde for de foregående 12 måneder

D er dybden som temperaturen skal justeres til regnet fra de 10 cm (2,5 og 40 cm for 12,5 og 50 cm dybde, angivet i meter)

t_0 er temperaturkurvens svingningstid i dage, 365 dage

a er jordtypeafhængig temperaturledningstal, m^2/s

Termisk diffusivitet/temperaturledningstal er beregnet per jordtype:

	Temperatur ledningstal/Termisk diffusivitet
Jordtype, JB	m^2/dag
	$a(\text{K}')$
JB1	0,073
JB2	0,061452
JB3	0,073
JB4	0,056484
JB5	0,054
JB6	0,051516
JB7	0,049032
JB8	0,046548
JB9	0,044064

4.2 Tilførselstidspunkter

Tilførsel af kulstof i modellen fra overjordiske rester i et-årige afgrøder foretages med udgangspunkt i registreret tidspunkt for nedpløjning - alternativt trækkes et standard tidspunkt for nedpløjning. I flerårige afgrøder tilføres kulstof fra den overjordiske rest til modellen ved fastlagte månedlige andele – parallelt med tilførsel af underjordisk rest.

4.3 Manglende input

I tilfælde hvor den aktuelle afgrøde ikke er parametriseret og/eller der er angivet et udbytte, som ikke tabellagt ift. tørstofindhold, foretages ingen beregning det pågældende år. Kulstofindhold i alle puljer over- og underjord overføres uændrede fra start til slut af året. Ved denne fremgangsmåde vil resultaterne tydeligt indikere, at modelleringen ikke er fuldstændig, og samtidigt vil effekten i på puljerne modellen sandsynligvis ikke adskille sig væsentligt fra den virkelige situation i jorden.

4.4 Husdyrgødning fordeling mellem FOM og HUM

I C-TOOL modellen tilføres en fraktion af kulstoffet fra husdyrgødning direkte til HUM-puljen, da dette paltemateriale allerede har været udsat for en mikrobiel nedbrydning. Fraktionen af kulstof, som tilføres HUM, ligger mellem 14 og 16 %. I dag afgasses en stor del af gyllen i biogasproduktion. I afgasset gylle må det antages, at en endnu større fraktion bør tilføres HUM puljen, da det organiske stof her har været udsat for yderligere mikrobiel nedbrydning. Dette bør undersøges.

4.5 Ler-indhold

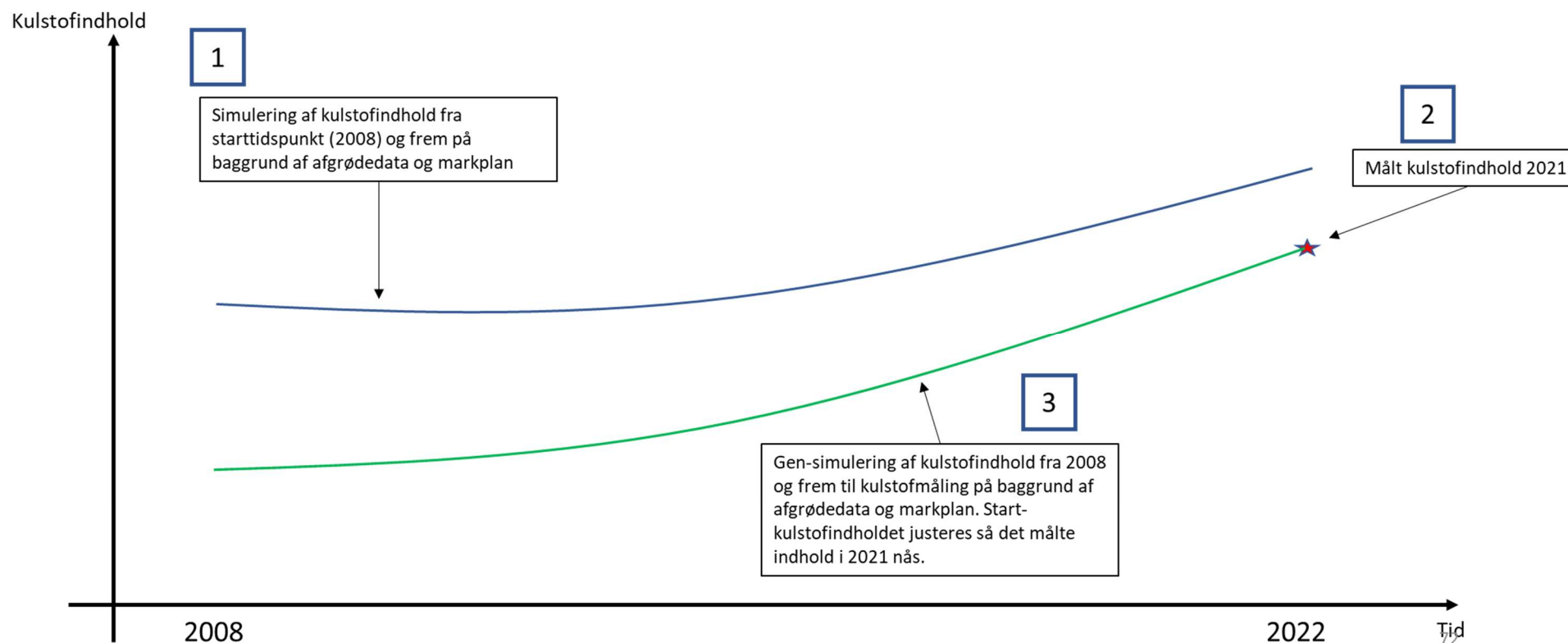
Lerindhold i over- og underjord trækkes fra typejordskortet.

Datagrundlag for anvendelse af C-TOOL til beregning af kulstoflagring	Ansvarlig	hevp
	Oprettet	07-11-2022
	Side	6 af 7

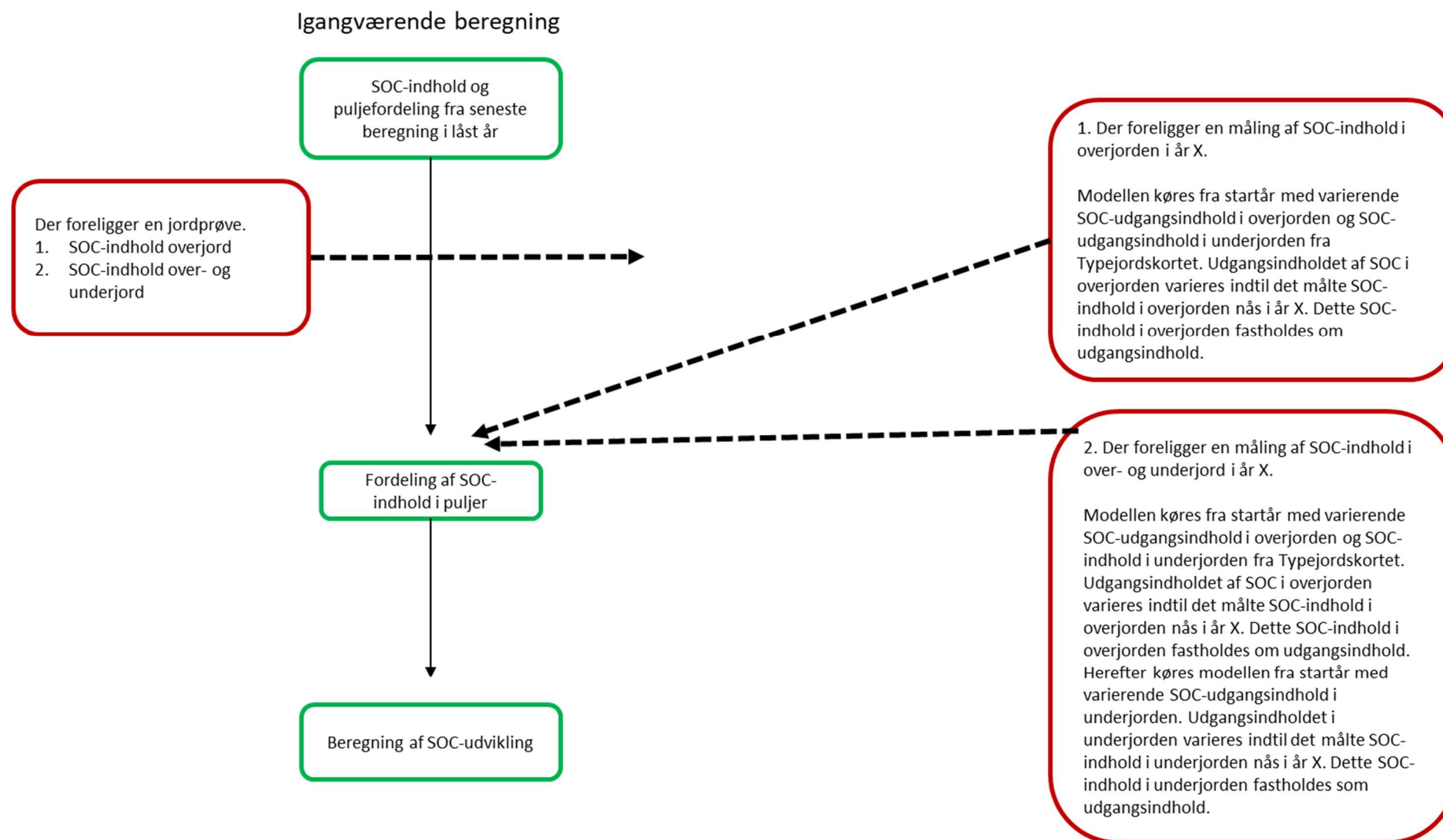
Projekt: 7854 – Mod en klimaneutral planteproduktion

5. Justering af modellering ved kulstofmåling

Det skal håndteres, at der foretages en måling af kulstofindholdet i jorden. Modelberegningen fra start og frem til kulstofmålingen gentages. I genberegningen justeres start-kulstofindholdet, således at det målte kulstofindhold nås med de allerede beregnede kulstofinput årene fra start til år for kulstofmåling. Fremgangsmåde illustreres i Figur



Figur 2. 1. Simuleret kulstofindhold i jorden med udgangspunkt i kulstofindhold trukket fra Typejordskortet. 2. Der foretages en måling af kulstofindholdet i aktuelle jord. 3. Der gensimuleres med registrerede aktivitetsdata fra start og et initielt kulstofindhold, så kulstofniveauet fra målingen nås.



Figur 3. Fremgangsmåde for håndtering af og korrektion ift. kulstofmåling i enten over- og underjord eller blot overjord.