

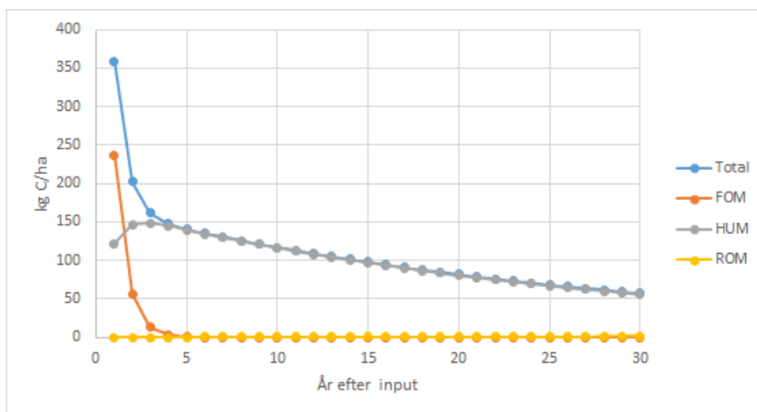
**Modtager(e):**

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet  
Att: Julie Marie Deding Nielsen  
Kontor for Samfundsøkonomi og Analyse

**Notat om indregning af effekten af pyrolysning af biomasse i C-TOOL/den nationale drivhusgasopgørelse**

Faglig ansvarlig: Steen Gyldenkærne, DCE, Aarhus Universitet  
Fagfællebedømmer: Nick Hutchings, DCA, Aarhus Universitet

Kontor for Samfundsøkonomi og Analyse, Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (KEFM) har i forbindelse med udarbejdelse af en effektivvurdering af pyrolysning af biomasse (biokul) anmodet om bidrag til udarbejdelse af nedbrydningsfunktioner for biomasse/halm og husdyrgødning. Udgangspunktet har været den skitserede funktion i Klimavirkemiddelkataloget, Figur 4.1 (vist herunder).



**Figur 4.1** Ændringer i kulstoflagring i frisk organisk stof (FOM), humus organisk stof (HUM), resistent organisk stof (ROM) og total-kulstof over tid, efter 1 t ha<sup>-1</sup> kulstofinput som FOM. Nedbrydningsrater; frisk organisk stof (FOM) = 1,44 år<sup>-1</sup>, humus organisk stof (HUM) = 0,0366 år<sup>-1</sup>, resistent organisk stof (ROM) = 4,63 × 10<sup>-4</sup> år<sup>-1</sup>, humification = 0,16, romification = 0,012.

Figur 1. Figur 4.1 fra Klimavirkemiddelkataloget ([https://pure.au.dk/portal/files/319140105/Klimavirkemiddelkatalog\\_21.04.2023.PDF](https://pure.au.dk/portal/files/319140105/Klimavirkemiddelkatalog_21.04.2023.PDF))



Figuren viser mængderne af C i de tre forskellige kulstofpuljer som håndteres i C-TOOL: FOM (Fresh Organic Matter), HUM (Humified organic Matter) og ROM (Resilient Organic Matter). FOM er typisk synlige uomsatte planterester. I den nationale opgørelse rapporteres kun HUM+ROM. FOM anses ikke for at være en del af jordens kulstof men som afgrøderester. FOM puljen har en høj nedbrydningsrate (jf. figur 1) og udgør ca. 1-2 % af landbrugsjordens C-indhold. Dermed medfører ændringer i den årlige tilførsel kun mindre ændringer i det samlede C-indhold men lidt større ændringer i FOM puljen. HUM og ROM fraktionerne udgør typisk hver ca. halvdelen af resten på lerjord.

KEFM har efterspurgt en konkret vurdering af ændringen i mineraljordernes kulstofindhold ud fra funktionsforløbene i figur 1 til brug for en vurdering af effekten på den nationale opgørelse ved udtagning af halm til pyrolysering og for husdyrgødning på den korte tidshorisont (2030) samt frem mod år 2050. DCE har på den baggrund kørt separate kørsler med C-TOOL i den nationale opsætning, hvor ændringer i halminputtet er analyseret for at kunne uddrage den årlige ændring i jordernes kulstofindhold ved udtagning af 1 ton halm hvert år og 1 ton tørstof i husdyrgødning hvert år.

#### Metode:

C-TOOL (ver. 2.3) som anvendes i opgørelsen og dennes initialiseringsparametre er anvendt. Modelopsætningen dækker over 20 underopdelinger af mineraljorde i forskellige landsdele og jordtyper

I modelopsætningen er anvendt C input taget fra Klimafremskrivningen 2023 (KF23). Disse værdier er fastholdt frem til 2050 i basisscenariet, dvs. hvor den samlede halm og husdyrgødning indarbejdes i jorden.

Som temperaturer er anvendt gennemsnittet af 100 temperaturscenarier frem til 2044 modtaget fra DMI. Fra 2044 til 2050 er anvendt temperaturerne for 2044. Denne fastholdelse af 2044-temperaturen betyder meget lidt, også taget usikkerheden på i alle modelparametre i betragtning.

For at bestemme nedbrydningsfunktionen er der foretaget forskellige kørsler, som fratrukket hinanden giver nedbrydningsfunktionen. Dette svarer til den udvidede standardopsætning fra KF23 fratrukket ændringerne.

For halm er der udtaget **1 ton halm fra 2024 og frem i forhold til referenceniveauet i 2023**. 1 ton halm er omregnet til C med 16 % vand som standardindhold og 44 % C i tørstoffet (44 % anvendes i den nationale opsætning af C-TOOL). For 2025 og frem er anvendt C inputtet i 2023.



I Husdyrgødningsudtaget er udtaget 1 ton organisk tørstof (VS = Volatile Substance) **fra 2024 og frem i forhold til referenceniveauet i 2023**. Her er anvendt, at 45 % af det organiske tørstof er C, som anvendes i C-TOOL opsætningen.

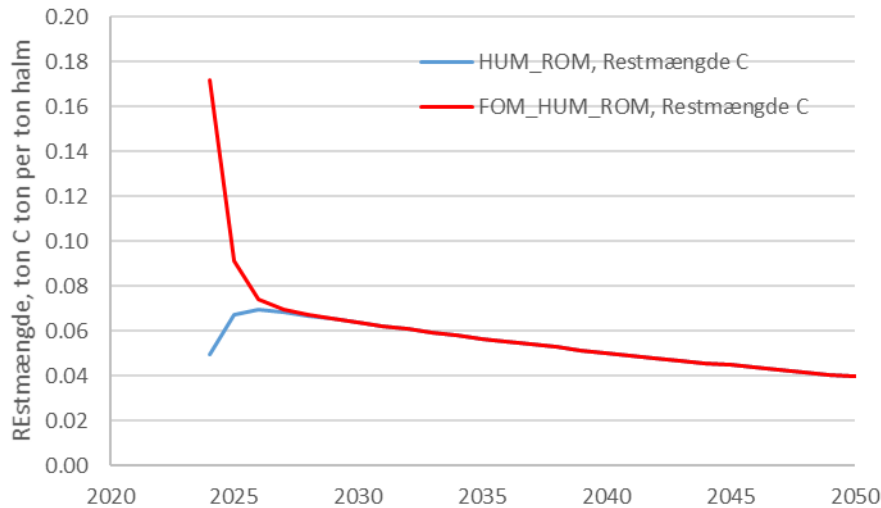
Alle 20 underopdelinger er kørt, men til brug for Ministeriets formål med datasættet er der kun fremsendt tal for halm fra lerjord på Sjælland og husdyrgødning fra sandjord i Sydjylland (Tabel 1). Der er meget lille forskel mellem profilerne mellem de 20 underopdelinger, som primært skyldes forskellige initialiseringsprofiler mellem jorderne og små forskelle i temperaturer. Konklusionen er derfor, at de udarbejdede nedbrydningsfunktioner vil være meget ens mellem landsdele. Derfor kan data fra alle landsdele anvendes til ministeriets formål. For delresultater henvises til et Excel-regneark, som kan fås fra forfatteren på anmodning.

Figur 2 viser en beregnet nedbrydningsfunktion for halm som følge af den årlige ændring i jordernes kulstofindhold ved ovennævnte fjernelse af 1 ton halm per ha. C-TOOL Ver 2.3 har årlige output pr. 31 december. Inputtet af halm i modellen sker i august måned, hvorefter noget af årets input af halm vil være nedbrudt ved årets udgang – svarende til tallene i tabel 1. I C-TOOL modellen konverteres noget af FOM over i HUM puljen og igen noget af HUM over i ROM puljen årligt, hvilket giver det angivne kurveforløb.

Efter anmodning er der leveret to sæt tal. 1) HUM+ROM og 2) FOM+HUM+ROM

De beregnede funktioner for nedbrydning af halm er vist i figur 2 med det årlige tab på y-aksen. Disse svarer til Virkemiddelkatalogets figur (figur 1). For totalmængderne (FOM+HUM+ROM) er det en asymptote-funktion som vil gå mod nul. Ifølge funktionen for kun HUM + ROM ses en stigning fra år 1 til år 2. Det skyldes sandsynligvis den føromtalte interne omlejring i C-TOOL af biomasse fra totalpuljen til HUM+ROM fraktionen. Dette svarer ligeledes til funktionsudtrykket for HUM i figur 1.

Figur 2. Beregnede årlige ændringer i jordens kulstofindhold ved udtagning af 1 ton halm årligt med 16 % vandindhold og 44 % C i tørstoffet fra 2024 og frem til 2050.



På tilsvarende vis som for halm er der udarbejdet en nedbrydningsfunktion for husdyrgødning, figur 2. Husdyrgødning beregnes separat i C-TOOL. Den beregnede funktion for husdyrgødning har en lavere nedbrydningshastighed og dermed en betydeligt større restmængde af C fra gødningen i jorden efter nogle år sammenlignet med halm. Nedbrydningsfunktionen for husdyrgødning fremgår ikke af Klimavirkemiddelkataloget. DCA har dog i et særskilt notat i 2023 (Jensen, 2023, [Kulstoflagringen fra udbragt husdyrgødning](#)) beregnet en tilsvarende funktion for Fødevareministeriet. I lighed med halm har HUM+ROM funktionen en lignende stigning i den samlede mængde fra år 1 til 2 som sandsynligvis skyldes intern omlejring i C-TOOL.

Figur 3. Beregnede årlige ændringer i jordens kulstofindhold ved udtagning af 1 ton organisk husdyrgødning (VS) årligt med 45 % C i tørstoffet fra 2024 og frem til 2050.

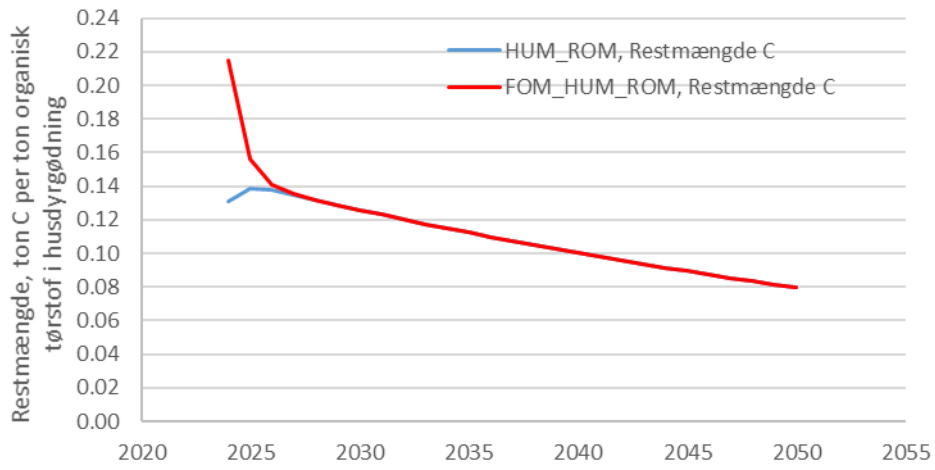


## Notat

Steen Gyldenkærne

Dato: 1.oktober 2023

Side 5/6





Tabel 1. Beregnede årlige restmængder af C i jorden ved udtagning af 1 ton halm med 16 % vand og 44 % C i tørstoffet / 1 ton organisk husdyrgødning (VS) årligt med 45 % C i tørstoffet, fra 2024 og frem til 2050.

	Halm		Husdyrgødning	
	HUM_ROM, Restmængde C	FOM_HUM_ROM, Restmængde C	HUM_ROM, Restmængde C	FOM_HUM_ROM, Restmængde C
2024	0.049	0.172	0.131	0.215
2025	0.067	0.091	0.138	0.156
2026	0.069	0.074	0.137	0.141
2027	0.068	0.069	0.135	0.136
2028	0.067	0.067	0.132	0.132
2029	0.065	0.065	0.129	0.129
2030	0.064	0.064	0.126	0.126
2031	0.062	0.062	0.123	0.123
2032	0.061	0.061	0.120	0.120
2033	0.059	0.059	0.118	0.118
2034	0.058	0.058	0.115	0.115
2035	0.057	0.057	0.112	0.112
2036	0.055	0.055	0.110	0.110
2037	0.054	0.054	0.107	0.107
2038	0.053	0.053	0.105	0.105
2039	0.051	0.051	0.102	0.102
2040	0.050	0.050	0.100	0.100
2041	0.049	0.049	0.098	0.098
2042	0.048	0.048	0.096	0.096
2043	0.047	0.047	0.094	0.094
2044	0.046	0.046	0.091	0.091
2045	0.045	0.045	0.089	0.089
2046	0.044	0.044	0.087	0.087
2047	0.043	0.043	0.085	0.085
2048	0.042	0.042	0.083	0.083
2049	0.041	0.041	0.082	0.082
2050	0.040	0.040	0.080	0.080