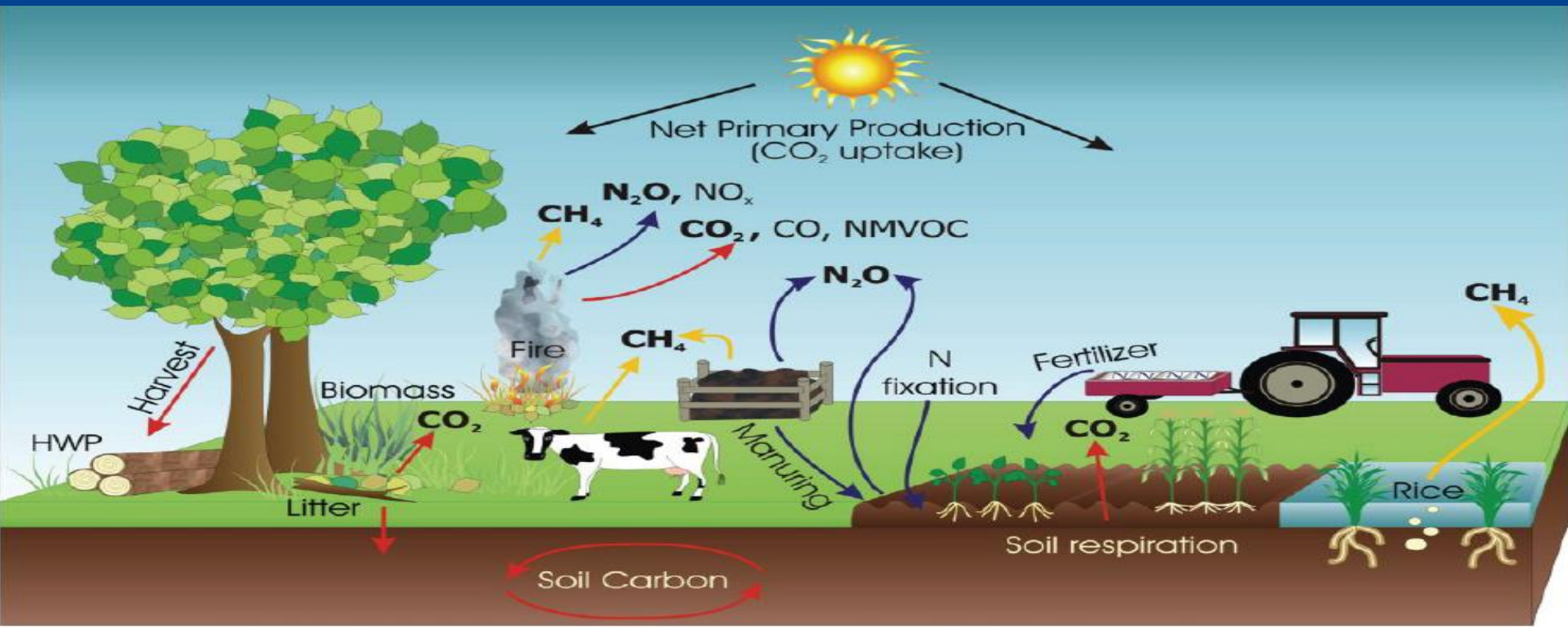


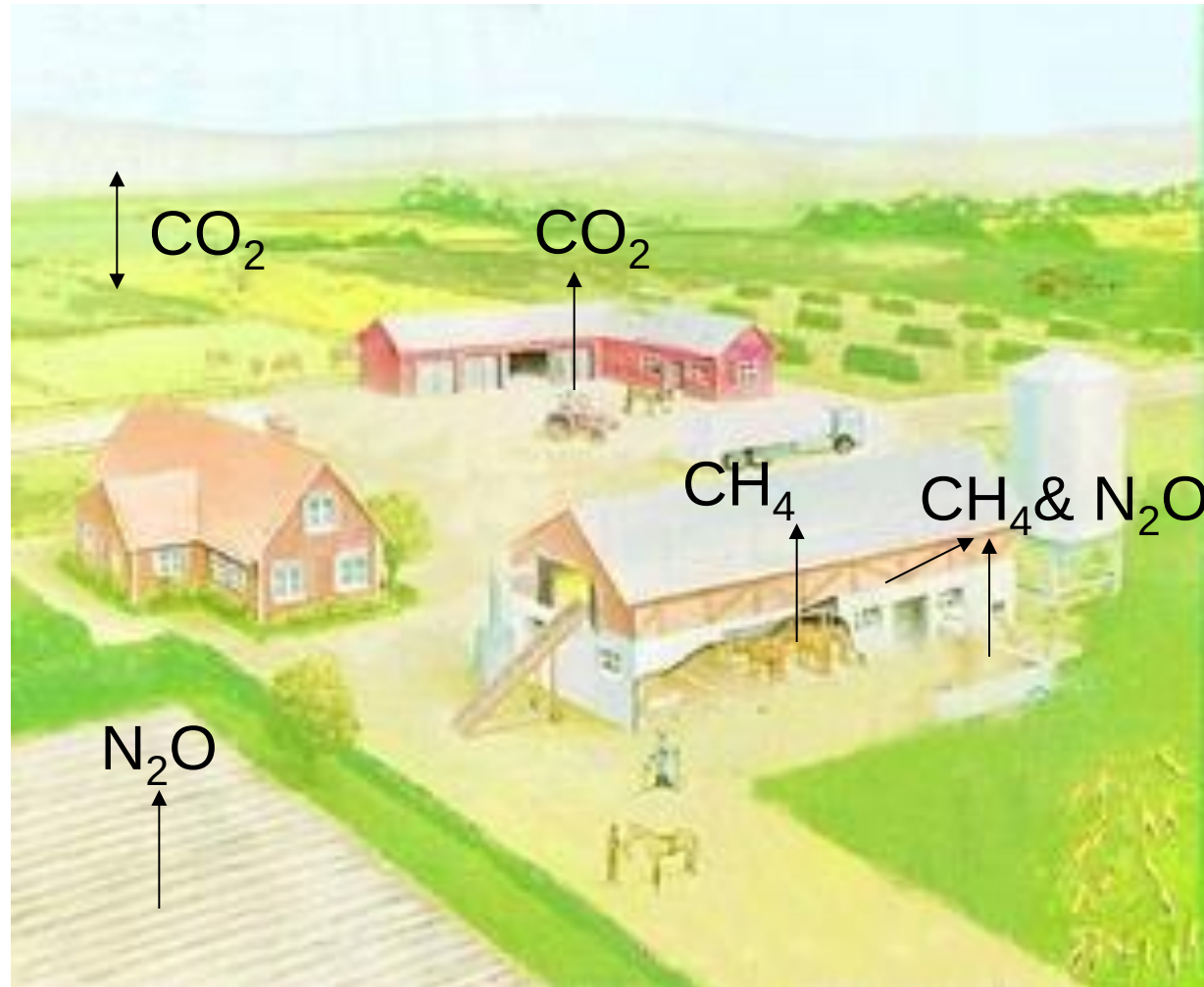
Landbrugets rolle i klimakampen

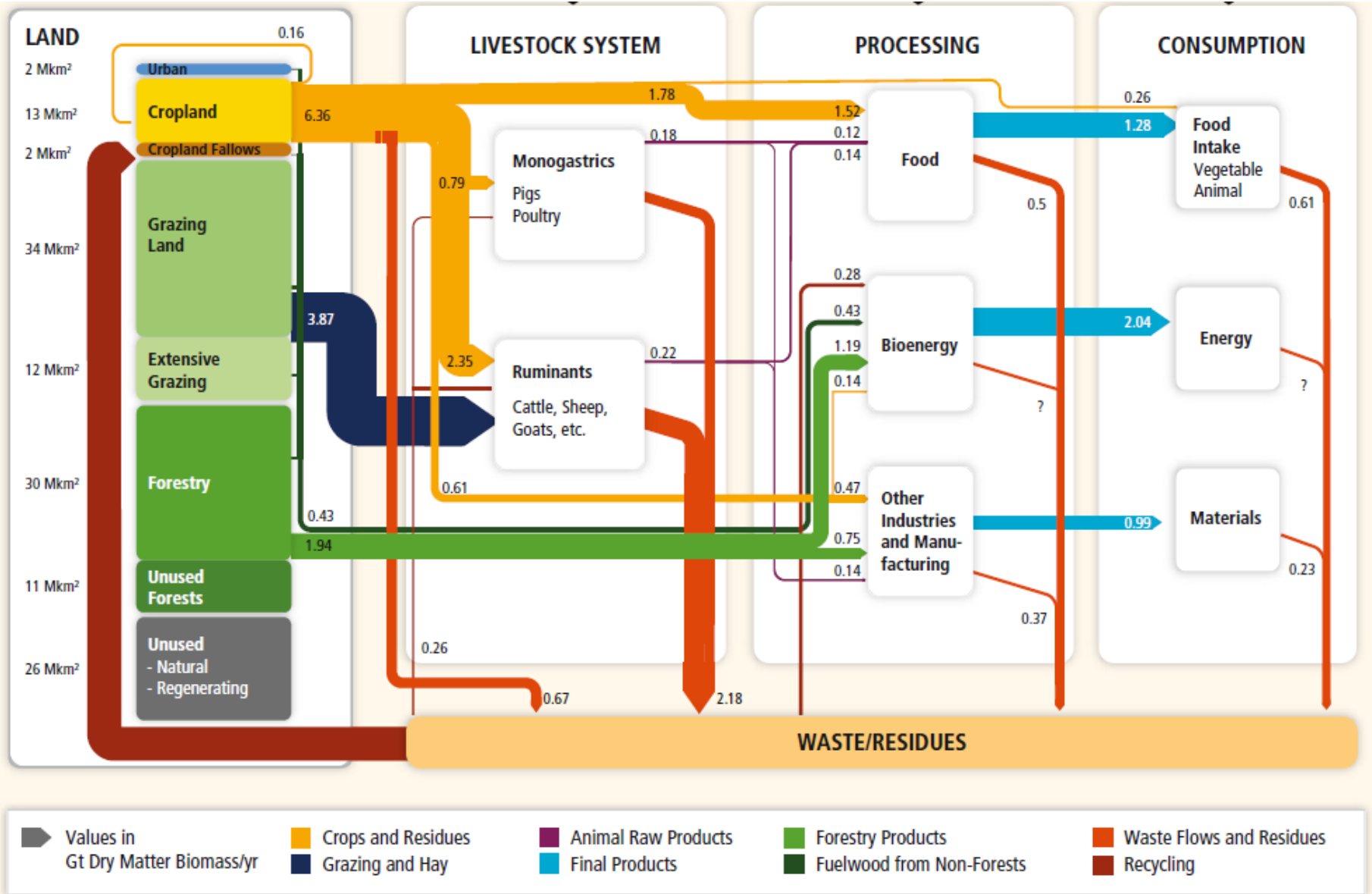
Professor Jørgen E. Olesen



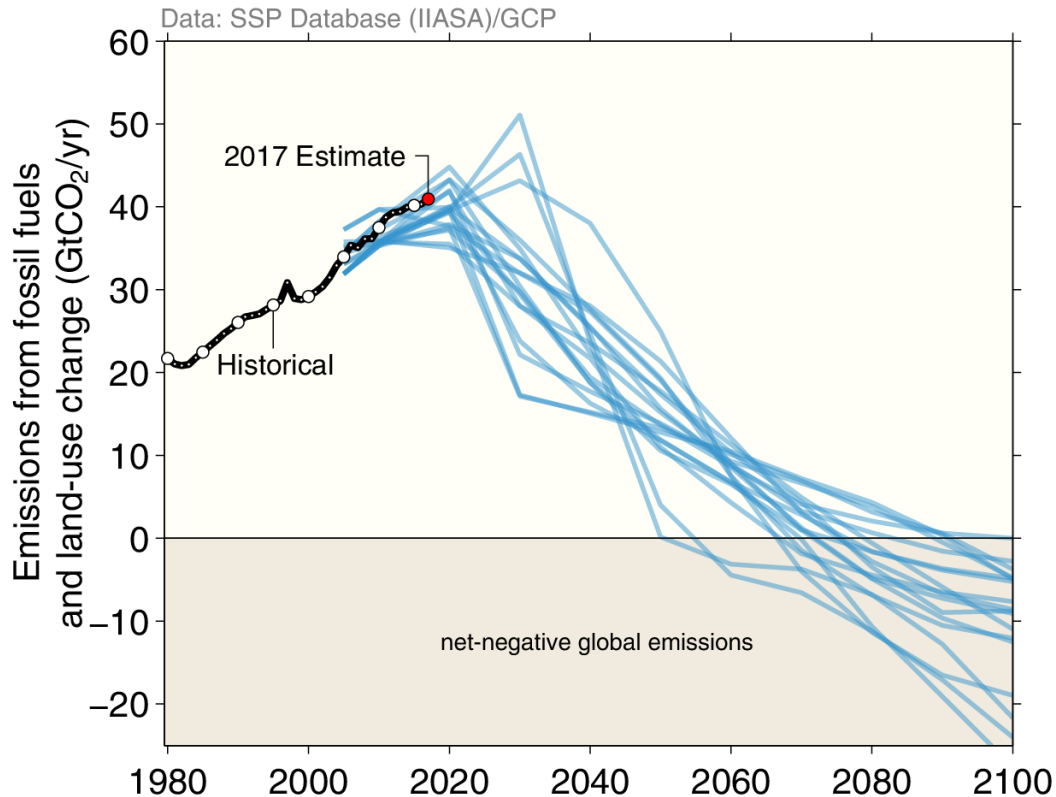
Mange forskellige kilder til klimagasser

- › Nogle kilder til klimagasser øges med stigende input (fx gødning) eller antal dyr
- › Også tiltag til at øge jordfrugtbarhed øger udledninger (fx lattergas fra ompløjede efterafgrøder)
- › Der vil ofte være betydelige udledninger af klimagasser selv uden input





Veje til 2 graders målet



Tilstrækkelige reduktioner kan kun nås med fjernelse af kulstof fra atmosfæren (kulstoflagring)

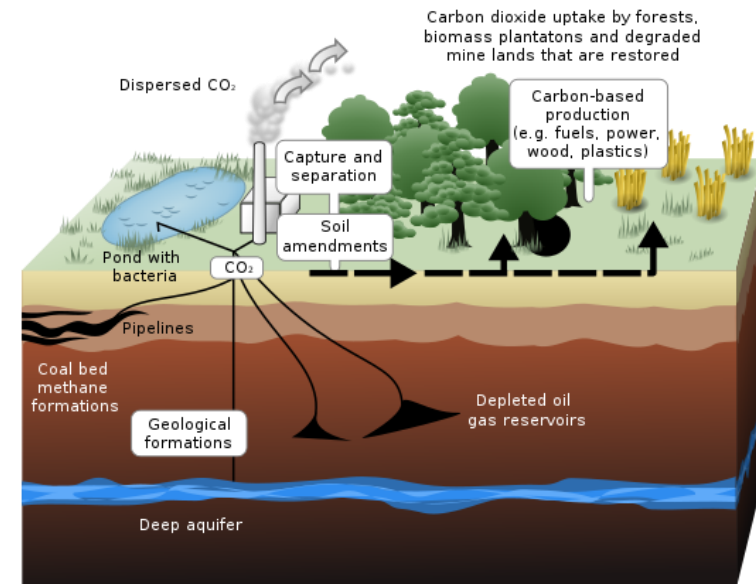
CCS: Carbon Capture and Storage

Punktkilder (kraftværker):

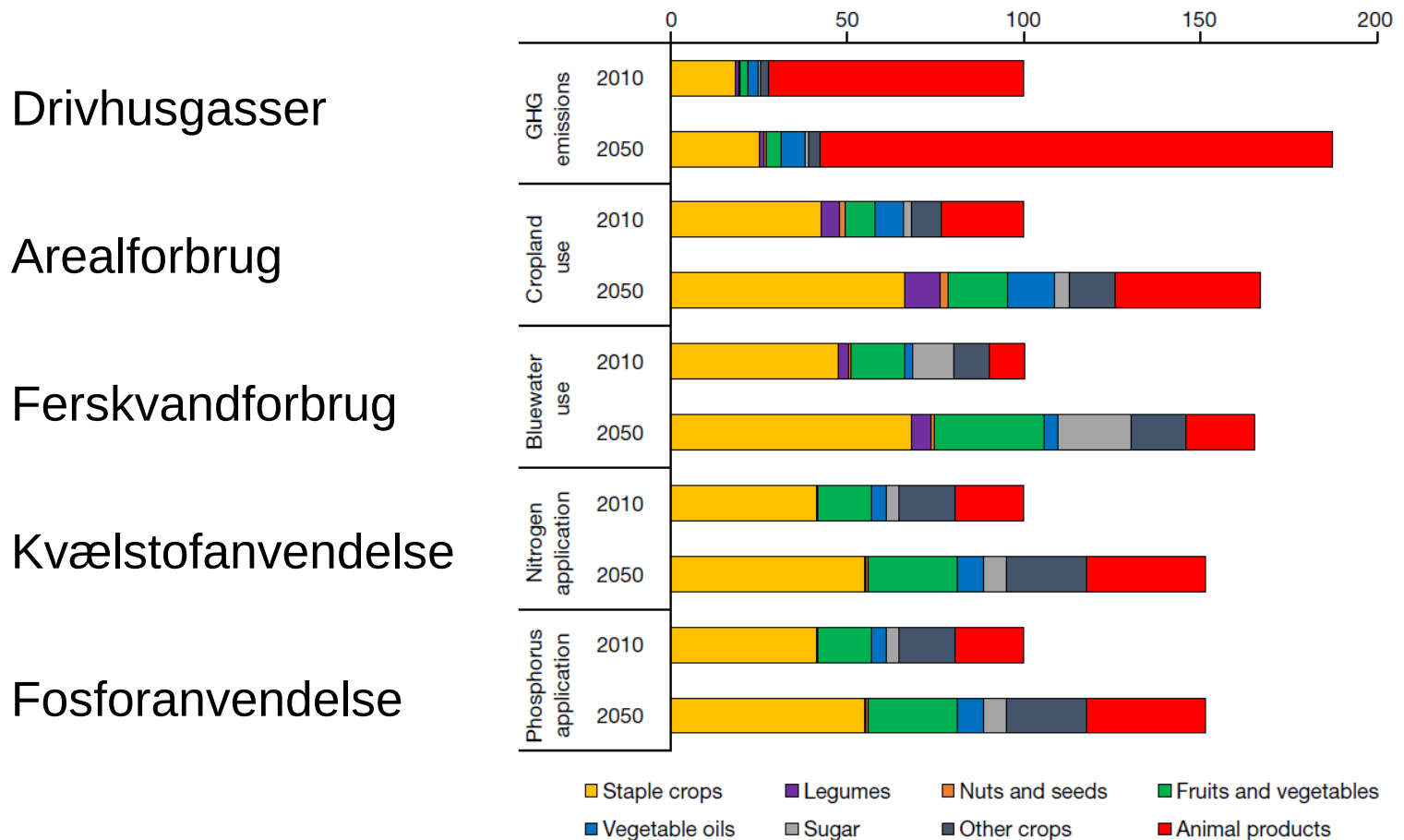
- CCS i geologiske formationer

Atmosfære:

- Lagring i vegetation (skov)
- Lagring i jord



Fødevarers (globalt) nuværende og fremtidige (2050) belastning af planeten

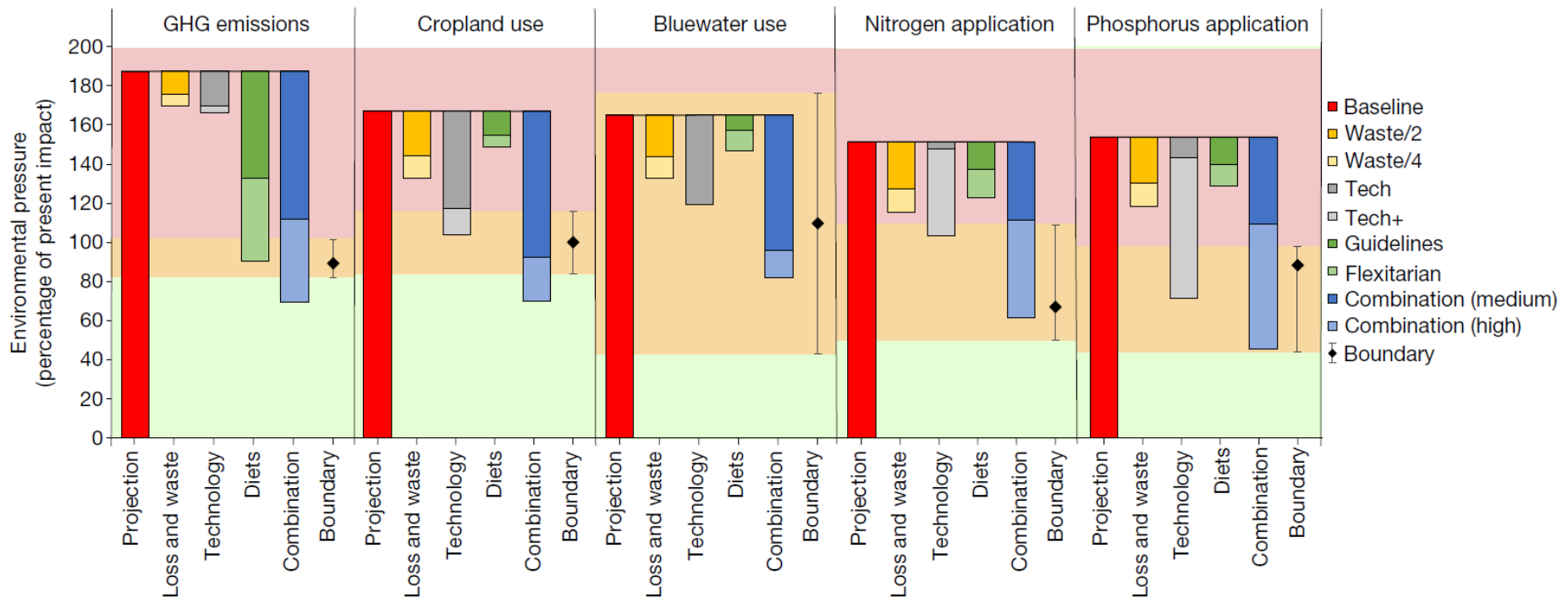


Løsningsveje (globalt)

Bedre landbrugsteknologi

Mindre fødevarespild

Reduceret kødforbrug (flexitar)

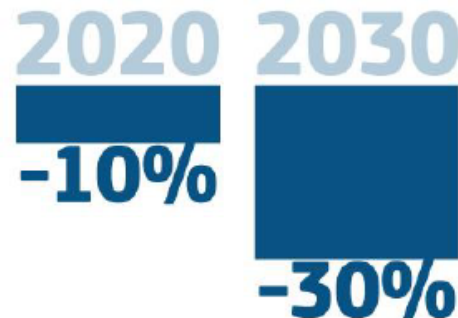




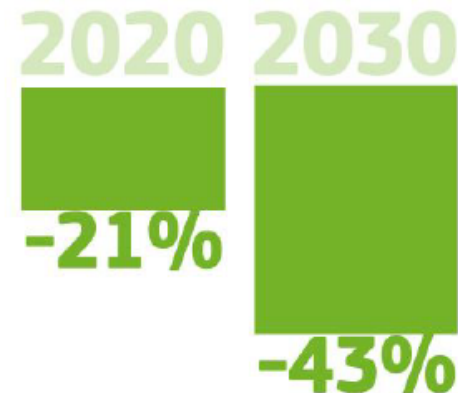
October 2014 European Council gave guidance on how to implement, reconfirmed in March 2016

Endorsed GHG reduction targets ETS and Non ETS

**EMISSION
REDUCTIONS
IN ETS AND
NON-ETS**
COMPARED TO 2005



**NON
ETS**
INCLUDING
ROAD TRANSPORT,
HOUSING,
AGRICULTURE
etc.



ETS
INCLUDING
POWER/ENERGY
SECTOR & INDUSTRY

EU's klimamålsætning for 2030 – set fra dansk perspektiv

Målet for EU er 40% reduktion i 2030 i forhold til 1900:

- Kvotebelagte sektorer reducerer med 43% i forhold til 2005
- Ikke-kvotebelagte sektorer reducerer med 30% i forhold til 2005

Ikke-kvotebelagte sektorer omfatter landbrug, transport og boliger

Danmarks målsætninger for ikke-kvotebelagte sektorer:

- 39% reduktionsmålsætning (pga høj BNP/indbygger)
- 20% reduktion er opnået allerede i 2020
- ETS fleksibilitet: 2%
- LULUCF kreditter: 4%
- Køb af kreditter i andre lande: ?

Landbrugets kilder til drivhusgasser

› Drivhusgasser

- › CO₂, metan og lattergas. Landbrugets udledninger udgør nu 19 % af de nationale emissioner.

› Husdyrenes fordøjelse

- › Metan (især fra drøvtyggere)

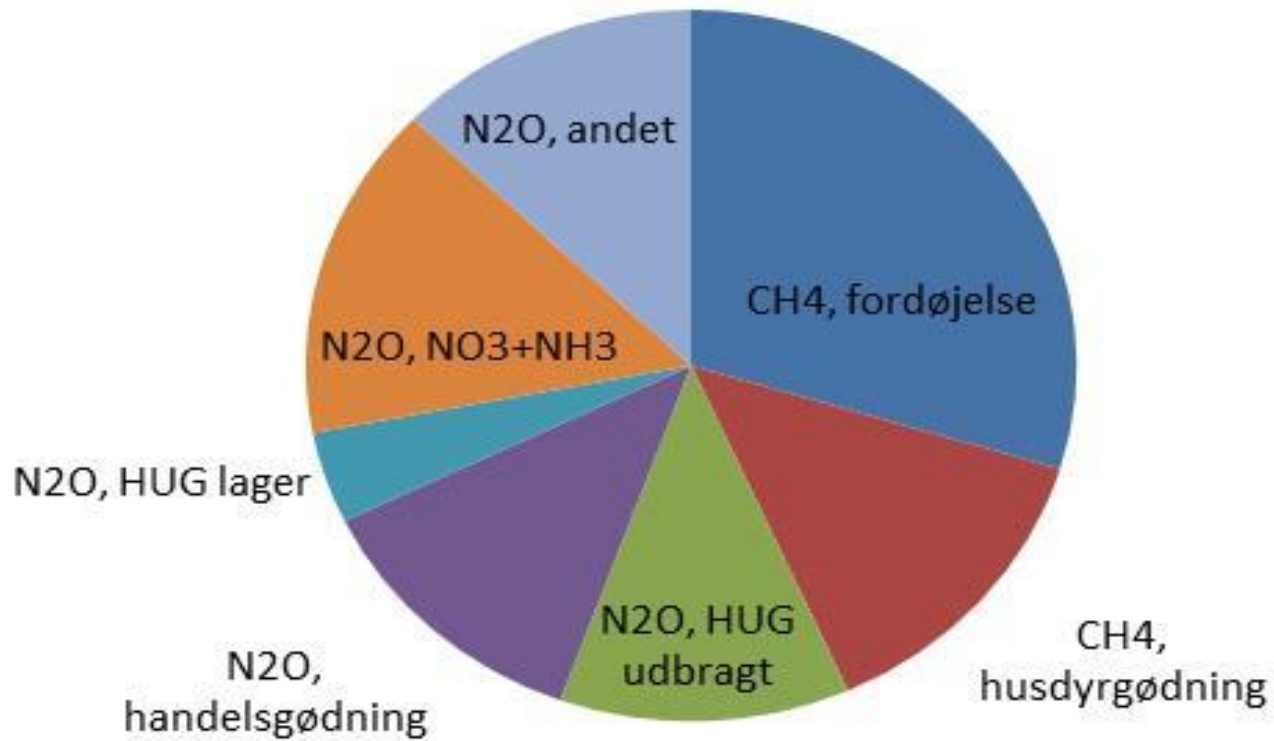
› Husdyrgødning

- › Metan (gylle) og lidt lattergas fra stald og lager
- › Lattergas fra udbragt gødning
- › Kulstoflagring

› Marken

- › Lattergas fra kvælstofgødning (direkte og indirekte)
- › Kulstoflagring fra afgrøder og planterester (især græsmarker og efterafgrøder)
- › CO₂ fra kalkning
- › CO₂ og lattergas fra dræning og dyrkning af organisk jord

Kilder til landbrugets drivhusgasser (metan og lattergas)



Emissionen knyttet til bedriftens produktion for husdyr

	Enhed	Produkt	
		Mælk	Svinekød
Samlet udledning			
-Pr areal (ha - Danmark)	CO ₂ eq (kg)	9677	6769
-Pr dyr (DE)	CO ₂ eq (kg)	5376	5073
-Pr produkt	CO ₂ eq (kg)	1.20	3.1
Fordeling på kilder	%		
-metan fra bedriften		52	22
-lattergas fra bedriften		24	31
-fossil energi (incl. maskinstation)		12	14
-foderimport		8	24
-gødningsimport		4	8

Hvad kan der gøres? Virkemidler

Tiltag	Reduktion i alt	Emissions- opgørelse	Væsentlige barrierer
Ændret fodring af malkekvæg	158	Ja	Nej
Ændret fodring af opdræt	16	Ja	Nej
Biogas	250	Ja	Nej
Biogas med køling/hyppig udslusning	342	Nej	Nej
Forsuring af gylle	176	Nej	Nej
Nitrifikationshæmmere til handelsgødning	496	Nej	Ja ¹
Nitrifikationshæmmere til gylle	213	Nej	Ja ¹
Udtagning af organogen jord uden ophør af dræning	393	Ja	Nej
Udtagning af organogen jord med ophør af dræning	1352	Ja	Nej
Nitrat i foder til malkekvæg	110	Nej	Ja ²
Fast overdækning af gyllebeholdere	8	Nej	Nej
Skærpet N-udnyttelse af afgasset gylle	27	Ja	Nej
Braklægning (100.000 ha)	219	Ja	Nej
Flerårige energiafgrøder (100.000 ha)	138	Ja	Nej
Efterafgrøder (205.000 ha)	170	Ja	Nej

¹ Der kan i forbindelse med anvendelse af nitrifikationshæmmere være effekter på økotoxikologi og udvaskning af tilsætnings- og nedbrydningsprodukter til grundvand, som bør afklares inden udbredt anvendelse. ² Tilsætning af nitrat til foderet øger nitratindholdet i mælken.

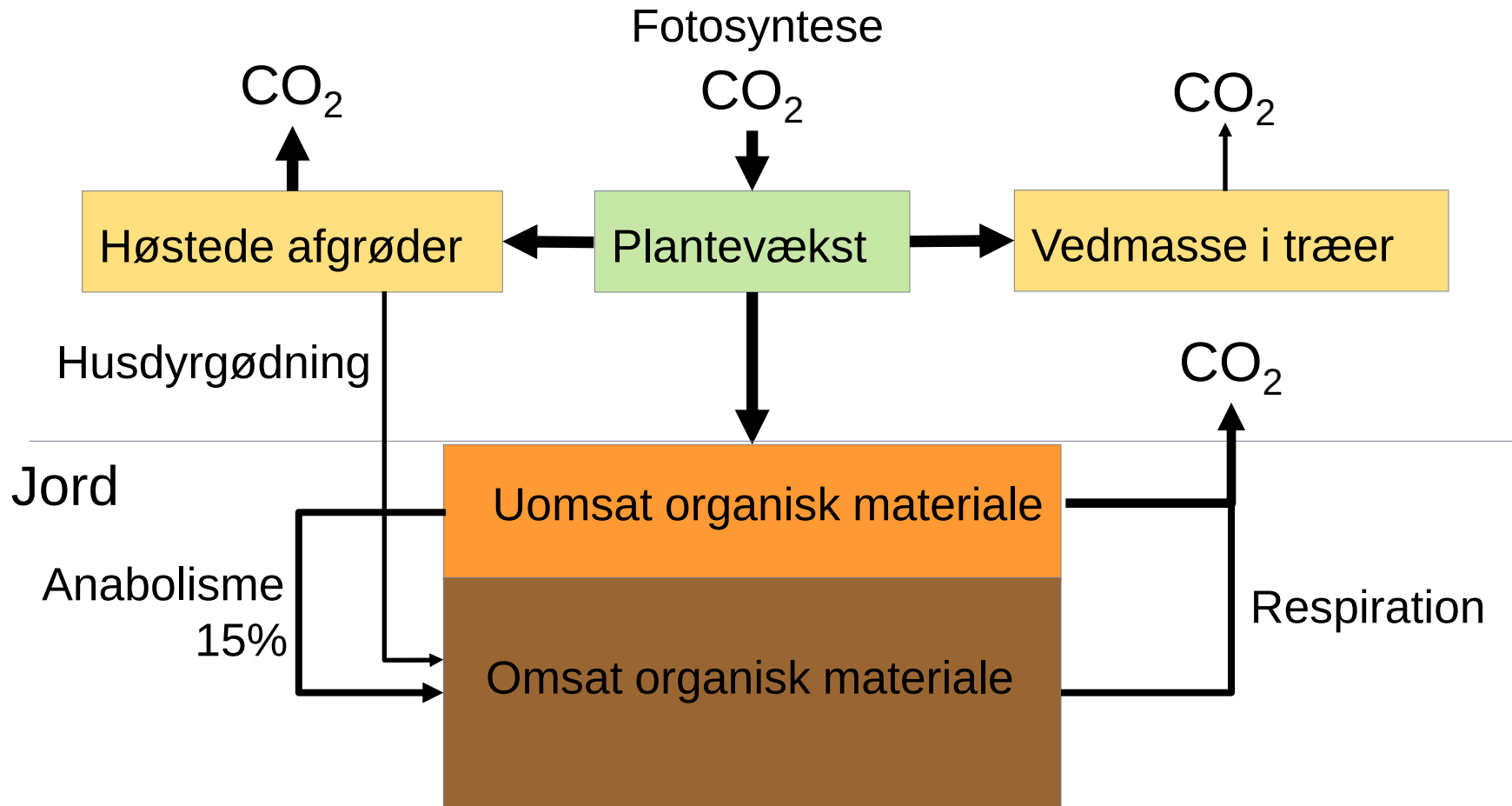
Drivhusgasreduktioner fra hele landbruget (metan og lattergas)

Et gæt på tekniske potentialer

Kilde	mio ton CO2	Pct reduktion	Reduktion
CH4, fordøjelse	2.85	20	0.57
CH4, husdyrgødning	1.31	50	0.66
N2O, HUG udbragt	1.17	20	0.23
N2O, handelsgødning	1.18	30	0.35
N2O, HUG lager	0.40	50	0.20
N2O, NO3+NH3	1.46	10	0.15
N2O, andet	1.23	0	0.00
Total	9.60	22	2.16

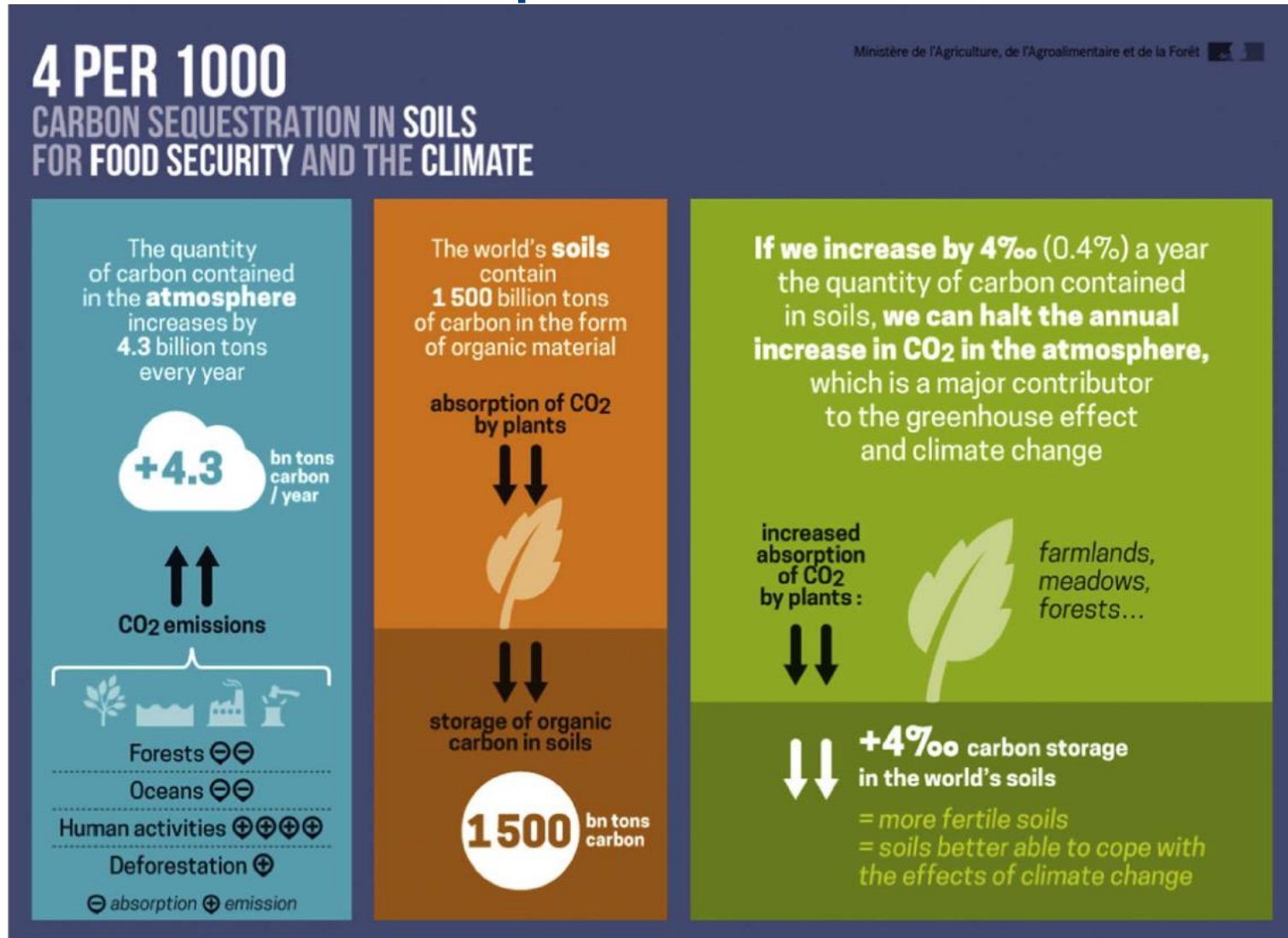


Planters CO_2 optag og lagring i vegetation og jord



Kulstoflagring: Balancen mellem tilførsel og nedbrydning

4 promille konceptet



Udfordringer for 4 promise

Tilstrækkelige virkemidler til at øge kulstoflagringen

- Jordens kulstof øges ved højere input af organisk stof, som konkurrerer med anden efterspørgsel (fødevarer, foder, fibre, biobrændsler). Øget input kan også fremmes gennem højere produktivitet (fotosyntese).

Permanens af kulstof i jord

- Eksisterende kulstoflagre i tørvejord bevares gennem høj vandstand
- Tiltag til at øge kulstoflageret i mineraljord må ikke afbrydes

Global opvarmning øger nedbrydningen af kulstof i jorden

- Højere temperatur øger nedbrydningen af jordens C. 1 °C kan reducere global C i jord svarende til 15% af globale udledninger fra fossil energi.

Samlet vurdering

- Øget kulstof i jord afhænger af balancen mellem øget kulstofinput og øget nedbrydning af jordens kulstof.
- Det vil sandsynligvis være en udfordring blot at fastholde jordens nuværende kulstofindhold (bl.a. på grund af temperaturstigninger)

Øget jordens kulstof med 4 promille (globalt)

Nuværende kulstoflager og krævet stigning

- Nuværende kulstof på landbrugsjord: 161 ton C/ha
- Krævet kulstoflagring: 0,6 ton C/ha

Behov for øget input

- Under antagelse af 15% anabolisme kræves øget input af:
 - Kulstof i biomasse: 4 t/ha
 - Tørstof i biomasse: 9 t/ha

Typisk effekt af tiltag på kulstoflagring (overjord)

- Efterafgrøder: 0.3 t C/ha
- Nedmuldning af halm: 0.3 t C/ha
- Husdyrgødning: 0.2 t C/ha
- Græsmarker: 1.0 t C/ha

Krav for at opfylde udfordringen

- Øget produktivitet (fotosyntese) for at skaffe tilstrækkeligt kulstof
- Tilførsel af modstandsdygtigt kulstof (husdyrgødning, kompost, biochar)
- Beholde planterester (halm) i marken

Organisk jord (tørvejord) og mineraljord

Organisk jord er dannet på våde (oversvømmede) arealer

- Har tidligere dækket ca. 15% af Danmark
- Arealet er faldet betydeligt på grund af dræning (nu ca. 108.000 ha)
- Dræning øger iltadgang og giver meget store $\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O}$ udledninger
- Ved dræning vil kulstof over tid nærme sig indholdet i mineraljord
- Nedbrydningen kan kun mindskes ved at stoppe dræning

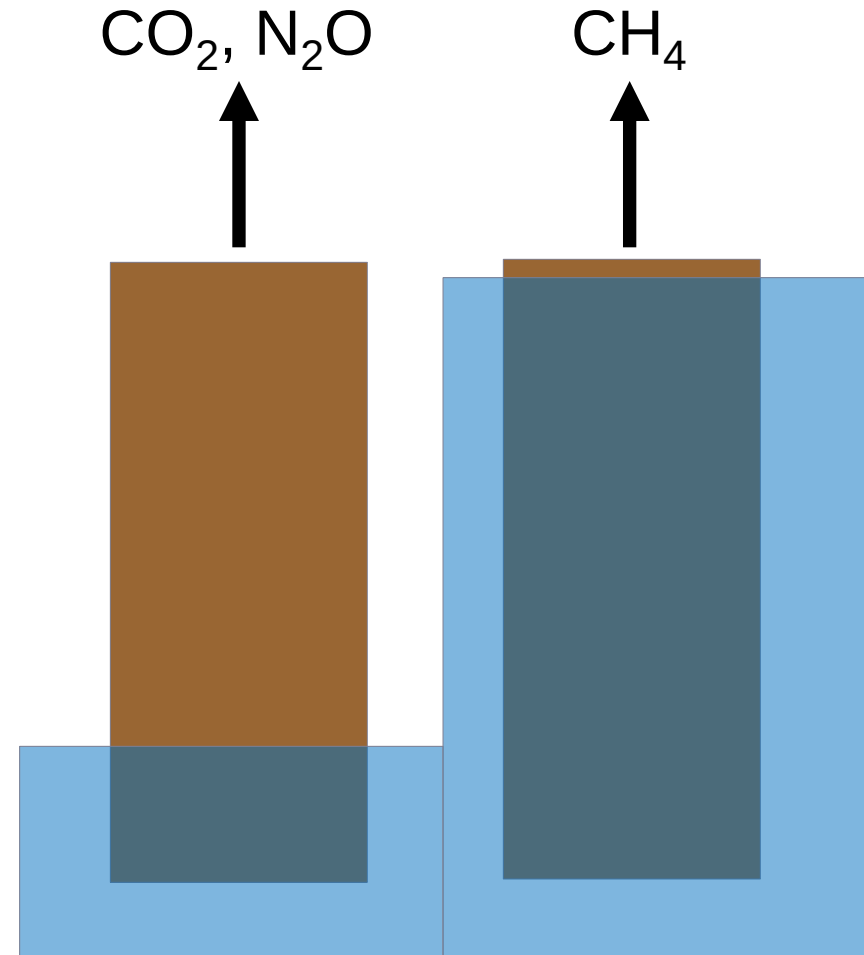
På mineraljord er nedbrydningen ikke begrænset af vand

- Kulstof i jord er en balance mellem tilførsel af C og nedbrydning af C



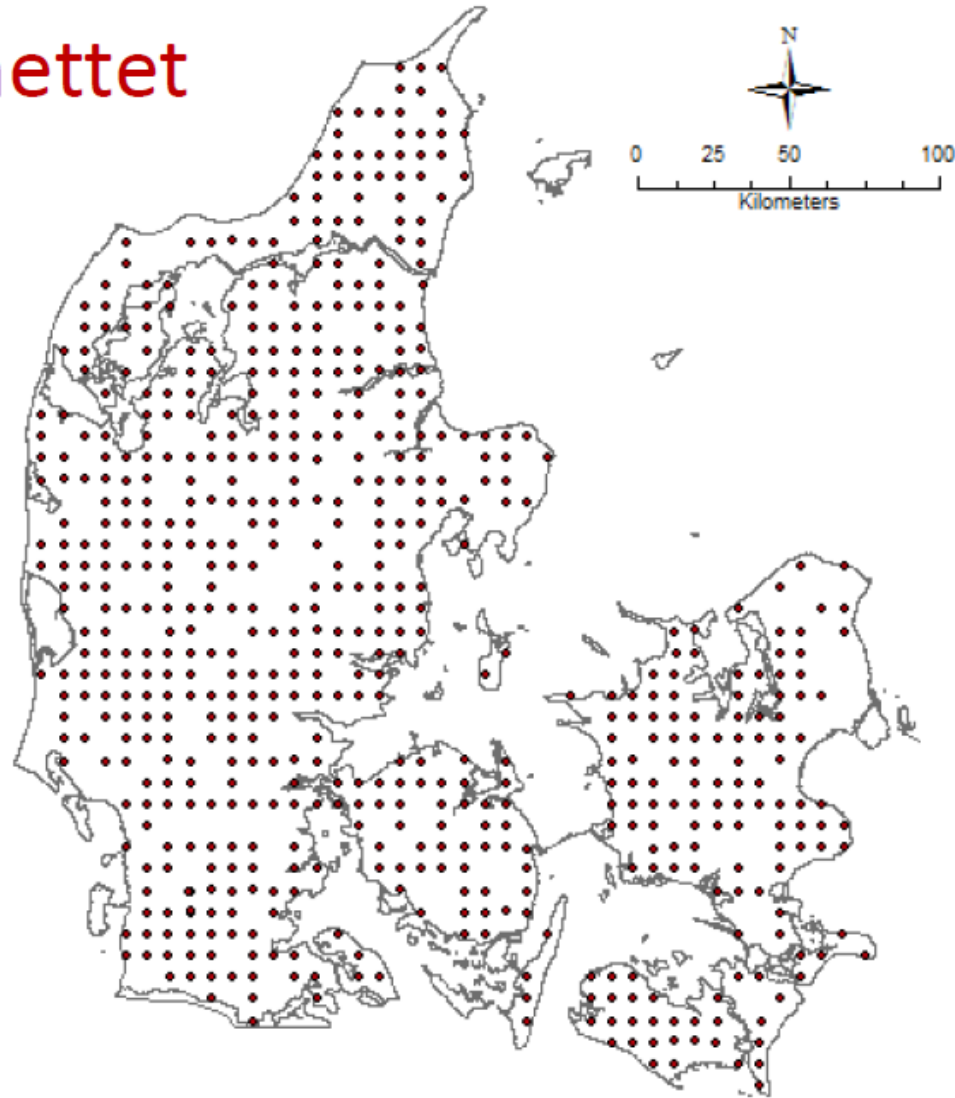
Klimagasser på organisk jord

- › På drænet tørvejord er der store udledninger af CO_2 og lattergas som følge af den mikrobielle nedbrydning af organisk stof under påvirkning af ilt
- › Ved høj vandstand mindskes iltadgangen, som stort set fjerner disse udledninger, men i stedet giver udledning af metan, som dog er af betydelig mindre betydning

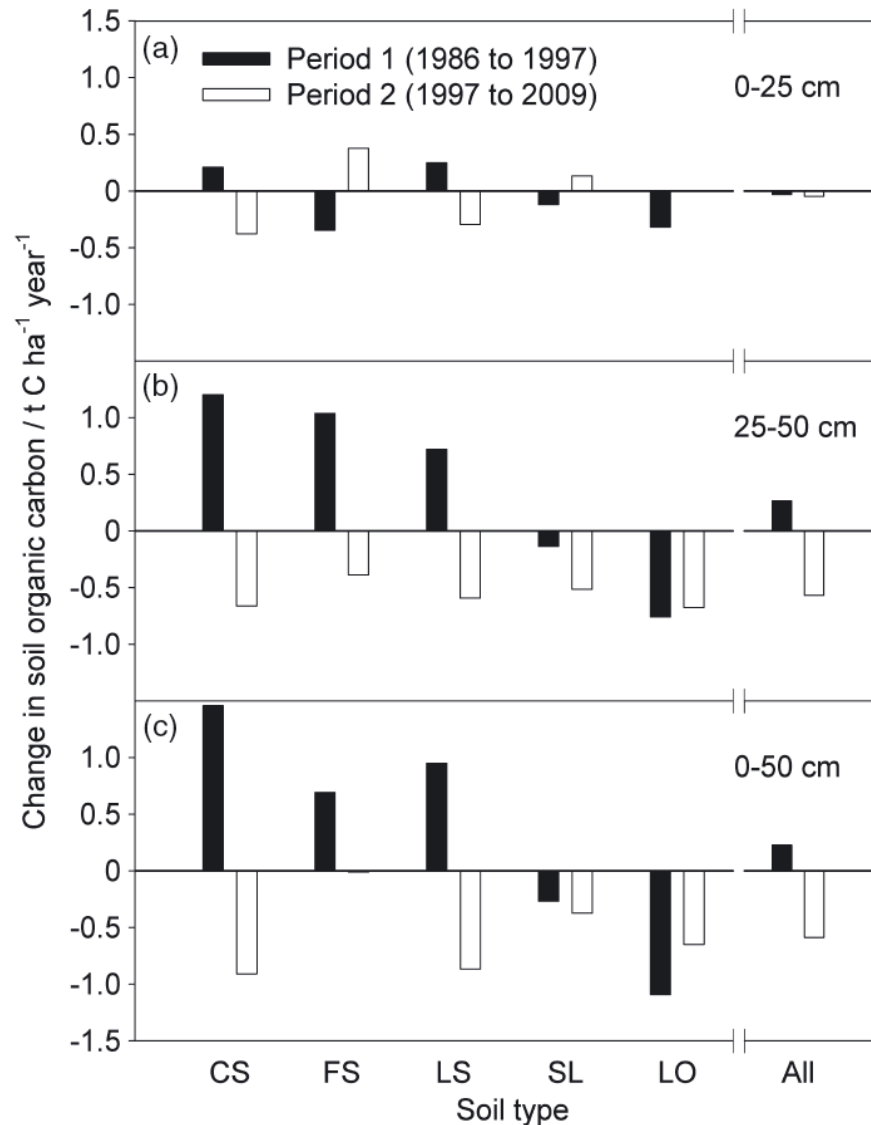


Monitering af kulstof i jord i Danmark

Kvadratnettet



Monitoring af kulstof i jord i Danmark



Kulstoflagring: Resultater af Kvadratnettet

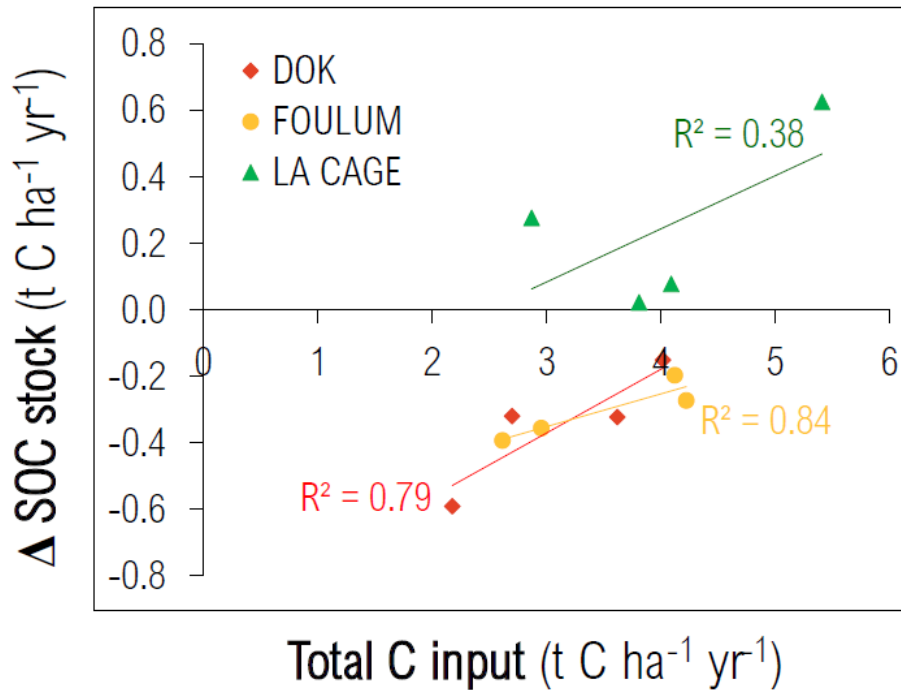
- For 0-25 cm:
 - Græsmark 950 kg C/ha/år
 - Vintersæd + halmnedmuldning 400 kg C/ha/år
 - Kvæggødning 200 kg C/ha/år
- For 25-50 cm:
 - Græsmark 580 kg C/ha/år

Lagring af kulstof i jorden (hvad batter?)

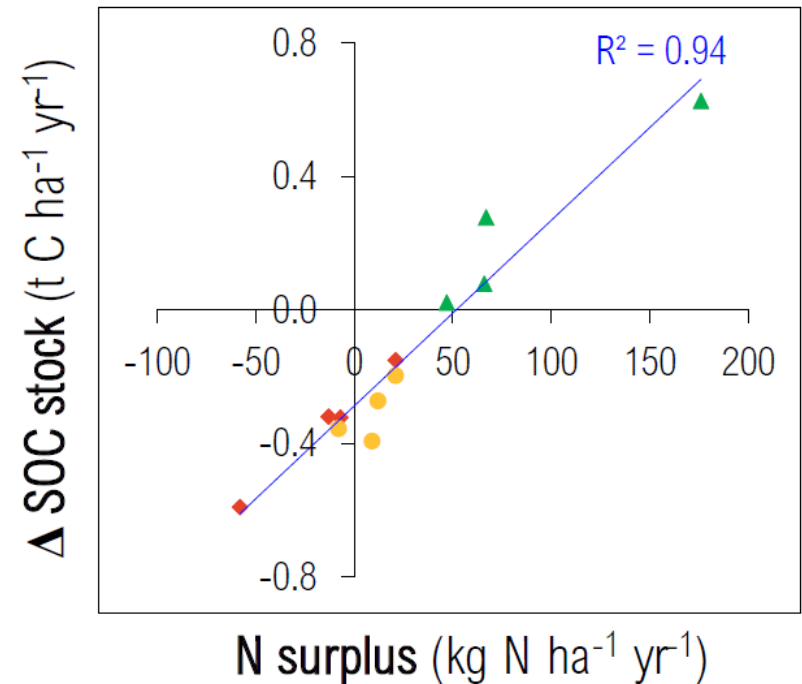
- › **Forhindre tab af eksisterende kulstoflagre**
 - › Stop dræning af tørvejord
 - › Stop afskovning og opdyrkning af græsmarker
- › **Øget kulstoflager**
 - › Skovrejsning
 - › Græsmarker
 - › Kulstof gennem øget input (reduceret jordbearbejdning har kun lille effekt)
- › **Kulstoflagring øget også lageret af N, P og S (kræver input)**
 - › C:N:P:S forholdet er næsten konstant (11:1:0.21:0.16) i jorden



Kulstoflagring forudsætter øget kvælstofoverskud



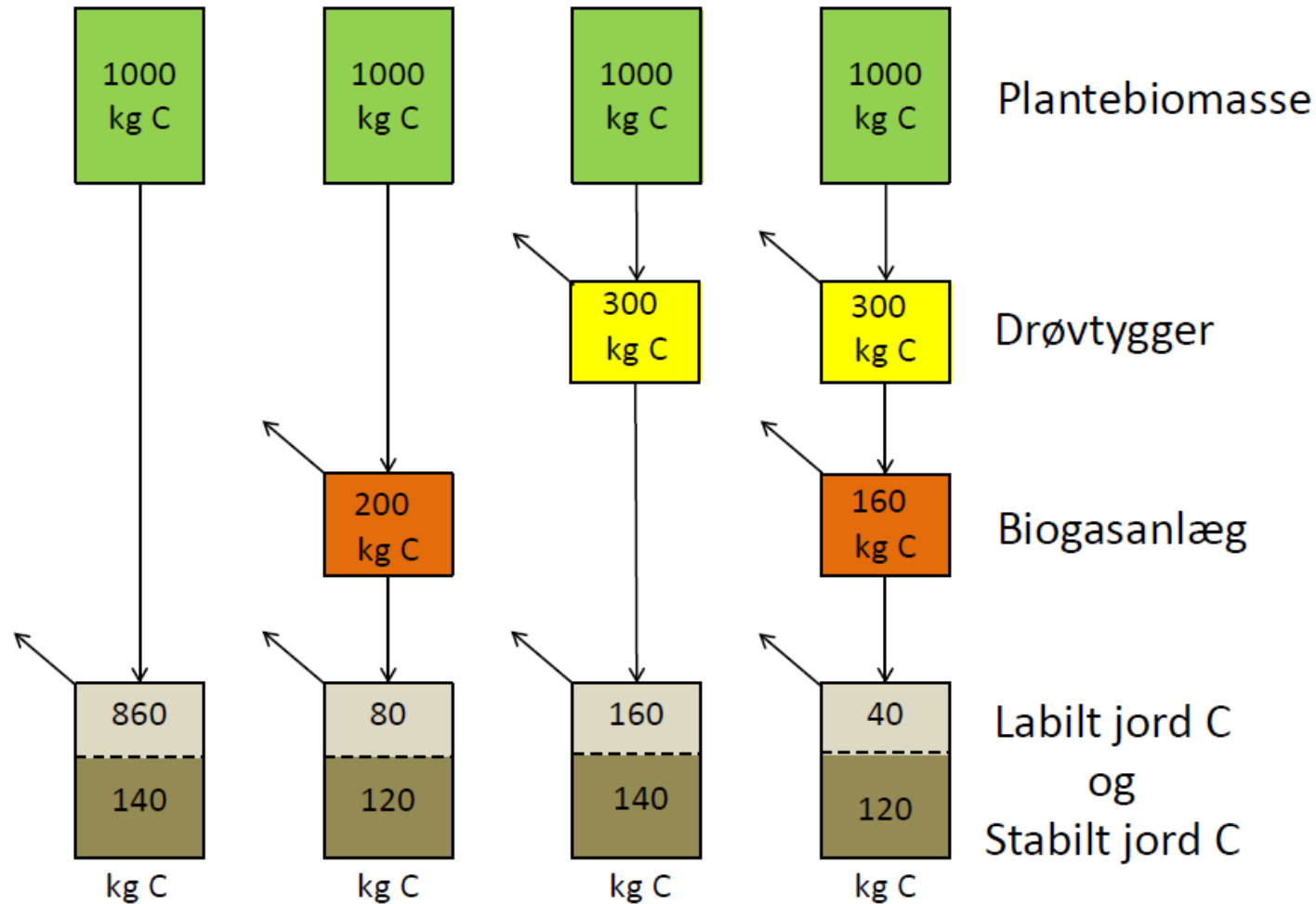
- Contrasted relation between sites :
 - SOC storage controlled by C inputs
 - But also driven by N availability



- N required for C sequestration
(Van Groenigen *et al.* 2017)



Biogas mindsker kun kulstoflagringen minimalt



(Thomsen et al., 2013)

Potentiale for kulstoflagring i DK (1000 ton CO₂/år)

Udtagning af organisk jord (tørvejord) med ophør af dræning

- Udtagning af arealer i ådale: 1.500 kt
- Udtagning af alle arealer: 3.400 kt

Græs på det nuværende majsareal (grøn bioraffinering)

- Græs på majsarealet (179.000 ha): 650 kt

Halm bruges til biogas i stedet for afbrænding:

- Halm til biogas i stedet for fyring: 250 kt

Øget areal med efterafgrøder

- Flere efterafgrøder (205.000 ha): 200 kt

Skovrejsning (afhænger af tidshorisont, her 20 år)

- Skov (10% af landbrugsarealet): 1.100 kt

I alt (potentiale) 5.600 kt

Betragtninger om øget kulstoflagring

- Kulstof i jord kan kun øges på gennem tilførsel af mere organisk stof til jorden: Øget plantevækst (mere halm), efterafgrøder eller græsmarker.
- Græsmarker og efterafgrøder opbygger organisk stof i jorden (især kulstof og kvælstof)
- Græsmarker og efterafgrøder reducerer også kvælstofudvaskningen
- En lille del af kulstofeffekten modvirkes af øgede lattergasudledninger
- Den øgede kulstoflagring vil kun batte ved massiv omlægning til græsmarker, men vil det øge andre udledninger (fx fra kvæg)?
- Der fås større arealmæssigt reduktioner (>10 ton CO_2 /ha/år) ved udtagning af dyrkede organiske jorder
- I sidste ende fås der kun markante samlede kulstofoptag ved mindre landbrug og mere skov (dette kræver øgede udbytter i landbruget)

Hvordan løses landbrugets klimaudfordringen?

- › Nye stald- og husdyrgødningssystemer, der minimerer metanudledinger:
 - › Hurtig udslusning af gylle fra stald
 - › Forsuring i stald eller biogas
- › Tryllepulver i kvægfoder til at reducere metanudledninger
- › Tryllepulver (nitrifikationshæmmer) i handelsgødning og husdyrgødning
- › Ophør med dræning og dyrkning af organisk jord
- › Fokus på opretholdelse af kulstofindhold i dyrkningsjord

- › Med den nuværende viden bliver det svært at nå i mål – Der er brug for en betydelig indsats omkring forskning, innovation og incitamenter der virker.