

Kompost til økologisk planteavl



Her i kompostuniverset kan du blive klogere på komposts som kilde til plantenæringsstoffer til økologisk planteavl og dets betydning for klimaet. Du finder også praktiske vejledninger i at lave din egen kompost.

☰ Introduktion

☰ Komposteringsprocessen

☰ Næringsstoffbalancer ved gødsning med kompost

☰ Relevante biomasser til kompost

TEKNIKKER TIL OPLÆGNING AF MILER

☰ Teknikker til gårdoplægning af miler

☰ Guide til oplægning af miler på større pladser

ØKONOMI

☰ Økonomi ved brug af kompost

☰ Kulstof i komposteringsprocessen

☰ Komposts betydning for kulstofbalancen i jord

☰ Kulstof i jord og klimatilpasning

☰ Kompost og klima

Introduktion

Gødning med kompost kan have positive effekter på afgrødeproduktion. Særligt for landmænd uden husdyrbrug kan kompost være en oplagt kilde til næringsstoffer, og kompostering giver mulighed for, at biomasser fra bedriften og have- og parkaffald kan blive en del af forsyning af næringsstoffer til økologisk planteavl og bidrage til at opbygge jordens fertilitet.

Her på siden finder du informationer om de praktiske muligheder for gårdoplægning og udbringning af kompost samt om de konsekvenser, tilførsel af kompost har for jord, afgrøder klima og næringsstofbalancer.





STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug


CONTINUE

Komposteringsprocessen

Generelt om kompostering

Kompostering er en biologisk nedbrydning af organisk materiale under tilstedeværelse af ilt. Under komposteringsprocessen omsætter mikroorganismer organisk materiale og producerer kuldioxid, vand, varme og organiske forbindelser.

Omsætningen følger nedenstående grundlæggende ligning, hvor indholdet af mikroorganismer i den aktive komposteringsfase kan være op til en million gange højere end i jord, eller cirka en milliard mikroorganismer per gram kompost.

 Organisk stof + mikroorganismer + ilt => omdannet organisk materiale + næringsstoffer + mikroorganismer + varme + kuldioxid/metan

Vigtige forhold for komposteringsprocessen

En komposteringsproces er en biologisk proces, der er betinget af, at en række forhold er til stede. Blandt andet skal følgende overordnede forhold være optimerede, for at der opnås en hurtig og effektiv kompostering ved høj temperatur med hygiejnisering:

- Højt indhold af let omsætteligt organisk stof (C/N 15-30) og tilstrækkelige mængder makro- og mikronæringsstoffer til at nære bakterievæksten under komposteringen

- Strukturmateriale, som sikrer massen en høj porøsitet og dermed iltindhold (min. 30 % poreluft/densitet max 700 kg/m³)
- Højt vandindhold, så bakterier og svampe kan leve i hele forløbet (50-60 %)

Mikroorganismene har optimale forhold, når de ovenstående forhold er opfyldt. Komposteringsprocessen gennemløber 3 faser, hvori forskellige samfund af mikroorganismer dominerer:

De 3 faser i komposteringsprocessen

1

Den mesofile fase (moderat temperatur), der varer i et par dage.

2

Den termofile fase (høj temperatur), der kan vare fra nogle få dage til flere måneder.

3

Køle- og modningsfasen, der kan vare i flere måneder.

Komposteringen starter – den mesofile fase

I starten af komposteringsforløbet nedbrydes de opløselige, let nedbrydelige organiske stoffer hurtigt af mesofile mikroorganismer. Nedbrydningsprocessen frigiver energi som får temperaturen i komposten til at stige.

Hygiejnisering - den termofile fase

Termofile mikroorganismer erstatter mesofile mikroorganismer efterhånden som temperaturen stiger fordi de mesofile mikroorganismer bliver mindre konkurrencedygtige ved høje temperaturer. Når mikroorganismer har optimale betingelser, sker komposteringen hurtigt, og der frigives så meget energi, at temperaturen i komposten stiger til over 70 °C i den termofile fase.

I den termofile fase fremskynder høje temperaturer nedbrydningen af proteiner, fedtstoffer og komplekse kulhydrater, som f.eks. cellulose og hemicellulose, som er blandt de større strukturelle molekyler i planter.

De høje temperaturer, der opnås i den termofile fase, resulterer i, at en række mikroorganismer i vækstfasen og patogener, parasitter og miljøfremmede organiske stoffer nedbrydes.

Mikroorganismer og stoffer, der nedbrydes i den termofile fase:

- Smittestoffer, herunder bakterier, virus og parasitter, uskadeliggøres i stor udstrækning på grund af den høje temperatur i kompostmassen og på grund af enzymatisk nedbrydning
- Nogle miljøfremmede organiske stoffer, biocider og lægemiddelrester nedbrydes enzymatisk på linje med andet organisk stof i kompostmassen
- Det samlede tørstofindhold reduceres ved nedbrydningen af det organiske materiale, og vandindholdet reduceres gennem fordampning i forbindelse med temperaturstigningen
- Nogle mikroorganismer i hvilefase bliver nedbrudt afhængig af sporestadiets følsomhed overfor temperatur
- Levende snegle af typen iberisk skovsnegl, "dræbersnegl", samt disses æg vil ikke kunne overleve et kontrolleret komposteringsforløb, hvor temperaturen i længere perioder er 55-60°C

OBS: Hold temperaturen under 65 °C ved at belufte og/eller vende komposten

Høje temperaturer i den termofile fase, reducerer antallet af spiredygtige ukrudtsfrø, men temperaturer over ca. 65 °C dræber også mange former for mikrober, inklusiv de mikroorganismer, der er vigtige for omsætningen af det organiske materiale, og dermed begrænses også nedbrydningsgraden. Under komposteringsforløbet stræbes der derfor mod at holde temperaturen i komposten under 65 °C. Det kan gøres ved at vende komposten.

Eftermodningsfasen

Komposttemperaturen falder gradvist efterhånden som mikroorganismene opbruger mængden af højenergi-forbindelser, og til sidst tager de mesofile mikroorganismer igen over for at nedbryde det resterende organiske materiale i afkølings- og eftermodningsfasen.

I kølingsfasen får svampene en større rolle, hvor de hjælper med nedbrydningen af blandt andet lignin. Afbrydes komposteringen for tidligt, vil komposten alligevel langsomt modnes i eftermodningsfasen. Eftermodningsfasen er altså afgørende, idet kompostens modenhed er et udtryk for, hvor omsat kompostsubstraterne er. Indholdet af organisk stof i en færdigmodnet kompost er typisk under 30%.

Færdig kompost

Indholdet af mikroorganismer i den aktive komposteringsfase kan være mange gange højere end i jord, eller ca. 109 pr. gram kompost.

Ved udbringning på landbrugsjord vil det organiske stof og bakterier langsomt nedbrydes, og indholdet af næringsstoffer vil frigives. Dog vil mikroorganismer i jorden suge næringsstoffer fra jordvæsken til sig ved omsætning af kompostens kulstof. Derfor er balancen imellem kulstof og kvælstof og dermed modenheden af komposten afgørende for gødningsvirkningen af komposten i de første år efter udbringning.

Komposten er i høj grad fri for spiredygtige ukrudtsfrø, men opbevares komposten i markstak over længere tid, er overdækning af hensyn til at undgå at luftbårne frø slår sig ned i massen og begynder at spire. Samtidig undgås tab af kalium fra komposten.

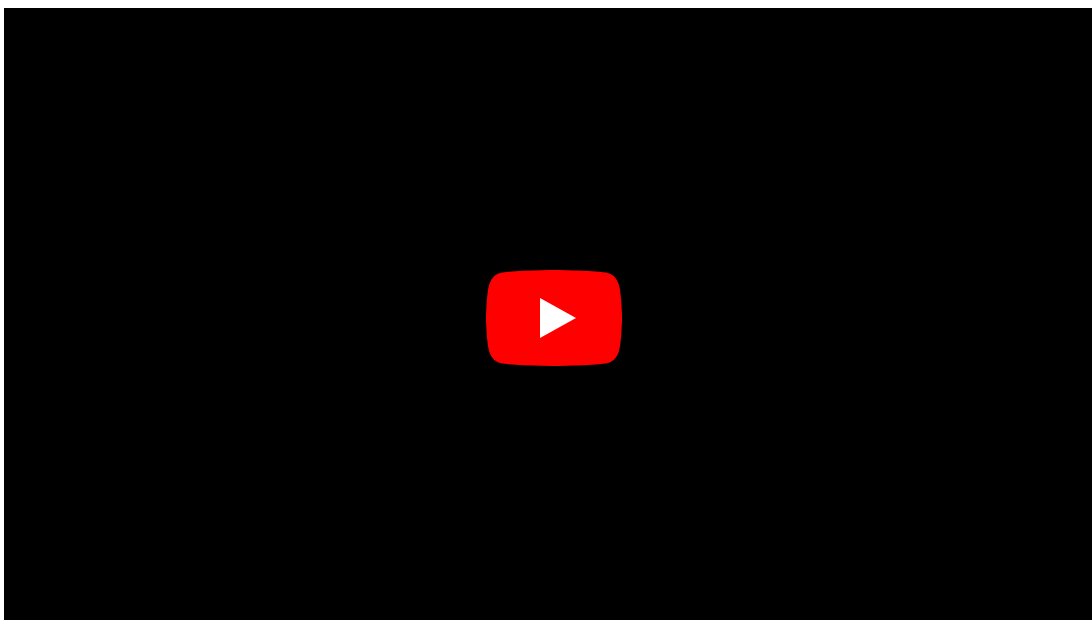
CONTINUE

Næringsstofbalancer ved gødskning med kompost

Kompost er en god kilde til næringsstoffer i økologiske sædskifter, og en analyse foretaget af Innovationscenter for Økologisk Landbrug viser, at kompost både kan bidrage med gode mængder fosfor, nitrogen og kalium til bedriften. Her får du overblik over, hvilke muligheder kompost giver, og hvad du skal være opmærksom på, når du anvender kompost.

Analysen af næringsstofs balancer er baseret på udbringning af 18 tons kompost per hektar på en jord med 15% ler hvor der avles byg, og hvor halmen fraføres ved høst. Kompostudbringning kan give udfordringer med fosforlofter, men ved udbringning af 18 tons gennemsnitlig kompost per hektar kommer man under udbringning af 30 kg fosfor per hektar. Samtidigt bidrager 18 tons kompost per hektar med betydelige mængder kvælstof og kalium. Vi beskriver i detalje hvordan nedmuldning af halm eller planteavl på mere sandede jorde vil rykke de udregnede balancer i de følgende kapitler

 YOUTUBE



Brug 17-18 tons kompost pr. ha

Hvor meget kompost skal der til for at gøde jorden? Bliv klogere i denne video. Videoen er produceret af Joachim Kjeldsen i projektet Komposteret grøngødning støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

VIEW ON YOUTUBE >

Formålet med at gøde jorden med kompost er at sikre gode udbytter og sund jord. Ved brug af kompost opbygges puljer af næringsstoffer i jorden, men der ses sjældent første eller andet års effekter på udbytte. Der er derfor høj risiko for tab af næringsstoffer fra markfladen ved anvendelse af kompost hvilket kræver ekstra fokus på brug af efterafgrøder. Tildeling af kompost kan desuden have positive effekter på jordens struktur og frugtbarhed.

Hvad er kompost?

Kompost er en blanding af biomasse som er omsat ved iltrige forhold. Kompostering foregår typisk i stakke kaldet miler. Kompost fremstilles af forskellige næringsrige grønne og strukturgivende brune planterester. Grøn biomasse kan være slæt fra kløvergræs, afgrøde- eller efterafgrøde. Brun biomasse er typisk vedmasse som haveparkaffald leveret af kommunen.

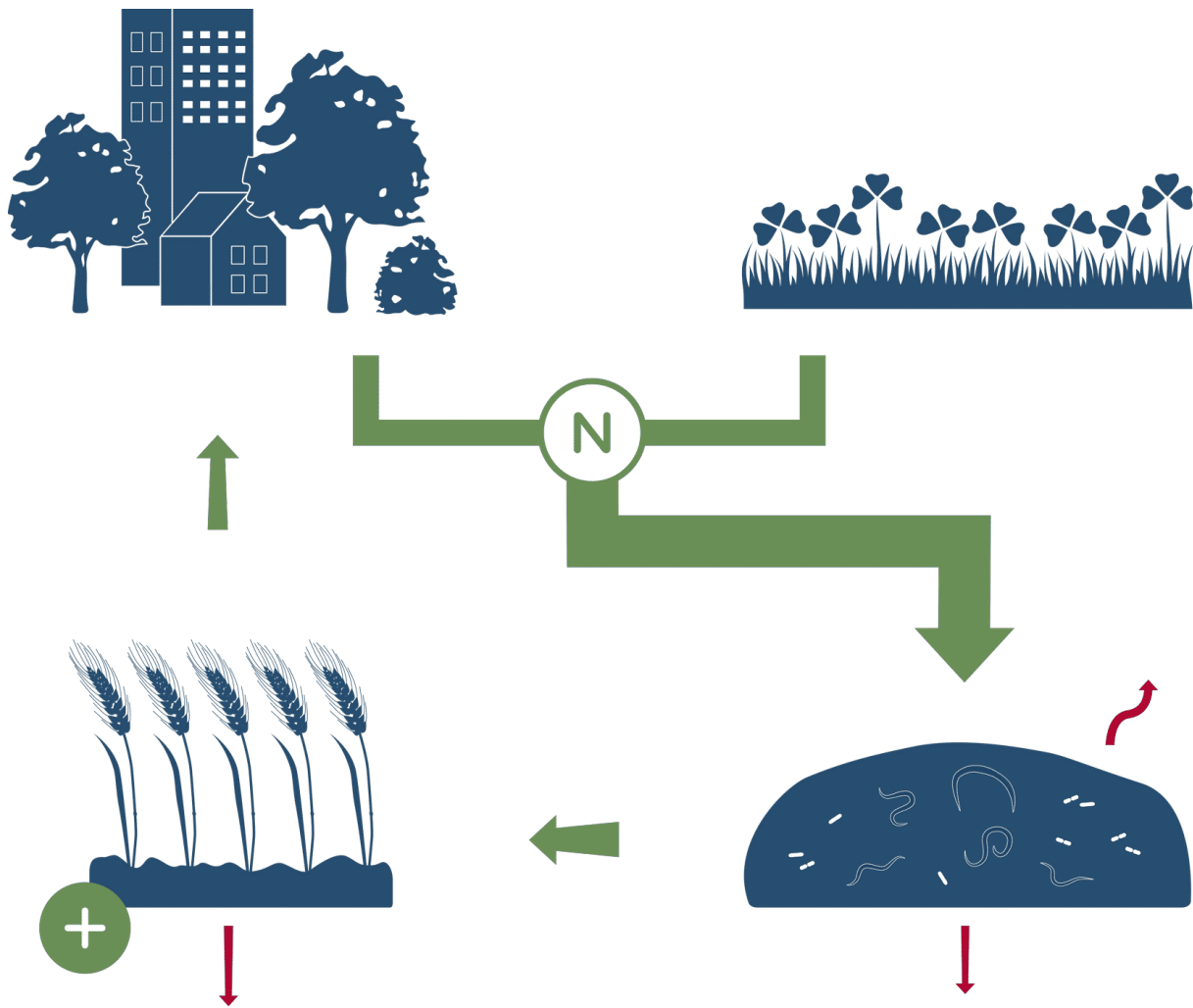




Nitrogen bliver først tilgængeligt efter en årrække med kompost

Vores analyse viser, at man ved brug af kompost tilfører 140 kg nitrogen per hektar ved udbringning af 18 tons kompost. Denne mængde nitrogen fører til et overskud på markbalancen, men hoveddelen af dette nitrogen bliver først tilgængelig for afgrøder efter en årrække. Flere danske forsøg på økologiske marker har vist, at førsteårs virkningen af nitrogen i kompost er meget begrænset. Ved mange års tilførsel af kompost opbygger man dog en pulje nitrogen, der løbende kan frigive plantetilgængeligt nitrogen hvis den ikke tabes imellem dyrkning af hoved afgrøderne.

Analysen viser også, at der tabes en betydelig mængde nitrogen ved kompostering. Nitrogen tabes som ammoniakfordampning, lattergasfordampning og nedsivning af nitrat fra komposten. Overdækning, vending og fast underlag er alle faktorer, som har indflydelse på størrelsen af tabet. Det er specielt problematisk, hvis jorden er uhomogen eller kompakt, for så kan nitrogen mistes som klimagastung lattergas.

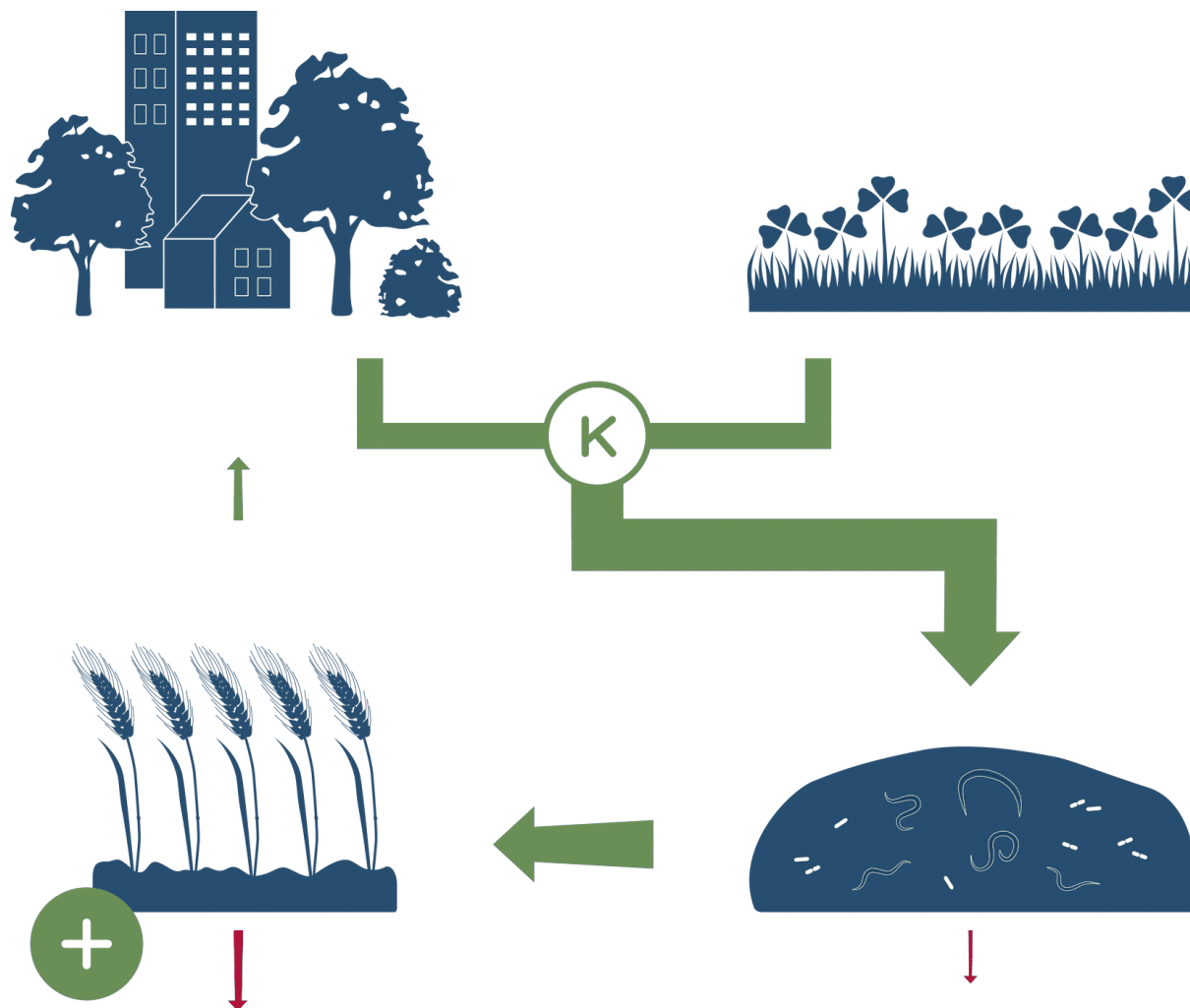


Grafikken viser plantenæringsstoffet nitrogens kredsløb ved brug af have/park affald og kløvergræs. Størrelserne af pilene reflekterer størrelsen af flowet. Grønne pile viser flytning videre i systemet og røde pile viser tab. Plusset ved bygmarken viser at der opbygges en pulje af nitrogen i jorden.

Kompost er en god kilde til kalium

Specielt hvis kompostmilen delvist overdækkes, så man undgår udvaskning. Dog kan et stort overskud af kalium give risiko for magnesiummangel. Det kan afhjælpes ved at inkludere kløvermarker i sædskiftet. Komposttilførsel er en oplagt måde at tilføre kalium til kløvergræsmarker på og giver blandt andet mulighed for at bruge værdifuld husdyrgødning til andre afgrøder, hvor der er bedre udnyttelse af nitrogen. For kvægbrug kan det være oplagt at dele denne husdyrgødning med planteavlere i nærheden.

Kalium udvaskes på sandjord, hvilket resulterer i et mindre overskud på markbalancen. Specielt på sandjord kan kompost derfor være en god kilde til kalium i gødningsplanen.

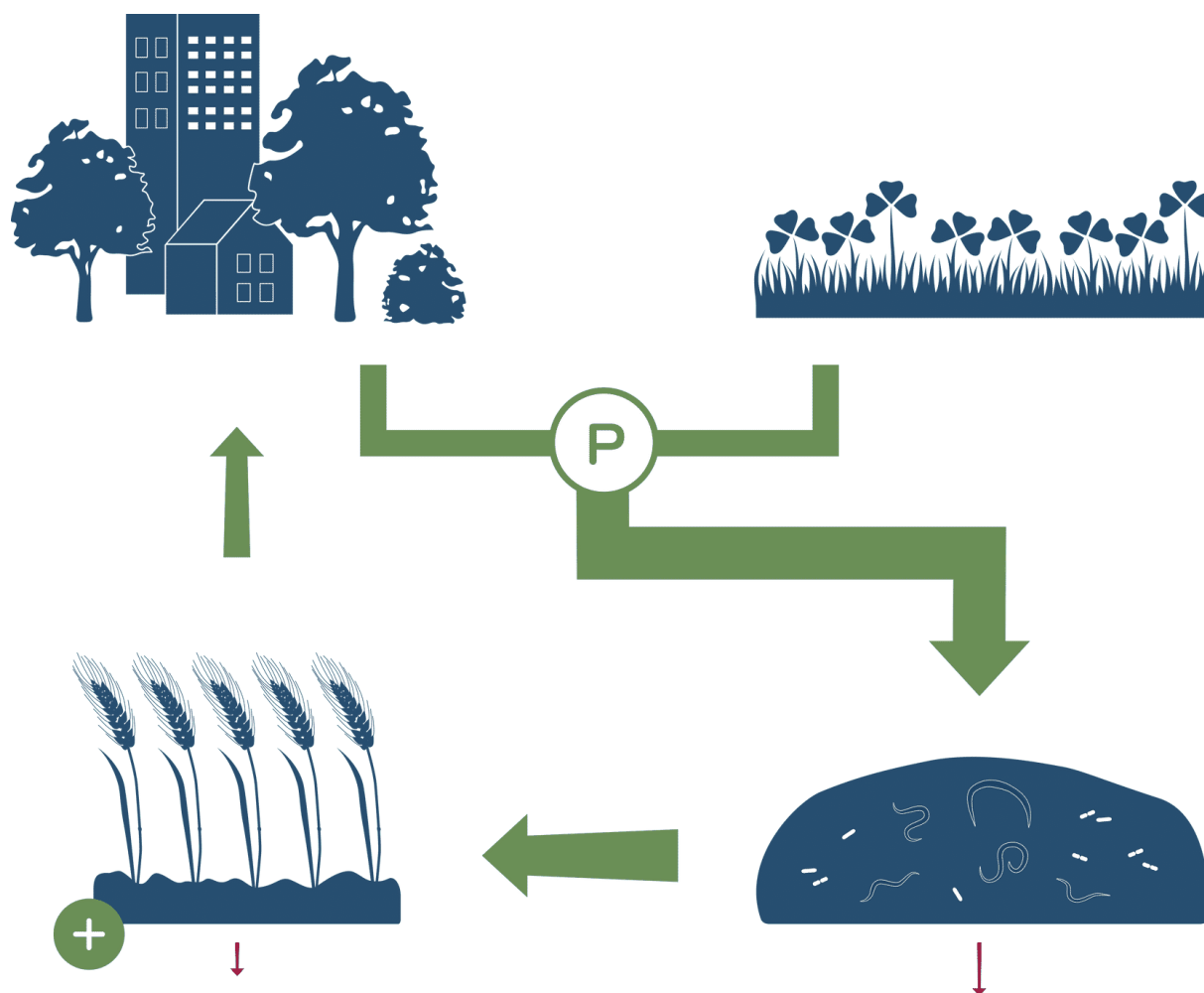


Grafikken viser plantenæringsstoffet kaliums kredsløb ved brug af have/park affald og kløvergræs. Størrelsesen af pilene reflekterer størrelsen af flowet. Grønne pile viser flytning videre i systemet og røde pile viser tab. Plusset ved bygmarken viser at der opbygges en pulje af kalium i jorden.

Kompost er en god kilde til opbygning og vedligehold af fosforpuljen

Vores beregninger viser at tildeling af gennemsnitlig kompost tilfører cirka 30 kg fosfor per hektar og dermed giver et overskud af fosfor til jorden. Kompost er derfor en god kilde til opbygning og vedligehold

af jordens fosforpulje til gavn for afgrøderne. Der er dog allerede store lagre af fosfor i nogle danske jorde, og man skal derfor være opmærksom på miljølovgivning og fosforlofter, når man tilføjer kompost.

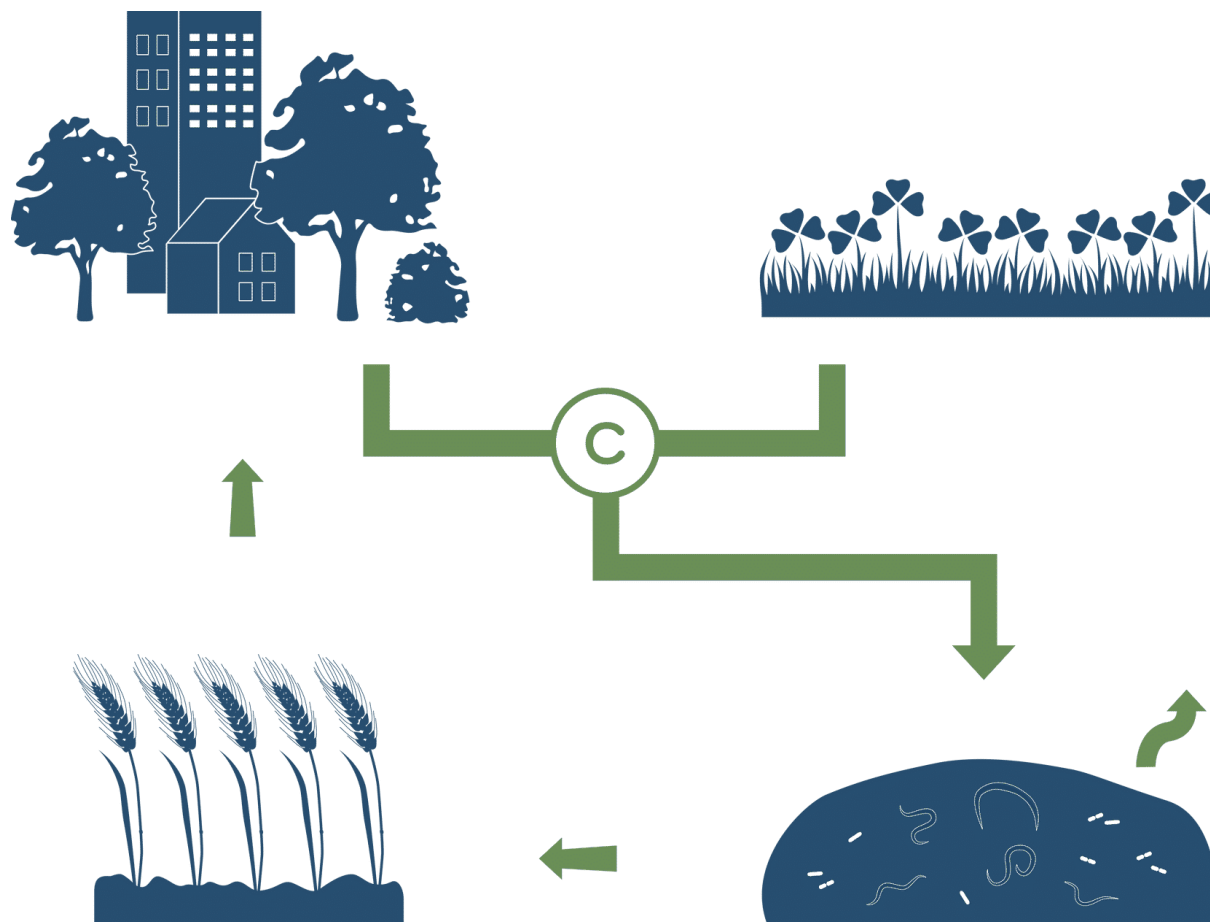


Grafikken viser plantenæringsstoffet fosfors kredsløb ved brug af have/park affald og kløvergræs. Størrelsen af pilene reflekterer størrelsen af flowet. Grønne pile viser flytning videre i systemet og røde pile viser tab. Plusset ved bygmarken viser at der opbygges en pulje af fosfor i jorden.

Kulstof opbygges eller vedligeholdes, når der gødes med kompost

Vi kender endnu ikke klimapåvirkningen, når vi gøder med kompost. Dog ved vi, at der tabes kulstof under komposteringen, og at der opbygges eller vedligeholdes kulstof i jorden, der bliver gødet med

kompost. Arbejdet med kulstofbalancer er kompliceret, og vi har en analyse på kulstofkredsløbet klar i løbet af 2023.



Grafikken viser kulstofs kredsløb ved brug af have/park affald og kløvergræs. Størrelserne af pilene reflekterer ikke størrelsen af flowet. Grønne pile viser tab og flytning videre systemet.

Litteratur

- *Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter, S.G Sommer, 2001*

- *Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban space, da Silva 2018*
- *Vandbalancer og nitrogenudvaskning på 4 jordtyper, Statens Planteavlsvforsøg, Sv. E. Simmelsgaard, 1985*
- *Landsoverervågningsoplande 2020, nr 472 DCE Blicher-Mathiesen et al., 2021*
- *Kompostanalyser lavet af Innovationscenter for Økologisk Landbrug 2020*
- *Rapport 112, Fodermiddeltabel, Dansk Kvæg, 2005*

CONTINUE

Relevante biomasser til kompost

Som udgangspunkt kan al organisk materiale komposteres, og komposten laves af en blanding af forskellige typer af biomasser.

Typisk består kompost af 50-60 pct. brun træstofholdig biomasse (f.eks. have-/parkaffald), 30-40 pct. grøn biomasse (f.eks. kløvergræs) og eventuelt 10-20 pct. let omsættelig og næringsrig biomasse (f.eks. dybstrøelse og madaffald).

Den træstofholdige biomasse er vigtig for at give struktur, og så bunken ikke klasker sammen.

Eksempler på de forskellige biomasser



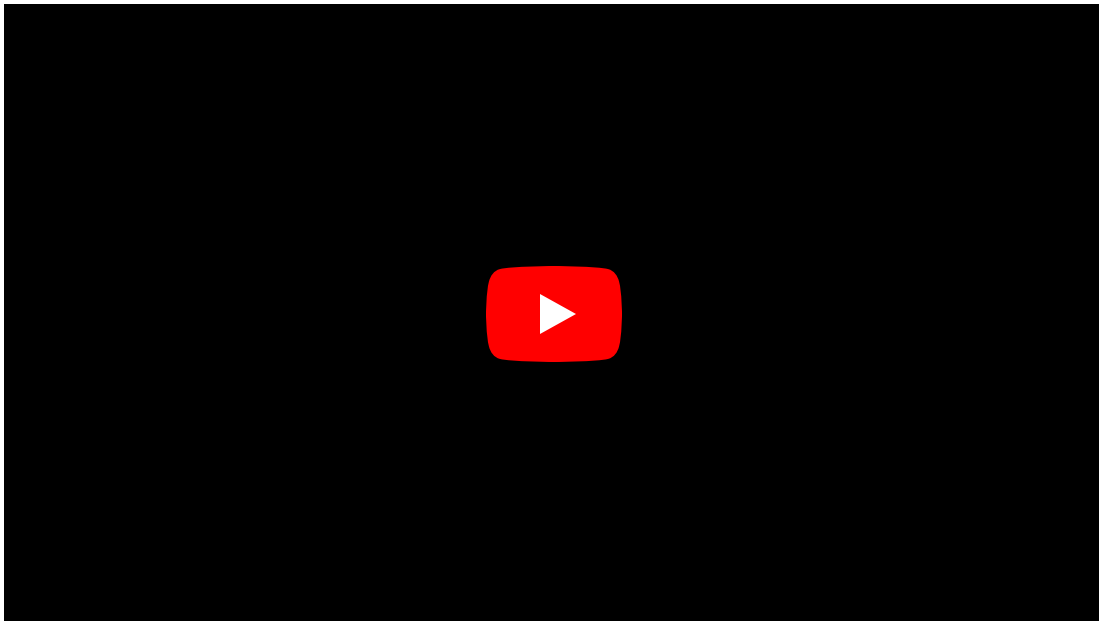
Brun biomasse: Have-/parkaffald, træflis fra skov, pil, afklip fra læhegn, bark, afklip fra brak eller naturarealer, men andre f.eks. tang eller materiale fra grødeskæring er også velegnet.



Grøn biomasse: Græs, kløver, frisk afgrøde- eller efterafgrøderester.



Let omsættelig/næringsholdig biomasse: Mad- og grøntsagsaffald, biogødning/slam (må ikke anvendes af økologer), husdyrgødning i form af fast møg, dybstrøelse eller gylle, restprodukter fra fødevarerindustrien. Bemærk: Tilføres husdyrgødning, så er der i Danmark krav om overdækning af stakken med dug.



Billige biomasser til kompost

Videoen er produceret af Joachim Kjeldsen i projektet Komposteret grøngødning støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

VIEW ON YOUTUBE >

Tilsæt moden kompost eller aktive mikroorganismer

Om muligt kan stakken efter oplægning afdækkes med ca. 10-15 cm moden kompost. Moden kompost indeholder en række mikroorganismer, der kan være gavnlige for komposten. Alternativt kan komposten tilsættes ekstrakt, også kaldet kompost-te, fra en moden kompost.

Der markedsføres desuden en række produkter med aktive mikroorganismer med forskellig sammensætning, som kan tilsættes for at optimere komposteringen.

CONTINUE

Teknikker til gårdoplægning af miler

Der er er grundlæggende 2 metoder at lave kompost. Med den ene metode vendes komposten ikke rundt efter milen er etableret (Mikrobiel Carbonisering (MC), og med den anden metode vendes komposten hyppigt (Controlled Microbiel composting - CMC).

Kompostering med hyppig vending af milen

Milen vendes typisk ca. 1 gang ugentligt de første 4 uger og herefter hver 10-14 dag indtil 6-8 uger efter oplægning. Komposteringsprocessen forløber forholdsvis hurtigt, og komposten kan typisk være færdig efter ca. 6-10 uger. Milerne oplægges i en højde og bredde, der passer til det udstyr, man anvender til at vende milerne - typisk en kompostvender.

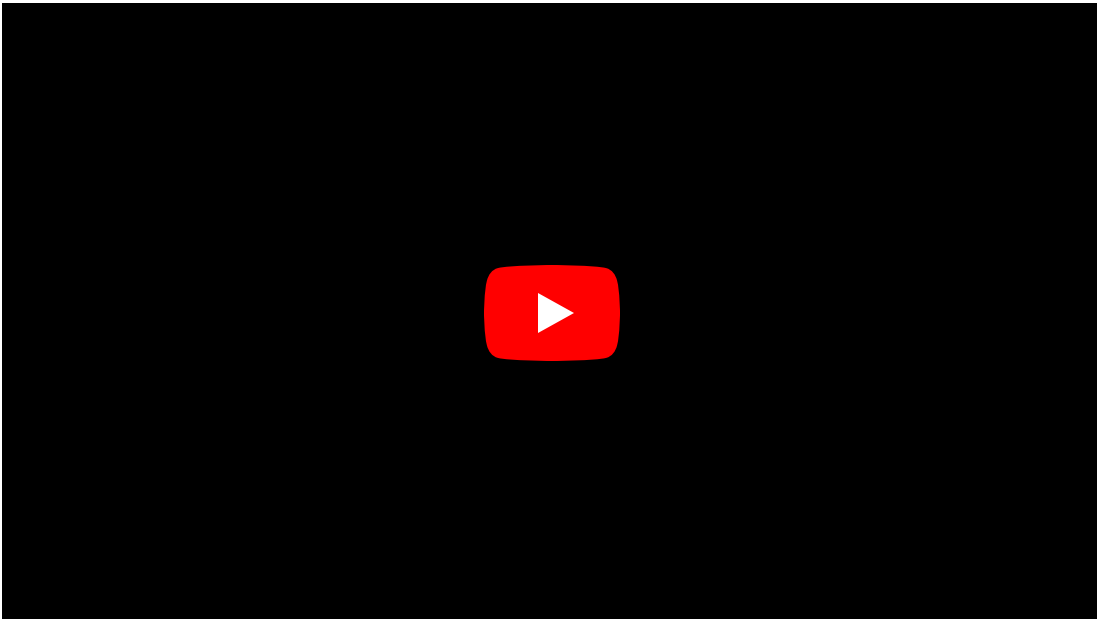


“Hvis man bare lagde kløvergræsset op, så ville det klaske sammen. Der er så meget væde i, og der er ikke særlig meget struktur. Når man blander have-/parkaffald og kløvergræs, så får vi strukturen fra have-/parkaffaldet, og så får vi samtidig den høje næringsstovværdi fra kløveren.”

- Morten Winther Vestenaa

Kompostering hvor milen ikke vendes efter oplægning

 YOUTUBE



Kompost - how to?

Uploaded by Innovationscenter for Økologisk Landbrug on 2023-12-12.

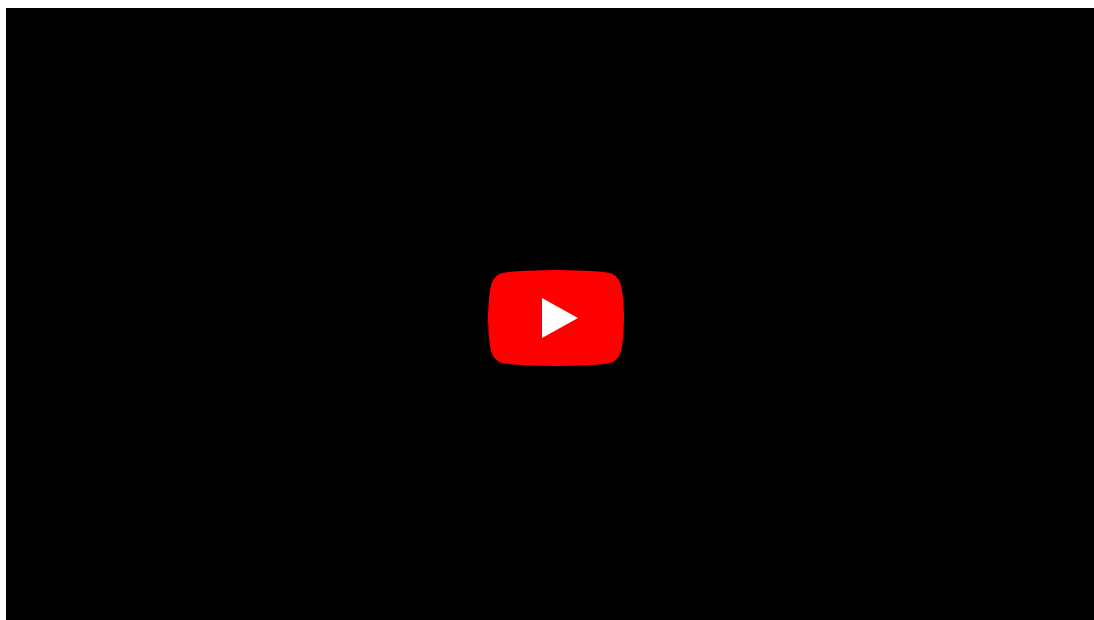
VIEW ON YOUTUBE >

Ved denne komposteringsteknik er det særligt vigtigt at få opblandet substraterne grundigt ved oplægning, og få milene lagt op i passende højde, bredde og form til at sikre et godt luftskifte i milen. Denne form for kompostering tager længere tid, og her skal komposten ofte ligge ca. 6-8 måneder inden komposten er færdig.

Teknikken er velegnet til at lave egen kompost hjemme på sin bedrift. Mileen kan lægges op med udstyr, der typisk findes på en gård - f.eks. en rendegraver eller en traktor med frontlæsser.

Det er vigtigt at tage højde for blandingsforholdet og sammensætning af de biomasser, man vil kompostere. Det sker ikke kun ud fra et ønske om næringsstofindholdet i den færdige kompost, men også af hensyn til strukturen i komposten.

 **YOUTUBE**



Byg en kompostmile

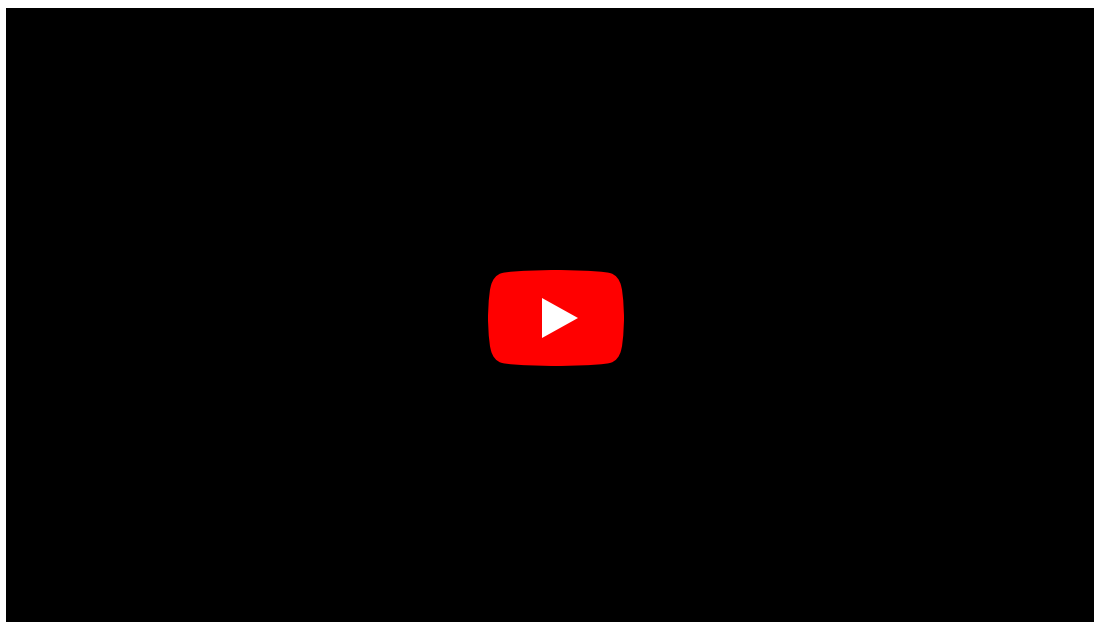
Hvad skal du tage hensyn til, når du bygger en kompostmøle? Få råd og vejledning i denne video. Videoen er produceret af Joachim Kjeldsen i projektet Komposteret grøngødning støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

VIEW ON YOUTUBE >

Få gang i komposteringen

For at få en god komposteringsproces er der brug for en god iltning i kompostmølen, og strukturen spiller en rolle for, at der er ilt til stede under hele komposteringsprocessen.

 YOUTUBE



Ilt i kompostmølen

Videoen er produceret af Joachim Kjeldsen i projektet Komposteret grøngødning støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

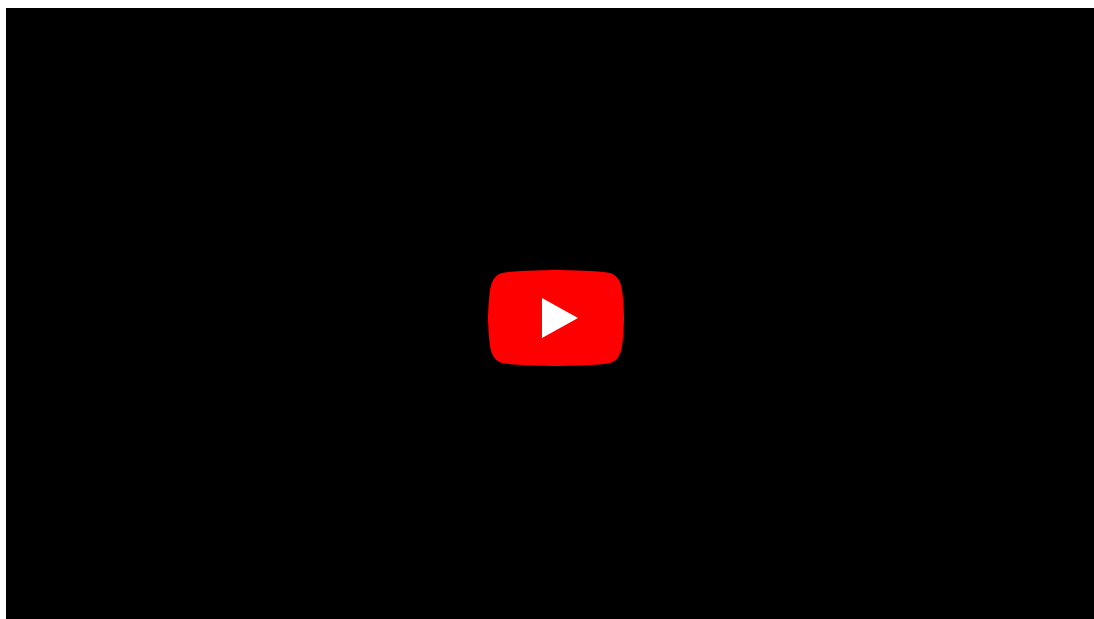
VIEW ON YOUTUBE >

Det er også vigtigt, at milen liggens op i passende højde og bredde. Er milen er for lille vil komposteringsprocessen ikke køre optimalt, da milen så ikke kan holde tilstrækkeligt på varme og vand. Er milen for stor, er det vanskeligt at sikre tilstrækkeligt luftskifte, og der opstår iltmangel i midten af milen.

En mile på 4-6 meters brede og ca. 2- 3 meter højde er ideel. Milen skal liggens op så tværsnittet af milen danner en trapez.

Kompostering med hyppig vending af komposten anvendes typisk på større komposteringspladser. Det gør man f.eks. på deponianlægget Klintholm I/S (se videoen herunder).

 YOUTUBE



Fra have/park-affald til næringsrig kompost til økologisk landbrug

Have/park-affald er en af de store bunker af næringsstofressourcer, som er tilgængelig for økologer. Og da vi mangler næringsstoffer i økologien, så vil vi gerne have det udnyttet, men vi vil også gerne have det udnyttet optimalt. For have/park-affald alene er ikke en speciel god gødning - heller ikke hvis du komposterer det.

[VIEW ON YOUTUBE >](#)

[CONTINUE](#)

Guide til oplægning af miler på større pladser

Kompostering på en kommunal plads giver mulighed for kompostering af store mængder biomasse.

Kompost af bl.a. have-/park-affald er interessant for økologer, da det er en af de ressourcer, som er let tilgængelig og findes i relativt store mængder. De opgjorte mængder varierer fra 730.000-831.000 tons pr. år. Selve komposteringsprocessen og iblanding af mere næringsrige biomasser, især med henblik på kvælstof, er dog vigtigt, hvis det også skal have en gødningsvirkning i marken.

De teknikker, som du kan læse om herunder, er anvendelige for dig som landmand, og kan med fordel udføres med brug af foderblander og gummiged/frontlæsser.

Teknikken, der beskrives i artiklen her, er testet på Klintholm I/S, som er et kommunalt affaldsselskab, som har milekompost-faciliteter.

Biomasserne bør testes for næringsstoffer og vandindhold

Biomasserne analyseres for indhold af næringsstoffer – især med henblik på fastsættelse af optimalt kulstof- til kvælstofforhold i blandingen som skal komposteres (C/N-forhold). Det er især vigtigt for den mikrobielle omsætning.

Vandindholdet i biomasserne skal være højt, så bakterierne kan dele sig under hele forløbet. Et vandindhold på 50-60% er passende. Det kan testes ved at presse blandingen i hånden. Hvis materialet falder fra hinanden, er det for tørt, og hvis det afgiver væske, er det for vådt.



Bunker af forskellige substrater (kløvergræsensilage, tang og neddelte have-parkaffald) ligger klar til blanding og kompostering. Foto: Sidsel Birkelund Schmidt

C/N-forholdet er vigtigt for komposteringen

Strukturigt materiale er også vigtigt, da det forhindrer milen i at falde sammen. Dog skal der ikke være alt for store grene eller hele halmstrå i milen. Sørg for, at det meste af materialet er neddelte/snittet til mindre end 45 mm stykker. Som udgangspunkt tilstræbes der 50% groft materiale i kompostblandingen.

Hvis milen falder sammen, så opstår der anaerobe, dvs. iltfrie, forhold i milen. Det er afgørende, at der er ilt til stede under hele komposteringsprocessen. På den måde kan du undgå, at der dannes metan og lattergas. Gå efter, at der opnås minimum 30% poreluft – svarende til en densitet på max 700 kg/m^3 i bunden af milen.

Strukturigt, træstof-/kulstofholdigt materiale bør blandes med friskt, grønt kvælstofholdigt materiale, så kompostblandingen får et passende C/N-forhold (C/N 15-30). I princippet kan næsten alle biomasser bruges til kompostering.

Eksempler på kulstofholdige materialer, der kan bruges til kompostering:

- Flis
- Snittet halm
- Have-/park-affald

Eksempler på kvælstofholdige materialer, der kan bruges til kompostering:

- Frisk eller ensileret kløvergræs
- Grønsagsaffald
- Madaffald (KOD)
- Tang

Opstart af kompostmilen

Biomasserne, der skal komposteres, skal blandes godt. Det kan med fordel gøres i en foderblender. Det er lettest at få blandingen ensartet, hvis du tilsætter det letteste materiale først, og dernæst det tungeste. Det er desuden en god idé at blande en biomasse for sig selv først, hvis den er meget heterogen (f.eks. madaffald (KOD)), så du ender med at blande ensartede biomasser efterfølgende.

Biomasseblandingen oplægges herefter i miler. Det kan med fordel gøres med en frontlæsser eller gummiged. Det bør tilsigtes, at milen danner en trapez-form, med en bredde på 5,5 m og højde på 2,75 m, med 8 m² i tværsnit.



Biomasserne skovles op i en foderblander med en gummiged, hvorefter de blandes. Foto: Sidsel Birkelund Schmidt

Biofilter af færdigmodnet kompost (sigterest)

Når blandingen er oplagt i en mile, begynder komposteringen, hvor mikroorganismene omsætter det organiske materiale. Det er en rigtig god ide at dække det øverste lag af milen med minimum 20 cm færdigmodnet kompost. Det fungerer som et biofilter, der kan fange fordampende gasser fra komposteringen. Efter hver vending skal der lægges en nyt lag biofilter af færdigmodnet kompost på minimum 20 cm ovenpå. Så det er en god idé at have adgang til en god mængde færdig kompost, eller gemme noget fra forrige kompostering, til næste gang.

Biofilteret består af færdigmodnet kompost, som indeholder aktive mikroorganismer, som kan omsætte metan og ammoniak. Et biofilter, der dækker milen, har altså en vigtig funktion i forhold til at reducere

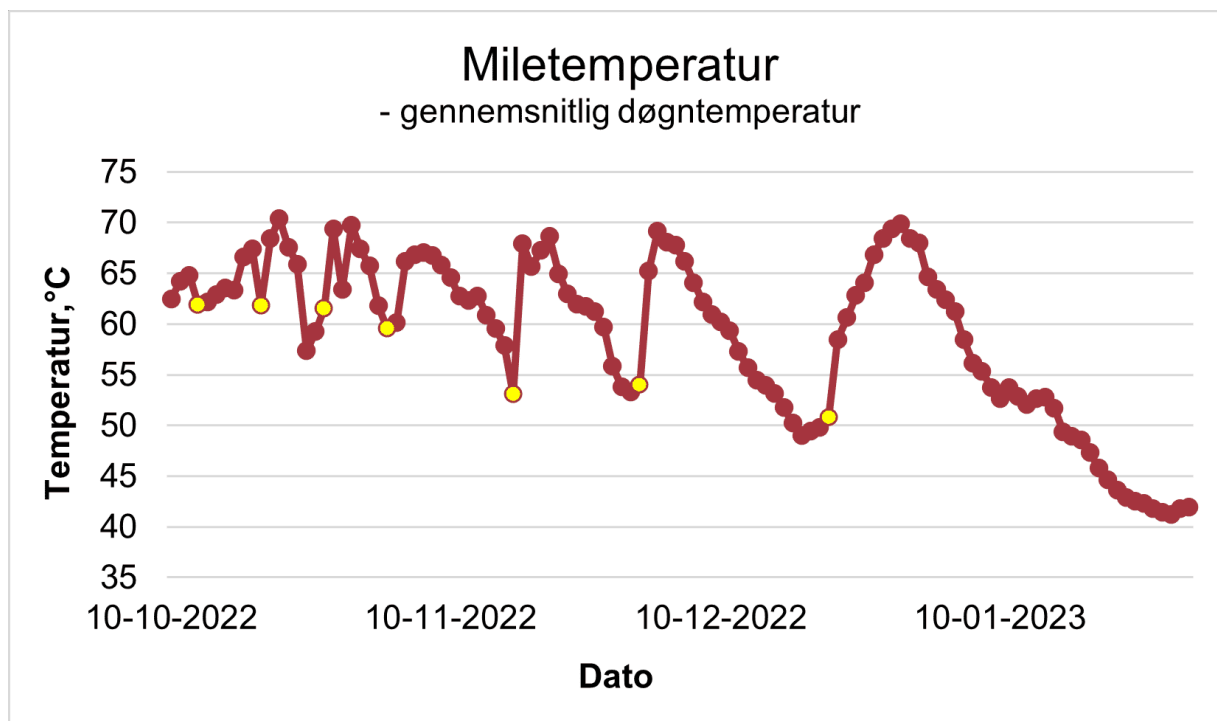
klima- og miljøbelastningen fra komposteringsprocessen. Biofiltre bruges også på lossepladser til afdækning af deponeret affald.

Biofilteret har også samme effekt som afdækning af en markstak. Det sørger for, at komposten ikke gennemvædes ved kraftig regn. Hvis regnvandet ikke løber godt af på milens overflade, er der risiko for at næringsstoffer, især kalium og nitrat, udvaskes.

Hold øje med temperaturen under kompostering

Når milen har været oppe på 70 °C, også bare kortvarigt, og helst hver gang efter vending de første 2-3 uger, har man fået dræbt ukrudtsfrø og patogene organismer. Temperaturen i stakken er et udtryk for varme fra aktiviteten af forskellige organismer.

Det er en rigtig god ide at holde øje med temperaturen undervejs i komposteringsforløbet, og bruge den som indikator for processens forløb. Gode termometre som kan bruges, er de samme som bruges i kornlagre. Nogle kan også kobles op til computer, så processen kan følges nøje.



Gennemsnitlig miletemperatur pr. døgn under komposteringsforløbet. De gule punkter angiver tidspunkterne for milevending.

Ved ca. 60 °C er der god omsætning i milen, men bliver det for varmt, f.eks. 75-80 °C, overtager de varmeelskende (hypertermofile) bakterier, og omsætningshastigheden reduceres væsentligt. Milen skal vendes jævnligt for at holde temperaturen omkring de 60 °C, hvor der er en god omsætning. Hvis milen er for tør, skal den også gerne vandes i forbindelse med vending.

Komposten vendes minimum 6 gange

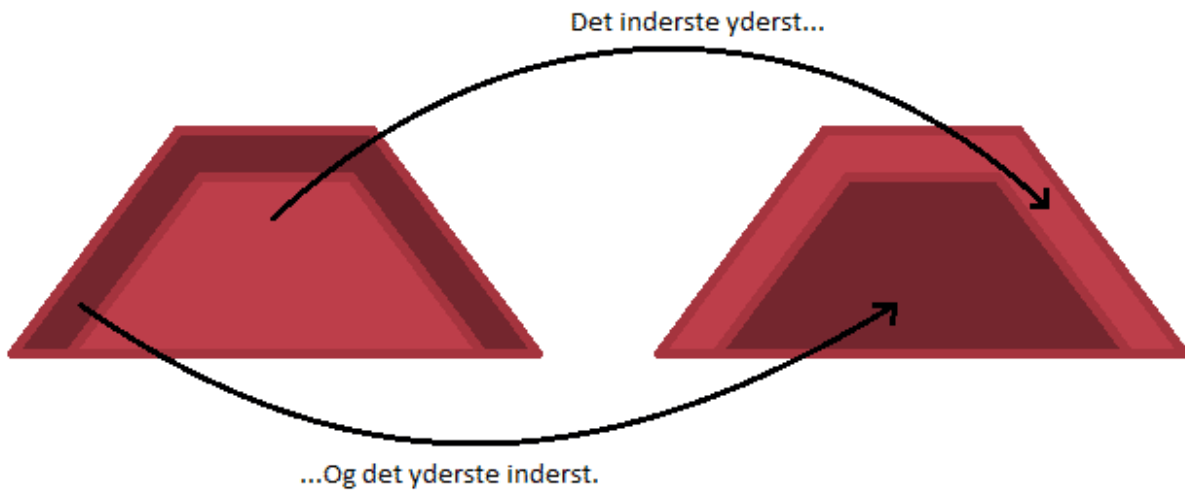
Vend milen en gang om ugen i de første 4 uger. Under vendingen er formålet at få materialet blandet godt rundt, så det yderste kommer inderst, det øverste nederst, osv. Det er også vigtigt at få løsnet eventuelle klumper. Vær opmærksom på aldrig at køre eller presse på milen.

Vendingen bidrager desuden til temperaturregulering, så varmeudviklingen i milen ikke løber løbsk. Temperaturen holdes så vidt muligt under ca. 65 °C.

Komposteringstiden er typisk 8-10 uger. Efter de første 4 uger med ugentlig vending, vendes der kun ca. hver anden uge. Ved afslutning af komposteringsprocessen undersøges kompostens farve, konsistens og temperatur. Er komposten sort, humus-agtig og omkring 40 °C eller derunder, er den færdigomsat.



Milen vendes, og det kræver en dygtig chauffør i gummigeden, til at få det yderste inderst og det inderste yderst. Foto: Sidsel Birkelund Schmidt



Vending af kompostmilen, "inside-out and outside-in", er vigtigt for at processerne forløber homogent i hele materialet. Vending kan foretages med gummiged, eller en milevender.



Færdigkomposteret mile, hvor temperaturen er fulgt under hele komposteringsforløbet med et temperaturspyd, der måler både temperaturen i midten og yderst i milen. Foto: Sidsel Birkelund Schmidt

Eftermodning sikrer en højere svampe/bakterie-ratio

Færdig omsat kompost kan med fordel ligge opbevaret frem til anvendelse, hvilket vil eftermodne komposten. Typisk udbringes komposten på marken i forår eller efterår, så med den korte komposteringstid efter denne metode og afhængigt af, hvornår man har de komposterbare biomasser til rådighed, vil man kunne opbevare og eftermodne komposten, frem til at den skal sorteres og udbringes.

Der er på det seneste kommet større fokus på vigtigheden af eftermodning af kompost. Temperaturen under den termofile fase skyldes primært bakteriel vækst, og når temperaturen falder, øges svampeaktiviteten, som ikke skaber samme varme. I eftermodningsfasen fremmer man altså nedbrydersvampenes vækst, hvilket resulterer i en mere færdigmodnet kompost, og en højere svampe/bakterie-ratio.

En spiretest kan afsløre om komposten er færdigmodnet. Det gøres ved at tage lidt af komposten og komme i et glas, tilsætte en smule vand og spiredygtige frø af f.eks. korn. Sæt låget løst på, stil det i vindueskarmen og hold komposten let fugtig under spiringen. Dårlig eller ringe spiring tyder på en umoden/dårlig fremstillet kompost, som kan indeholde fytotoksiner, der hæmmer frøspiring.



Vellykket spireprøve i færdigmodnet kompost. Foto: Karen Munk Nielsen

Sorter komposten inden anvendelse

Sorteringen er det sidste trin inden anvendelse af komposten. De grovere materialer, som sikrer at kompostmilen holdes porøs og aerob under komposteringsprocessen og eftermodningen, skal nu sorteres fra, så der opnås et rent og ensartet kompostprodukt. Især ved brug af have-/park- og madaffald, eller andre biomasser indeholdende f.eks. plast- og metalrester, er sorteringen vigtig.

Sortering kan udelades, hvis man ikke har adgang til sorteringsfaciliteter, eller har brugt helt rene biomasser (f.eks. flis/snittet halm eller kløvergræs), som er fri for førnævnte urenheder. Har du ikke selv en sorteringsmaskine til rådighed, så kan det være en mulighed at forhøre dig ved en lokal entreprenør eller hos kommunen, om der er mulighed for at leje sig ind. Vi anvendte et 15 - 25 mm sold, som sikrede et meget rent produkt.



Den færdige kompost sorteres på et 15-25 mm sold. Foto: Sidsel Birkelund Schmidt

Kompost er godt for jordfrugtbarheden

Kompost er utvetydigt godt for jordkvaliteten, især ved gentagen tilførsel over lang tid. Det har i dette forsøg ikke vist særlig stor kvælstofeffekt i forhold til høstudbytte i tildelingsåret, men komposten kan være en betydelig kilde til kalium og fosfor. Desuden forbedres jordstrukturen ved tilførsel af kompost, idet porøsiteten, og dermed også luftskiftet, øges, hvilket er vigtigt for planterøddernes respiration. Samtidig øges også vandretentionsevnen, så jorden bedre kan både afgive og holde på vand.

De aktive mikroorganismer i kompost bidrager til jordens frugtbarhed og omsætning af organisk materiale i jorden, så der er en god mineralisering og løbende næringsstoffrigivelse til planterne. Jordens kulstofindhold kan også øges gennem gentagende/årlig komposttilførsel, da de stabile kulstofforbindelser i komposten nedbrydes meget langsomt, og kompostudbringning er dermed et potentielt betydeligt bidrag til kulstoflagring i landbrugsjord.

Kontakt Sidsel Birkelund Schmidt, Innovationscenter for økologisk landbrug, sibs@icoel.dk, eller Per Haugsted Petersen, Rambøll, prp@ramboll.dk, hvis du er interesseret i mere viden om produktion af kompost, og det udstyr du skal bruge til komposteringsprocessen,

CONTINUE

Økonomi ved brug af kompost

8 parametre afgør økonomien i gødsning med kompost, og et simpelt værktøj giver dig indblik i, om kompost er relevant for dig set ud fra et økonomisk perspektiv.

Kompost som næringskilde er mere relevant for flere økologer end tidligere. Brancheanbefalingen på næringsstofområdet levner nu mindre plads til konventionel husdyrgødning i økologers gødningsplaner. Derfor kan det være aktuelt at kigge på alternative kilder til næringsstoffer. I den sammenhæng er kompost lavet på have-/parkaffald en relevant gødning. Der er meget af den, den indeholder næringsstoffer, og den er godkendt som gødning til økologisk jordbrug.

Haveparkaffald er tilgængeligt over hele landet

Kompost som gødningskilde kan måske betale sig, hvis du har begrænset adgang til kvælstof. Den største fordel ved komposteret have-/parkaffald er, at det typisk er tilgængeligt over hele landet. Du kan se konkrete forhandlere på [Øko Gødningsbørs](#).

Dog kan udgifterne i forhold til anskaffelse, transport og håndtering af komposten være en hindring. Derfor har vi regnet på både udgifterne og den næringsstofværdi, som du kan opnå ved at bruge kompost.

Nyt regneværktøj sætter pris på kompost

Beregningerne er baseret på standard transportpriser, på at have-/parkaffaldet er knust og sorteret til finstof, og på at det fås uden beregning.

Beregningerne i værktøjet indeholder:

- pris på have-/parkaffald
- pris for transport
- tid til oplægning
- tid til at vende komposten
- tid til at sprede det ud
- maskinomkostninger
- næringsstovværdi
- værdi af alternative K og P-kilder

Prisen for kvælstof i have-/parkkomposten ender på 16 kr. pr. kg total-N og 107 kr. pr. kg udnyttet N. Økonomien bliver bedre, hvis du samtidig har behov for at indkøbe kalium, som f.eks. Vinasse, da behovet mindskes betydeligt, når du gøder med kompost. Hvis prisen for indkøbt vinasse trækkes fra prisen for kvælstof, er priserne 5 kr. pr. kg total-N og 95 kr. pr. kg udnyttet N. Det kan derfor primært betale sig at bruge have-/parkkompost som gødningskilde, hvis du har begrænset adgang til kvælstof samt behov for at gødske med kalium.

Regn selv på økonomien ved brug af kompost

Prisen pr. kg. N er dog afhængig af, hvilke substrater du bruger i komposten og flere andre faktorer, som kan variere fra bedrift til bedrift. F.eks. har den mængde kompost, du laver, relativt stor betydning for prisen på de næringsstoffer, som du får ud af komposten. Det kan derfor være en god ide selv at regne efter med de priser, mængder og typer af substrater, som du har tilgængelig på din bedrift.

Værktøj til at beregne økonomi i kompost

Ansvar ved brug af værktøjet

Innovationscenter for Økologisk Landbrug påtager sig intet ansvar for tab, herunder driftstab, avancetab eller anden form for direkte eller indirekte tab ved anvendelse af dette værktøj eller tilknyttede

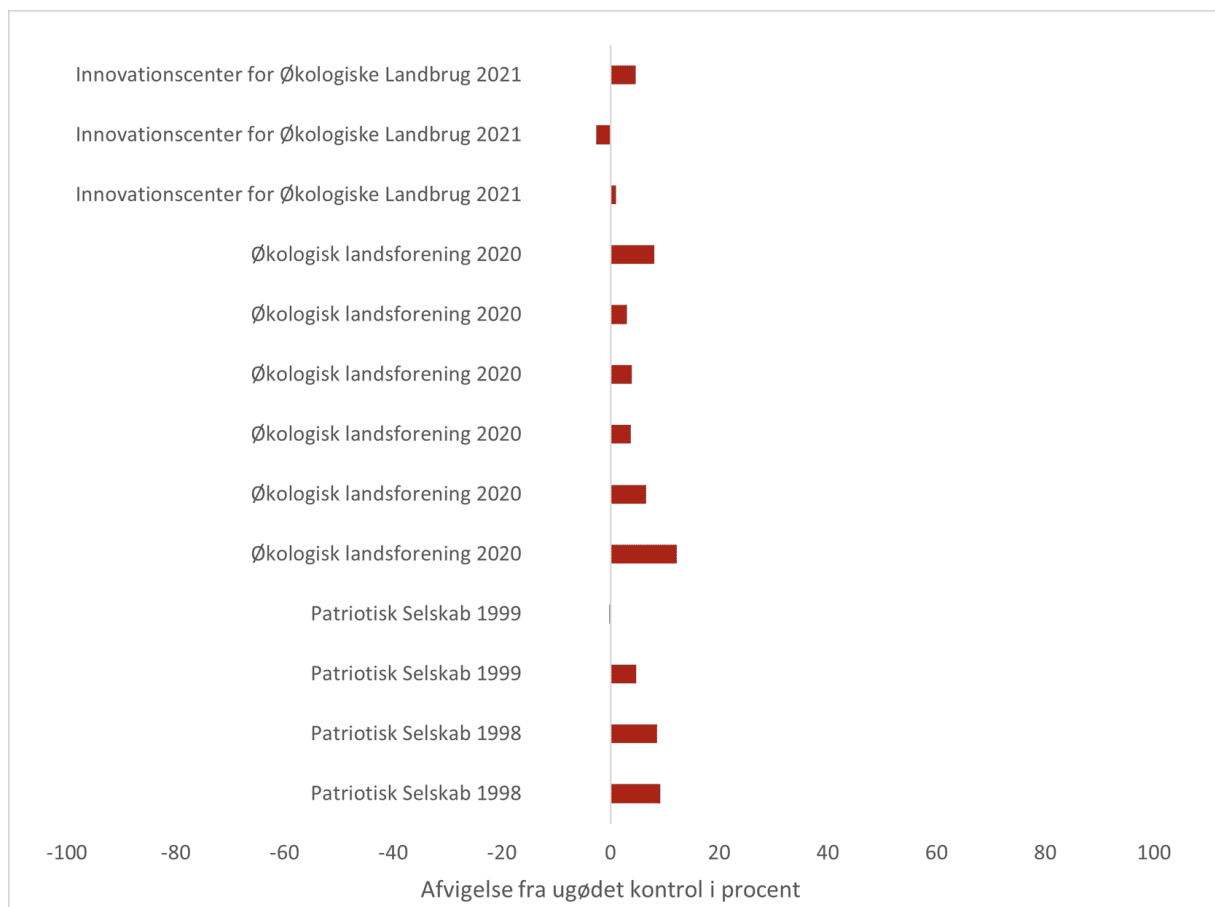
Kvælstofeffekten kommer ikke det første år

Have-/parkaffald har et højt indhold af både fosfor og kvælstof. Størstedelen af kvælstoffet er dog bundet i organiske forbindelser og dermed ikke tilgængeligt for afgrøderne. Samtidig er der meget kulstof i kompost, som kan betyde netto immobilisering af kvælstof. Dog vil komposten få et lavere indhold af kulstof i forhold til kvælstof efterhånden som komposten modner.

Derfor får du ikke en kvælstof-effekt ud af kompost samme år, som du bringer det ud. Ved brug af kompost vil der særligt det første år være behov for yderligere tilførsel af en kvælstofrig gødning til afgrøderne. Alternativt udbringes kompost som kaliumgødning på kløvergræsmarker, der kvitterer mindre for kvælstof.

Innovationscenter for Økologisk Landbrug har udarbejdet en oversigt over flere års forsøg med tildeling af komposts effekt på udbytte det samme år (se herunder). Forsøgene er udført med forskellige mængder kompost, har forskellige ukrudtstryk, forskellige hovedafgrøder og er lavet af forskellige forsøgsheder.

Oversigten viser, at der er meget lille eller ingen effekt på udbytte det første år ved at gøde med kompost. Desuden nås de fleste fosforlofter ved brug af passende mængder kompost. Tildeling af kompost kan derfor gå ud over andre relevante gødninger som husdyrgødning og afgasset biomasse, hvis de er tilgængelige.



Procentafvigelser i udbytte sammenholdt med parceller, som ikke har modtaget gødning i. Hver søjle repræsenterer en isoleret forsøgsopsætning. Forsøgene er markforsøg, som er gødet med forskellige mængder kompost, har forskellige ukrudtstryk, forskellige hovedafgrøder og er lavet af forskellige forsøgsenheder. Oversigt udarbejdet af Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Kompost skal kombineres med efterafgrøder

En gødningsstrategi, som i højere grad hviler på kompost, kræver fokus på efterafgrøder, da mineraliseringen af kvælstof fra kompost ikke er begrænset til hovedafgrødens vækstsæson. Derfor vil der ved tilførsel af store mængder kompost være risiko for udvaskning af store mængder kvælstof i varme og regnfulde efterår. Her kan efterafgrøder sørge for at holde kvælstoffet i dyrkningssystemet.

En fosforrig gødning

Husdyrgødning er den oplagte gødningsform i de områder af landet, hvor der er stort husdyrhold, men husdyrgødning indeholder ligesom have-/parkaffald meget fosfor. Derfor er det ofte ikke muligt at kombinere husdyrgødning med store mængder have-/parkaffald uden at ramme fosforloftet.

Saner for ukrudtsfrø med yderligere kompostering

Have-/parkaffald skal komposteres yderligere, når du får det hjem på din bedrift. Det skyldes, at det er affald fra haver og parker, som kan være fyldt med ukrudtsfrø, og de skal saneres væk, inden komposten spredes ud på marken. Kompostering er den oplagte metode til at sanere haveparkaffaldet, da mikroorganismer og temperaturen i komposten nedbryder ukrudtsfrøene, så de ikke er spiredygtige længere. Samtidig kan du sænke C/N-forholdet ved komposteringen, så immobiliseringen af kvælstof bliver mindre, og tilgængeligheden af kvælstof bliver lidt højere, når du bringer komposten ud.

 YOUTUBE



Gødningsværdi i kompost

Hvordan er gødningsværdien og mængden af kvælstof i kompost? Bliv klogere i denne video. Videoen er produceret af Joachim Kjeldsen i projektet Komposteret grøngødning støttet af Promilleafgiftsfonden for landbrug.

[VIEW ON YOUTUBE >](#)

[CONTINUE](#)

Kulstof i komposteringsprocessen

Under komposteringen omdannes biomasse af mikroorganismer, og organiske forbindelser nedbrydes.



Svampehyfer og frugtlegerer af svampen blækhat (*Coprinopsis* ssp.) på finstof af have/park affald leveret fra kommunalt renoveringsselskab. Finstof består af knust og sorteret affald fra

offentlige og private haver og parker. Planterester som blade, småkviste og stilke dominerer indholdet.

Mikroorganismer høster energi i kulstofholdige forbindelser, hvorved en betydelig mængde kulstof omdannes til gasserne kuldioxid (CO_2) og metan (CH_4). Om det organiske kulstof bliver til CO_2 og CH_4 , afhænger i høj grad af iltmætningen i kompostmilen under processen. Iltfattige forhold favoriserer dannelse af CH_4 og iltrige forhold CO_2 . Klimapåvirkningen er forskellig alt efter om kulstoffet tabes som CO_2 eller som CH_4 – se mere i afsnittet "Kompost og klima".

Ilt til komposteringen kan sikres ved vending af milen og ved anvendelse af substrater som grene og kviste, der giver en porøs struktur. Desuden har mindre miler bedre iltmætning i midten, da det er sværere for ilten at diffundere ind i midten, jo større milen er.

Tabet af kulstof under komposteringsprocessen er betydeligt, men størrelsen afhænger af flere faktorer.

Tabene af kulstof afhænger af:

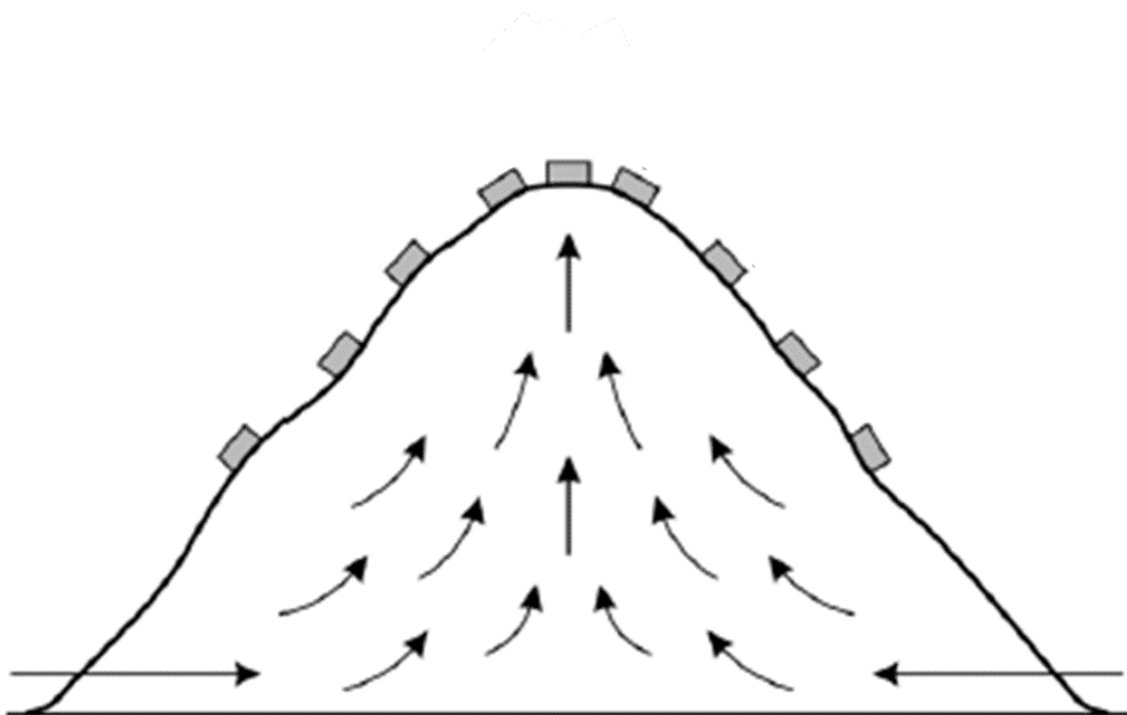
- hvordan milerne lægges op
- hvor store milerne er
- temperaturudviklingen i milen
- vending af milen
- hvor længe komposteringen varer

Forholdet imellem kulstof og kvælstof kan også have betydning for, hvor meget kulstof der tabes under processen. Et dansk studie foretaget på genbrugsstationer, hvor der behandles store mængder af haveparkaffald, viste, at 1379 tons kulstof blev tabt under komposteringsprocessen, svarende til 56% af kulstof-inputtet [1]. En livscyklusanalyse fandt, at op mod 75% af kulstoffet tabes under komposteringsprocessen [2].

Kulstoffet tabes hovedsageligt som CO_2 , som et resultat af den mikrobielle respiration [2]. Det kulstof, som tabes under komposteringsprocessen, vil i nogen grad også tabes, hvis biomasserne tilføres direkte til landbrugsjorden, hvor der også sker en mikrobiel omsætning. Læs mere om kulstof i jord i afsnittet "Komposts betydning for kulstofbalancen i jord".

Skorstenseffekt fremmer kulstofftab fra kompost

I kompostmiler kan der opstå en skorstenseffekt, som fremmer tab af gasser under komposteringsprocessen. Effekten betyder, at der trækkes luft ind nederst i kompostbunken, og gas fra kompostbunken tabes øverst i bunken. I store miler og i dansk sammenhæng er det i forsøg registreret, at 85-100% af tabet af gasserne CO_2 , CO , CH_4 og N_2O udledes i toppen af kompostbunken [1].



Konceptuel afbildning af skorstenseffekten. Luft trækkes ind i siderne af milen og gasser udledes gennem toppen [1].

Skorstenseffekten er sandsynligvis størst i store kompostmiler. I dette forsøg blev der behandlet meget store mængder biomasse, hvilket også betyder at transporten af gas ud, samt transporten af ilt ind i

kompostbunkeskal transporteres "længere". Hvis skorstenseffekten minimeres eller undgås, kan noget af metanudslippet fra kompostmilen dog undgås ved at særlige mikrober i kompostmilen oxiderer metan [3].

Referencer

1. Andersen, J. K., Boldrin, A., Samuelsson, J., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2010). Quantification of greenhouse gas emissions from windrow composting of garden waste. *Journal of environmental quality*, 39(2), 713-724.
2. Ten Hove, M., Bruun, S., Jensen, L. S., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2019). Life cycle assessment of garden waste management options including long-term emissions after land application. *Waste management*, 86, 54-66.
3. Scheutz, C., Kjeldsen, P., Bogner, J. E., De Visscher, A., Gebert, J., Hilger, H. A., ... & Spokas, K. (2009). Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions. *Waste management & research*, 27(5), 409-455.

CONTINUE

Komposts betydning for kulstofbalancen i jord

Organisk stof i jorden fungerer som føde for jordens mikroliv, og når mikroberne omsætter og respirerer, tabes der kulstof fra jorden, hovedsageligt som CO_2 . Jordens mikroliv spiller dog også en afgørende rolle for at omsætte let nedbrydeligt organisk materiale til mere stabile forbindelser, og spiller derfor en rolle i at lagre kulstof i jorden.

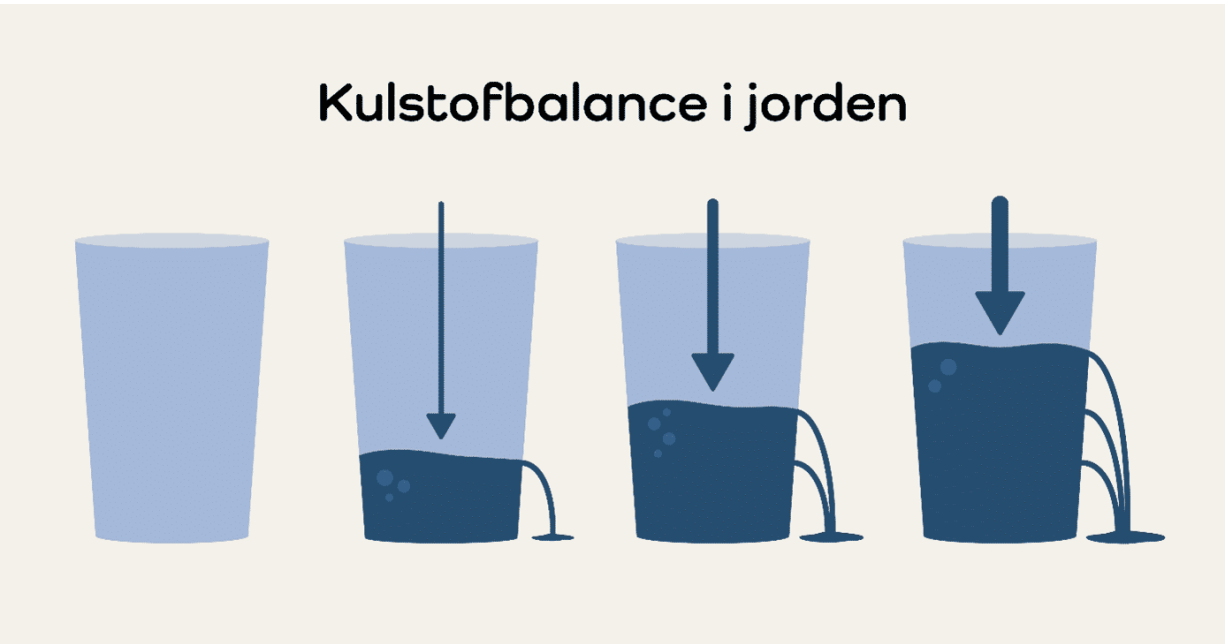
Jordens kulstofindhold er en ligevægt mellem tab ved afgang og tilførsel af kulstof.

Hovedkilderne til tilførsel af kulstof er:

- over- og underjordiske afgrøde- og planterester
- rodesudater
- organiske gødninger som kompost og husdyrgødning

I jord med mere kulstof er der en højere afgang af CO_2 , og det kræver derfor en større tilførsel af kulstof for at vedligeholde kulstofindholdet sammenlignet med en jord med mindre kulstofindhold. Det er illustreret i figuren herunder, hvor kulstofindholdet er vandet i glasset, afgangningen er vandet som ryger ud af glasset og kulstofinputtet er pilene ned i glasset.

Kulstofbalance i jorden



Figur 1: Illustration af balancen imellem tilførsel og afgang og jordens indhold af kulstof. Kulstofindholdet er vandet i glasset, afgangningen er vandet som ryger ud af glasset og kulstofinputtet er pilene ned i glasset.

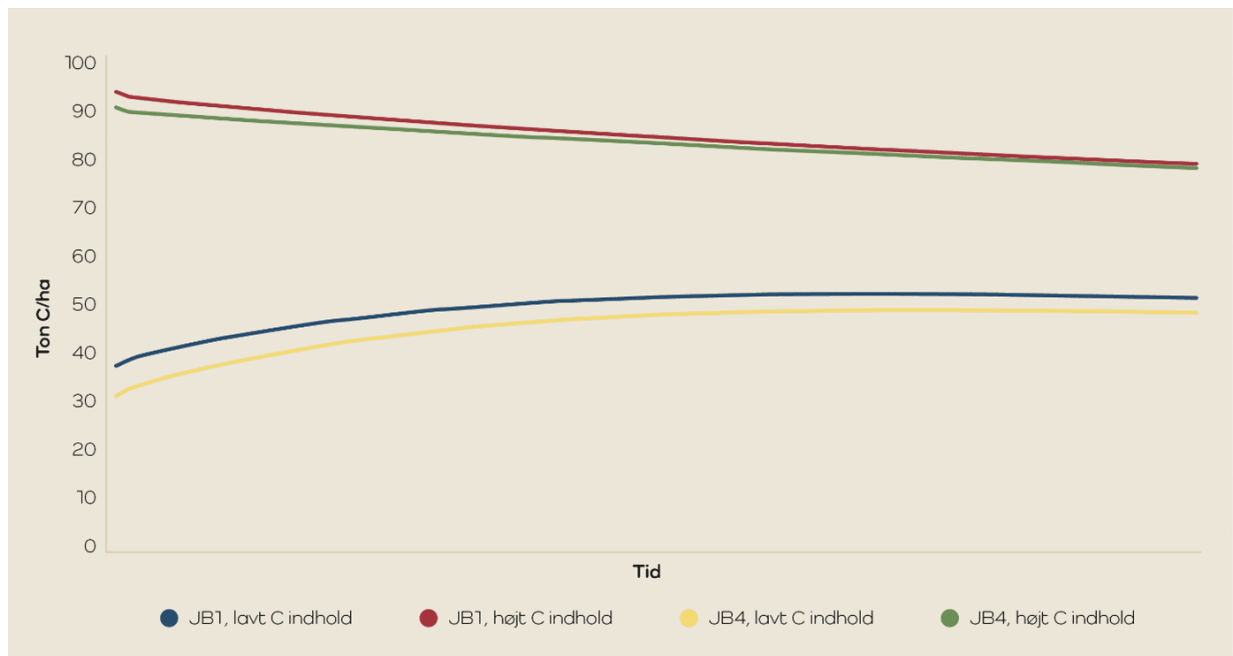
Kulstofdynamikker i jord er komplicerede og dynamiske. Både klima- og jordfaktorer spiller en rolle for jordens potentiale for kulstofopbygning. Hvor stor tilførslen af kulstof er, samt kvaliteten af det tilførte kulstof, har også betydning.

Jordtype er en afgørende faktor for kulstofdynamikker, og jorde med meget ler har et større potentiale til at binde kulstof end sandede jorde. Det hænger blandt andre faktorer sammen med, at lerpartikler har et anderledes og større overfladeareal pr. volumen end sandpartikler, hvilket giver mulighed for en større adsorption af organisk materiale.

Modellen C-TOOL samler en omfattende mængde data, som beskriver disse relevante faktorer. Aarhus Universitet har bygget modellen på baggrund af flere års videnskabeligt arbejde og SEGES Innovation har operationaliseret modellen i et offentligt tilgængeligt værktøj kaldet C-tool [1]. Innovationscenter for Økologisk Landbrug har lavet kurver over indholdet af kulstof i de øverste 20 cm af jorden ved tilførsel af husdyrgødning i 100 år.

Hvor meget kulstof, der i forvejen er i jorden, har også betydning for kulstofdynamikkerne. Indeholder jorden meget kulstof, skal der også et højt input af kulstof til for at vedligeholde det, og endnu mere for at øge mængden af kulstof i jorden. Dette ses på figur 2 hvor lige store mængder kompost tilføres til jorde med høj og lav mængde kulstof.

I jorden med lavt indhold af kulstof opbygges kulstofpuljen over tid. I jorden med højt indhold af kulstof falder indholdet af kulstof over tid ved samme input.



Figur 2: Udvikling i jordens kulstofindhold i de øverste 20 cm, modelleret med C-værktøjet over 100 år [1]. Modelleringen er lavet med det samme kulstofinput som svarer til en realistisk gødskning med kompost i alle scenarier. JB1 er grovsandet jord og JB 4 er lerjord med noget sand.

C-værktøjet indeholder ikke gødningstypen kompost. Derfor er der i modelleringen med C-værktøjet anvendt fast husdyrgødning som gødningstype. For at kompost kan inkluderes i C-værktøjet, kræver det, at de rette faktorer for andelen af kulstof, der indlejres i jorden, kan implementeres i værktøjet. Dette kræver viden fra forskellige typer af forsøg, for at fastsætte de korrekte faktorer.

Kvalitet og forbehandling af organisk stof har betydning for opbygning og lagring af kulstof

Kompostering øger andelen af kulstof i det tilførte materiale, som indlejres i jorden. Det kan ses både i modellering [2], samt i langvarige forsøg [3].

Det er dog også vigtigt at holde sig for øje, at der i de to videnskabelige studier, der henvises til herunder, er tale om henholdsvis komposteret haveparkaffald og komposteret husdyrgødning. Udgangsmaterialet er forskelligt og omsætning, tab og stabilisering af kulstof under komposteringsprocessen er derfor ikke direkte sammenlignelige. Begge studier indikerer dog, at kompostering i nogle tilførselsmængder har en positiv indflydelse på kulstofstatus i jord. Det er således ikke kun mængden af kulstof i det organiske materiale der tilføres jorden, men også kvaliteten af det organiske materiale og forbehandlingen der har en betydning for opbygningen og lagring af kulstof i jorden [3].

Ten Hoeve et al.'s (2019) modellering viser, at kulstofopbygningen i jord er størst for en sandet lerjord ved tilførsel af ubehandlet have/park affald inklusiv trædelen [2]. Udfordringen ved at anvende have/park affald direkte, uden nogen anden behandling end findeling, er, at der sker en immobilisering af kvælstof i jorden, som vil koste udbytte i en længere årrække. Jo større trædelen i haveaffaldet er, des større vil immobiliseringen og effekten på udbyttet være. Det skyldes, det høje C/N forhold i ubehandlet have/park affald. Frisk have/park affald kan også give udfordringer med etablering af såbed, idet store plantedele vil gøre såbedet ujævnt og knoldet.

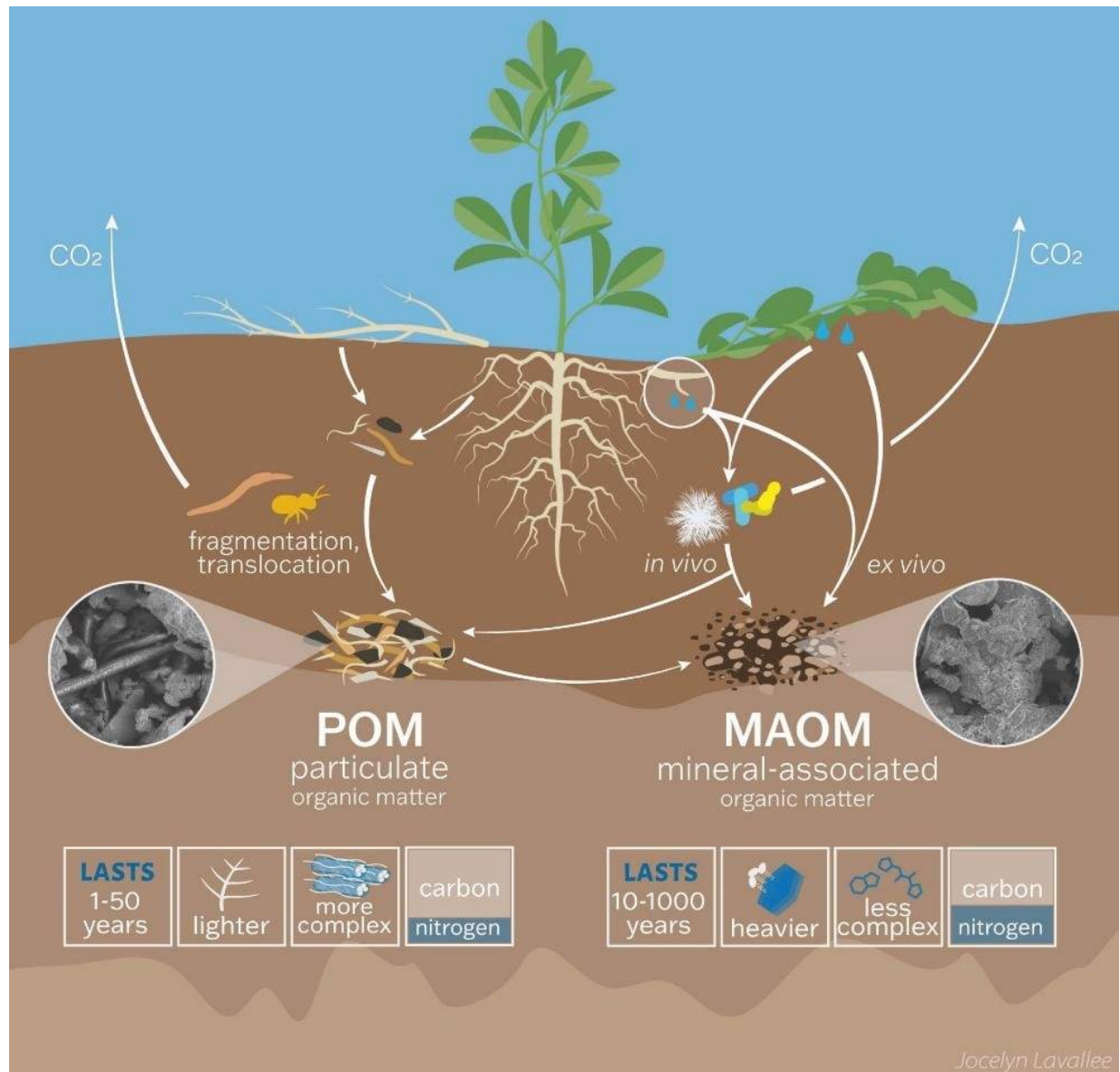
Mineralsk bundet kulstof og partikler af organisk stof

Kulstof i jord kan inddeles i 2 fraktioner: mineralsk bundet kulstof og partikler af organisk stof. De 2 fraktioner har meget forskellig holdbarhed i agerjord (Figur 4).

Kulstof kan groft sagt tilføres til jord opløst i vand eller som store strukturer. Vi kender de store strukturer som halm, grene og planterester, mens det opløste kulstof er mindre synligt. Planter tilfører nemlig en stor mængde opløst kulstof via rhizosfæren. Rhizosfæren er et miljø omkring planternes rødder, som er fordelagtig for optagelse af næringsstoffer, og mikrobe-plant interaktioner.

Kulstoffet, som rødderne udskiller, er typisk i form af organiske syrer, som både forsurer rhizosfæren og danner fødegrundlag for mikroorganismer. Hoveddelen af det kulstof, som tilføres opløst i vand, optages

af mikroorganismer. Når mikroorganismene dør, bliver deres organiske molekyler til nekromasse, og er der ler eller silt til stede, gemmes mikroorganismernes nekromasse i meget små hulrum i silt eller ler (Figur 4).

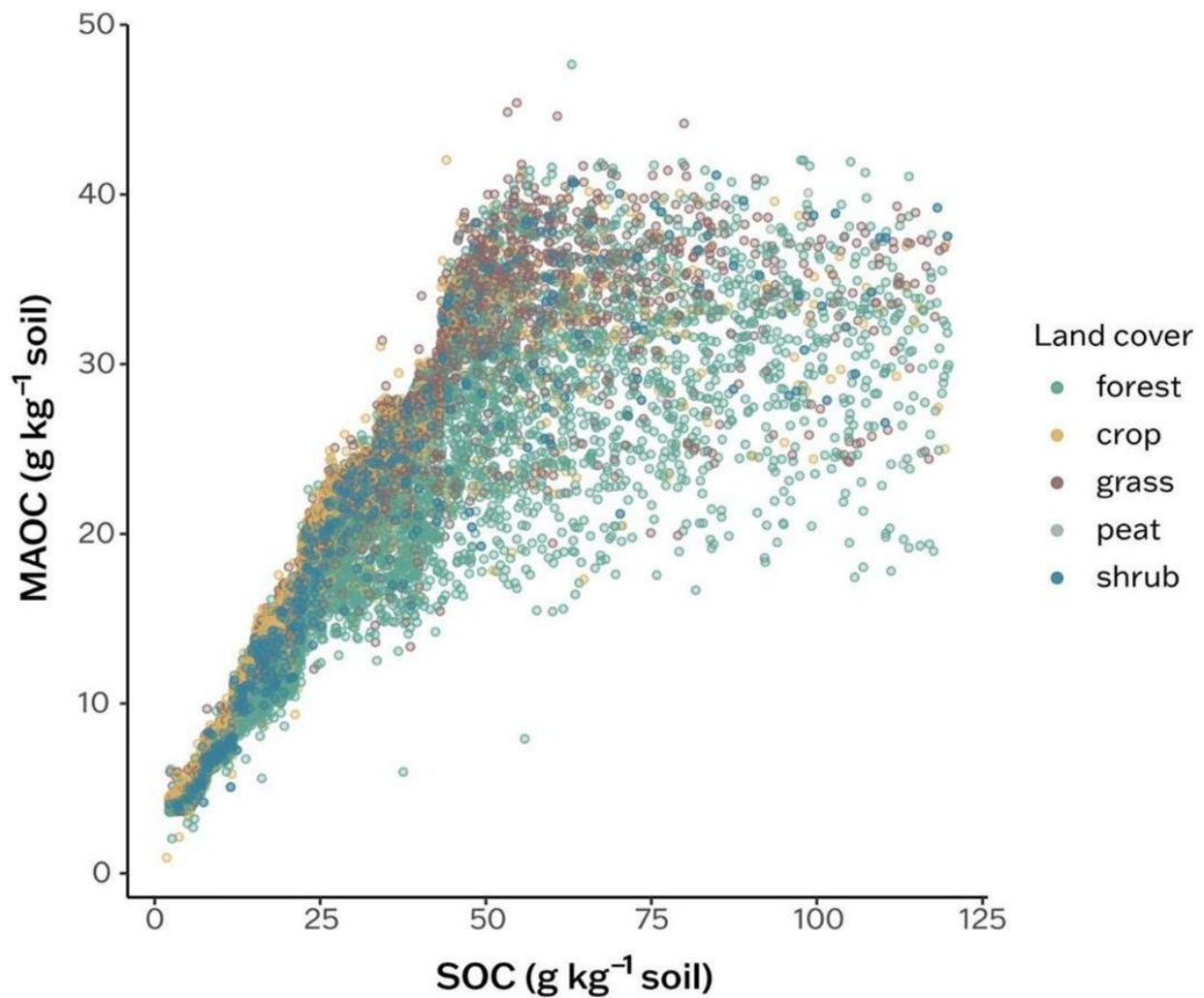


Figur 4: Illustrering af dannelse af partikulær og minerals associeret organisk materiale fra store organiske strukturer og opløst organisk materiale. Partikulært organisk materiale dannes fra planterester og mineralsk associeret organisk materiale dannes fra opløste organisk materiale fra nedbrydning af friske planterester eller udskillelse fra rødder. Figuren er gentykt fra [4].

Dette kulstof er meget stabilt i agerjord, da mikroorganismers enzymer ikke har adgang til kulstoffet. I agerjord er denne pulje kulstof dominerende, da kulstoffet i store strukturer hurtigt omsættes i de iltrige forhold i drænede jorde (figur 4). Det maksimale indhold af mineralsk associeret organisk materiale begrænser sig til omkring 40 g pr. kilo jord i de øverste 20 cm af jordsøjlen (figur 5). Mekanismen bag grænsen på 40 g mineralsk associeret kulstof pr. kilo jord kendes ikke fuldt, men den vigtigste menes at relatere sig til fysisk begrænsning af hulrum på ler og siltpartikler, hvor det organiske stof kan bindes til [4 og 5].

Under kompostering bliver både opløst organisk materiale og større organiske forbindelser omdannet af mikroorganismer, før komposten spredes på agerjord. Det betyder, at den mikrobielle nekromasse dannes i fravær af ler og silt mineraler, og at det komposterede kulstof derfor sandsynligvis ikke bliver stabilt mineralsk associeret kulstof [6]. Man kan dog forestille sig, at det komposterede organiske stof omsættes yderligere i jorden og derved bliver til stabilt mineralsk associeret kulstof.

En yderligere omsætning under iltrige forhold i agerjord vil dog medføre risiko for yderligere tab af kulstof ved respiration. Forskningen på dette felt er dog umoden, og kræver mere opmærksomhed for at fastslå, hvordan og om komposteringsprocessen har betydning for tilførsel af stabilt mineralsk associeret kulstof.



Figur 5, Kulstoflagring i mineralisk associeret organisk materiale plottet mod den totale mængde af organisk kulstof i euro-pæiske jorde (0-20cm). Mængden af mineralisk associeret organisk materiale stiger proportionelt med den totale mængde organisk materiale indtil omkring 40 g mineralisk associeret organisk materiale pr. kg jord, hvor forholdet når et plateau. Figuren er gendtrykt fra [4] og indeholder både målte og forudsagte værdier.

Referencer

1. LandbrugsInfo. Værktøj til beregning af kulstoflagring i jord (landbrugsinfo.dk). Version 1.2.
2. Ten Hove, M., Bruun, S., Jensen, L. S., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2019). Life cycle assessment of garden waste management options including long-term emissions after land application. *Waste management*, 86, 54-66.

3. Krause, H. M., Stehle, B., Mayer, J., Mayer, M., Steffens, M., Mäder, P., & Fliessbach, A. (2022). Biological soil quality and soil organic carbon change in biodynamic, organic, and conventional farming systems after 42 years. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(6), 117.
4. Cotrufo, M. F., & Lalavelle, J. M. (2022). Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. *Advances in agronomy*, 172, 1-66.
5. Lalavelle, J. M., Soong, J. L., & Cotrufo, M. F. (2020). Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global change biology*, 26(1), 261-273.
6. Plaza, C., Giannetta, B., Fernández, J. M., López-de-Sá, E. G., Polo, A., Gascó, G., ... & Zaccone, C. (2016). Response of different soil organic matter pools to biochar and organic fertilizers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 225, 150-159.

CONTINUE

Kulstof i jord og klimatilpasning

Frekvenserne af ekstreme vejrhændelser forventes at stige, og kulstofopbygning i jord kan afhjælpe negative konsekvenser af vejret for plantevæksten. Danmarks Meteorologiske Institut forudsiger, at tørkehændelser samt vådere forår og efterår bliver mere almindelige i fremtidens Danmark [1].

Tilførsel af kompost til jorden kan, sammen med andre faktorer, være med til at bibeholde eller forhøje kulstofpuljer i jord. Et højere kulstofindhold i jord kan i nogen grad afbøde problematiske situationer for planter og landbrugere i et fremtidigt klima med både flere tørkehændelser og højere vandmængder.

Sådan påvirker ekstremt vejr afgrøderne

Både vandmættet jord, og jord med meget lidt vand, stresser planter. Så en højere frekvens af disse situationer vil resultere i lavere afgrødeudbytter i Danmark.

Tørke sænker udbytter ved at begrænse planters adgang til næringsstoffer, som kun optages af rødderne, når næringsstofferne er opløst i vand. Mangel på vand fratager planter deres evne til at køle sig selv ved transpiration af vand fra blade og mulighed for at optage CO₂ igennem bladenes læbeceller, som holdes lukket for at minimere vandtab.

Vådere jord i foråret betyder, at tilberedning af såbed besværliggøres, og at spiring forringes, da våde jorde er koldere. Hvis jorde vandmættes i foråret efter spiring forringes plantevæksten, da røddernes store energibehov kun kan dækkes, når de har adgang til ilt. I efteråret vil vådere jorde i fremtiden besværliggøre og forringe kvaliteten af høsten og såning af vintersæd og efterafgrøder.

Agronomiske effekter af kulstof i jord

Et højere kulstofindhold gør jordens overflade mere sort, og derfor absorberer den mere energi. I et vådt forår betyder det en forøget fordampning og opvarmning, hvilket giver bedre mulighed for at etablere såbed og fremme spiring. Når plantedækket er etableret, betyder jordens farve ikke noget for absorberingen af energi, men det bliver igen vigtigt, når afgrøden er høstet. Her vil fremspiring af efterafgrøder påvirkes positivt af et varmere såbed.

Tabel 1, Generelle egenskaber af kulstof i jord og de tilhørende effekter på jordens egenskaber.

Modificeret fra [2].

Egenskab	Note	Effekt på jord
Farve	Kulstof gør jord mørkere.	Kulstof gør jorden varmere i foråret.
Kationbytning	Kulstofmolekyler har bytningskapacitet imellem 3000 og 14000 mmol kg ⁻¹	Forhøjer jordens kationbytningskapacitet, dog afhængig af pH.
Mineralisering	Nedbrydning af organisk materiale frigiver CO ₂ , NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ og SO ₄ ²⁻ .	Kilde til plantenæringsstoffer til plantevækst.
Opløselighed i vand	Uopløselighed af organisk materiale skyldes i nogen grad association med ler. Mindre organiske forbindelser kan være opløselige i vand.	Mindre organiske forbindelser mistes ved udvaskning.
Binder sig til lerpartikler	Kobler jordpartikler sammen i aggregater.	Forbedrer gasudveksling og stabiliserer struktur

Egenskab	Note	Effekt på jord
Vandretention	Organisk materiale kan indeholde vand svarende til 20 x dets vægt.	Forhindrer udtørring; Forbedrer vand retention i sandede jorde.

I store dele af Danmark falder majoriteten af regnen i vinterhalvåret, og den tendens vil sandsynligvis blive forstærket i fremtiden. Hvis jorde har en stor evne til at holde på det vand, som falder i løbet af vinteren, bliver risikoen mindre for at afgrøder i den efterfølgende vækstsæson bliver tørkeramt i forår med begrænset eller ingen nedbør.

Et højere kulstofindhold i dansk landbrugsjord kan derfor være med til at afbøde konsekvenserne af klimaforandringer på afgrødeudbytter. Tilførsel af kompost kan spille en rolle i at vedligeholde eller opbygge kulstofindholdet i jord.

Referencer

1. Thejll, P., Boberg, F., Schmith, T., Christiansen, B., Christensen, O. B., Madsen, M.S., Su, J., Andree, E., Olsen, S., Langen, P.L., Madsen, K.S., Olesen, M., Pedersen, R.A. and Payne, M.R. (2021) Methods used in the Danish Climate Atlas. DMI Report 21-41. ISBN 978-87-7478-690-0.
2. Strawn, Daniel G., Hinrich L. Bohn, and George A. O'Connor. Soil chemistry. John Wiley & Sons, 2015.

CONTINUE

Kompost og klima



“Ved gødsning med 18-25 tons kompost vil emissioner af klimagasser fra komposteringsprocessen svare til en udledt CO₂e belastning på imellem 2100 og 2900 kg pr. hektar. Til sammenligning, så er der fra husdyrgødning i stald og lager fra et gyllesystem, som producerer 27 tons gødning af dyr, en udledning på 1400 kg CO₂e.”

- Majken Husted, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Kompost giver anledning til udledning af drivhusgasser ved både kompostering og gødsning. Under komposteringsprocessen, hvor kvælstof- og kulstofforbindelser omdannes, skabes også lattergas (N₂O), metan (CH₄) og kuldioxid (CO₂). Det er udledningen af CH₄ og N₂O, som regnes med i klimaregnskabet, da udledningen af CO₂ både under kompostering og efter udbringning i marken regnes som biogent og dermed som en del af det naturlige kulstofkredsløb med optag og frigivelse af CO₂ [1,2].

I et livscyklusperspektiv har det en betydning for klimaaftrykket fra kompost, hvorvidt der er dele af haveparkaffaldet, f.eks. store grene, stub og sten, som afbrændes, og hvorvidt denne afbrænding substituerer fossile brændstoffer med et højt klimaaftryk [3]. I den nuværende situation er det godt for klimaaftrykket på kompost, hvis fraktionen som kan afbrændes, bliver til energi. I fremtiden vil afbrænding

af dele af have/park affaldet dog ikke give en klimagevinst, hvis den substituerer vedvarende energikilder [3].

Kompostering har et klimaaftryk

Mængden af lattergas, der udledes under komposteringsprocessen, er mindre end mængden af metan. Men lattergas har en højere klimaeffekt, og derfor har lattergas en høj klimapåvirkning, selv ved små mængder gas. Klimaeffekten af udledningen af 1 kg lattergas svarer til 265 kg CO₂, og udledningen af 1 kg metan svarer til 28 kg CO₂, når man regner i et 100-årigt perspektiv [2], hvilket er det, der normalt regnes med, når man regner klimapåvirkning.

Udledningen af hhv. metan og lattergas under kompostering afhænger også af, hvor længe milerne ligger. Jo længere komposteringsprocessen varer, des større udledning vil der være under kompostering [4].

Emissioner fra kompostering af haveparkaffald

En rapport fra Miljøstyrelsen fra 2023 har ud fra nationale forsøg beregnet emissionsfaktorer for metan og lattergas under kompostering af haveparkaffald på kommunale komposteringsanlæg. For metan finder de en emissionsfaktor på 2,54 g CH₄/kg behandlet affald og for lattergas finder de en emissionsfaktor på 0,058 g N₂O/kg behandlet affald [1]. Ved behandling af 1 ton haveparkaffald giver det en udledning på 71 kg CO₂e og 15 kg CO₂e fra hhv. metan og lattergas.

I dansk kontekst tildeles kompost typisk op til lofterne for fosfor og total-kvælstof tilførsel, hvilket svarer til 18-25 tons kompost pr. hektar afhængigt af kompostsammensætning. Ved denne gødningspraksis vil emissioner af klimagasser fra komposteringsprocessen svare til en udledt CO₂e belastning på imellem 2100 og 2900 kg pr. hektar. Der er her antaget et tab af biomasse under komposteringsprocessen på 32%, baseret på målinger af Andersen et al. (2010) [8]. Til sammenligning, så er der fra husdyrgødning i stald og lager fra et gyllesystem, som producerer 27 tons gødning af dyr [5], en udledning på 1400 kg CO₂e.

Klimaregnskab - det har betydning om du køber kompost eller selv komposterer

I forhold til en landbrugsbedrifts klimaregnskab, så har det en betydning, om man køber kompost, eller om man selv komposterer på bedriften. Komposterer man selv biomasse på bedriften, så "tilhører" udledningerne under komposteringsprocessen bedriften og skal derfor tælles med i bedriftens samlede klimaudledning. Sker udledningen derimod f.eks. på et komposteringsanlæg, så "tilhører" udledningen komposteringsanlægget. Det afhænger dog også af, hvilken opgørelsesmetode man anvender, og dermed hvorvidt importerede udledninger regnes med i bedriftens udledning eller ej.

Kompostering har en klimabelastning, men regnemetoder kommer til at afgøre, hvor udledningen skal regnes med, og dermed hvorvidt udledningen belaster bedriftens klimaregnskab. I den nationale opgørelse af Danmarks udledninger hører udledningerne under kompostering af have-park affald på de kommunale komposteringscentre under affaldssektoren og er dermed ikke en del af landbrugets udledninger. Hvis komposteringen sker på bedriften, vil den dog regnes med i landbrugets udledninger, hvis der er aktivitetsdata til at lave denne beregning på nationalt niveau.

Gødskning med kompost har et klimaaftryk

Ligesom når man anvender husdyrgødning i marken, så sker der også en udledning af lattergas, når der udbringes kompost. Når man beregner udledningen af lattergas fra anvendt gødning, så sker det på baggrund af mængden af totalt kvælstof i gødningen. Dvs. at i forhold til første års virkningen i en gødning som kompost, der har et lavt indhold af plantetilgængeligt kvælstof, så sker der en relativt høj udledning af lattergas.

I tabellen er der lavet en beregning med grisegylle og kompost, som har forskellige udnyttelseskrav. Ved en kvælstofkvote på 65 kg N/ha, og et udnyttelseskrav på 80% og 15% for hhv. grisegylle og kompost, og en emissionsfaktor på 1%, så er der en forskel i udledning af N₂O mellem de 2 typer gødninger på 1466,2 kg CO₂/ha.

Tabel: Beregning for lattergasudledning pr. hektar ved gødninger med forskellige udnyttelseskrav.
Bemærk at total anvendt kvælstof pr. hektar overstiger kvælstofloftet markant.

	Grisegylle	Kompost
N kvote/ha	65 kg udnyttet N	65 kg udnyttet N
Udnyttelseskrav	80%	15%
Anvendt total N/ha	81,3 kg total N	433,3 kg total N
Kg CO₂e/ha fra anvendt gødning	338,3 kg CO ₂ e	1804,5 kg CO ₂ e

Der er lavet en række studier, hvor man har undersøgt, hvor stor udledningen af lattergas fra marken er efter udbringning af kompost. En gennemgang af disse studier viser, at udledningen af lattergas fra kompost kan være helt oppe på en emissionsfaktor på 3,5% af det tilførte kvælstof [4].

Emissionsfaktorens størrelse afhænger også af, hvor moden komposten er. Nielsen et al. (2019) fandt, at emissionsfaktoren var højere, jo mere umoden en kompost, der blev anvendt, og at ubehandlet have-park affald havde den højeste emissionsfaktor på helt op til 4% af det tilførte kvælstof [4]. Det tal er noget højere end den nuværende officielle emissionsfaktor for organisk gødning på 1% [2,6].

Kvælstofindholdet i kompost kan variere meget, men et gennemsnit af kompost leveret til danske landmænd blev i 2017 fundet til at være 5,92 kg N /ton kompost [7]. Det betyder, at der ved en udbringning på 18 til 25 tons kompost pr. hektar udledes imellem 1,7 og 2,3 kg N₂O. Denne udledning svarer til udledning af imellem 444 og 616 kg CO₂e pr. hektar ved en emissionsfaktor på 1%.

Selvom lattergasudledningen fra anvendelsen af kompost kan være meget høj, så har kompost, som beskrevet tidligere, også en række effekter på opbygningen af kulstof i jorden og jordfrugtbarhed. For at få den komplette klimaprofil for anvendelsen af kompost skal der derfor også kigges ind i, hvilken betydning det kan have for udbytter og udbyttestabilitet på den lange bane, samt hvordan sædskiftet i øvrigt opbygges, og hvor meget kvælstof, der anvendes i systemet totalt.

Referencer

1. Graasbøll, S., Berggreen, S. K., Guldberg, A. N., Gudsøe, C. L., Schjødt-Hansen, J., Fredenslund, A. M., & Scheutz, C. (2023). Reduktion af klimagasser fra behandling af haveaffald. Del 2: Emissionsfaktorer for behandling af haveaffald i Danmark.
2. Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Levin, L., Callisen, L.W., Andersen, T.A., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., & Hansen, M.G. 2023. Denmark's National Inventory Report 2023. Emission Inventories 1990-2021 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 933 pp. Scientific Report No. 541 <http://dce2.au.dk/pub/SR541.pdf>
3. Ten Hoeve, M., Bruun, S., Jensen, L. S., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2019). Life cycle assessment of garden waste management options including long-term emissions after land application. *Waste management*, 86, 54-66.
4. Nielsen, M. P., Yoshida, H., Raji, S. G., Scheutz, C., Jensen, L. S., Christensen, T. H., & Bruun, S. (2019). Deriving environmental life cycle inventory factors for land application of garden waste products under Northern European conditions. *Environmental Modeling & Assessment*, 24, 21-35
5. Børsting, C. F., Hellwing, A. L. F., & Lund, P. (2020). Normtal for husdyrgødning: 2020.
6. IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
7. Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2018/ af 30. maj 2018 om økologisk produktion og mærkning af økologiske produkter og om ophævelse af Rådets forordning (EF) nr. 834/2007
8. Andersen, J. K., Boldrin, A., Samuelsson, J., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2010). Quantification of greenhouse gas emissions from windrow composting of garden waste. *Journal of environmental quality*, 39(2), 713-724.