

Monitering af jordens kulstofindhold på markniveau

Specialkonsulent Betina Nørgaard Pedersen

Plantekongres 11-01-2024

Hvorfor?

Hvordan?

Udfordringer

Muligheder

STØTTET AF
Promilleafgiftsfonden for landbrug

SEGES
INNOVATION

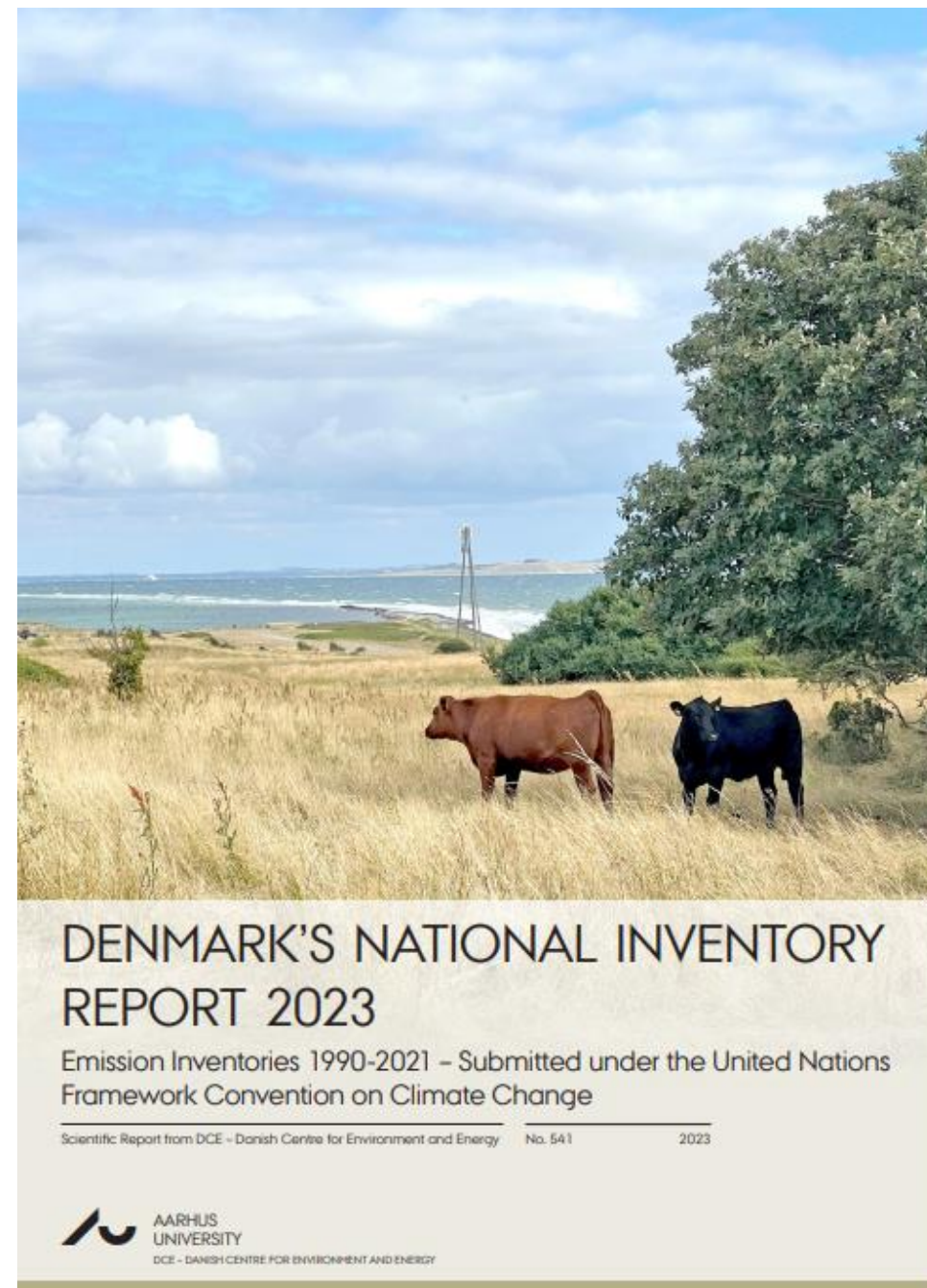
Hvad gør vi i dag?

Monitering på nationalt niveau

- Kvadratnetsundersøgelsen
 - Landsdækkende grid hvor prøver udtages med ca. 10 års mellemrum fra 1985-2018
- Modellering af kulstofindholdet i forbindelse med den nationale opgørelse
 - Baseret på modellen C-TOOL

Monitering på bedrifts- eller markniveau

- Arlas klimatjek
- Private initiativer
- Klimakreditter



Hvorfor monitorere kulstofindholdet på markniveau?

- Kulstoflagring har et stort potentiale som klimavirkemiddel
 - Realisering af potentialet kræver, at vi kan kvantificere kulstoflageret og ændringer
- En fremtidig regulering
 - Sikker – Kulstoflagring er en del af klimaindsatsen for landbruget
 - Usikker – Bliver kulstoflagring en del af afgiftssystemet eller skal det reguleres på anden vis
- Dyrkningssikkerhed og jordfrugtbarhed
 - Der bliver pres på biomassen
 - Hvor meget kulstof er nok?

Monitering på markniveau – Hvordan kan vi gøre det?



Målinger



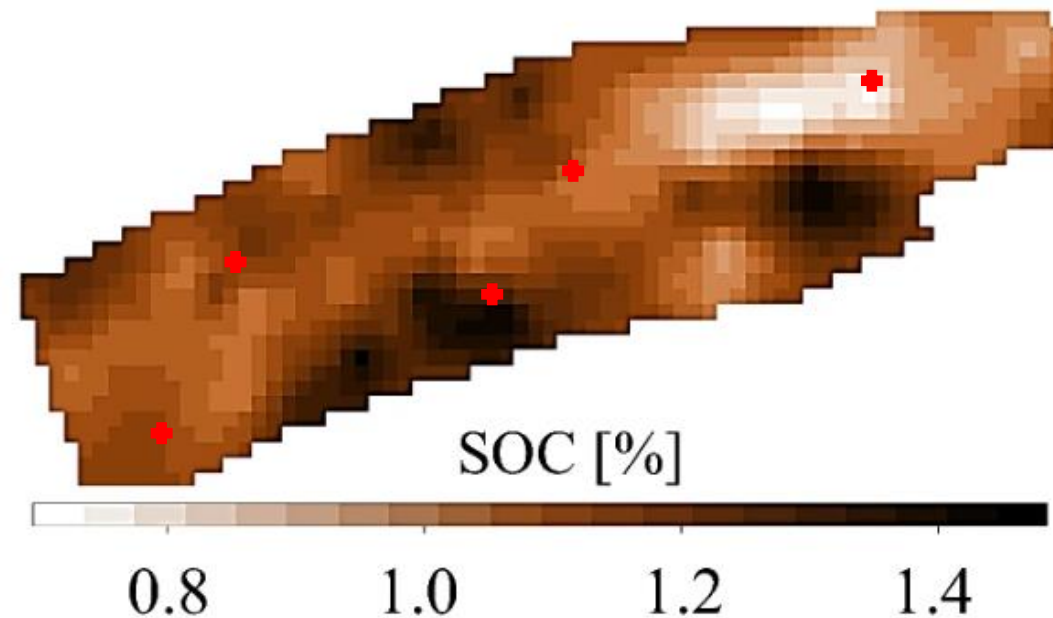
Modellering

Måling af jordens kulstofindhold ved jordprøver

- Udtryk for det faktiske kulstofindhold i jorden

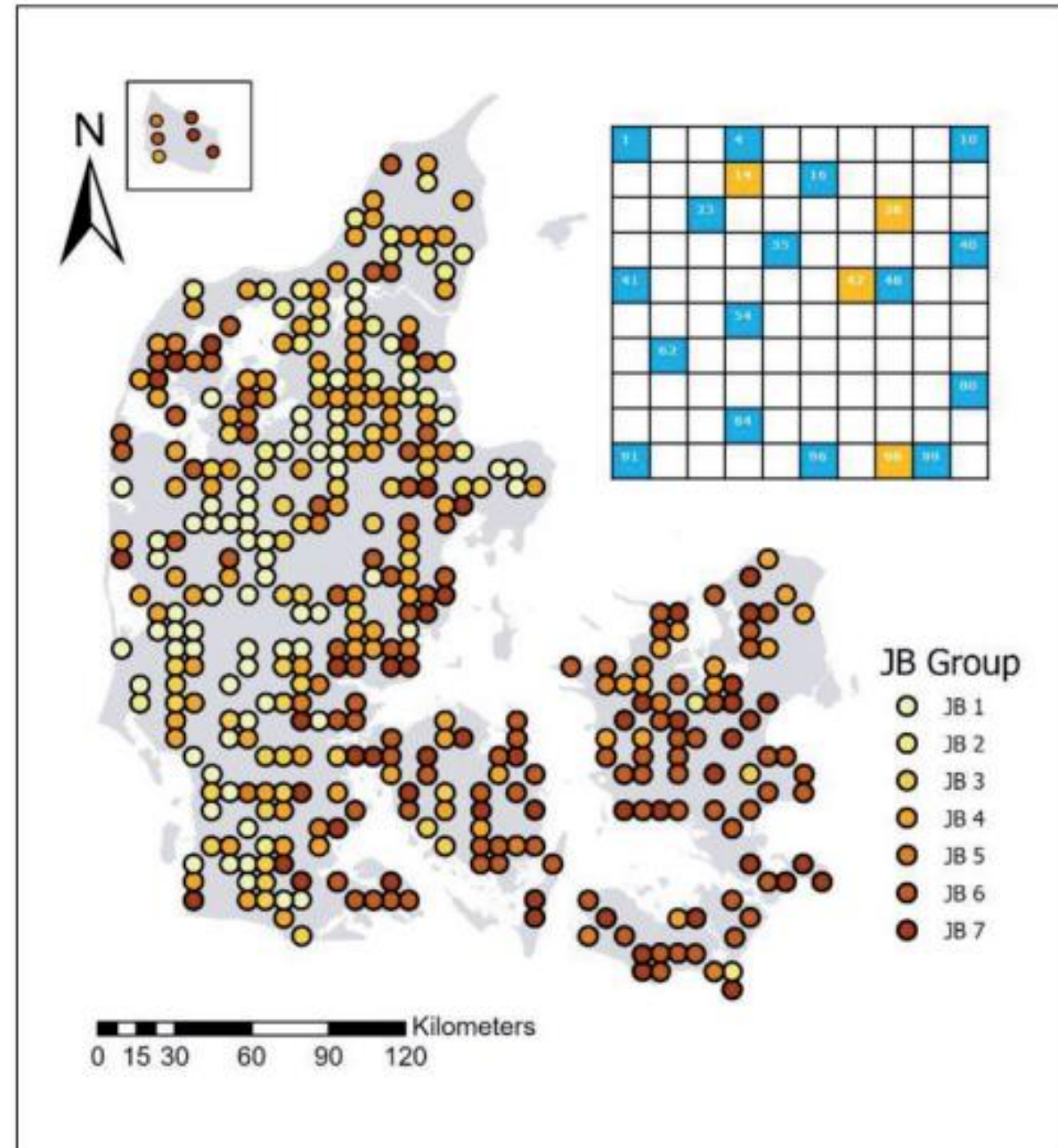
Udfordringer

- Jordprøver skal være positionsbestemt, men hvor skal de tages?
- Skal alle marker prøvetages?
- Omkostningstungt
- Værdien kommer først efter en årrække
- Selv ved høj præcision er variationen stor



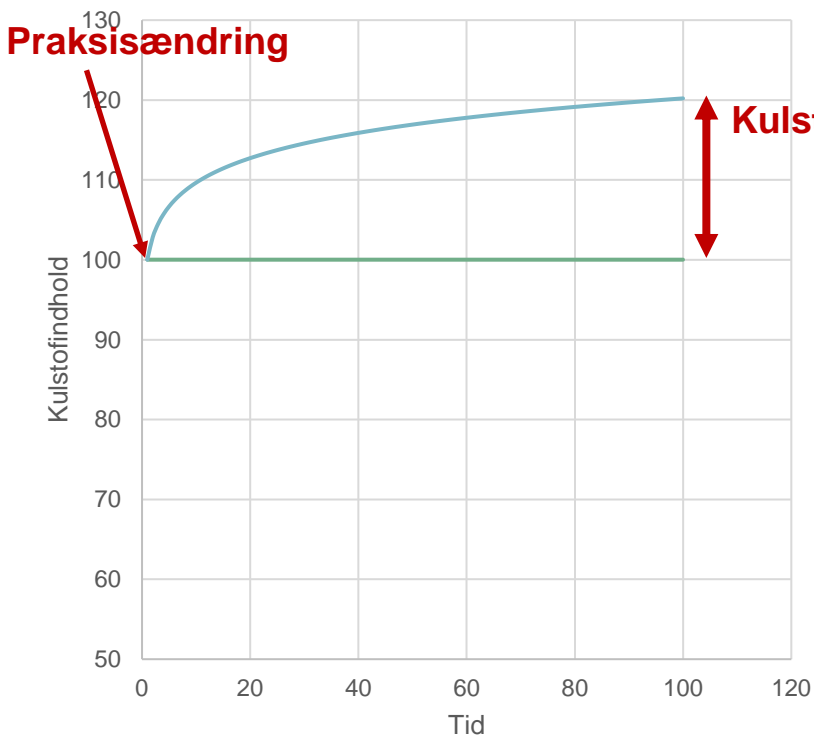
Målinger af kulstofindhold i Kvadratnettet

- Positionsbestemt med GPS
- 50x50 m felt
- 16 stik inddelt i 3 dybder (de blå felter)
 - Puljet til en prøve for hver dybde
- 4 prøver til bestemmelse af volumenvægt og stenindhold
- Fokus på indsamling af aktivitetsdata
- Prøverne kan ikke anvendes på punktniveau
- Effekter af dyrkningstiltag kan ikke kvantificeres med statistisk signifikans



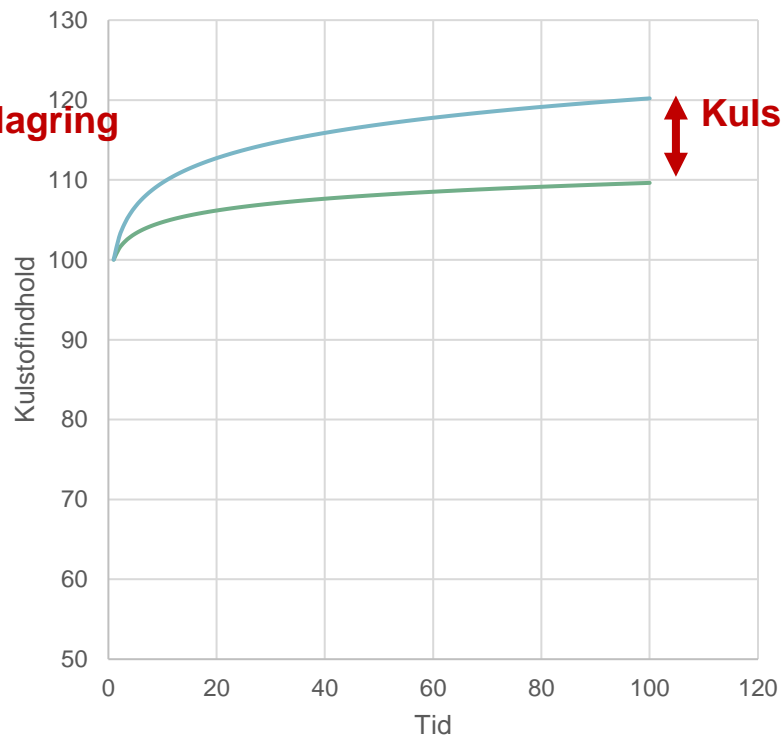
Referencetilstanden – afgørende for at bestemme effekt af virkemiddel/praksisændring

Balance



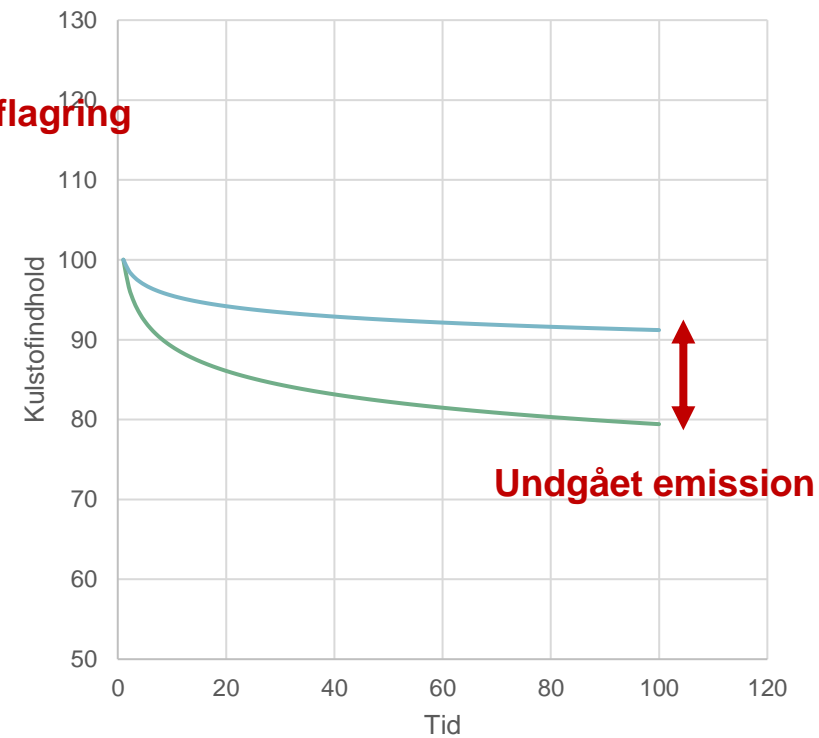
— Referencetilstand — Praksisændring

Stigende kulstofindhold



— Referencetilstand — Praksisændring

Faldende kulstofindhold



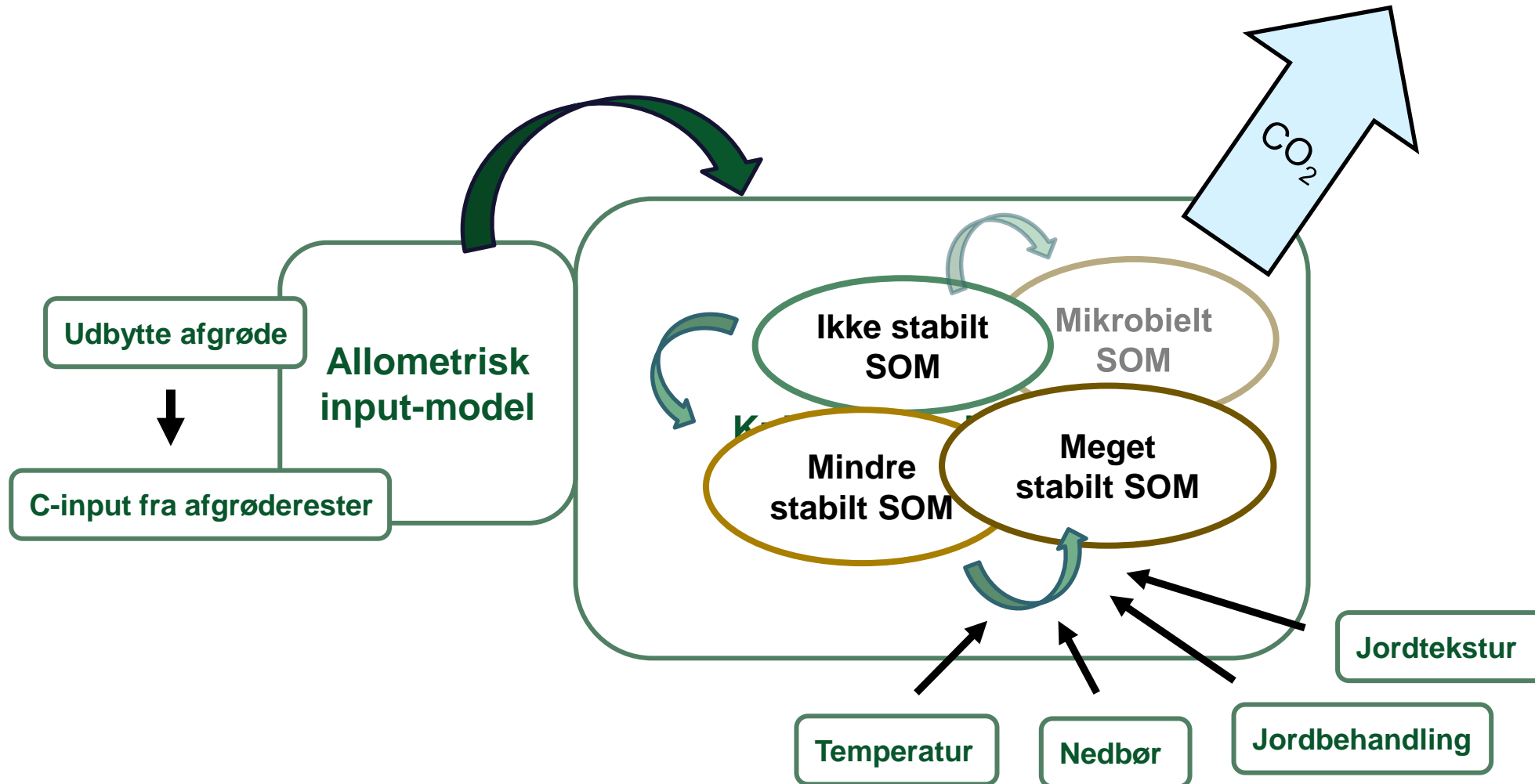
— Referencetilstand — Praksisændring

Monitering på markniveau – Hvordan kan vi gøre det?



Modellering

Kulstofmodellering generelt



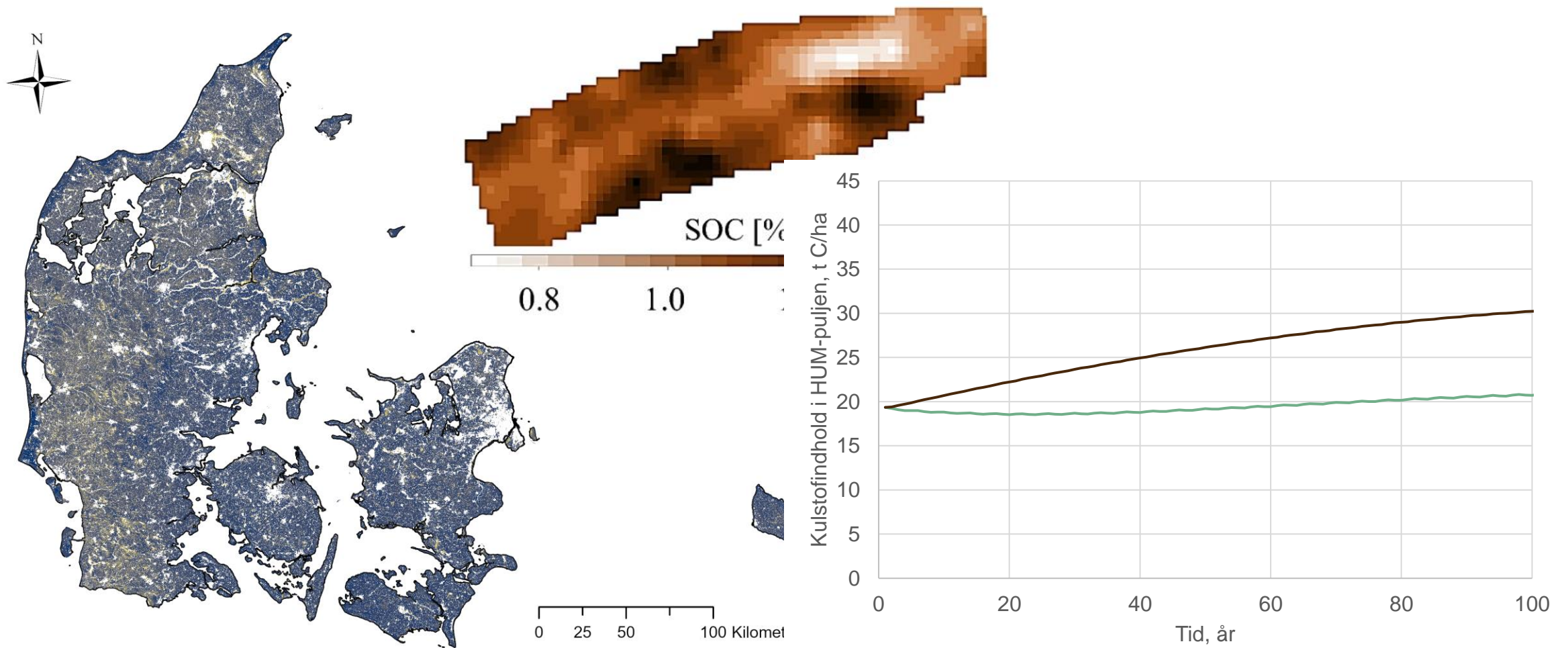
Modellering af udvikling i jordens kulstofindhold

- Vi kan modellere kulstofindholdet i jorden over tid baseret på kortmateriale og aktivitetsdata

Udfordringer

- Gode aktivitetsdata er afgørende – fejl bringes med videre
- Store marker kan have varierende historik
- Kulstofindholdet i udgangspunktet er altafgørende for modelleringen

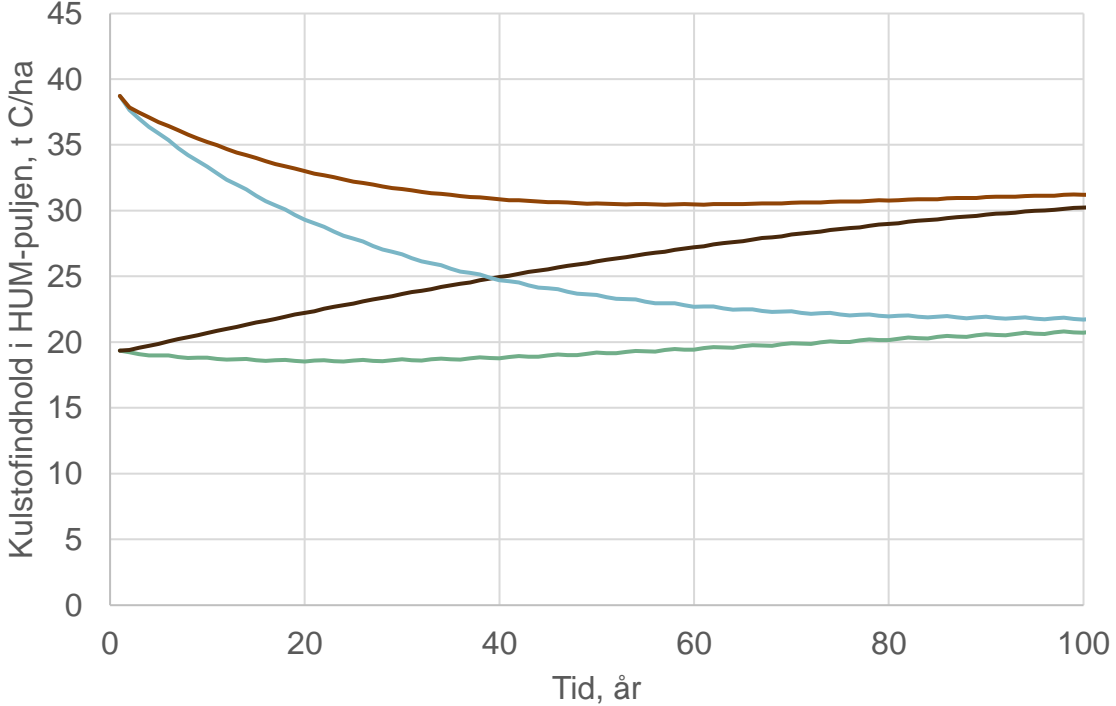
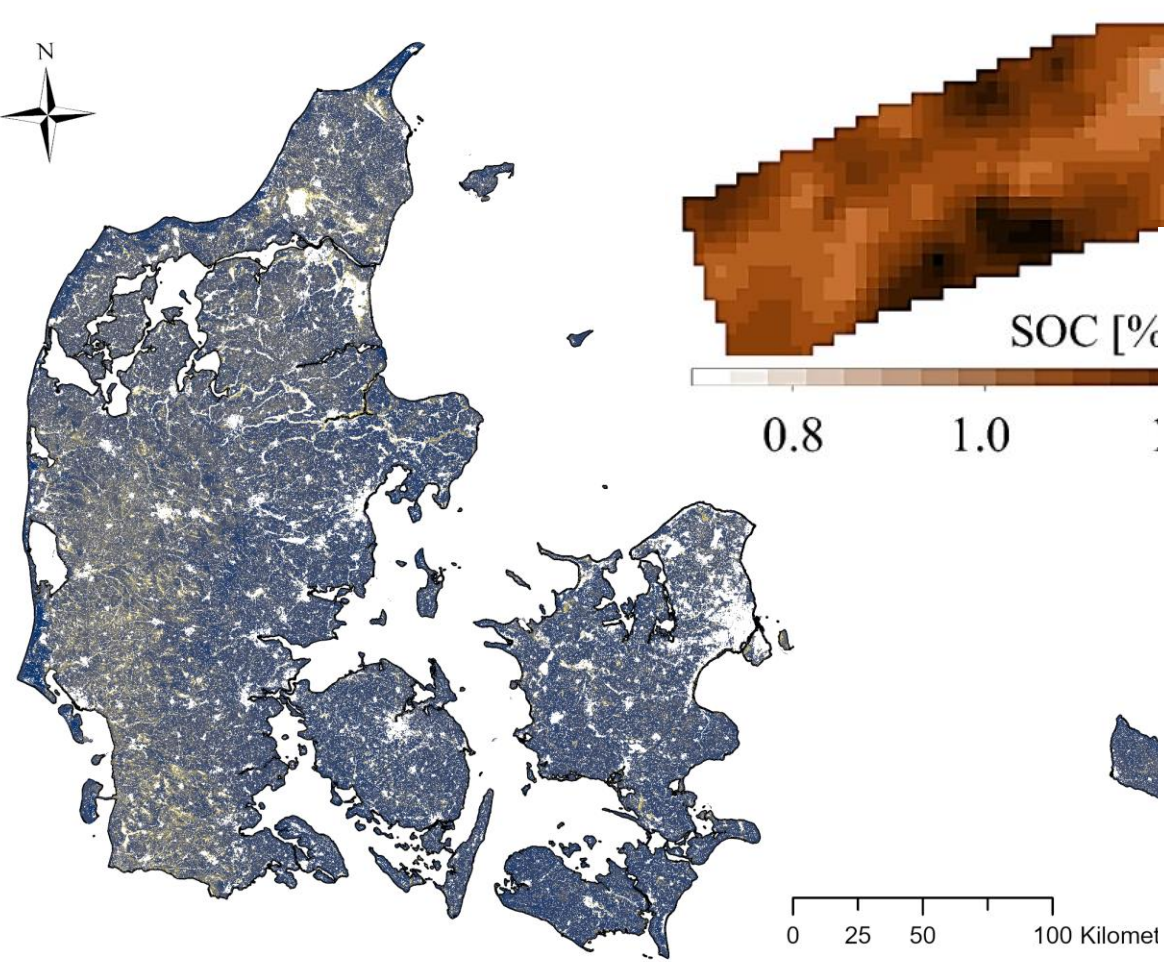
Kulstofindholdet i udgangspunktet



Møller A.B., Nyborg, L., Grogan, K., Svane, S.F., Greve, M.B., Gutierrez, S., Styczen, M., Greve, M.H., Knudsen, L., Beucher, A. (2023): Mapping 3D soil texture for Denmark at 10 m resolution using satellite time series and bare soil composites (manuscript in writing).

— 2% humus, halm bjærget — 2% humus, halm nedmuldet

Kulstofindholdet i udgangspunktet



Møller A.B., Nyborg, L., Grogan, K., Svane, S.F., Greve, M.B., Gutierrez, S., Styczen, M., Greve, M.H., Knudsen, L., Beucher, A. (2023): Mapping 3D soil texture for Denmark at 10 m resolution using satellite time series and bare soil composites (manuscript in writing).

— 2% humus, halm bjærget — 2% humus, halm nedmuldet
 — 4% humus, halm bjærget — 4% humus, halm nedmuldet

Monitering på markniveau – Hvordan kan vi gøre det?

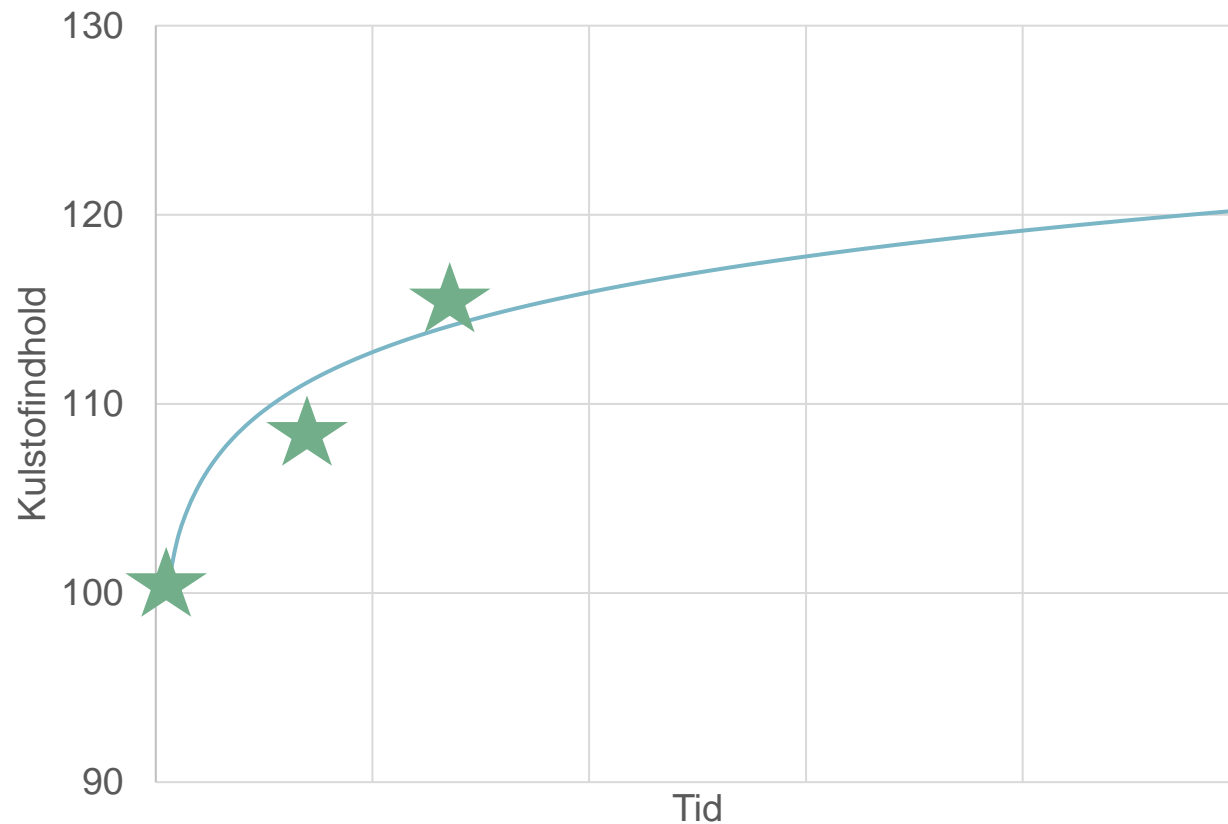


Målinger



Modellering

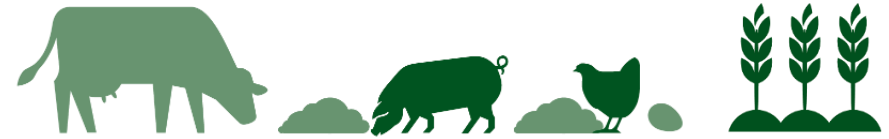
Målinger og modellering i kombination



- Målinger giver dels et mere præcist udgangspunkt og mulighed for at optimere modelleringen
- Fokus på data for kulstofinput kan øge præcisionen
 - Bedre aktivitetsdata
 - Udbyttedata
 - Satellitdata

Hvad kan vi også gøre?

- Typebedrifter
 - Kan give et godt gennemsnit
 - Mange typebedrifter er nødvendige
 - Hvordan belønnes den "ekstra" indsats?
- Fokuserer på effekter af aktiviteter (virkemidler eller dyrkningstiltag)
 - Kvadratnettet
 - Flere (langvarige)forsøg



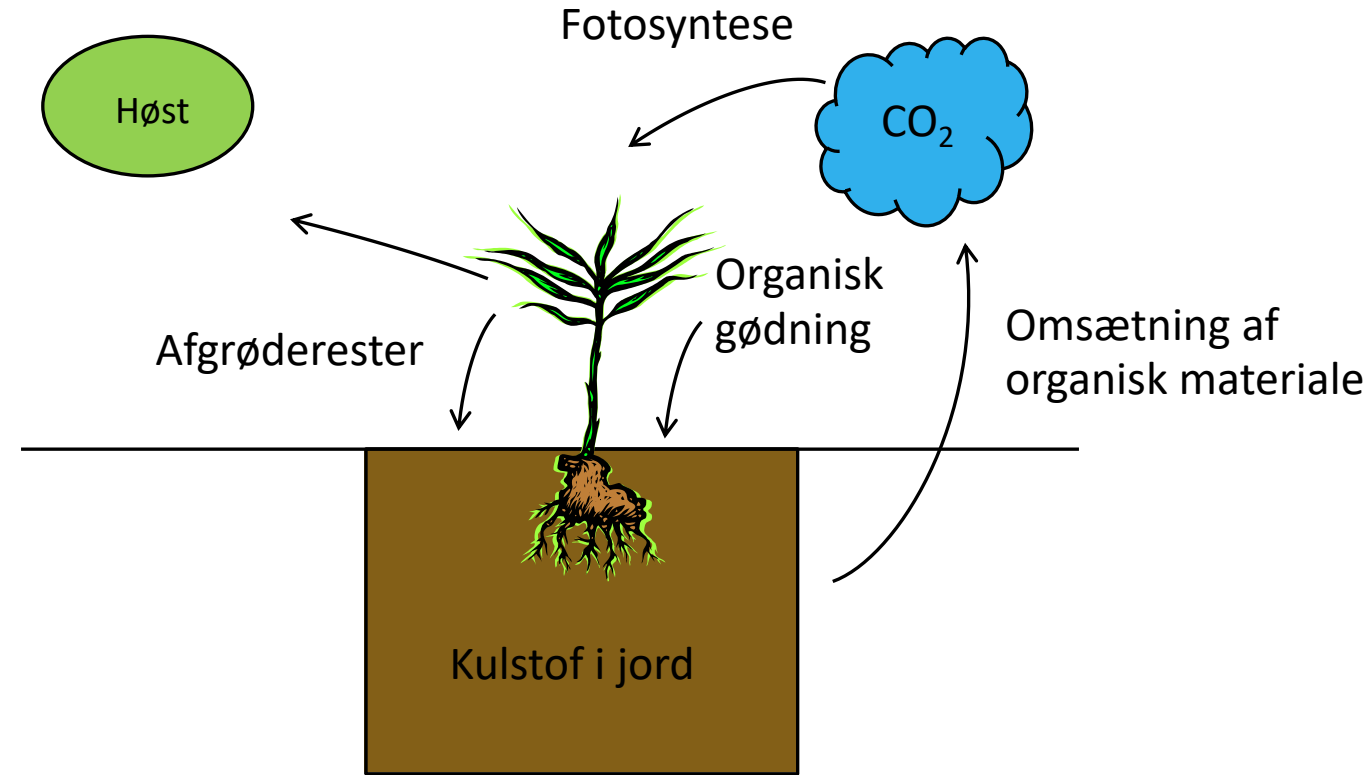
Konklusion

- Præcis og retvisende monitorering på markniveau kræver
 - Mange og præcise målinger kombineret med modellering
 - Gode aktivitetsdata
 - Strategi for at håndtere markvariation
- Effekter af virkemidler og dyrkningspraksisser kan kvantificeres ved
 - Målrettede målinger i praksis
 - Forsøg

TAK
for opmærksomheden

KULSTOFLAGRING I JORD VED ÆNDRET DYRKNINGSPRAKSIS

KULSTOFLAGRING I DYRKET JORD



Ændringer i jordens kulstoflager kan forklares ved forskellen mellem:

- 1) **Input:** Afgrøderester som efterlades på marken samt organisk gødning og
- 2) **Output:** Frigivelse af CO_2 ved mikrobiel omsætning

Hvordan undersøger og kvantificerer man effekten på kulstoflagring efter ændringer i driften på marken?

LANGVARIGE MARKFORSØG

- Tiltag er undersøgt over et langt tidsrum (>20 år)
- Derudover kræves følgende:
- Målinger af kulstofindhold ved etablering af forsøget
- Regelmæssige målinger indtil der opstår en ny balance mellem kulstoftilførsel og –fraførsel

LANGVARIGE MARKFORSØG

1) Det økologiske kvægsædskifte forsøg (1987-)

2) Halmforsøget i Askov (1981-2020)

3) Sandmarken i Askov – før (1942-1998)
og efter omlægning til slåningsbrak (1998-)

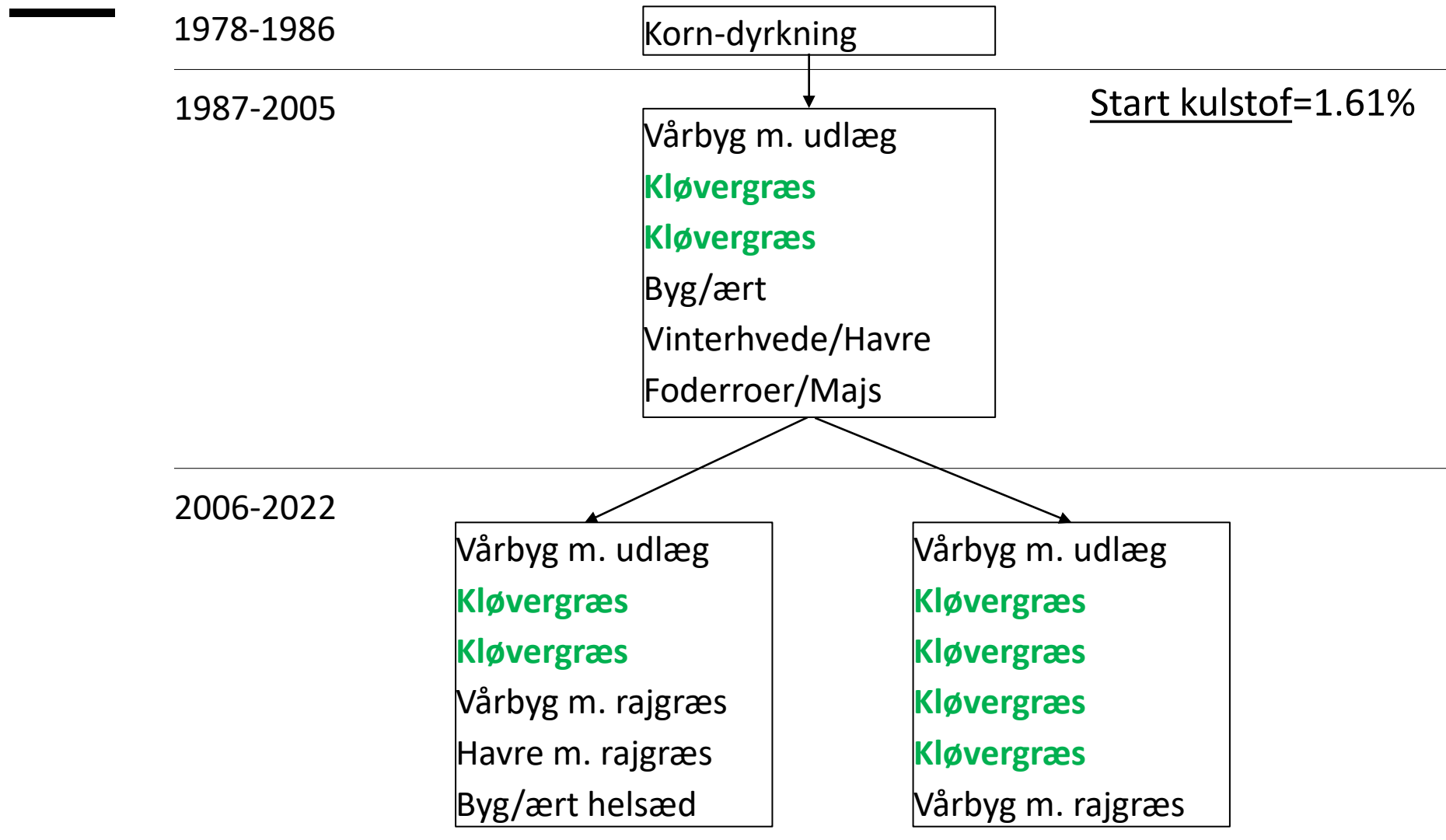
LANGVARIGE MARKFORSØG

1) Det økologiske kvægsædskifte forsøg (1987-)

2) Halmforsøget i Askov (1981-2020)

3) Sandmarken i Askov – før (1942-1998)
og efter omlægning til slåningsbrak (1998-)

DET ØKOLOGISKE KVÆGSÆDSKIFTE FORSØG





FORSØGSDESIGN



Fra 2006 til 2022:

AP	AP
AP	AP
4y GC	AP
3y GC	AP
2y GC	2y GC
1y GC	1y GC


 1/3 Kløvergræs


 2/3 Kløvergræs

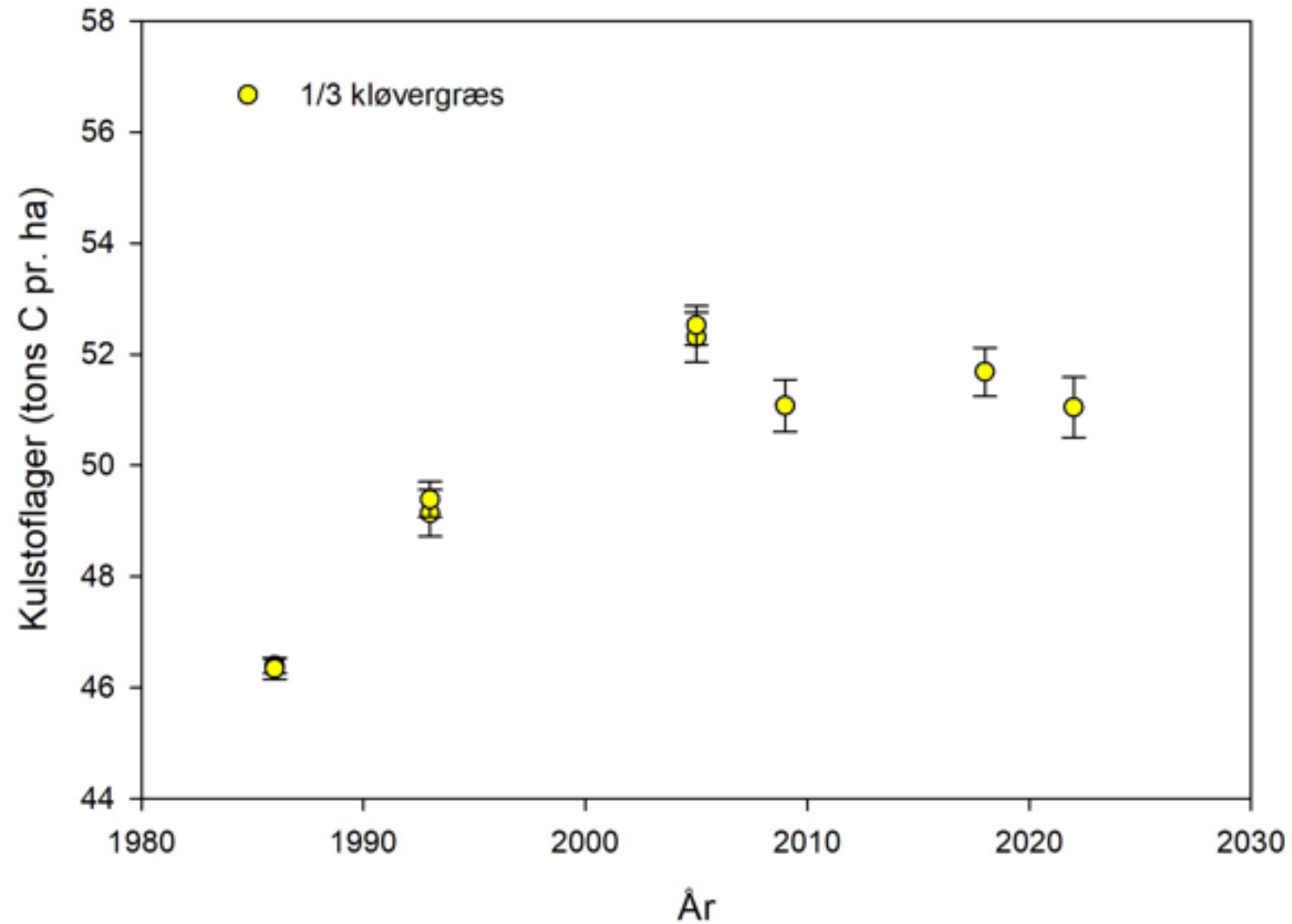
GC=Kløvergræs; AP=Enårige

UDTAGNING OG MÅLINGER

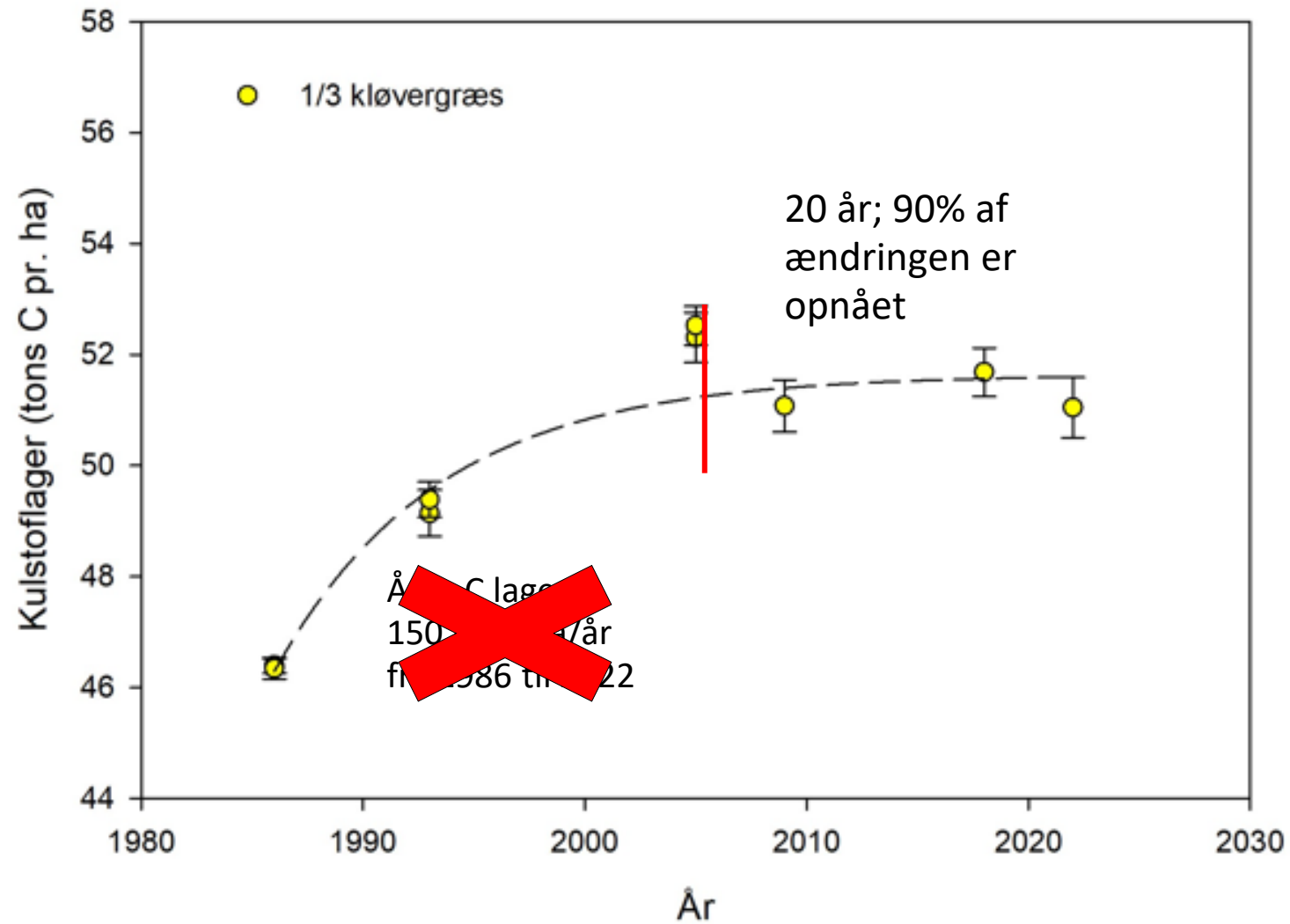
- Kulstofanalyse af arkiverede jordprøver udtaget i 0-20 cm jordlaget i perioden 1986 til 2022
- Bestemmelse af volumenvægt på jordringe (100 cm³) udtaget i 6-10 cm jordlaget i 2020



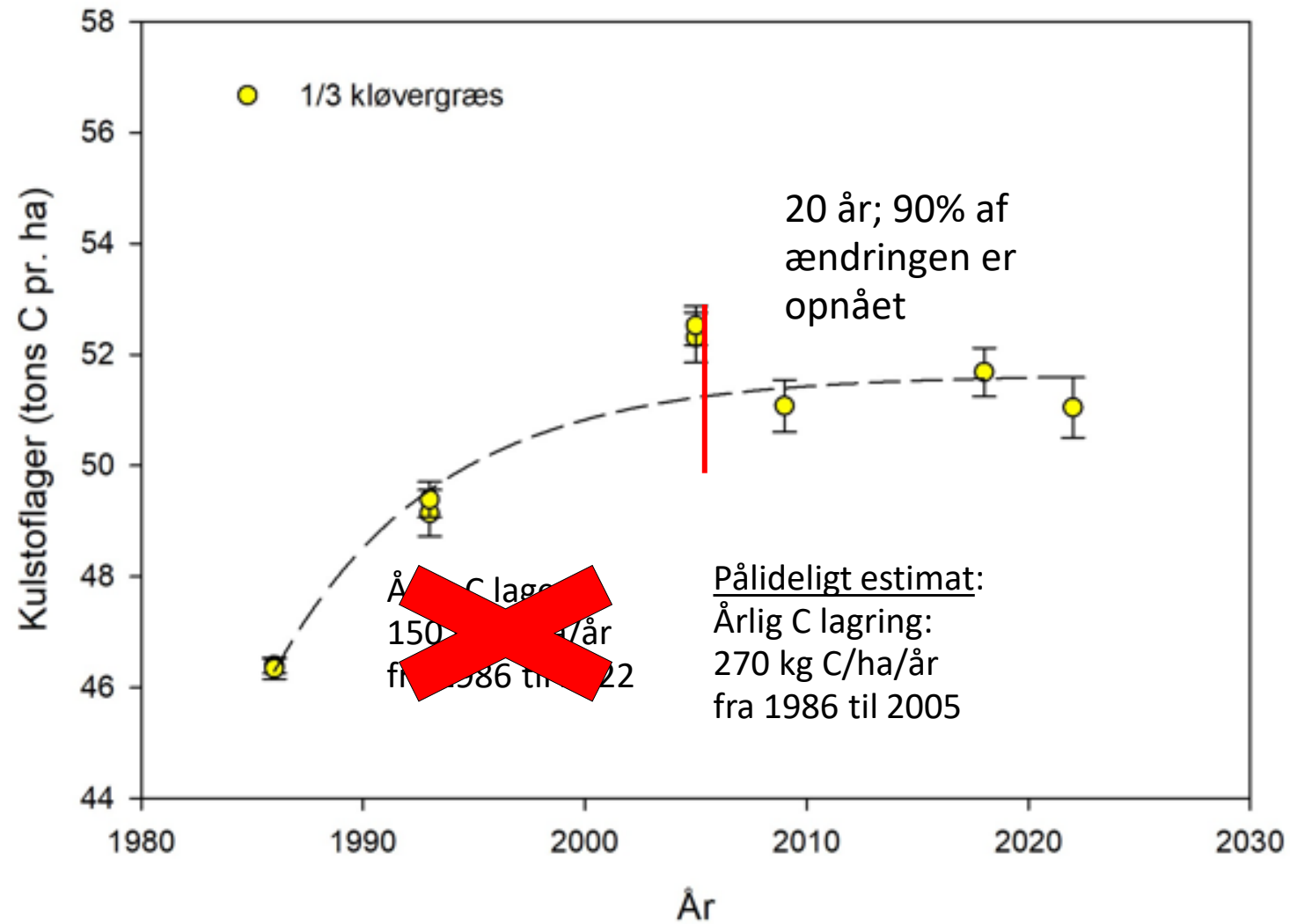
KULSTOFLAGRINGSPOTENTIALIA EFTER ÆNDRET DYRKNING



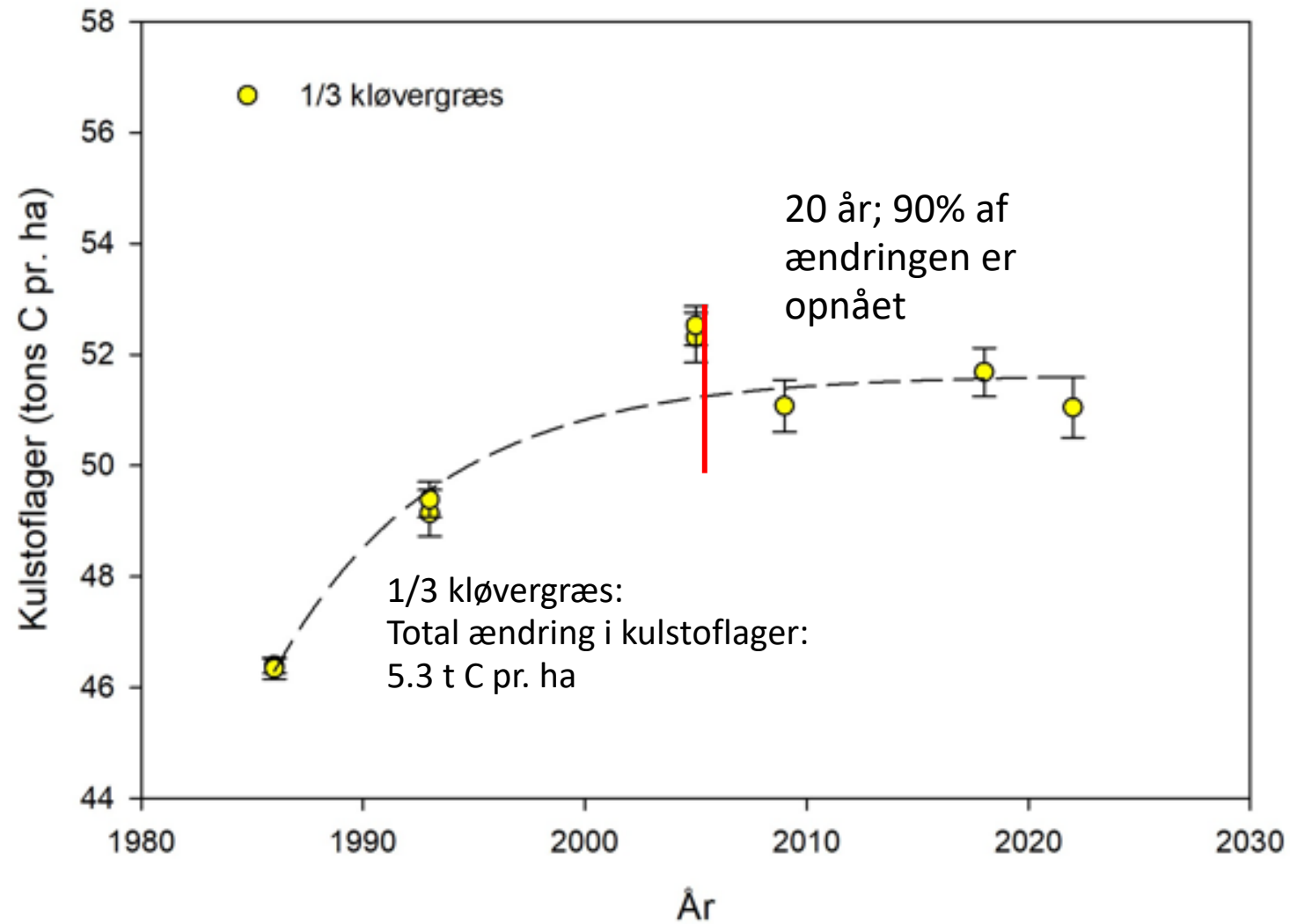
KULSTOFLAGRINGS-POTENTIALIA EFTER ÆNDRET DYRKNING



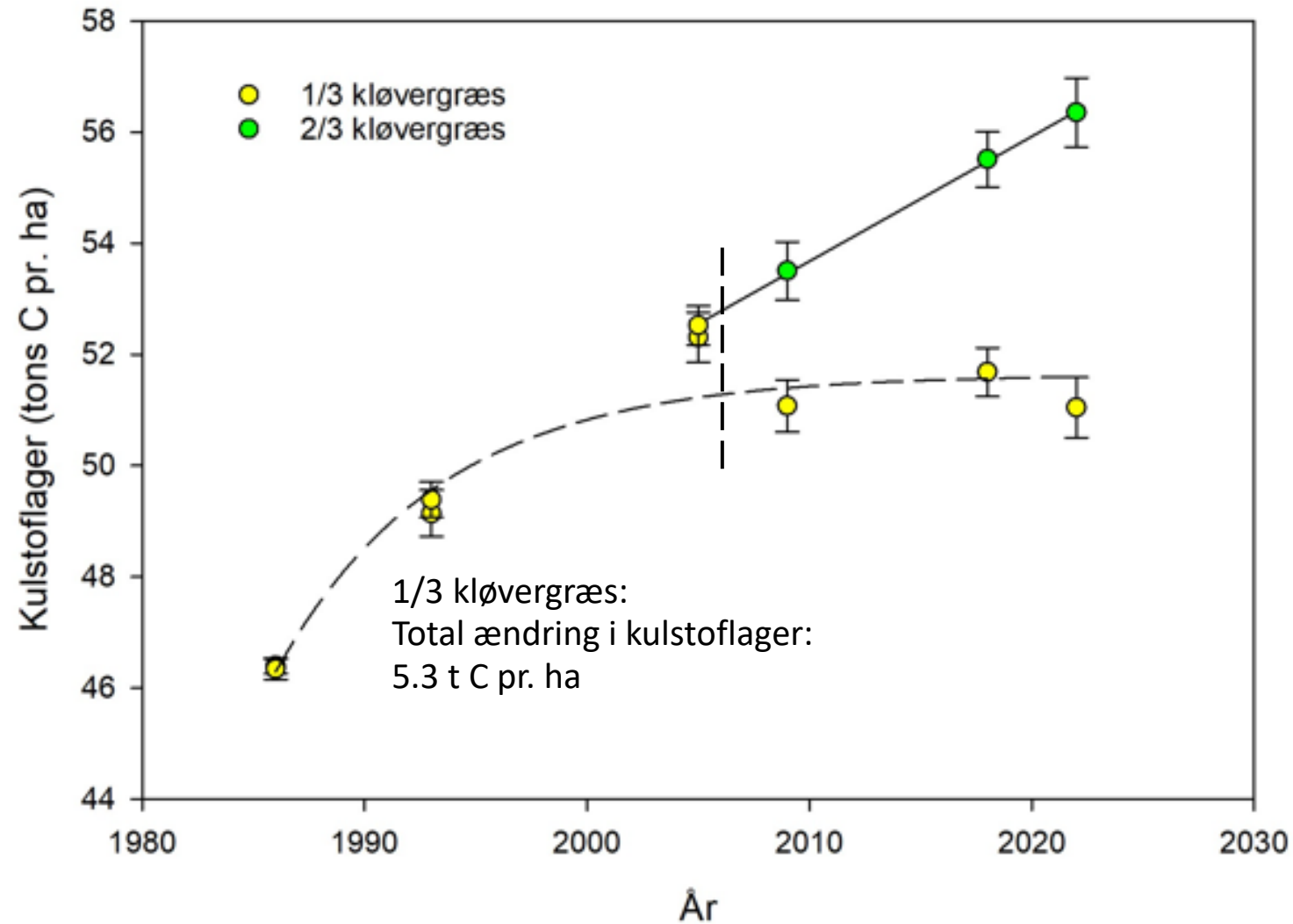
KULSTOFLAGRINGSPOTENTIALE EFTER ÆNDRET DYRKNING



KULSTOFLAGRINGSPOTENTIALE EFTER ÆNDRET DYRKNING



KULSTOFLAGRINGSPOTENTIALIA EFTER ÆNDRET DYRKNING



LANGVARIGE MARKFORSØG

1) Det økologiske kvægsædskifte forsøg (1987-)

2) Halmforsøget i Askov (1981-2020)

3) Sandmarken i Askov – før (1942-1998)
og efter omlægning til slåningsbrak (1998-)

HALMFORSØGET I ASKOV

- Startet i 1981,
Start kulstof-indhold = 1.41%
- Behandlinger:
Ensidig vårbyg uden,
og med årlig nedmuldning af
4, 8 og 12 t halm $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$
- Gødskning: 100 kg N/ha,
14 kg P/ha, 48 kg K/ha



Fjernelse vs. 12 t halm ha^{-1}
(Foto: Johannes L. Jensen).

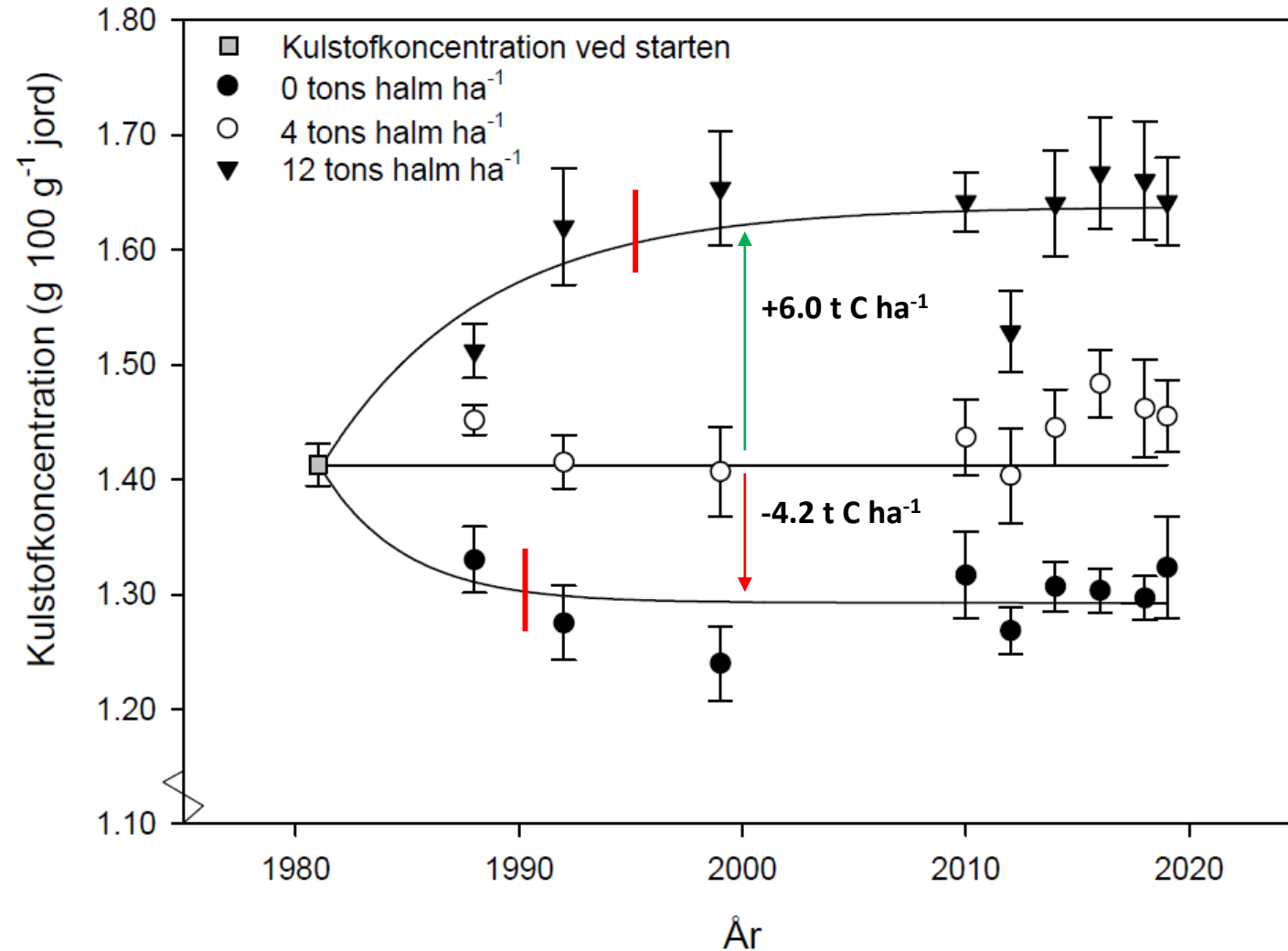
UDTAGNING OG MÅLINGER

- Kulstofanalyse af arkiverede jordprøver udtaget i 0-20 cm jordlaget i perioden 1981 til 2019
- Bestemmelse af volumenvægt på jordringe (100 cm³) udtaget i 6-10 cm jordlaget i 2020



Foto: Johannes L. Jensen

HALMFORSØGET I ASKOV



LANGVARIGE MARKFORSØG

1) Det økologiske kvægsædskifte forsøg (1987-)

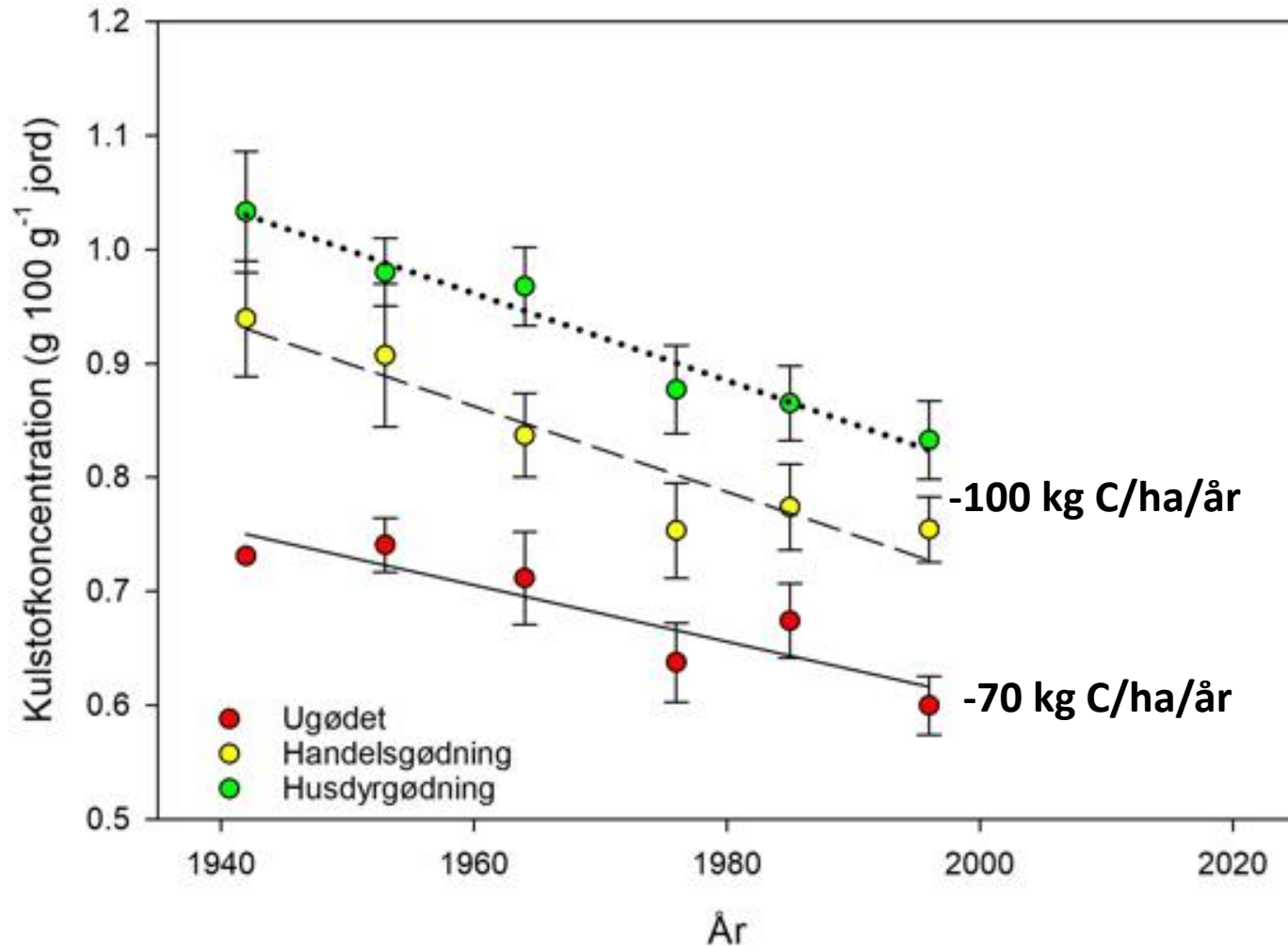
2) Halmforsøget i Askov (1981-2020)

**3) Sandmarken i Askov – før (1942-1998)
og efter omlægning til slåningsbrak (1998-)**

SANDMARKEN I ASKOV

- Startet i 1894, Grovsandet jord (4% ler)
- Sædskifte (1973-1997):
Vinterrug – Kålroer/Kartofler – Vårbyg - Ærter
- Gødningsbehandlinger (1973-1997), årlig gns. af sædskiftet:
Ugødet = 0 kg total-N/ha
1Handelsgødning = 100 kg N/ha i NPK
1Husdyrgødning = 100 kg N/ha i kvæggylle
- Kulstof-indhold i 1914, ugødet = 0.91%

SANDMARKEN I ASKOV 1942-1997



SANDMARKEN I ASKOV – OMLÆGNING TIL SLÅNINGSBRAK

- Omlagt i 1998 til slåningsbrak (Alm. Rajgræs, Rødsvingel)
Ugødet, slået 1-2 gange om året, ingen fjernelse af biomasse

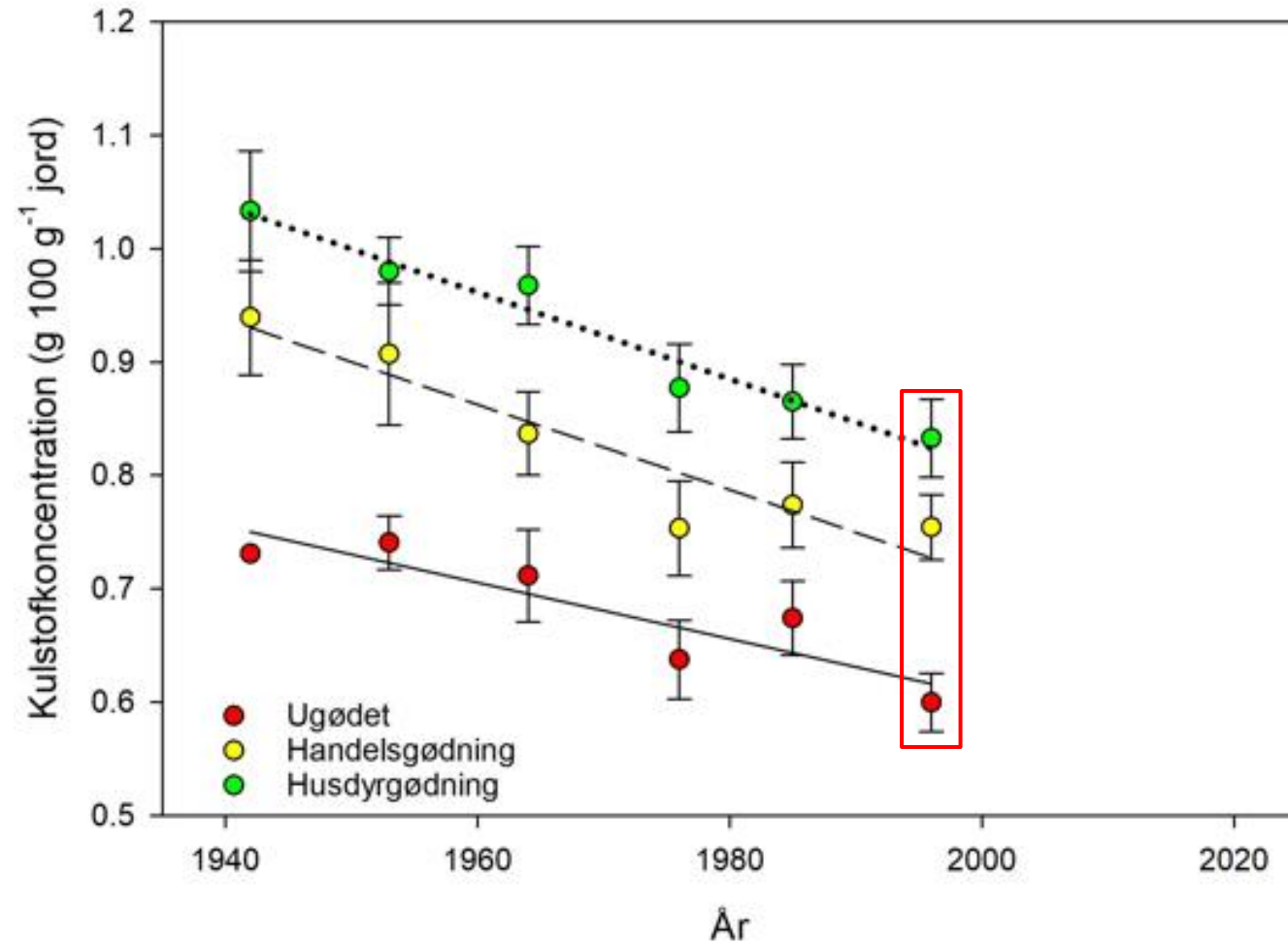


Foto: Johannes L. Jensen

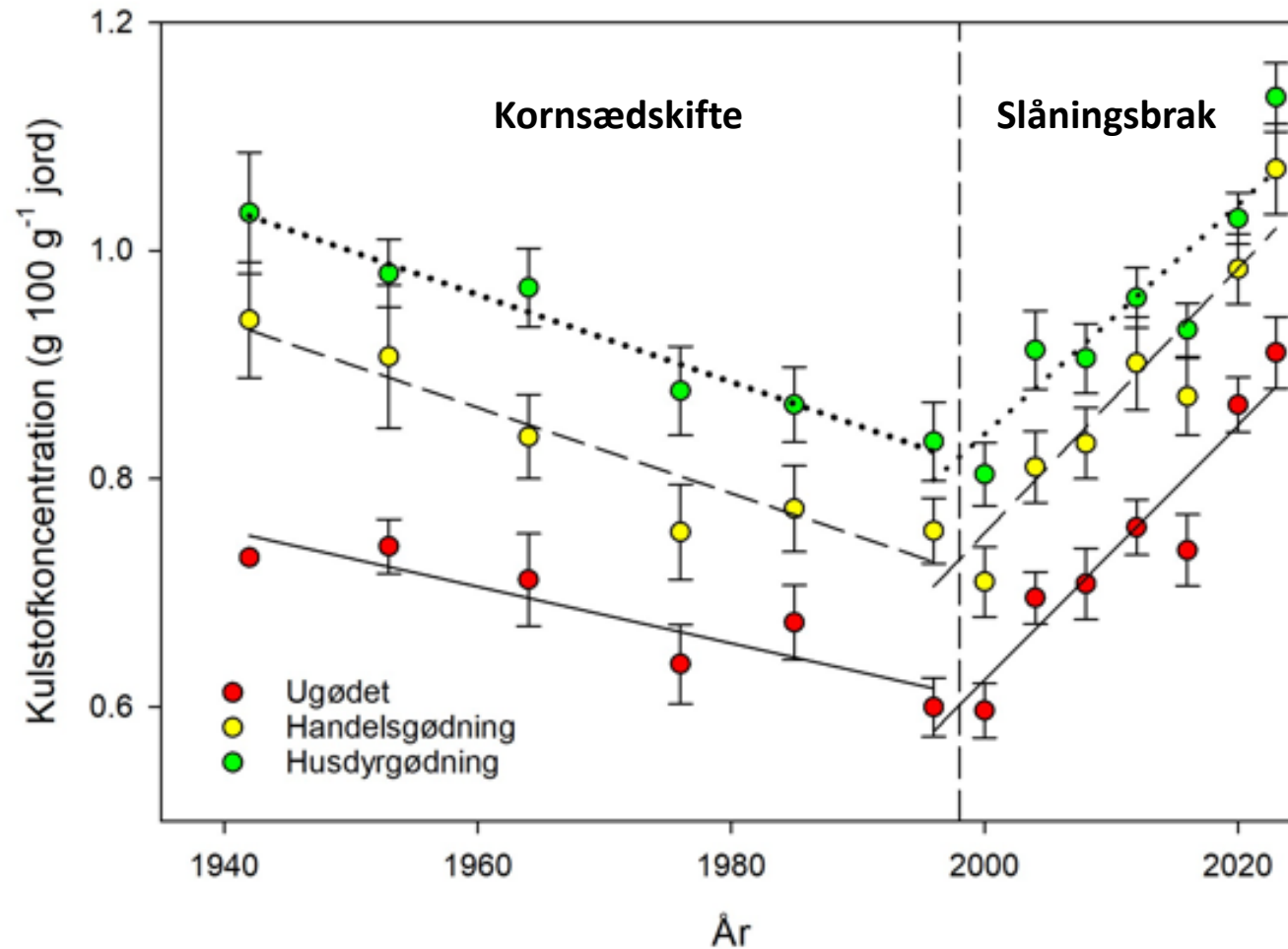
Udtagning og målinger:

- Kulstofanalyse af arkiverede jordprøver udtaget i 0-20 cm jordlaget i perioden 1996 til 2023
- Bestemmelse af volumenvægt på jordringe (100 cm³) udtaget i 6-10 cm jordlaget i 2023

SANDMARKEN I ASKOV – OMLÆGNING TIL SLÅNINGSBRAK (1998-2023)

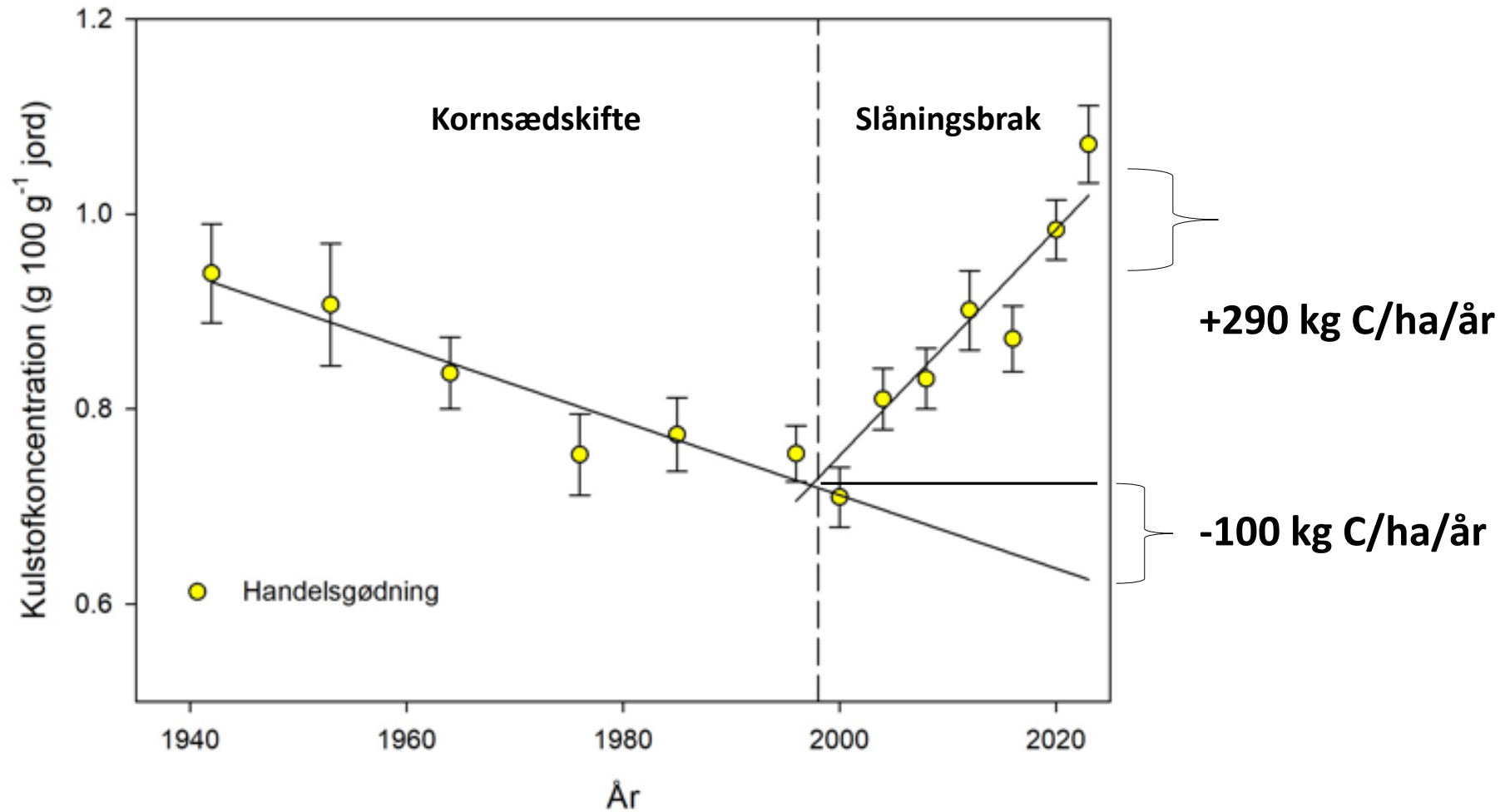


SANDMARKEN I ASKOV – OMLÆGNING TIL SLÅNINGSBRÅK (1998-2023)



+290 kg C/ha/år

SANDMARKEN I ASKOV – OMLÆGNING TIL SLÅNINGSBRÅK (1998-2023)



**Samlet klimagevinst:
+390 kg C/ha/år**

VARIATION I KULSTOF MELLEM PARCELLER

- Udtagningsstrategi:
16 jordprøver per parcel udtages med 2-cm jordspyd og puljes

Det økologiske kvægsædskifte forsøg:

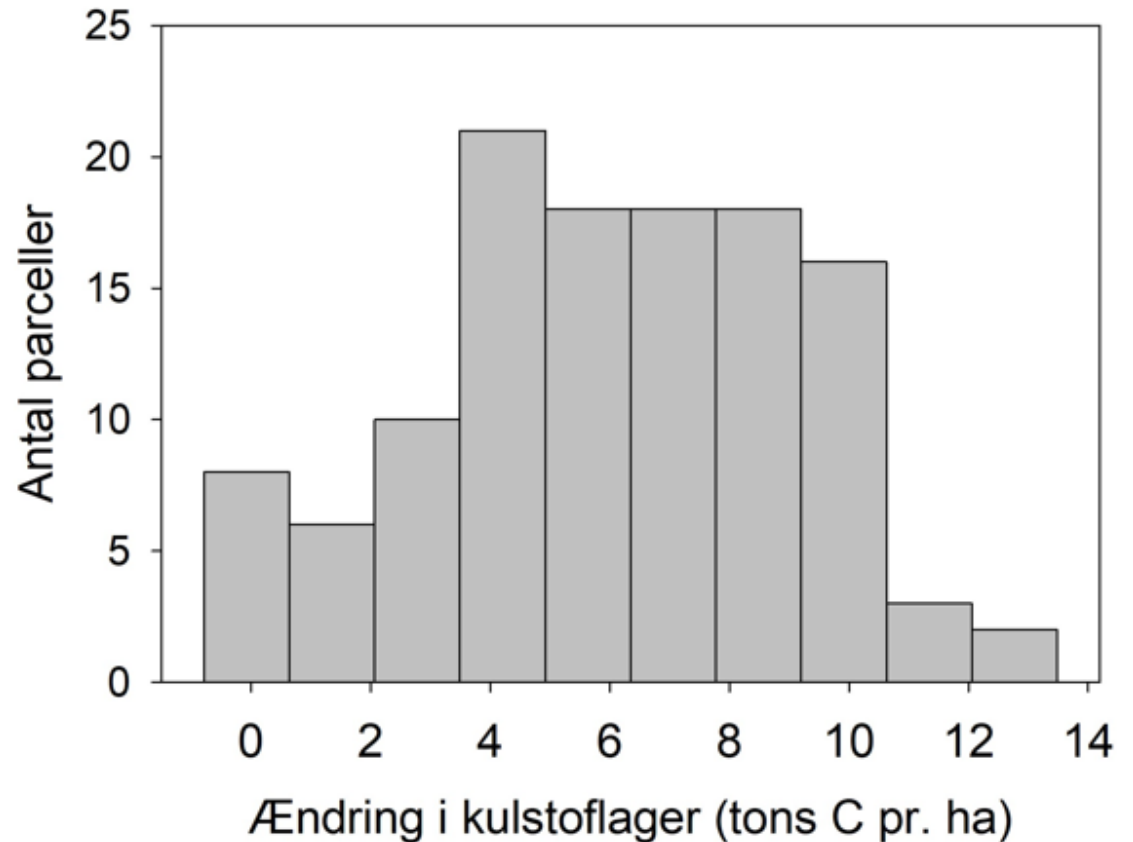
Parcelstørrelse: 6 x 18 m = 108 m²

120 parceller i alt

Ændring i dyrkningspraksis:

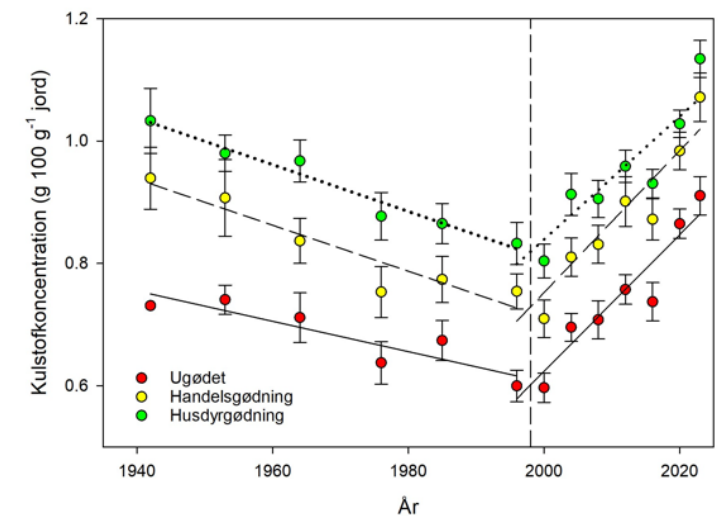
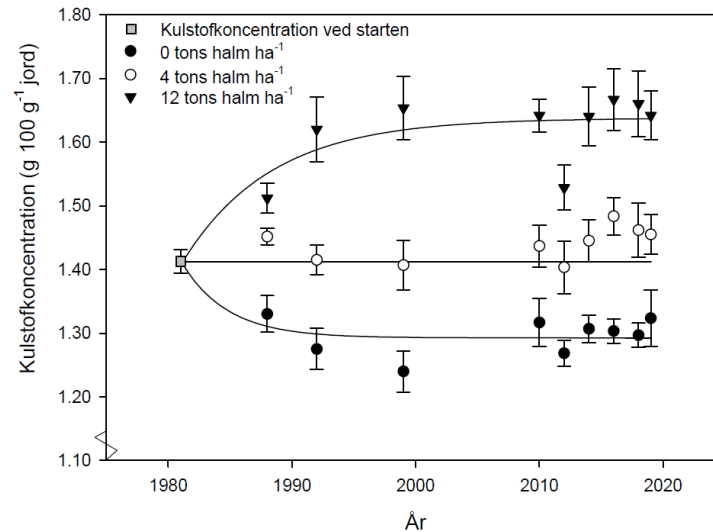
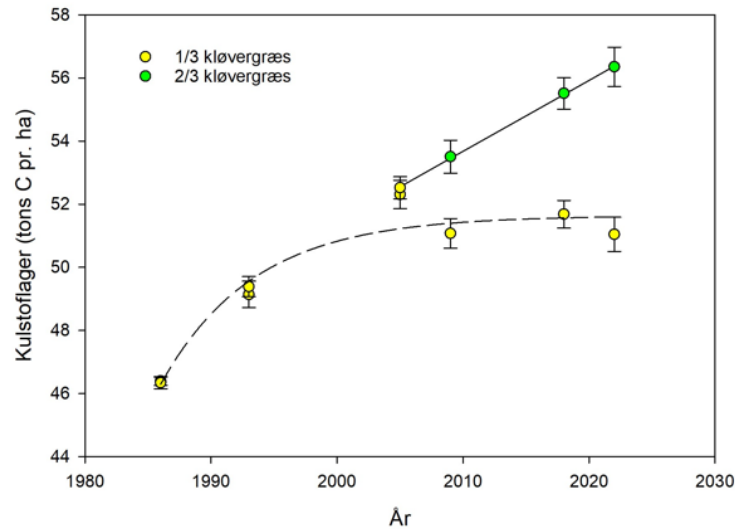
Kornsædskifte → 1/3 græs i sædskiftet

Ændring fra 1986 til 2005



KONKLUSIONER

- Pålidelige opgørelser kræver kendskab til start kulstofindholdet og løbende udtagning af jordprøver indtil ligevægt er opnået
- Ny ligevægt vil typisk opnås efter 10-20 år afhængig af ændring i dyrkningspraksis og start kulstofindhold
- Kulstoflagringen i de første år er højere



LANGVARIGE MARKFORSØG - REFERENCER

1) Det økologiske kvægsædskifte forsøg (1987-)

Jensen et al. 2022. Soil organic C and N stock changes in grass-clover leys: Effect of grassland proportion and organic fertilizer. *Geoderma*, 424, 116022.

2) Halmforsøget i Askov (1981-2020)

Jensen et al. 2022. Cereal straw incorporation and ryegrass cover crops: the path to equilibrium in soil carbon storage is short. *European Journal of Soil Science*, 73, 10.1111/ejss.13173.

3) Sandmarken i Askov – før (1942-1998) og efter omlægning til slåningsbrak (1998-)

Hu et al. 2019. Converting temperate long-term arable land into semi-natural grassland: decadal-scale changes in topsoil C, N, ^{13}C and ^{15}N contents. *European Journal of Soil Science*, 70: 350-360.



AARHUS
UNIVERSITET