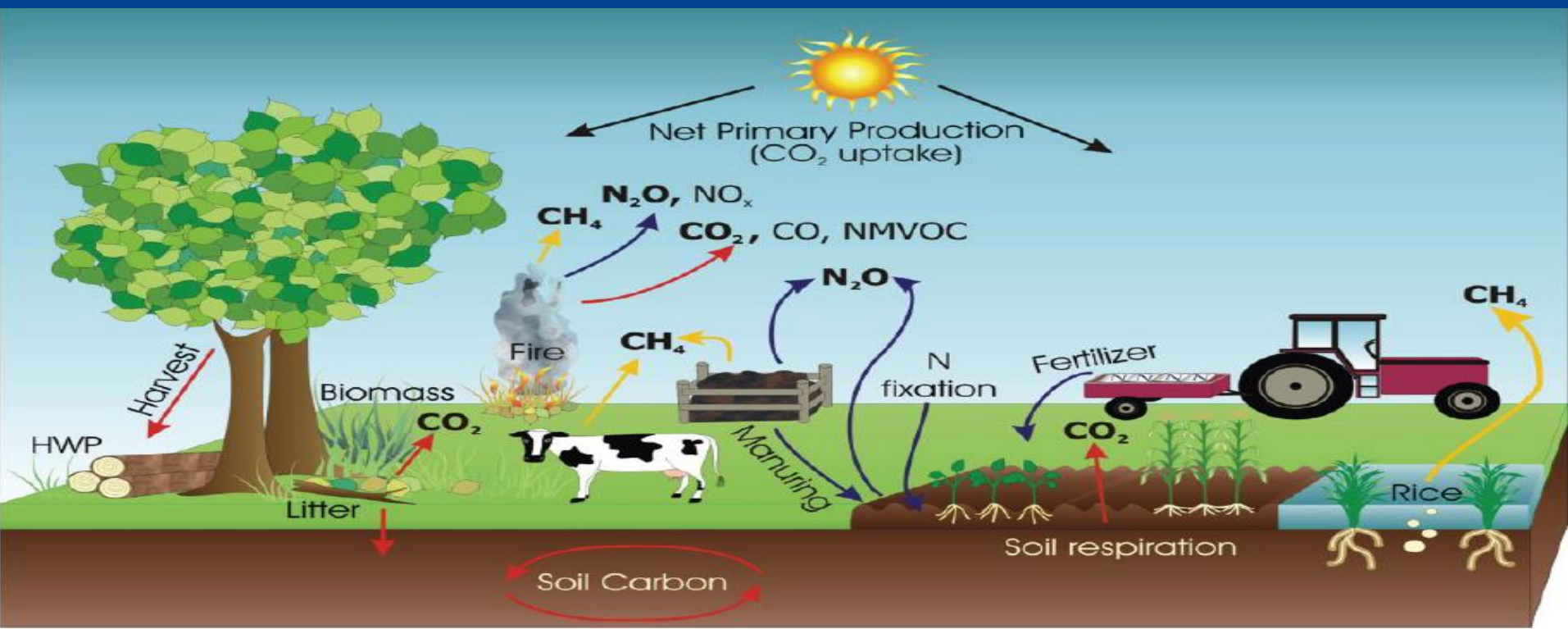
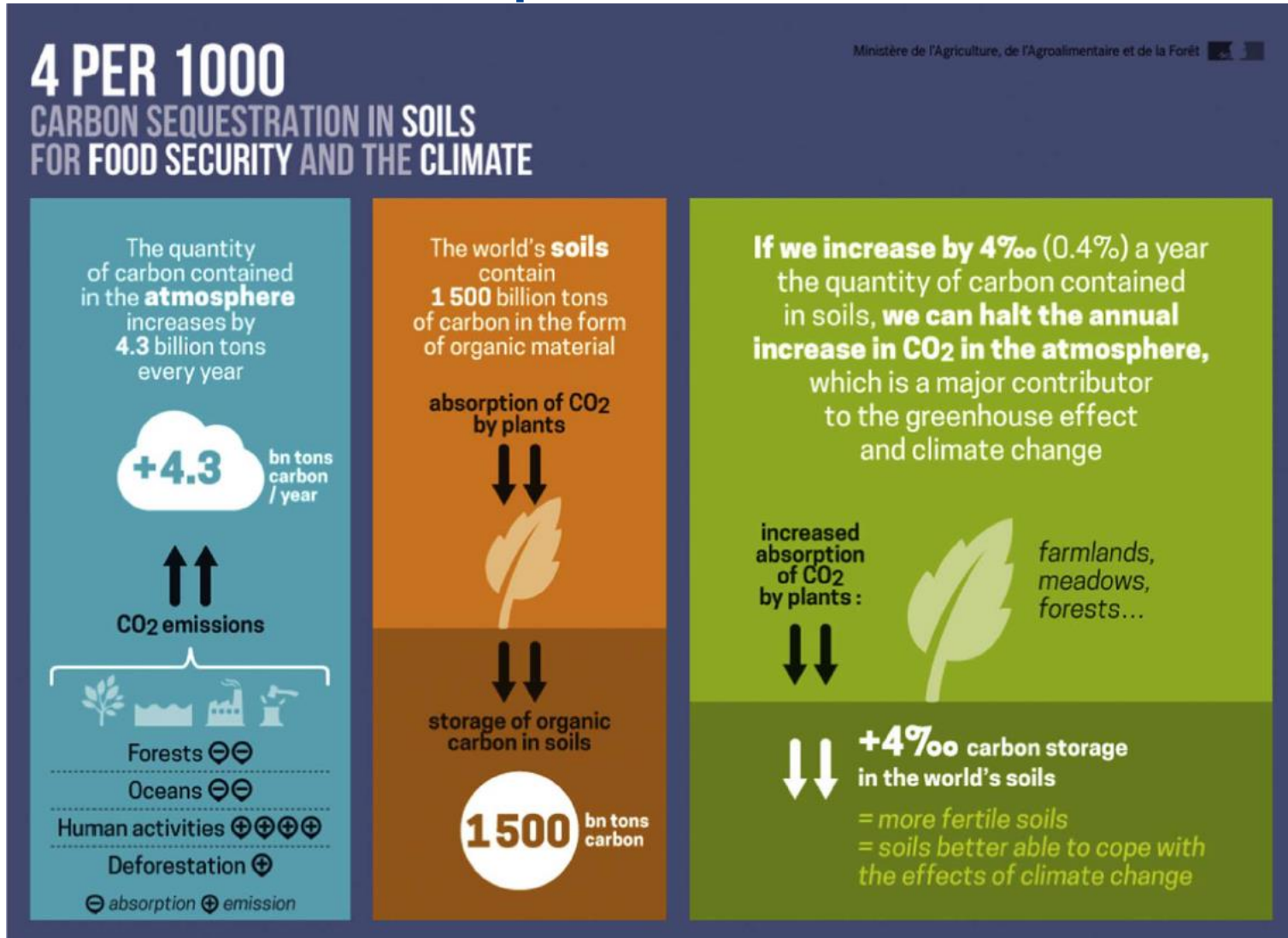


Kulstofbinding i græsmarker og efterafgrøder, herunder samspil til lattergasudledninger

Professor Jørgen E. Olesen



4 promille konceptet



Udfordringer for 4 promille

Tilstrækkelige virkemidler til at øge kulstoflagringen

- Jordens kulstof øges primært (kun?) gennem højere input af organisk stof. Dette konkurrerer med anden efterspørgsel efter biomasse (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 temperaturer øger nedbrydningen af kulstof i jorden. En stigning på 1 °C kan reducere det global kulstof indhold med 1.6 Gt C/yr (svarer til 15% af de globale udledninger fra fossil energi).

Samlet vurdering

- Mulighederne for at øge jordens kulstof afhænger af balancen mellem øget kulstofinput og øget nedbrydning af jordens kulstof.
- Det vil sandsynligvis være en udfordring blot at fastholde jordens nuværende kulstofindhold

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% humificering kræves øget input af:
 - Kulstof i biomasse: 4 t/ha
 - Tørstof i biomasse: 9 t/ha

Typisk effekt af tiltag på kulstoflagring (topsoil)

- 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
- Underjord: ????? (halvdelen af C er i underjorden)

Krav for at opfylde udfordringen

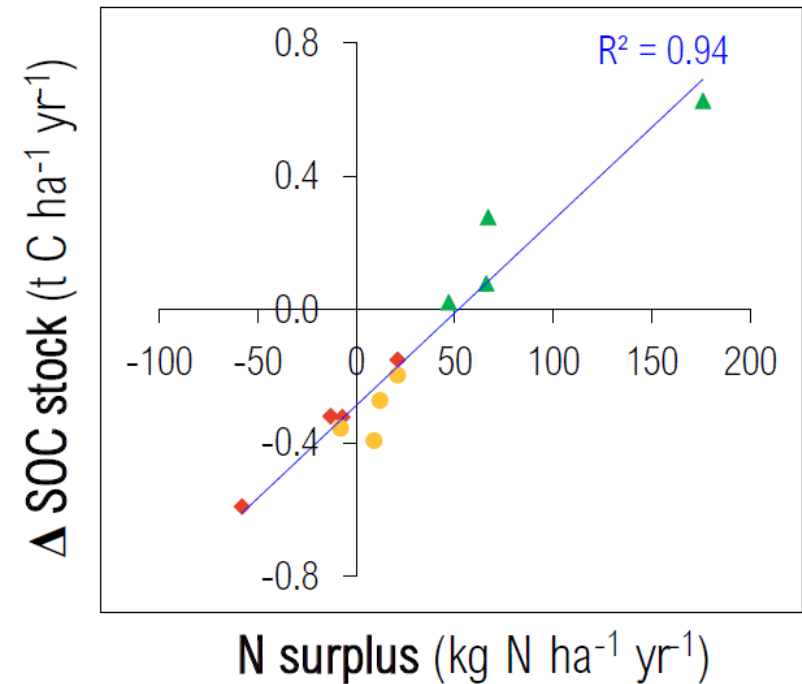
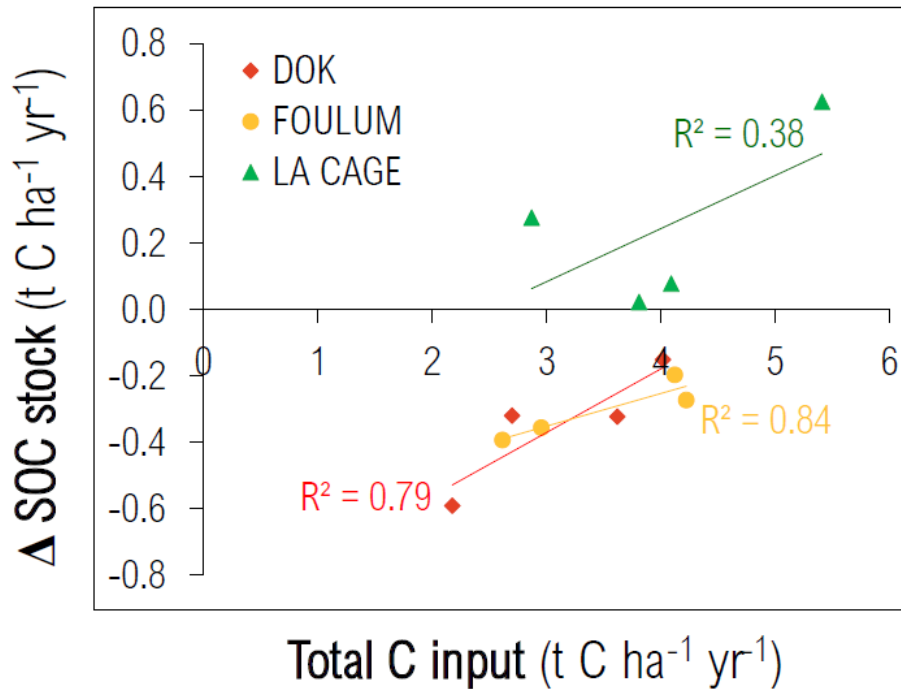
- Øget produktivitet (fotosyntese) for at skaffe tilstrækkeligt kulstof
- Tilførsel af modstandsdygtigt kulstof (husdyrgødning, kompost, biochar)
- Beholde planterester (halm) i marken

Lagring af kulstof i jorden

- › **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**
 - › C:N:P:S forholdet er næsten konstant (11:1:0.21:0.16) i jorden



Kvælstofoverskud (input-output) and kulstoflagring



- ▶ 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)

Kulstoflagring på mineraljord (Danmark)

- › 4 promille initiativet argumenter for at kulstofindholdet kan/skal øges med 4 promille årligt
- › Med et gns kulstofindhold i DK på 100 ton C vil det betyde en årlig stigning på 0,4 ton C/ha (0,8 mio ton C på landbrugsarealet årligt, eller 3,1 mio. ton CO₂)
- › For at øge kulstofindholdet med 0,4 ton C/ha/år skal der tilføres biomasse på 6 ton/ha årligt
- › Potentiale i Danmark
 - › Efterafgrøder: 0,04 mio. ton C/år
 - › Halm tilbageholdes: 0,04 mio. ton C/år
 - › Majs til græs: 0,12 mio. ton C/år

Kulstoflagring: Resultater af markforsøg

- Ved årlig nedmuldning af planterester tilbageholdes 10-20 % af det tilførte kulstof
 - Ved årlig tilførsel af husdyrgødning tilbageholdes 30 - 40 % af det tilførte kulstof
- set over en periode på 10-30 år

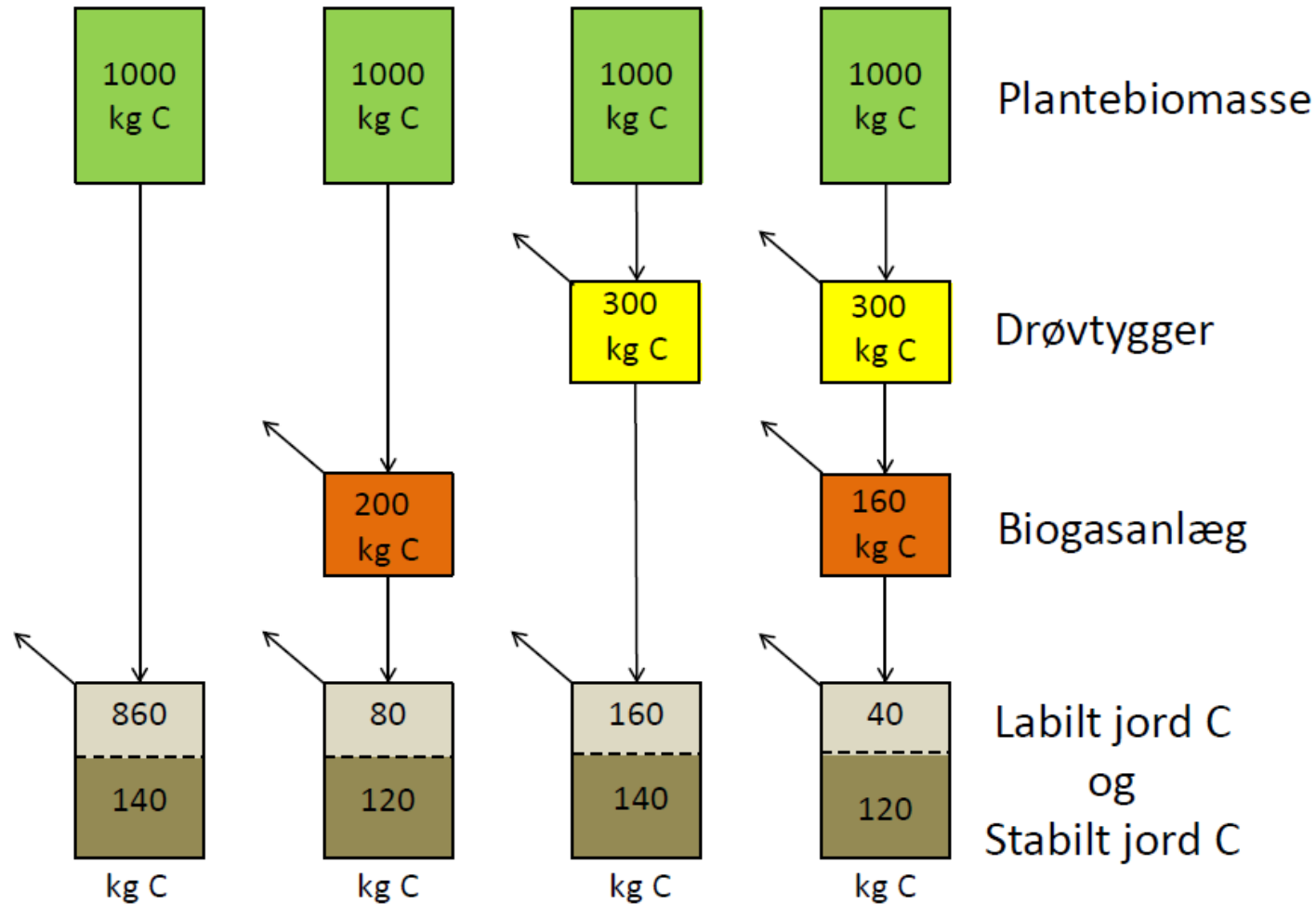
Kulstoflagring: Resultater af markforsøg

- Rod, stub, bladtab mv. 300 kg C/ha/år
- Halmnedmuldning (5 t TS/ha) 300 kg C/ha/år
- Gylle (30 t/ha, 5 %TS) 200 kg C/ha/år
- Efterafgrøde (rajgræs, udlagt forår) 400 kg C/ha/år
- Vedvarende græsmark (slæt) 1100 kg C/ha/år

- set over en periode på 10-30 år



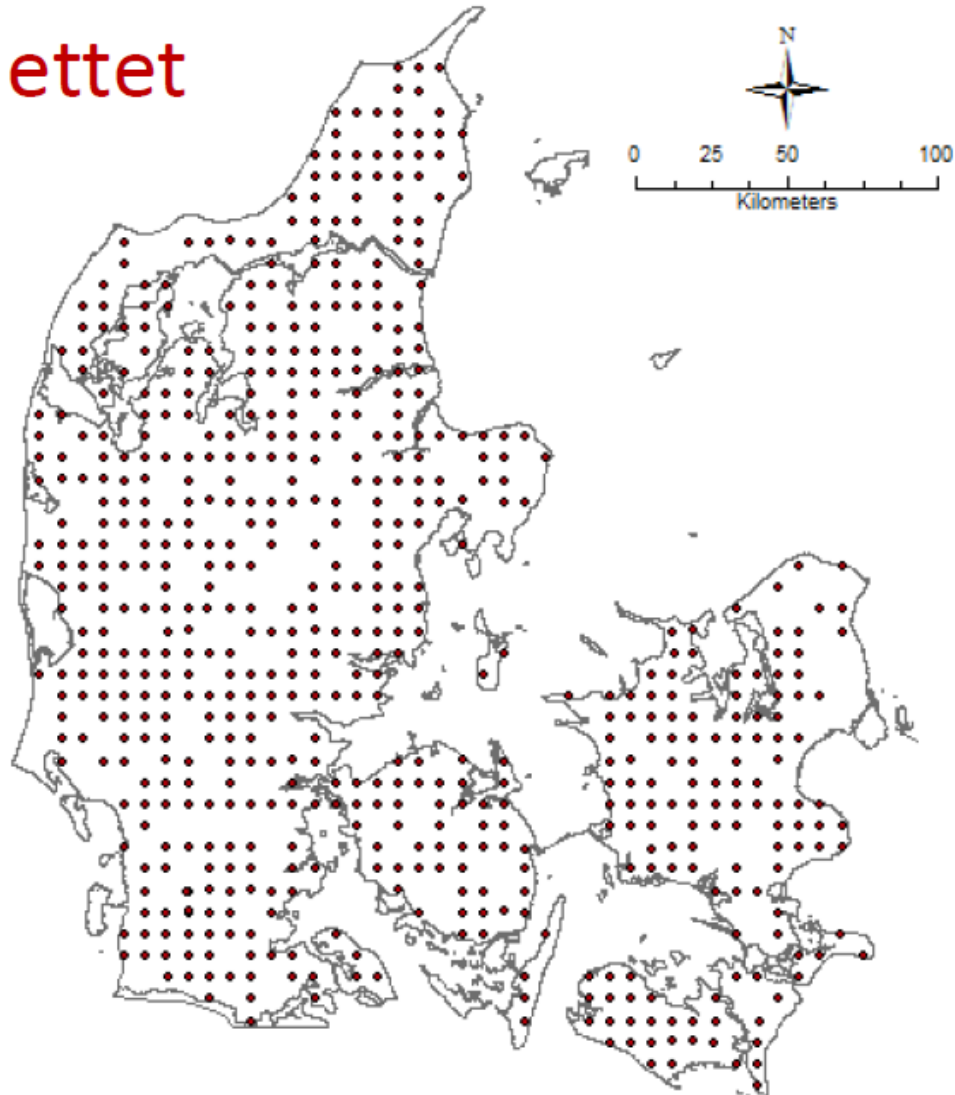
Biogas mindsker kun kulstoflagringen minimalt



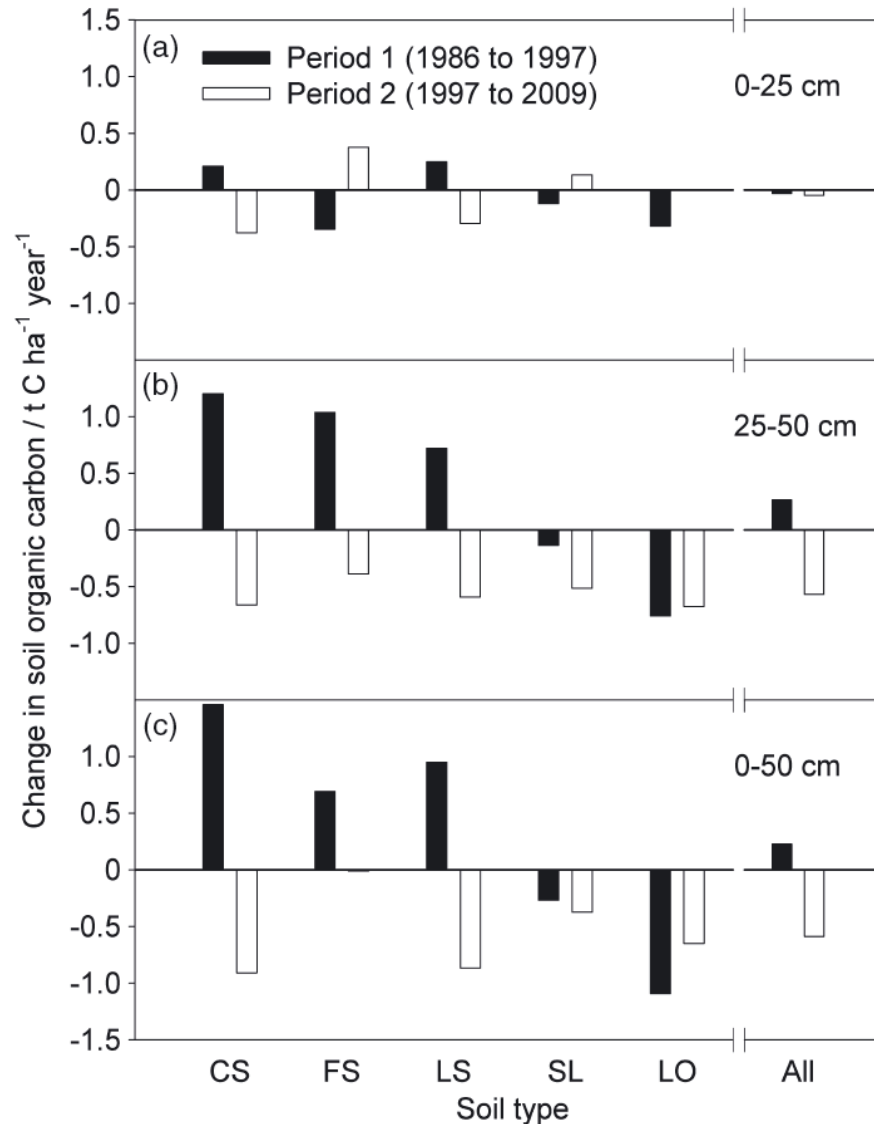
(Thomsen et al., 2013)

Monitering af kulstof i jord i Danmark

Kvadratnettet



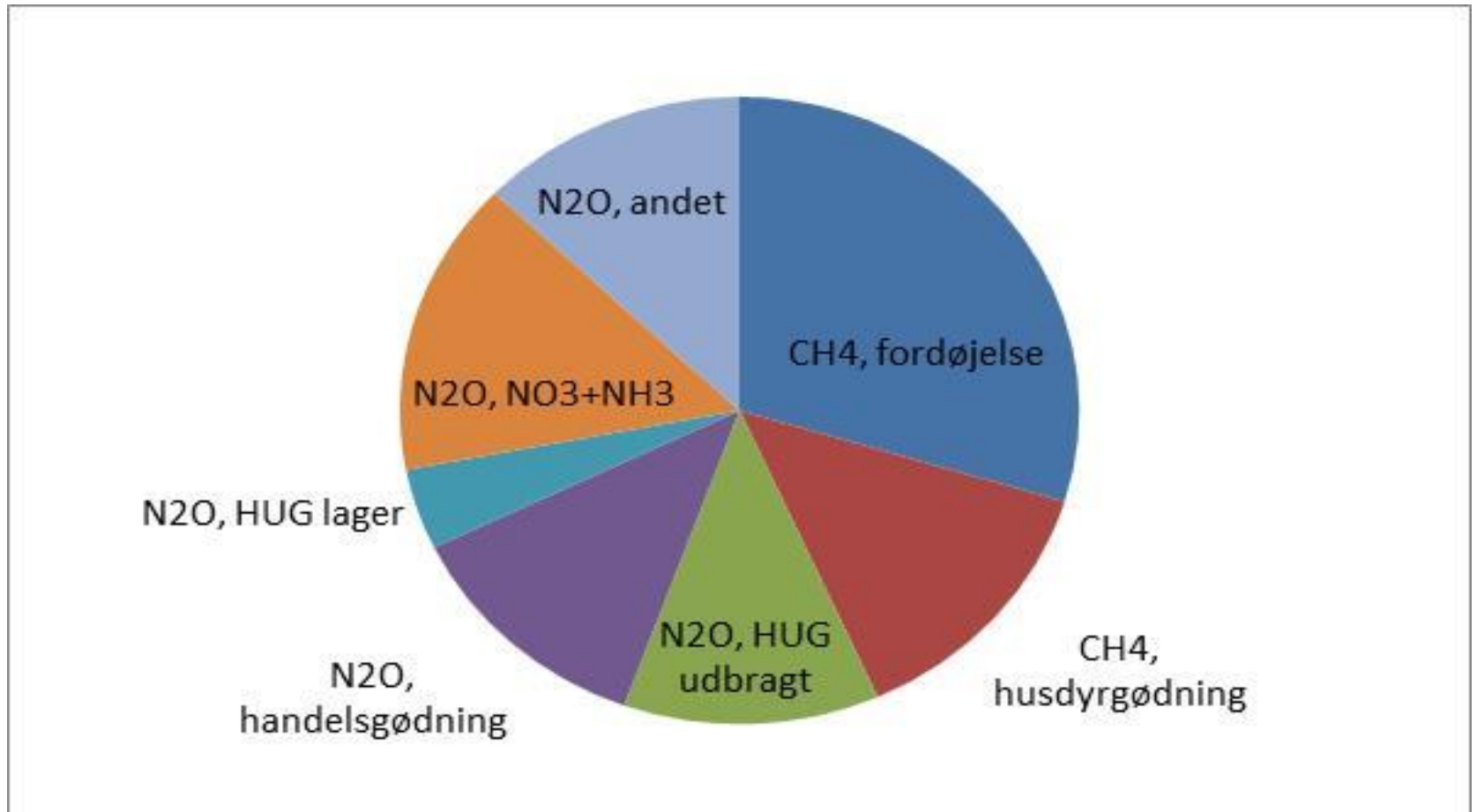
Monitoring af kulstof i jord i Danmark



Kulstoflagring: Resultater af Kvadratnettet

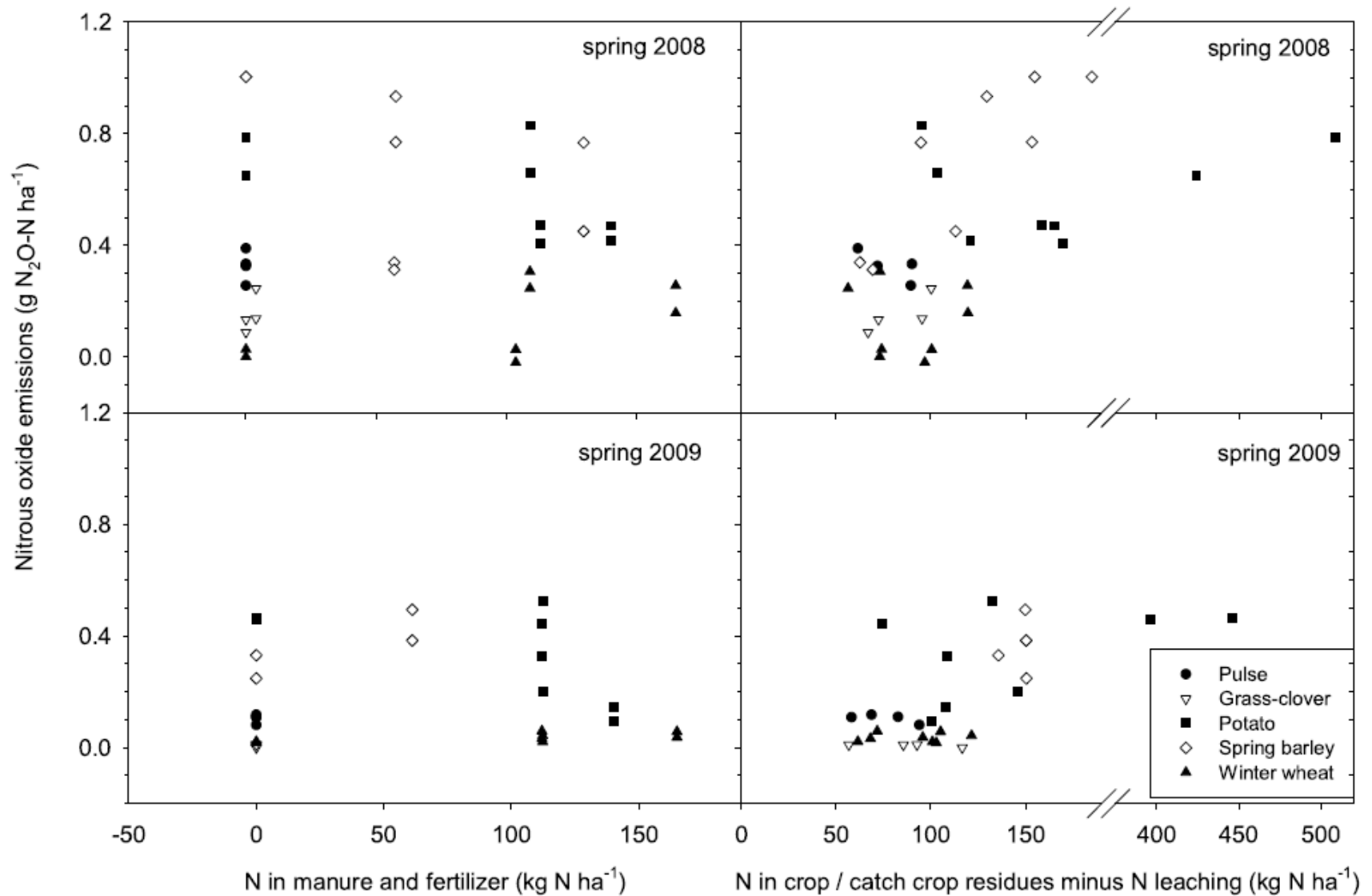
- For 0-25 cm:
 - Græsmark 950 kg C/ha/år
 - Vintersæd + halmnedmuldning 400 kg C/ha/år
 - Kvæggødning 200 kg C/ha/år
- For 25-50 cm:
 - Græsmark 580 kg C/ha/år

Kilder til landbrugets drivhusgasser (metan og lattergas)



Crop residues as driver for N₂O emissions from a sandy loam soil

Siri Pugesgaard^a, Søren O. Petersen^a, Ngonidzashe Chirinda^b, Jørgen E. Olesen^{a,*}



Kulstoflagring og lattergas i græsmarker

Kulstoflagring afhænger af produktionsniveau og tilbageført kulstof

- Produktiv græs og kløvergræs:
 - 0,6 – 1,0 ton C/ha/år
 - 2,2 – 3,7 ton CO₂/ha/år
- Ekstensive græsmarker:
 - 0,3 ton C/ha/år
 - 1,1 ton CO₂/ha/år

Lattergas fra planterester ved ompløjning

- 100 – 200 kg N/ha
- 0,5 – 0,9 ton CO₂/ha/år

Reduceret lattergas på grund af mindre N-udvaskning

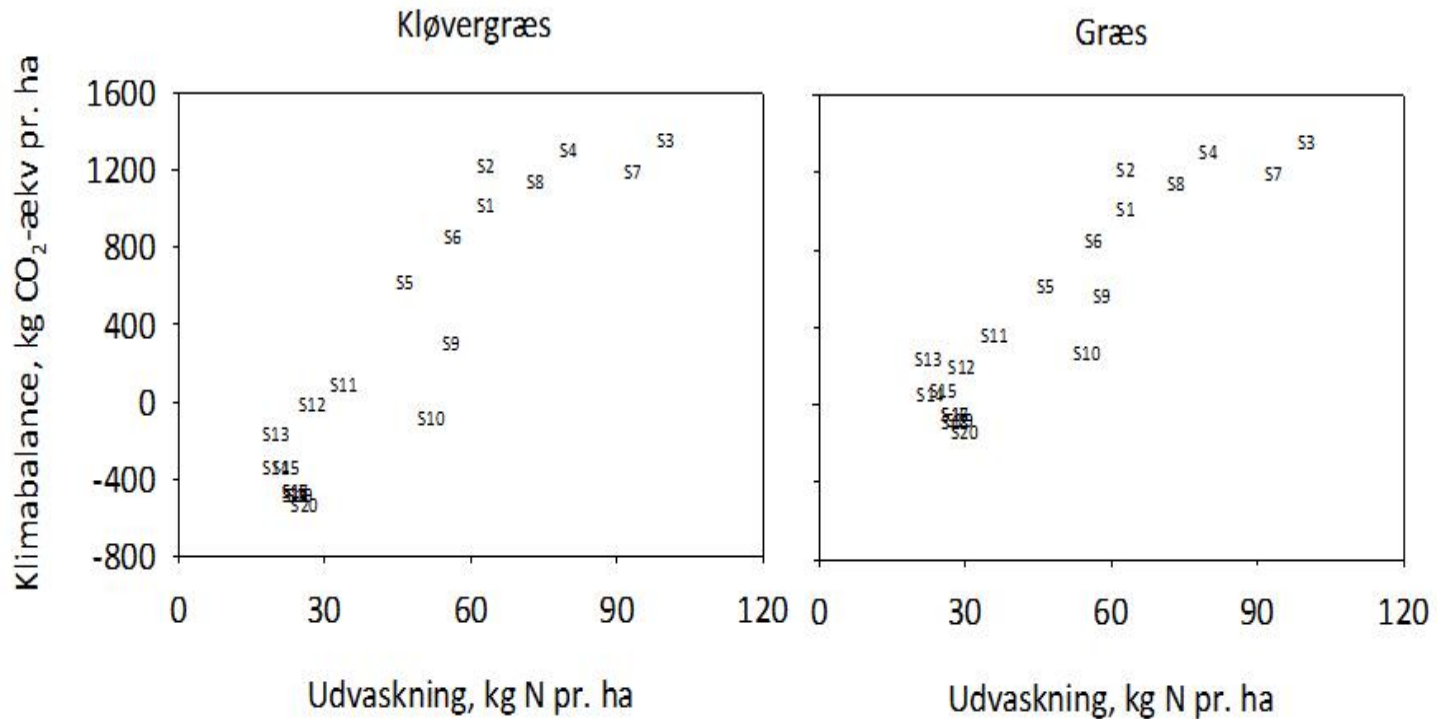
- 30 – 60 kg N/ha
- 0,1 – 0,2 ton CO₂/ha/år

Samlet effekt

- Produktive græsmarker: 2 – 4 ton CO₂/ha/år
- Ekstensive vedvarende græsmarker: ca. 1 ton CO₂/ha/år

Synergi mellem klima og udvaskning ved græs

Sædskifter med varierende andel græs



Kulstoflagring og lattergas i efterafgrøder

Kulstoflagring afhænger af vækst af efterafgrøde

- 0,2 – 0,4 ton C/ha/år
- 0,7 – 1,4 ton CO₂/ha/år

Lattergas fra planterester ved ompløjning

- 40 – 80 kg N/ha
- 0,2 – 0,4 ton CO₂/ha/år

Reduceret lattergas på grund af mindre N-udvaskning

- ca. 30 kg N/ha
- 0,1 ton CO₂/ha/år

Samlet effekt

- 0,6 – 1,1 ton CO₂/ha/år

Betragtninger om græsmarker og efterafgrøder

- Græsmarker og efterafgrøder opbygger organisk stof i jorden (især kulstof og kvælstof)
- Dette 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 CO₂/ha/år) ved udtagning af dyrkede organiske jorder
- I sidste ende fås der kun markante samlede kulstofoptag ved mindre landbrug og mere skov