



Forstå jordens kredsløb af kulstof og påvirkning på klimaet

Ny serie om kulstof: Nøglen til sund jord og klimahandling er kulstof. I denne artikel vil vi se nærmere på, hvad jordens kulstoflager konkret består af, hvor det kommer fra, og hvordan det vedligeholdes.

Af Nikolaj Jensen, senior-konsulent, Seges Innovation, tlf. 6071 4111, nije@seges.dk

Jordens indhold af organisk bundet kulstof har betydning for jordens sundhed og dyrkningssikkerhed. Derudover er jordens kulstoflager et vigtigt emne på klimadagsordenen, fordi det kan hjælpe med til at reducere det atmosfæriske CO₂-niveau og dermed bremse den globale opvarmning.

I denne artikel vil vi se nærmere på, hvad jordens kulstoflager konkret består

af, hvor det kommer fra, og hvordan det vedligeholdes.

Kulstof bevæger sig i evige kredsløb

Grundstoffet kulstof er centralt for alt liv på jorden, fordi det er byggestenen i alle organiske molekyler. Verdens kulstofatomer er på konstant rejse i kortere eller længere kredsløb mellem atmosfæren, planter, dyr eller mennesker og jorden.

Når planterne vokser på marken, optager de kulstof i form af CO₂ fra atmosfæ-

Humuspuljen er svært tilgængelig for jordens organismer, og nedbrydningen sker derfor meget langsomt. Derfor er jordens humuspulje interessant i det langsigtede perspektiv for jordsundheden og klimaet.

ren via fotosyntesen. Noget af kulstoffet frigives hurtigt til atmosfæren som CO₂ gennem plantens respiration. Resten indgår i plantens vækst, og når planten høstes og bruges som mad eller foder, frigives dette kulstof som CO₂ gennem respiration fra dyr og mennesker, og vender tilbage til atmosfæren inden for et år.

Den del af kulstoffet der ikke høstes, vil indgå i jordens kulstof-kredsløb, som er vist og forklaret i figur 1. Når kulstof fra planterester bliver omsat i jorden, frigives det meste

Dette er den første af fem artikler i serien 'Kulstof i Centrum' fra Seges Innovation. Serien fortæller om kulstof i jord fra de grundlæggende begreber til den praktiske betydning i marken. I de kommende numre af MARK bringes følgende emner: 1. Kulstof og jordens sundhed. 2. Måling og modellering af kulstof. 3. Langtidseffekter af kulstoflagring. 4. Forvaltning af biomasser. Foto: Janne Aalborg Nielsen.

som CO₂ og ender sit kredsløb tilbage i atmosfæren inden for et år. Dog overgår en mindre del af kulstoffet til en ny pulje af mere stabile kulstof-forbindelser, kaldet humus.

Humus er interessant

Humuspuljen er svært tilgængelig for jordens organismer, og nedbrydningen sker derfor meget langsomt. Kulstofforbindelserne i humuspuljen har halveringstider fra få år og helt op til 1.000 år, så det tager lang tid for kulstoffet at vende tilbage til atmosfæren herfra. Derfor er jordens humuspulje interessant i det langsigtede perspektiv for jordsundheden og klimaet.

Humuspuljen indeholder langt mere kulstof end puljen for friskt organisk materiale. Faktisk udgør humus 80-90

procent af jordens organiske materiale. Men på grund af forskellene i omsætningshastighed kommer 75-80 procent af jordens kulstoffab som CO₂ fra omsætningen af friskt organisk materiale, mens kun 20-25 procent kommer fra humuspuljen.

Hvad er humus?

Humus er en bred, samlet betegnelse for stabile kulstof-forbindelser i jorden.

Stabiliteten kan skyldes flere forskellige ting: Der kan være biomolekyler, der i sig selv er svært nedbrydelige - som lignin fra planternes cellevægge. Men stabiliteten kan også opstå i form af en fysisk/kemisk beskyttelse i samspil med jordens partikler og mikroorganismer. Det kan for eksempel være ved indkapsling af kulstofforbindelser i jordaggregater, så de bliver svært tilgængelige for nedbrydning. Eller ved at kulstof 'fanges' i døde mikroorganismer, der klistrer sig til jordens lerpartikler.

Humus er derfor ikke et enkelt stof, som kan beskrives med en simpel kemisk for-

Regneeksempel: Fra humusprocent til ton kulstof per hektar

- 1) Beregn jordvolumen i én hektar overjord: Volumen = $10.000 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ m} = 2.500 \text{ m}^3$ jord pr. ha.
- 2) Beregn overjordens masse i ton: Masse = $2.500 \text{ m}^3 \times 1,460 \text{ ton/m}^3 = 3.650 \text{ ton}$ jord per ha.
- 3) Beregn jordens andel af humus i ton: Humusmængde = $3.650 \text{ ton} \times 3\% = 109,5 \text{ ton}$ humus per ha.
- 4) Beregn kulstofmængden i humus: Kulstofmængde = $109,5 \text{ ton} \times 58\% = 63,5 \text{ ton}$ kulstof per ha.

Forudsætninger: Humus: 3%. Jordens volumenvægt: 1.460 kg/m^3 . Dybde: 0,25 meter (overjord). Humus indeholder 58% kulstof.

dens kulstofindhold, skal man derfor gange humusindholdet med en faktor på 58 procent (se regneeksempel i boks).

Udvikling jordens kulstof

Foruden jordens aktuelle kulstofindhold kan man også være interesseret i at give et bud på udviklingen af jordens fremtidige kulstofindhold.

Jordens kulstofniveau balanceres mellem input fra plantemateriale og organisk gødning og tab som CO₂ via omsætningen i jorden. Hvis kulstof-inputtet er lavere end den mængde, der frigives fra omsætningen, falder jordens kulstofindhold. Omvendt stiger det, hvis inputtet er højere end omsætningen. Da omsætningen i jorden er afhængig af kulstofpuljens størrelse, vil der over tid indstille sig en ligevægt imellem tilførsel og tab.

Der kan gå mellem 40 og 100 år, fra man ændrer forvaltningen af sine kulstofressourcer, til jorden når en ny kulstofbalance. Måler man kulstofindholdet med jordprøver fra år til år, kan det derfor være svært at se effekten. I stedet kan man bruge IT-baserede kulstofmodeller, der ud fra oplysninger om dyrkningspraksis, jordtype og klima kan forudsige de langsigtede effekter af ens kulstof-forvaltning i marken. I figur 2 ses et eksempel på en modellering af to forskellige scenarier.

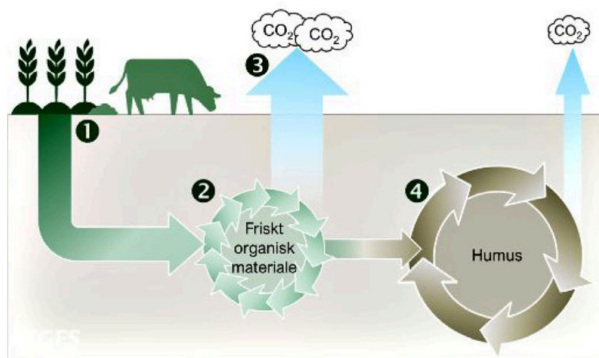
mel. Men snarere en kompleks blanding af organiske forbindelser, der varierer betydeligt i sammensætning og stabilitet.

Bestem kulstof i jorden

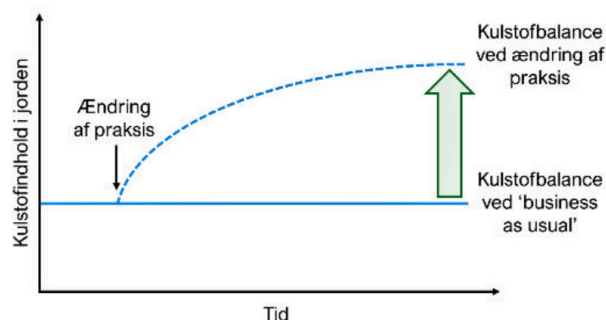
Jordens kulstofindhold kan bestemmes ved en jordprøve. Oftest vil man få resultatet som en humusprocent.

Som nævnt ovenfor er humus en blanding af biomolekyler og består af organisk bundet kulstof, det vil sige kulstof, som er forbundet med brint, ilt, svovl, fosfor og nitrogen.

Det kan antages, at kulstof udgør cirka 58 procent af humus. Ønsker man at finde jor-



Figur 1. Jordens kulstofkredsløb. 1: Jorden modtager kulstof fra planterester (rødder, stub, halm) og husdyrgødning. 2: Planteresterne indgår i en pulje af friskt organisk materiale i jorden, der er lettilgængeligt for jordens organismer (høj omsætningshastighed). 3: Når kulstoffet i puljen bliver omsat, frigives det meste som CO₂ og ender sit kredsløb tilbage i atmosfæren (Puljen har en halveringstid på et år). 4: Dog overgår en mindre del af kulstoffet til en ny pulje af mere stabile kulstofforbindelser, også kaldet humus.



Figur 2. Den mulige ændring i jordens kulstofindhold ved ændring af praksis. Den grønne pil angiver potentiallet for øget kulstoflagring i jorden med praksisændringen.