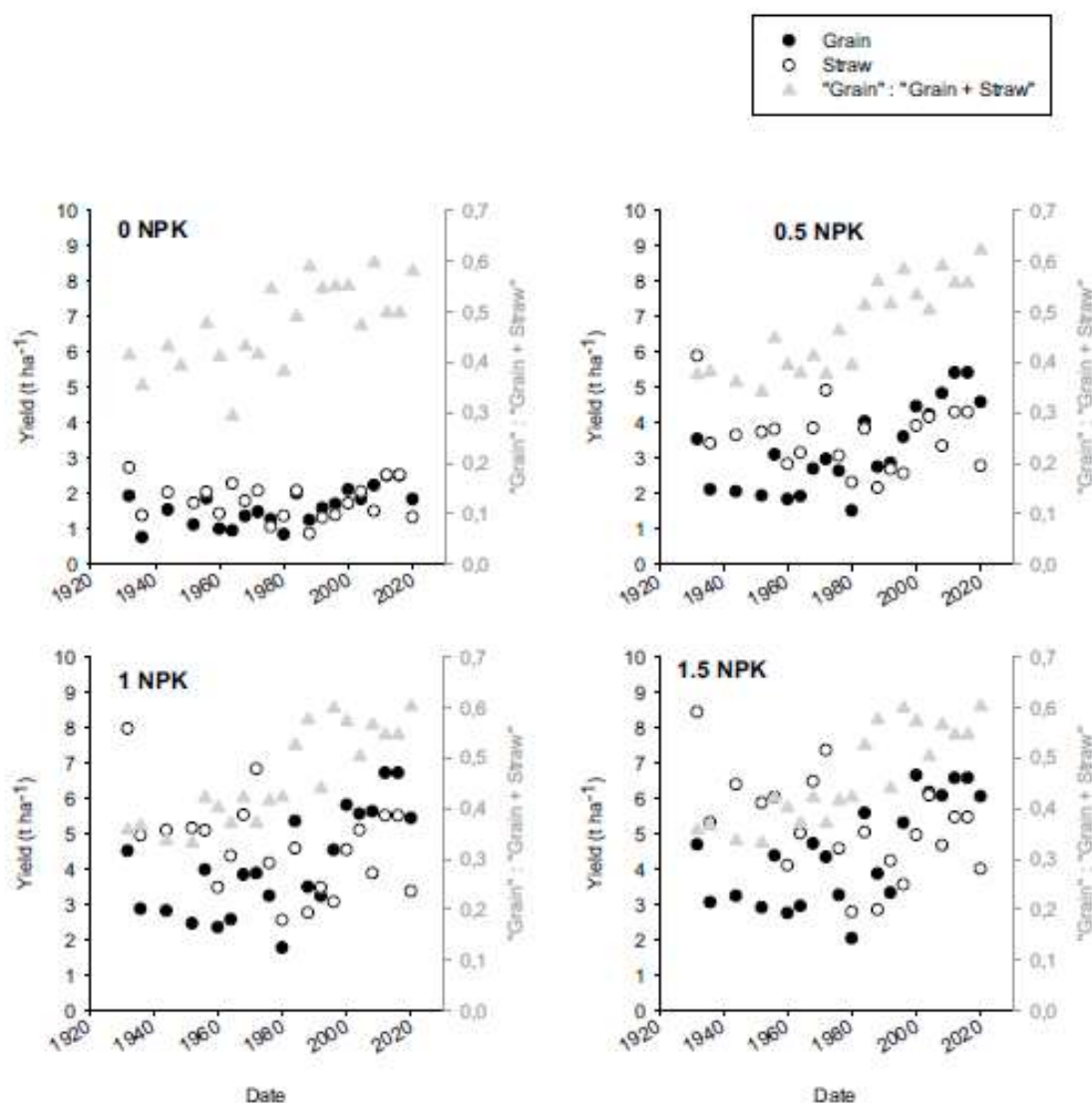


Allokering af kulstof i afgrøder	Ansvarlig	hevp
	Oprettet	21-12-2022
	Side	1 af 7
Projekt: 8512 Få styr på kulstoffet i jorden		

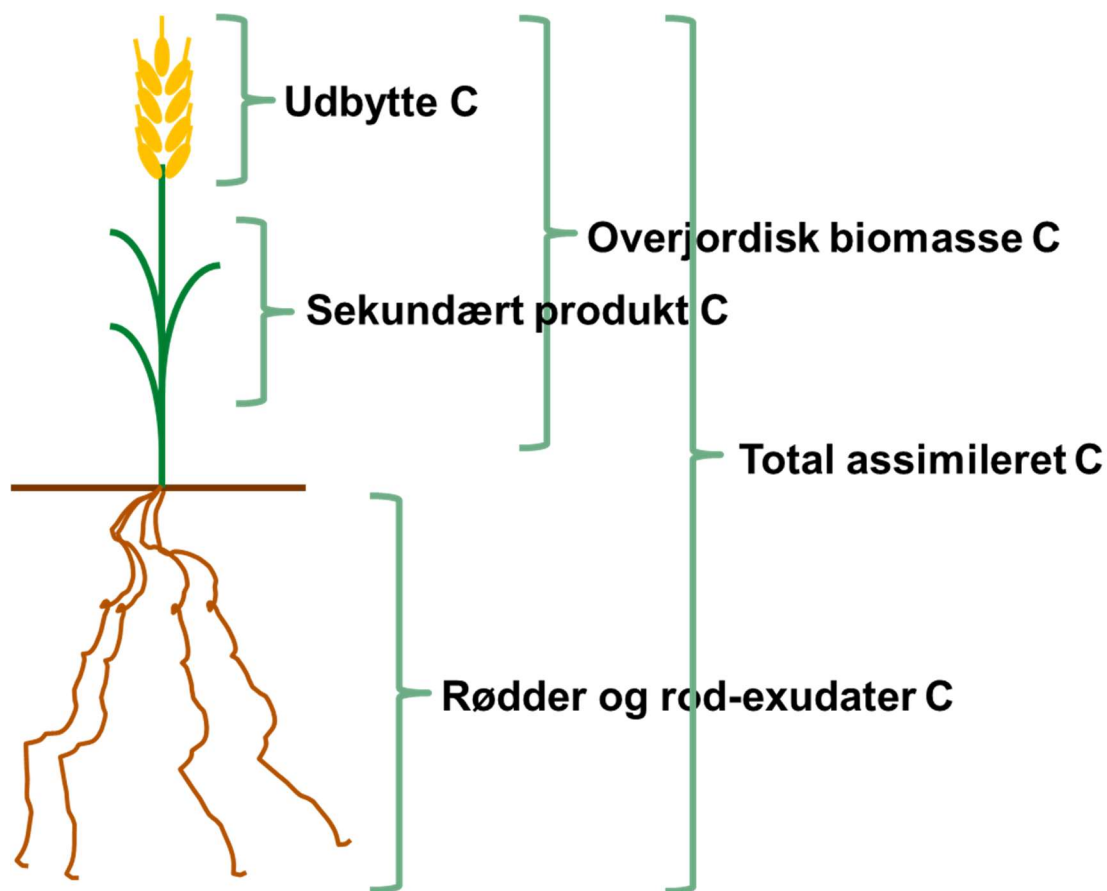
Allokering af kulstof i afgrøder

For at kunne simulere udviklingen i jordens kulstofpuljer eller sammenligne forskellige sædskifters effekt på jordpuljerne, er det afgørende at kunne beregne troværdige kulstofinput fra de afgrøderester, som efterlades i marken. Til dette formål anvendes langt overvejende allometriske funktioner, hvor afgrødens indhold og input af kulstof i og fra forskellige plantedele og exudater beregnes med udgangspunkt i udbytte af afgrødens hovedprodukt og en række forholdstal i forhold til dette. Allometriske forholdsfunctio-
ner forudsætter liniaritet mellem udbytte og øvrige dele af afgrøden. Studier viser imidlertid, at denne an-
tagelse i nogle (mange?) tilfælde ikke holder, og allokeringen er forskellig ved forskellige udbytter. Ek-
sempelvis er der i det langvarige danske ved Askov fundet, at forholdet mellem udbytte og udbytte +
halm varierer meget mellem år og med en klar trend mod et højere forhold over tid. I Figur 1 ses dette
for forsøgsbehandlingerne; 0N, 0,5N, 1N og 1,5N.



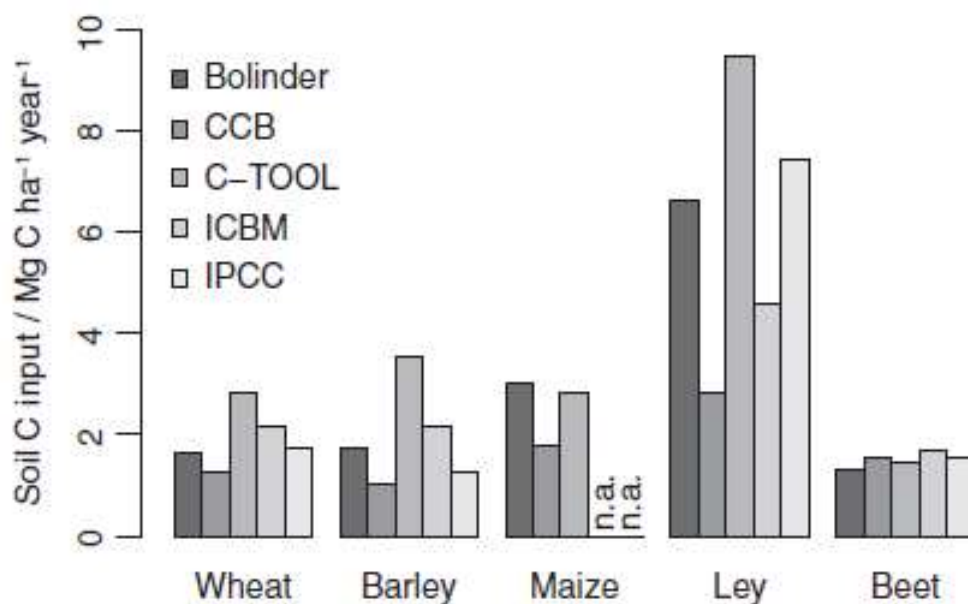
Figur 1. Figur 1 fra Taghizadeh-Toosi og Christensen 2017.

Et andet eksempel er fra en undersøgelse af underjordisk biomasse i græs, rapporteret af Jensen et. al. (2022). Her blev der ikke observeret nogen signifikant forskel i rodbiomasse uanset græsmarksudbytte.



Figur 2. Afgrødedele/afgrødekulstofinput i typiske allometriske funktioner.

Kulstofinputtet fra afgrøder til jorden afhænger af den totale kulstofmængde fixeret i biomasse, og hvordan biomassen er allokeret mellem udbytte og over- og underjordiske afgrøderester. Der har i forskellige studier vist sig at være en ringe konsensus om allokeringen i selv de gængse afgrøder. I Keel et al. (2017) beregnedes kulstoftilførslen til jorden fra forskellige afgrøder med forskellige metoder, hvilket afslørede store forskelle mellem metoder imellem. Figur 2 nedenfor er fra Studiet af Keel et al. (2017).



Figur 3. Figur 3 fra Keel et al. (2017). Kulstofinput beregnet for vinterhvede, vinterbyg, majshelsæd, græs og sukkerroer ved 5 forskellige metoder.

I figuren ses, hvordan det beregnede kulstofinput varierer op til >100 % mellem individuelle beregningsmetoder. Specielt kulstofinputtet beregnet for græs varierer voldsomt mellem metoder.

Undersøgelse

Det er valgt i denne foreløbige udredning at fokusere på allokeringen af kulstof i en række store afgrøder, som den beskrevet i 5 allometriske funktioner beskrevet i den videnskabelige litteratur:

ICBM-funktion:

Andrén, O., Kätterer, T. & Karlsson, T. 2004. ICBM regional model for estimations of dynamics of agricultural soil carbon pools. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70, 231-239.

Bolinder-funktion:

Bolinder, M.A., Janzen, H.H., Gregorich, E.G., Angers, D.A. & VandenBygaart, A.J. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 29-42.

CCB-funktion:

Franko, U., Kolbe, H., Thiel, E. & Ließ, E. 2011. Multi-site validation of a soil organic matter model for arable fields based on generally available input data. *Geoderma*, 166, 119-134.

IPCC-funktion:

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (eds. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K.). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published: IGES, Japan.

C-TOOL-funktion:

Taghizadeh-Toosi, A., Christensen, B.T., Hutchings, N.J., Vejlin, J., Kätterer, T., Glendining, M. & Olesen, J.E. 2014. C-TOOL: A simple model for simulating whole-profile carbon storage in temperate agricultural soils. *Ecological Modelling*, 292, 11-25.

Baggrunden for denne tilgang er, at metoderne hver især bygger store datasæt over allokering af kulstof/biomasse i forskellige plantedele og exudater, og derfor er en opsamling af viden indenfor dette felt, som ville være udenfor rækkevidde at indsamle i dette projekt.

Målet til den endelige udredning er at implementere alle 5 allometriske funktioner til beregning af kulstof-input i et regneark, således sammenligningen kan foretages for så mange afgrøder som muligt og som funktion af udbytteneiveau. Dette er ikke gennemført endnu. Målet er ligeledes at vurdere om der for de forskellige afgrøder og mellem forskellige modeller ses nogen konsensus, som evt. kan adapteres/midles til at gælde i eks. C-TOOL modellens inputfunktion, som anvendes i flere sammenhænge hos SEGES.

Tabellen nedenfor viser de afgrødespecifikke værdier, som skal beregnes med alle funktioner, beregnet ved C-TOOL inputfunktionen for en række af de største afgrøder. De fire sidste kolonner angiver allometriske forhold for afgrøderne, som skal sammenholdes mellem inputfunktioner:

- Afgrøderester/total C ved nedmuldning
- Afgrøderester/total C ved bjærgning
- Underjordisk rest/øvrigt C

Det ses, at der er bare indenfor kornarterne er markante forskelle i de allometriske forhold. Specielt forholdet mellem underjordisk rest og øvrigt C. Det er nok i forventeligt, at der vil være en del usikkerhed på især de underjordiske input, da de er yderst vanskelige at kvantificere.

Nedenfor ses et beregningseksempel af kulstof-input fra en vinterhvede-afgrøde med et udbytte på 3,5 ton tørstof/ha beregnet ved alle fem funktioner. Der ses betydelig variation mellem det beregnede kulstof-input, men der er her ikke lavet en sammeligning mellem de allometriske forhold nævnt ovenfor.

Notat

SEGES Innovation
Planter og miljø

Allokering af kulstof i afgrøder	Ansvarlig	hevp
	Oprettet	21-12-2022
	Side	5 af 7

Projekt: 8512 Få styr på kulstoffet i jorden

Tabel 1

	Udbytte	Enhed	C i udbytte	C i overjordisk rest nedmuldning	C i overjordisk rest bjrægning	Total C i afgrøde	Underjordisk rest	Andel underjordisk rest til overjord	Afgrøderester/total C ved nedmuldning	Afgrøderester/total C ved bjrægning	Underjordisk rest/øvrigt C
			Ton C/ha	Ton C/ha	Ton C/ha	Ton C/ha	Ton C/ha				
Vinterhvede	73	hkg	2,79	3,41	1,88	8,3	2,07	0,70	0,66	0,48	0,33
Vårbyg	58	hkg	2,22	2,71	1,49	5,9	1,01	0,80	0,63	0,42	0,21
Sukkerroer til fabrik	536	hkg	5,79	2,48	2,48	9,4	1,13	0,80	0,38	0,38	0,14
Vinterrug	70	hkg	2,68	4,37	2,23	9,4	2,35	0,70	0,71	0,49	0,33
Vinterbyg	64	hkg	2,45	3,83	2,48	7,6	1,29	0,70	0,67	0,50	0,20
Vårhavre	57	hkg	2,18	3,27	1,96	6,6	1,12	0,80	0,67	0,47	0,20
Kartofler, spise	434	hkg	3,91	1,67	1,67	6,3	0,69	0,80	0,37	0,37	0,12
Majshelsæd	11300	FE	5,95	1,05	1,05	8,2	1,24	0,80	0,28	0,28	0,18
Vinterraps	39	hkg	1,60	2,72	1,28	5,8	1,44	0,70	0,72	0,47	0,33
Kløvergræs	8800	FE	4,75	2,04	2,04	12,3	5,55	0,90	0,62	0,62	0,82
Rajgræs, alm.	14	hkg	0,55	4,99	2,94	10,1	4,54	0,90	0,94	0,74	0,82

Allokering af kulstof i afgrøder	Ansvarlig	hevp
	Oprettet	21-12-2022
	Side	6 af 7

Projekt: 8512 Få styr på kulstoffet i jorden

Beregningseksempel alle 5 funktioner.

Vinterhvede; 4,12 ton/ha udbytte = 3,5 ton/ha tørstof

Bolinder:

CP (C i udbytte) = $3.5 \times 0.45 = 1.575$ (Funktion 2)

CS (C overjordisk ekskl. udbytte) = $0.482/0.335 \times 1.575 = 2.266$ (Funktion 3)

CR (C i underjordisk ekskl. evt. udbytte) = $0.11/0.335 \times 1.575 = 0.517$

CE (C i exudater og rodturnover) = $0.073/0.335 \times 1.575 = 0.343$

Ci (Samlet C-input) = $1.575 \times 0 + 2.266 \times 0.15 + 0.517 \times 1.232 \times 1.0 + 0.343 \times 1.232 \times 1.0 = 1.400$ ton C/ha (Funktion 14)

CCB:

YF (Udbytte vådt) = $3.5/0.85 = 4.118$

YFbp (by-product vådt) = $4.118 \times 0.8 = 3.294$ (Funktion 4)

Cibp (C i by-product) = $3.294 \times 0.91 \times 0.46 = 1.379$ (Funktion 5)

Nres (Residual N) = $0.07/100 \times 4.118 \times 2.7 + 10/1000 = 0.01778$ (Funktion 6)

Cires (C i rest) = $0.01778 \times 50 = 0.889$ (Funktion 7)

Ci (samlet C-input) = $0.889 \times 0.41 + 0.889 \times 0.59 \times 1.408 = 1.103$ Mg C ha⁻¹

C-TOOL:

CP (C i udbytte) = $3.5 \times 0.45 = 1.575$ (Funktion 8)

CS (C i overjordisk rest) = $(1/0.45 - 1 - 0.55 \times 0.5) \times 1.575 = 1.492$ (Funktion 10)

CiRE (C i rødder og exudater) = $0.25/((1 - 0.25) \times 0.45) \times 1.575 = 1.167$ (Funktion 11)

Ci = $1.492 + 1.167 = 2.659$ Mg C ha⁻¹

ICBM:

Ci (C i afgrøderester) = $(0.32 + 1.575 \times 0.62) \times (1 - 1) + 0.54 + 0.4 \times 1.575 + 0.67 + 0.06 \times 1.575 \times 1.557 = 1.987$ Mg C ha⁻¹ (Eq. 14)

IPCC:

AGDM (overjordisk tørstof) = $0.4 + 1.61 \times 3.5 = 6.035$ (Funktion 16)

Ci (C i afgrøderester) = $0.45 \times (6.035 \times (1 - 1) + (6.035 + 3.5) \times 0.23 \times 1.408) = 1.389$ Mg C ha⁻¹ (Funktion 15)

Referencer ikke udskrevet ovenfor:

Jensen, J.L., Beucher, A.M. and Eriskin, J. Soil organic C and N stock changes in grass-clover leys: Effect of grassland. Geoderma (2022) 424.

proportion and organic fertilizer

Taghizadeh-Toosi, A. og Christensen, B. Filling gaps in models simulating carbon storage in agricultural soils: the role of cereal stubbles. Nature – Scientific reports (2021) 11:18299