

# Refleksion på den grønne omstilling af dansk landbrug

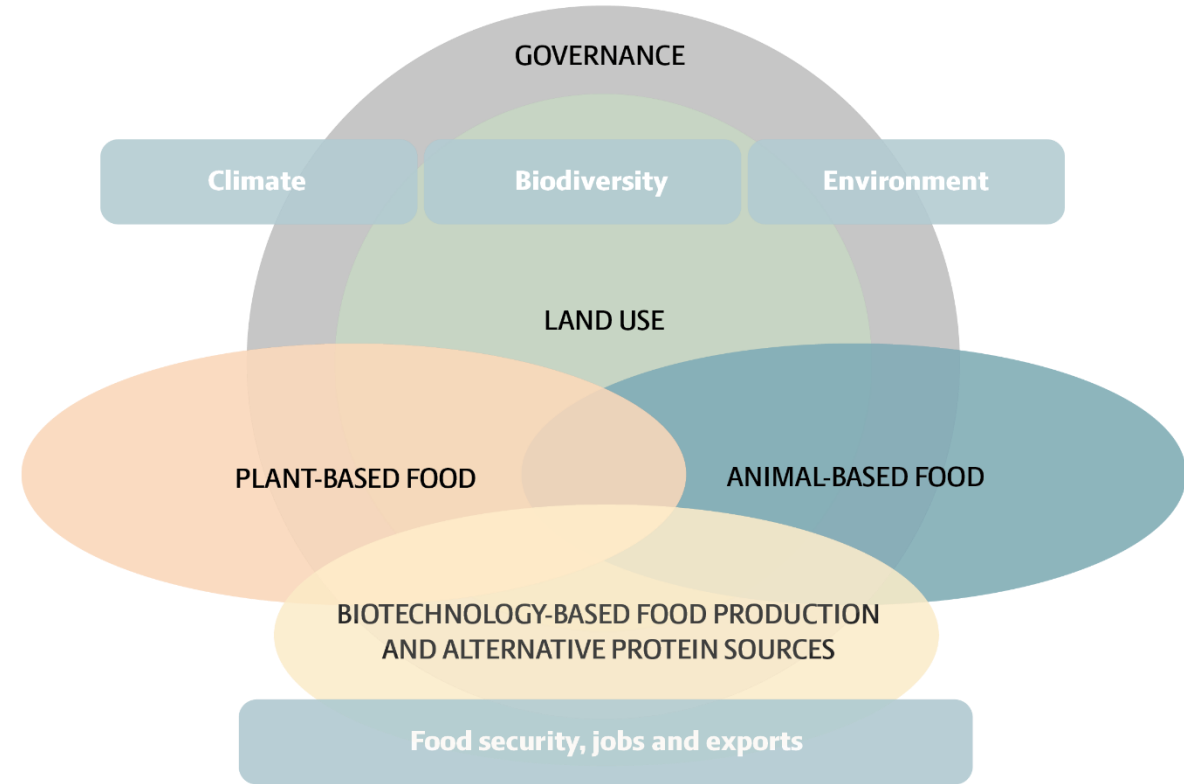
Professor Jørgen E. Olesen



# Der er mange bæredygtigheds mål

- Lavere klima- og miljøpåvirkning
- Styrkelse af biodiversitet
- Mindre brug af pesticider
- Øget areal til andre formål (infrastruktur, natur, rekreation, klimatilpasning)
- Øget fødevareforsyning (+45% frem til 2050)
- Arbejdspladser og vækst i yderområder

## AgriFoodTure roadmap

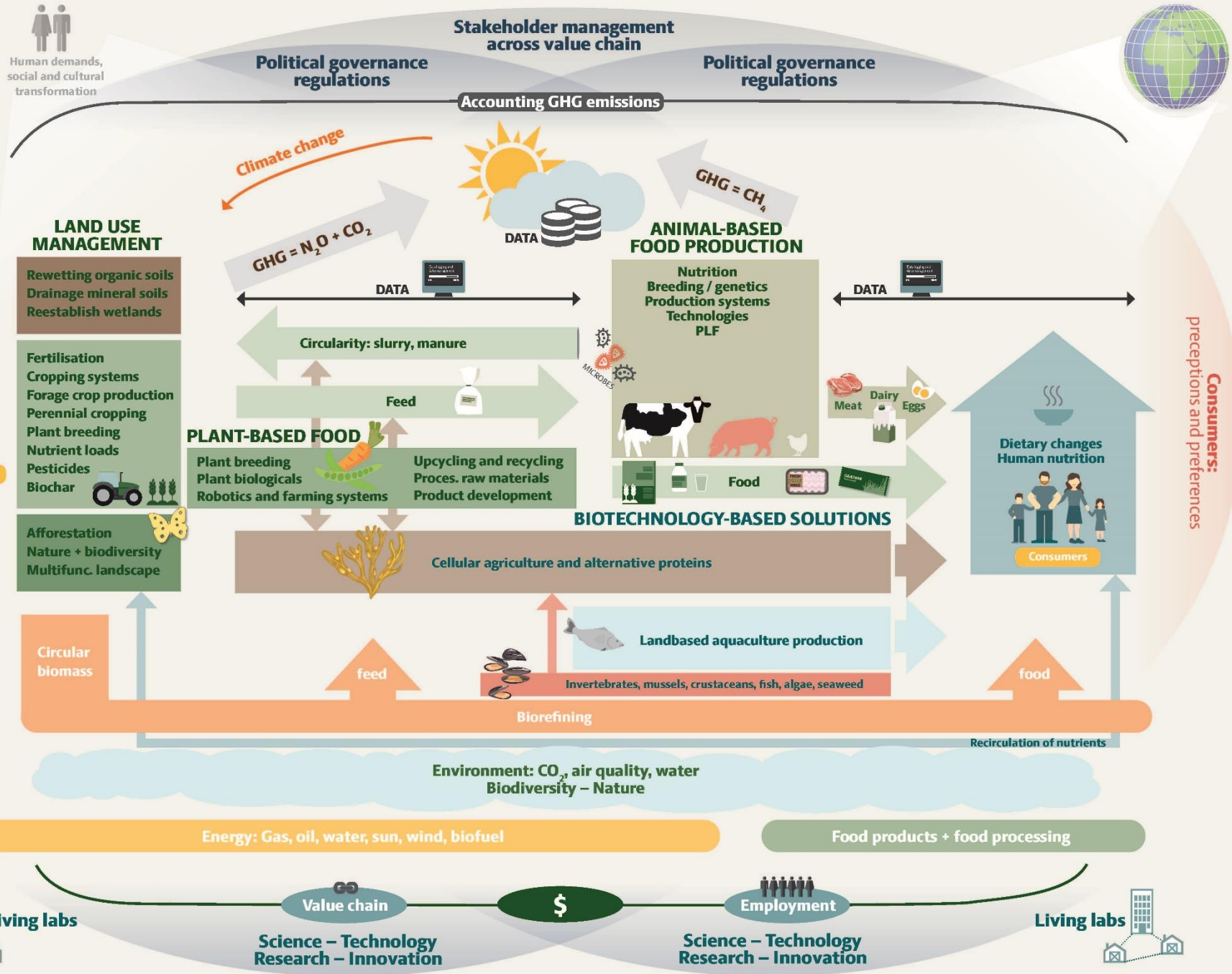


Roadmap udviklet af AU, KU, DTU, SEGES



# Det er komplekst !

GLOBAL FOOD SYSTEM



# Landbrugets klimabelastning

## Drivhusgasser

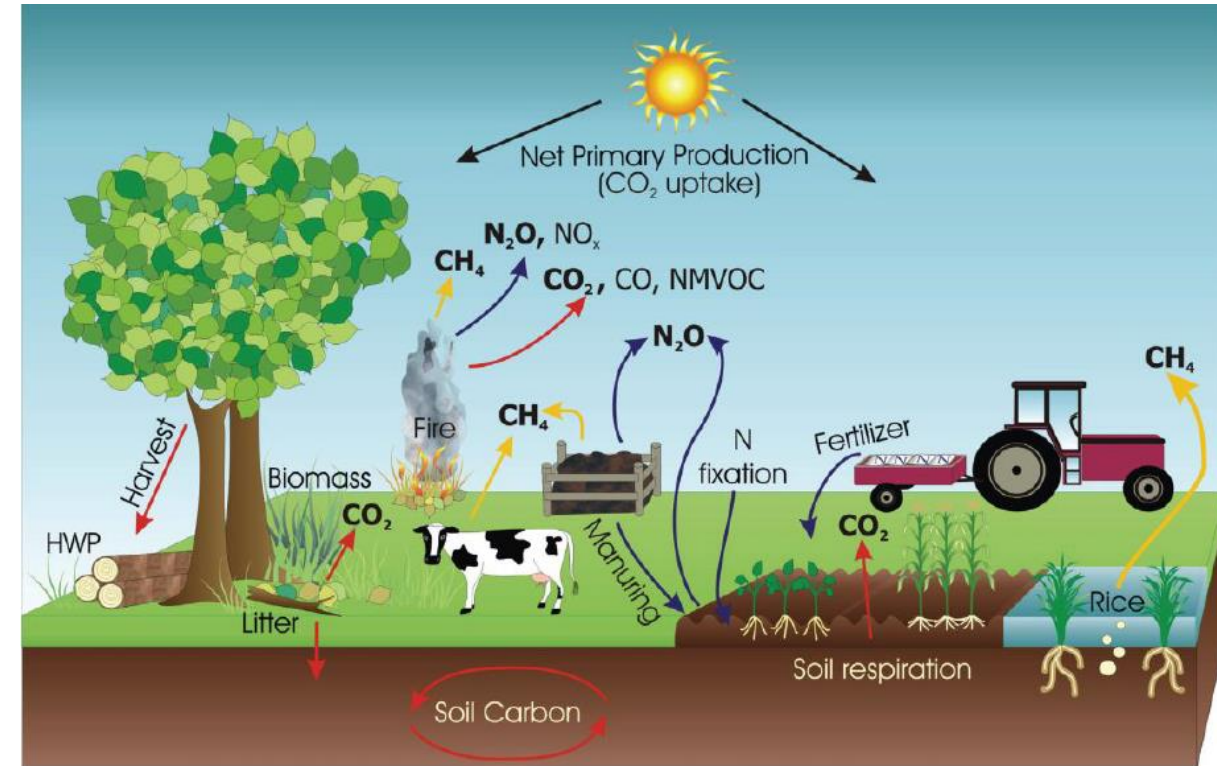
- Kuldioxid ( $\text{CO}_2$ )
- Metan ( $\text{CH}_4$ , GWP:  $25 \times \text{CO}_2$ )
- Lattergas ( $\text{N}_2\text{O}$ , GWP:  $298 \times \text{CO}_2$ )

## Kilder til drivhusgasser

- Fossile brændsler ( $\text{CO}_2$ )
- Afgrøder ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  (ris), kulstof i jord)
- Husdyr og gødning ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ )

## Arealanvendelse

- $\text{CO}_2$  fra opdyrkning af naturarealer
- $\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O}$  fra dyrkning af tørvejord



## Landbrugets andel af globale drivhusgasser

Landbrug: 24 %

Husdyr: 15%

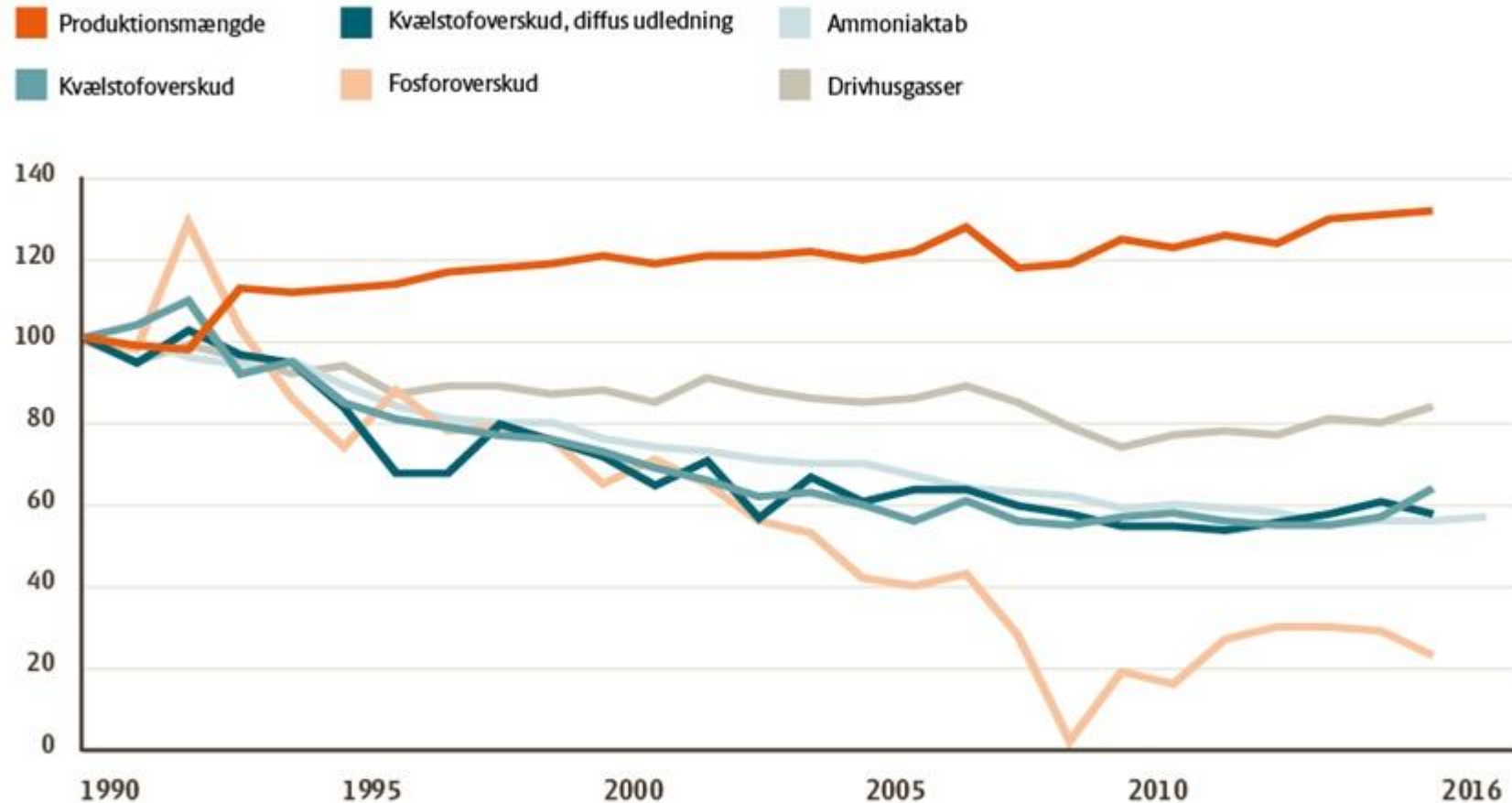
**Stort set alle udledninger skyldes mikroorganismer**

# Reduktioner i klimagasser mod klimaneutralitet

| Source   | Baseline                        | Reduction |            | Reduction               |              |
|--|---------------------------------|-----------|------------|-------------------------|--------------|
|  | (Mt CO <sub>2</sub> eq)<br>2018 | (%)       |            | (Mt CO <sub>2</sub> eq) |              |
|  |                                 | 2030      | 2050       | 2030                    | 2050         |
| Enteric fermentation (CH <sub>4</sub> )                | 3.77                            | 40        | 70         | 1.51                    | 2.64         |
| Manure management (CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O) | 2.81                            | 50        | 90         | 1,41                    | 2.53         |
| Fertilization (N <sub>2</sub> O)                       | 2.83                            | 40        | 70         | 0.91                    | 1.60         |
| Crop residues (N <sub>2</sub> O)                       | 0.61                            | 10        | 40         | 0.06                    | 0.24         |
| Ammonia volatilization (N <sub>2</sub> O)              | 0.34                            | 20        | 40         | 0.07                    | 0.13         |
| Nitrate leaching (N <sub>2</sub> O)                    | 0.33                            | 10        | 30         | 0.03                    | 0.10         |
| Liming (CO <sub>2</sub> )                              | 0.24                            | 10        | 20         | 0.02                    | 0.05         |
| Energy use (CO <sub>2</sub> )                          | 1.25                            | 50        | 100        | 0.62                    | 1.25         |
| Organic soils (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O)     | 5.75                            | 30        | 80         | 1.73                    | 4.60         |
| Soil carbon (CO <sub>2</sub> )                         | -                               | -         | -          | 1.80                    | 4.30         |
| <b>Total</b>   | <b>17.37</b>                    | <b>48</b> | <b>100</b> | <b>8.16</b>             | <b>17.44</b> |

Målene er ekstremt ambitiøse – og kræver ekstraordinære og koordinerede indsatser

# Udvikling i udledninger fra dansk landbrug



# Landbrugsaftalen

## Reduktionseffekter

|   | Mio. t. CO <sub>2</sub> e |            | Kvælstof (t. N) |
|---|---------------------------|------------|-----------------|
|   | 2025                      | 2030       | 2027            |
| <b>Nye indsatser</b>                          |                           |            |                 |
| Reduktionskrav for husdyrenes fordøjelse      | 0,17                      | 0,16       | 0               |
| Hyppigere udslusning af gylle                 | 0,15                      | 0,17       | 0               |
| Reform af EU's landbrugspolitik               | 0,38                      | 0,38       | 1.550           |
| Udtagning af 22.000 ha lavbundsjord           | 0,04                      | 0,33       | 700             |
| Privat skovrejsning                           | 0,00                      | 0,05       | 50              |
| Ekstensivering                                | 0,10                      | 0,10       | 400             |
| Kvælstofindsats                               | 0,31                      | 0,64       | 8.000           |
| Midlertidig reduceret hugst i skove           | -                         | 0,07       | -               |
| <b>I alt (reduktioner)</b>                    | <b>1,2</b>                | <b>1,9</b> | <b>10.800</b>   |
| <b>Allerede besluttede</b>                    |                           |            |                 |
| Udtagning af lavbundsjord (FL20-FL21)         | -                         | 0,3        | -               |
| Øvrige tiltag                                 | -                         | 0,2        | -               |
| <b>I alt allerede besluttede</b>              |                           | <b>2,4</b> |                 |
| <b>Udviklingstiltag</b>                       |                           |            |                 |
| Brun bioraffinering                           | -                         | 2,0        | -               |
| Gyllehåndtering <sup>1)</sup>                 | -                         | 1,0        | -               |
| Fodertilsætning                               | -                         | 1,0        | -               |
| Fordobling af økologi                         | -                         | 0,5        | -               |
| Udvidet lavbundspotentiale                    | -                         | 0,5        | -               |
| <b>I alt (udviklingstiltag)</b>               | <b>-</b>                  | <b>5,0</b> | <b>-</b>        |
| <b>I alt (reduktioner + udviklingstiltag)</b> | <b>-</b>                  | <b>7,4</b> | <b>-</b>        |



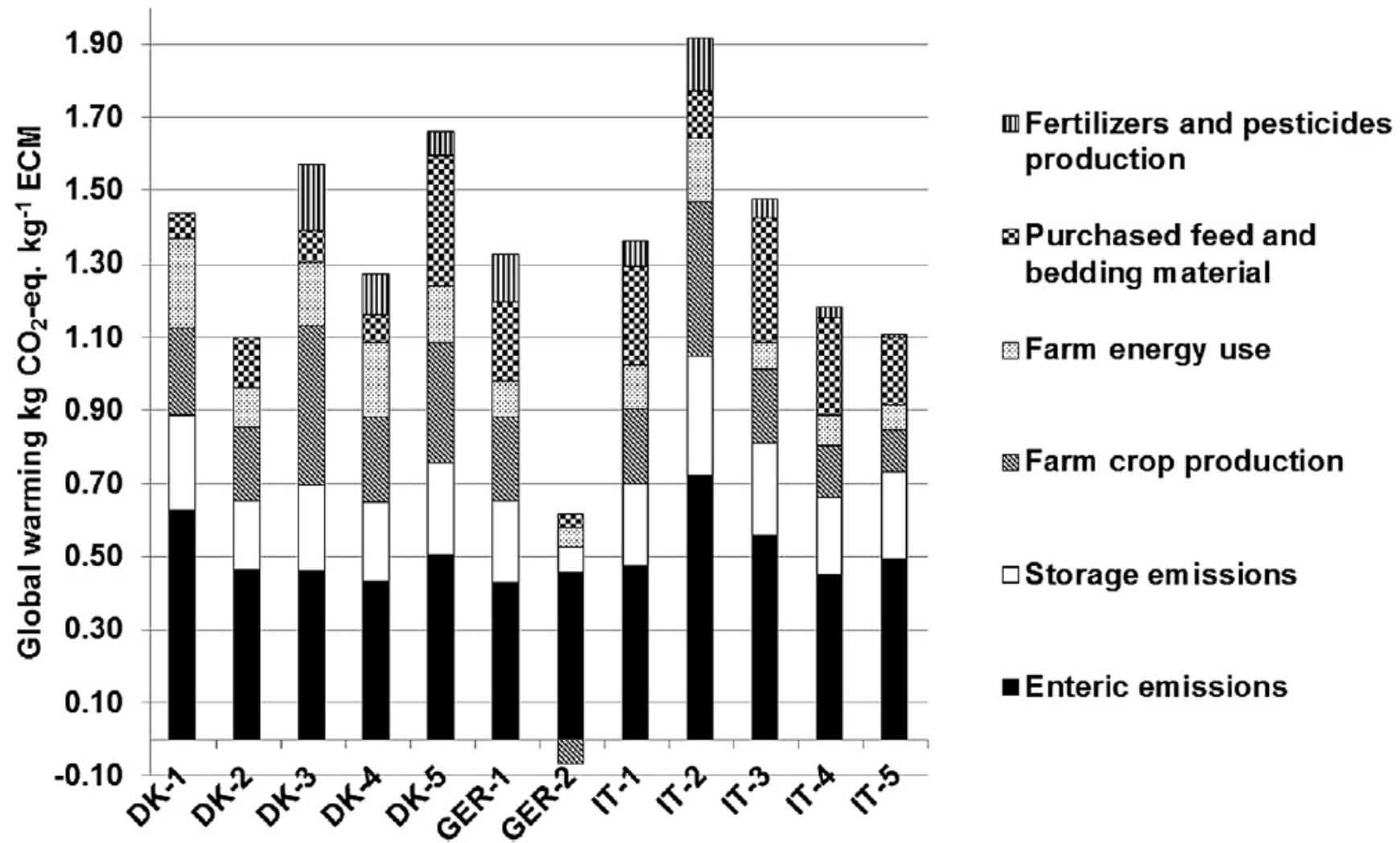
# Kilder til klimagasser fra mælkeproduktion

Characteristics of the studied dairy farms in Denmark (DK), Germany (GER) and Italy (IT).

|  |                                    | DK-1 <sup>c</sup> | DK-2 <sup>c</sup> | DK-3  | DK-4   | DK-5   | GER-1  | GER-2 <sup>d</sup> | IT-1   | IT-2   | IT-3   | IT-4   | IT-5   |
|--|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Herd</i>                            |                                    |                   |                   |       |        |        |        |                    |        |        |        |        |        |
| Cows                                   | No.                                | 168               | 122               | 116   | 127    | 123    | 92     | 36                 | 77     | 35     | 98     | 350    | 170    |
| Production level                       | kg ECM cow <sup>-1</sup>           | 6275              | 7718              | 8527  | 10,427 | 7976   | 10,964 | 6277               | 10,222 | 6330   | 9391   | 10,481 | 7891   |
| Feed concentrate                       | % of DMI herd                      | 27                | 27                | 45    | 40     | 62     | 37     | 3                  | 44     | 13     | 45     | 42     | 25     |
| Pasture                                | % of DMI herd                      | 22                | 25                | 6     | 7      | 0      | 0      | 71                 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| Feed efficiency                        | kg ECM kg <sup>-1</sup><br>DMI cow | 0.91              | 1.18              | 1.22  | 1.34   | 1.19   | 1.40   | 1.34               | 1.31   | 0.82   | 1.16   | 1.40   | 1.19   |
| N efficiency ex animal                 | %                                  | 18.2              | 19.7              | 20.3  | 22.6   | 21.9   | 23.7   | 18.7               | 23.3   | 16.3   | 21.7   | 25.6   | 23.7   |
| <i>Land</i>                            |                                    |                   |                   |       |        |        |        |                    |        |        |        |        |        |
| Area                                   | ha                                 | 225.5             | 162.5             | 135.7 | 142.5  | 74.4   | 64.0   | 43.0               | 58.0   | 21.4   | 30.0   | 60.0   | 23.0   |
| Maize                                  | % area                             | 2                 | 0                 | 16    | 32     | 33     | 51     | 0                  | 36     | 38     | 53     | 25     | 26     |
| Ryegrass + Maize II <sup>a</sup>       | % area                             | 0                 | 0                 | 0     | 0      | 0      | 0      | 0                  | 0      | 0      | 23     | 75     | 26     |
| Total grassland <sup>b</sup>           | % area                             | 58                | 62                | 26    | 50     | 1      | 49     | 100                | 64     | 42     | 24     | 0      | 48     |
| Land productivity                      | kg DM ha <sup>-1</sup>             | 6374              | 5178              | 6065  | 7169   | 6831   | 8563   | 5261               | 8847   | 13,286 | 19,478 | 29,071 | 16,387 |
| <i>Farm</i>                            |                                    |                   |                   |       |        |        |        |                    |        |        |        |        |        |
| Stocking rate                          | LU ha <sup>-1</sup>                | 1.1               | 1.1               | 1.2   | 1.2    | 2.1    | 2.1    | 1.1                | 2.2    | 2.5    | 5.6    | 9.8    | 11.0   |
| Milk production intensity              | kg ECM ha <sup>-1</sup>            | 4661              | 5523              | 6722  | 8695   | 11,863 | 15,692 | 5255               | 12,690 | 10,343 | 30,686 | 61,141 | 58,325 |
| N fertilizer<br>(organic + chemical)   | kg N ha <sup>-1</sup>              | 134               | 141               | 264   | 274    | 290    | 435    | 134                | 340    | 501    | 798    | 1291   | 1138   |
| N surplus                              | kg N ha <sup>-1</sup>              | 86                | 89                | 194   | 217    | 224    | 324    | 125                | 177    | 197    | 792    | 1001   | 498    |
| Feed self-sufficiency<br>(based on DM) | %                                  | 92.9              | 82.9              | 84.6  | 85.3   | 50.5   | 63.1   | 96.7               | 65.1   | 76.0   | 54.3   | 47.5   | 27.7   |



# Kilder til klimagasser fra mælkeproduktion



# Organisk jord i dyrkning i Danmark

- › Dyrkede marker (under hektarstøtte) med mere end 6% C
- › Størst udbredelse i Nord- og Vestjylland
- › Også jord med under 6% C bidrager til udledninger

| Kulstof (%C) | Areal (ha) | Potentiel CO <sub>2</sub> udledning (mio. ton CO <sub>2</sub> ) |
|--------------|------------|---|
| 3-6          | 62.960     | 24.0  |
| 6-12         | 98.080     | 69.2  |
| >12          | 73.523     | 64.5  |
| I alt        | 234.563    | 157.6   |

- › De potentielle udledninger fra kulstof i dyrket organisk jord over grundvandsdybde svarer til godt 3 gange Danmarks samlede årlige udledninger
- › Årlige udledninger i 2017: 5,8 Mt CO<sub>2</sub>-ækv.
- › Udtagning af hele arealet reducerer 4,4 Mt CO<sub>2</sub>-ækv. (76%)



Marker med organisk jord  
I alt ca. 171.000 ha med over 6 %C

# Metan fra husdyr

## Ændret fodring og dyrehold

- Mere fedt
- Øget længde af laktation
- Fokus på forædling af foderafgrøder

## Tilsætningsstoffer

- Nitrat
- 3NOP
- Stoffet "X"
- Tang

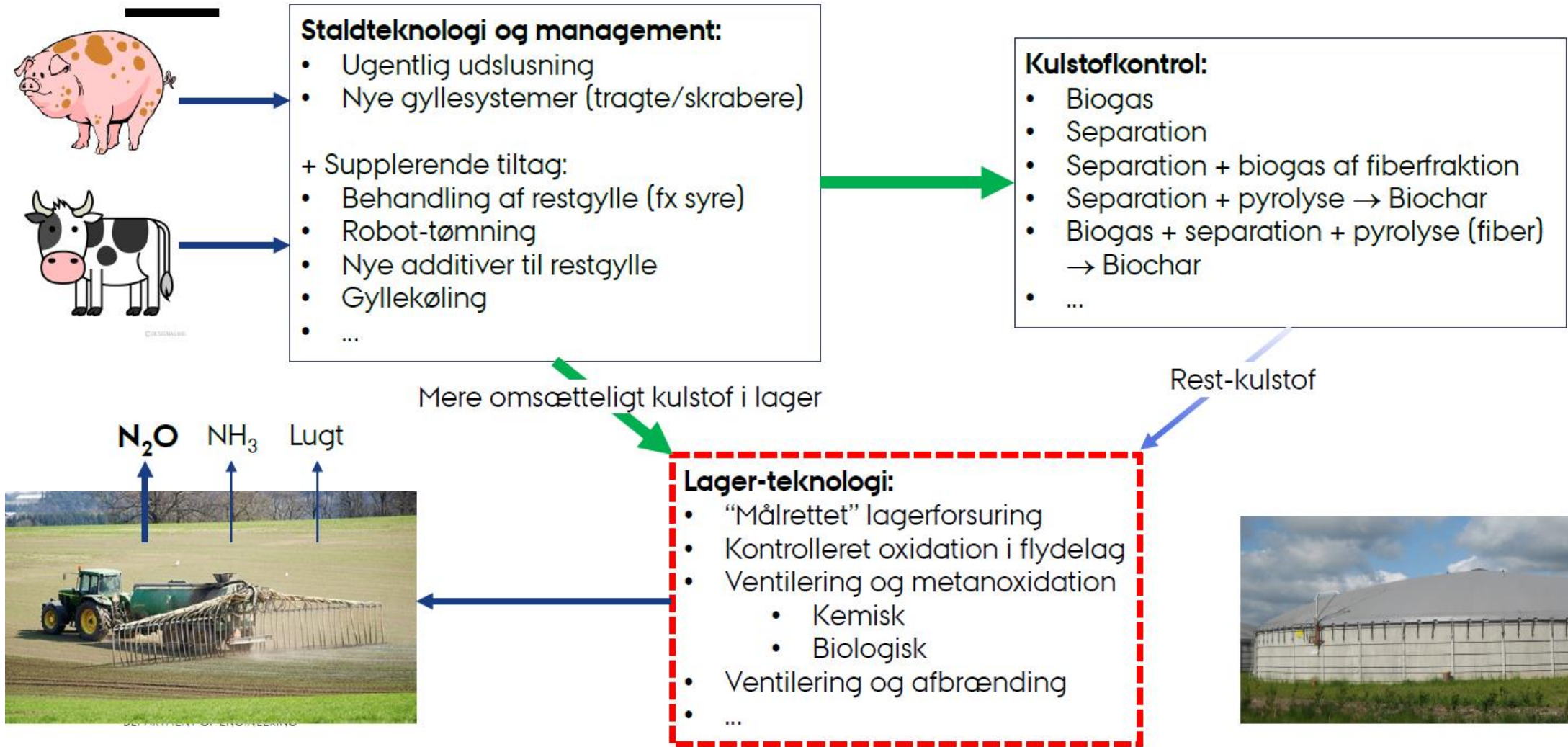
## Avl og forædling

- Avl af dyr med lav metan





# Husdyrgødning





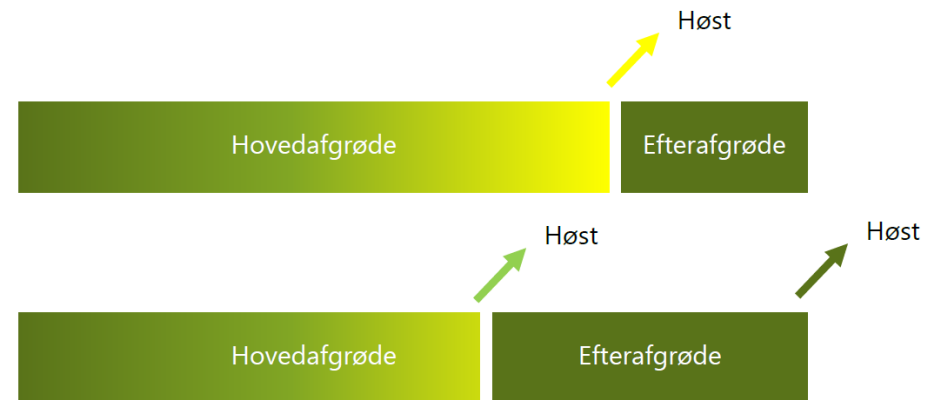
# Muligheder i marken

- Biochar
- Nye høstteknologier
- Skånsom trafik
- Conservation agriculture
- Dræning
- Optimerede gødningsstrategier
- Græsdyrkning

## Optimerede gødningsstrategier

- Gylle separation
- Nitrifikationshæmmere
- Bladgødsning
- Præcisionsgødsning
- Hovedsageligt reduktioner i lattergas  
- direkte og indirekte

## Nye høstteknologier



- Reduktion af lattergas og nitratudvaskning
- Hovedsageligt eksterne effekter afledt af øget produktion

# Kulstoflagring

Øge jordens kulstof i dyrkningssystemer

- Flerårige afgrøder (især græs)
- Biokul

Kræver ændrede produktionssystemer

- Flerårige afgrøder (især græs)
- Biokul af halm, træflis og gyllefibre (pyrolyse)

Også andre mindre effektive muligheder

- Skov og skovlandbrug
- Efterafgrøder
- Halm



# Kulstoflagring fra halm og planterester

## Nedmuldning af halm

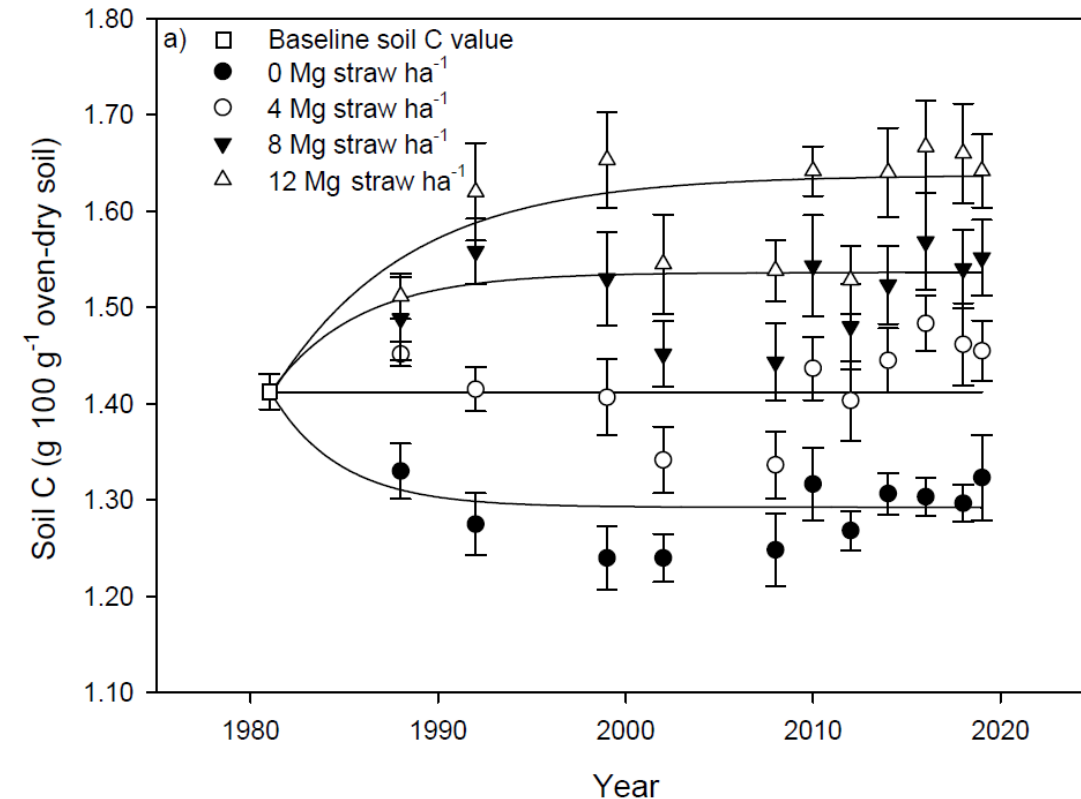
- Kulstoflagringseffekt af halm mætter over 10-15 år
- Nedmulding af 5 t halm/ha svarer til 1050 kg CO<sub>2</sub>/ha

## Halm til bioenergi

- Afbrænding på kraftvarmeværk erstatter naturgas: 2700 CO<sub>2</sub>/ha

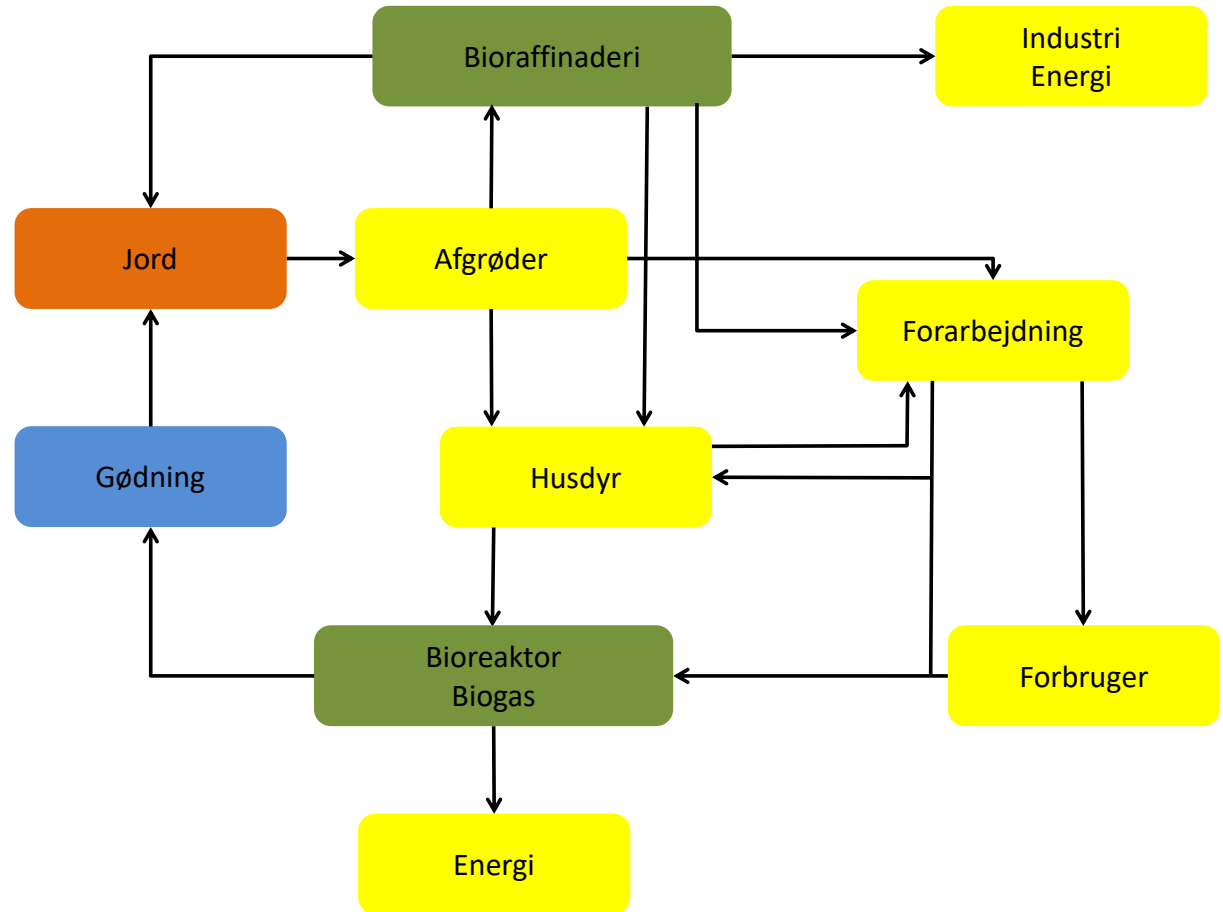
## Alternativ udnyttelse af halm

- Biogas
  - Lidt mindre kulstoflagring end ved nedmulding
  - Næringsstoffer returneres
- Biokul
  - Stabilt kulstof (20-50% af input)
  - Ikke alle næringsstoffer returneres



# Cirkulær bioøkonomi

- Recirkulering af biomasse og næringsstoffer med opsamling af drivhusgasser (fx metan) muliggør
  - Lavere eksterne input
  - Højere effektivitet i produktionen
  - Lavere udledning gennem mindre spild
  - Energiproduktion (primært biogas)
- Nye bioraffineringsteknologier muliggør
  - Dyrkning af høj-produktive afgrøder med lav miljø- og klimapåvirkning som biomasse til bioraffinering
  - Erstatning for traditionelle foderafgrøder til husdyr, ingredienser til fødevarerindustri og til biomaterialer





# Grøn bioraffinering af græs

- Græs har et højt proteinindhold, der kan bruges som værdifuldt foder til at erstatte soja i foder til svin og fjerkræ
- Produktiviteten af græs og kløvergræs overskrider emissioner fra bælgsåed
- Lavere drivhusgasudledning ved produktionen (mindre lattergas og øget kulstoflagring)
- Bioraffinering baserer sig på simple teknologier:
  - Protein ekstrakt (foder til svin/fjerkræ)
  - Flydende fraktion (biogas, næringsstoffer)
  - Pulp del (foder til kvæg, fibre til emballage)



# Perspektiver på et klimaneutralt kvægbrug (malkekvæg)

---

- Mere græs i foderet
  - Lav N udvaskning + C-binding + mindre lattergas
  - Bioraffinering for at øge fordøjeligheden og fjerne protein
- Roer i stedet for majs
  - Lav N udvaskning
  - Ensilering af roerne (danner alkohol og mindsker metan)
  - Bioraffinering af toppen
- Nye proteinkilder til erstatning af soja (bioraffinering, bælgæd)
- Gylle
  - Hurtig udslusning, biogas / forsuring / overdækning
  - Nitrifikationshæmmer i gylle inden udbringning
- Tilsætningsstoffer til foder
  - Nitrat
  - Bovaer m.v.
- Pyrolyse / biokul til at nå i mål med klimaneutralitet

# Incitamenter til reduktioner

Der er mange barrierer :

- Teknologi
- Økonomi, investeringer, finansiering
- Miljø og sundhed
- Regulering

Klimaværktøj på bedriftsniveau (SEGES/ØL)

- Grundlag for fremtidig offentlig regulering
- Grundlag for klimamærkning på produkter

Behov for at speede processerne op:

- Myndighedsbehandling
- Nye faciliteter (bioraffinering, biogas, pyrolyse)
- Partnerskaber
- Demonstration (living labs)

GreenLab i Skive





# Perspektiver på incitament

## Fødevarerektoren

- Klimabelastning per produceret enhed
  - Effektivitet (produktivitet)
  - Hele kæden inkluderet (inkl. udland)
  - Svært med LUC og iLUC
- Hvordan kompenseres udledninger?

## Nationalt (Klimaloven)

- Alene nationale emissioner – opgøres efter IPCC metodik med justeringer
- Lækage
  - DK studie: 35%
  - OECD: 20-100%

## GLOBAL ASSESSMENT OF THE CARBON LEAKAGE IMPLICATIONS OF CARBON TAXES ON AGRICULTURAL EMISSIONS

OECD FOOD,  
AGRICULTURE AND  
FISHERIES PAPER

October 2021 n°170

The global modelling results in this study indicate that:

- A carbon tax always lowers global greenhouse gas (GHG) emissions from agriculture, even when it is applied to a small group of countries, as long as producers facing the tax can make use of GHG abatement technologies.
- With a small number of countries adopting a carbon tax, about half of the direct reduction in emissions in adopting countries is offset by higher emissions in non-adopting countries.
- Increasing the number of countries adopting carbon pricing policies is an effective means of controlling the leakage of emissions.
- GHG mitigation policy packages that include investments into the research and development of abatement technologies significantly enhance the effectiveness of carbon pricing policies, and help to minimise carbon leakage.
- Higher carbon prices stimulate larger global emission reductions, but also induce higher rates of emission leakage, thus limiting the mitigation benefits from setting higher carbon prices in contexts where few countries adopt the policy.



# Udfordringer med bedriftsopgørelse af klimabelastning

- I udgangspunktet vil en nedskalering af nationale emissionsopgørelse betyde at emissionerne primært er afhængig af aktiviteter (antal dyr, mængde gødning)
- Hvis opgørelsen skal drive en grøn omstilling vil den også skulle give incitament til reduktion af udledninger:
  - Forskelle i faktorer, der påvirker udledninger
  - Kulstoflagring i jord udgør et særskilt problem
  - Teknologier (bredt set) til emissionsreduktioner
  - Tiltag skal kunne implementeres og kontrolleres
  - Ikke væsentlige negative sideeffekter
- Overførsel af data fra bedrift til nationale opgørelse
- Bedriftsudledningsprogrammet skal understøtte udvikling af dette. Dette løber fra 2023-2026.





AARHUS  
UNIVERSITY