

Kolinlagring som klimatåtgärd

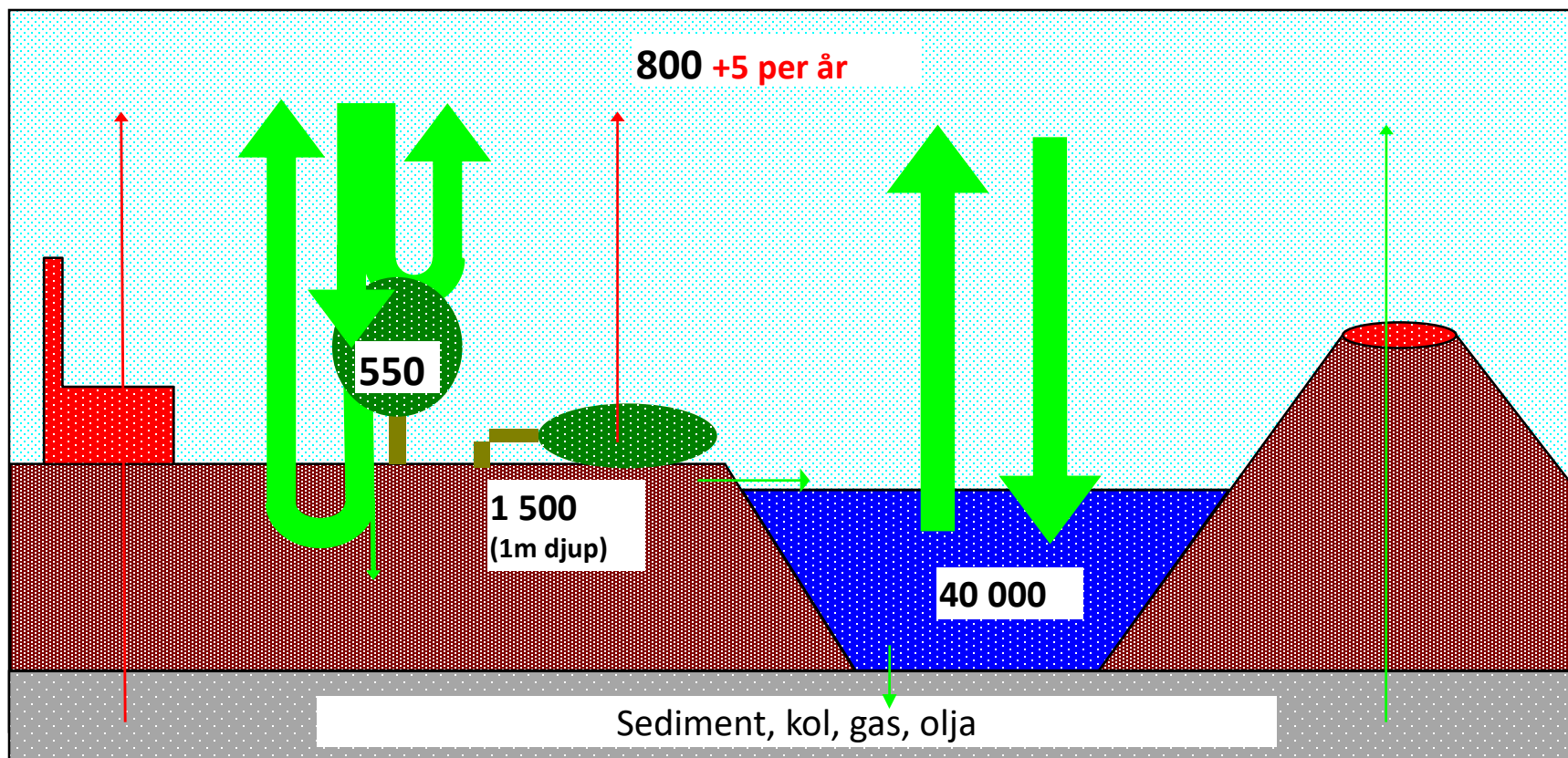
Norrköping 8 feb 2024

Thomas Kätterer, SLU

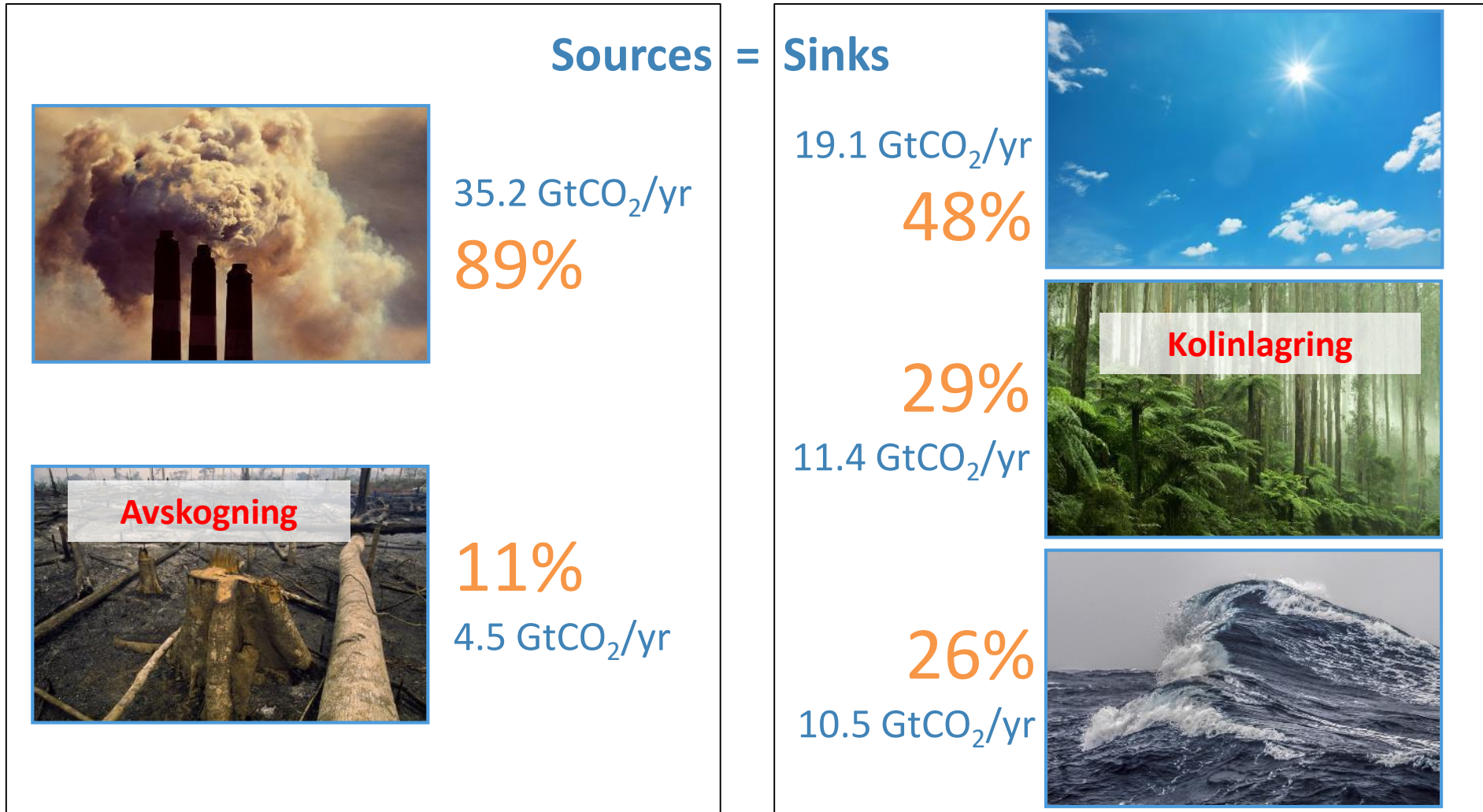
thomas.katterer@slu.se



Marken spelar en central roll i den globala kolcykeln (Pg C; miljarder ton)



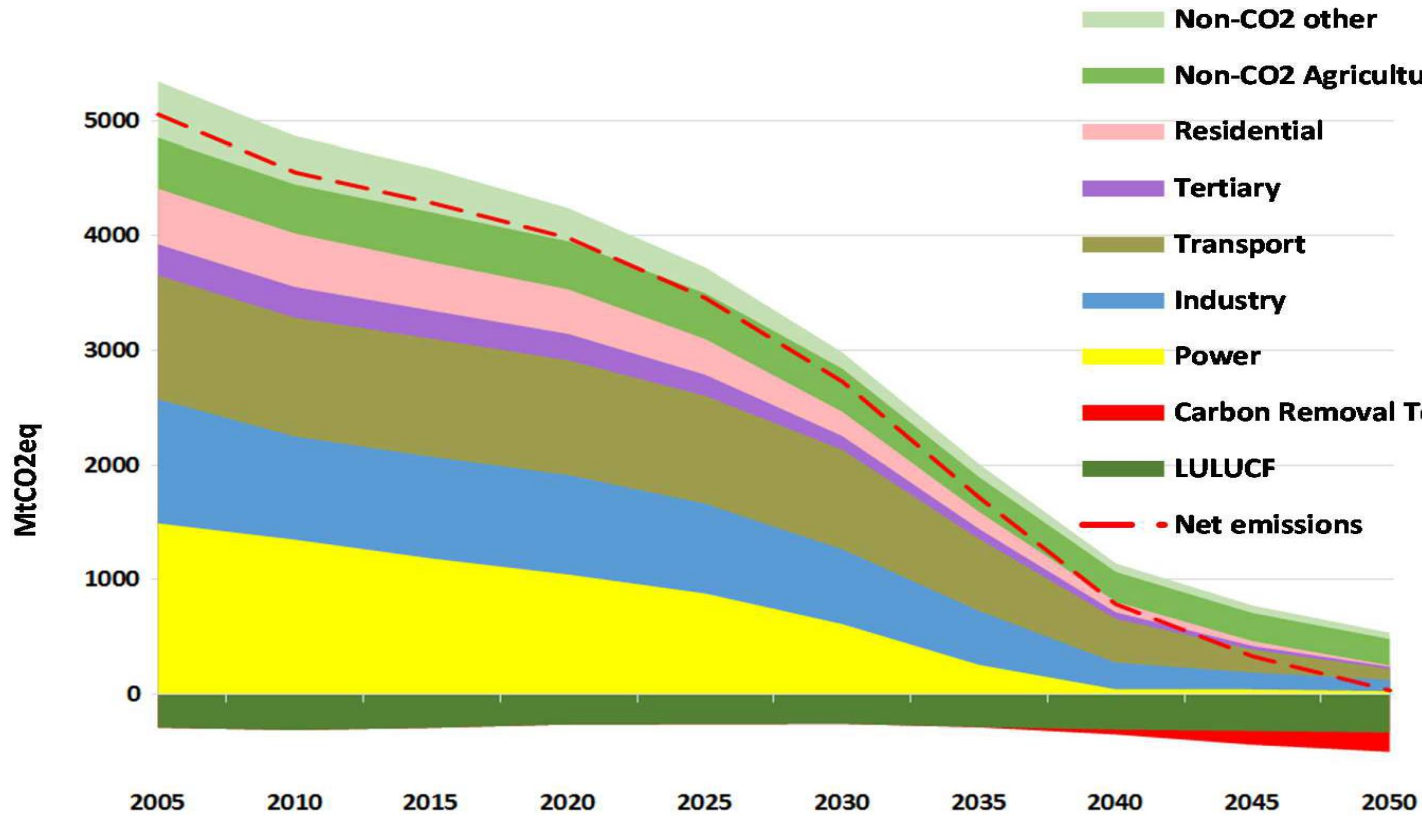
Fate of anthropogenic CO₂ emissions (2012–2021)



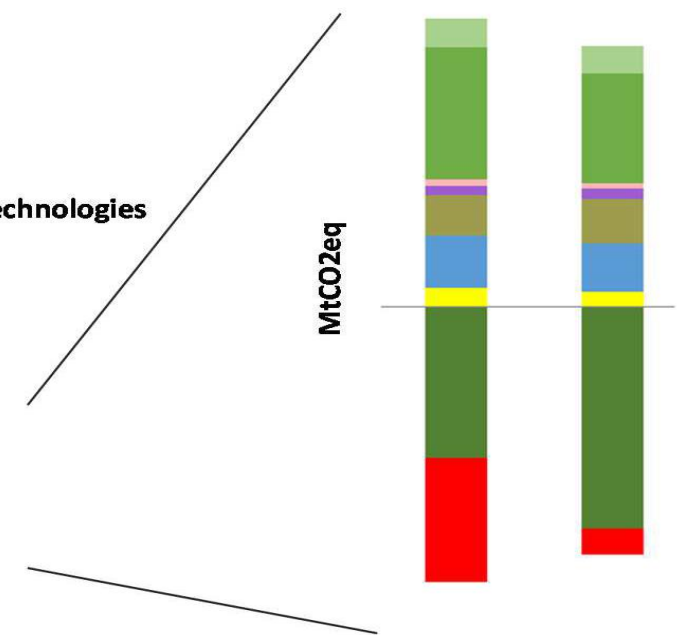
Budget Imbalance: 3%
 (the difference between estimated sources & sinks) -1.2 GtCO₂/yr

Source: [Friedlingstein et al 2022](#); [Global Carbon Project 2022](#)

Vision for a Clean Europe by 2050



Different zero GHG pathways lead to different levels of remaining emissions and absorption of GHG emissions

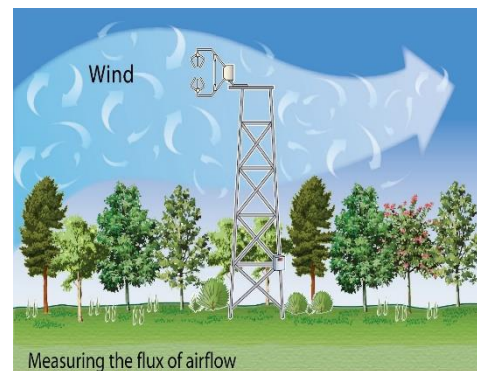
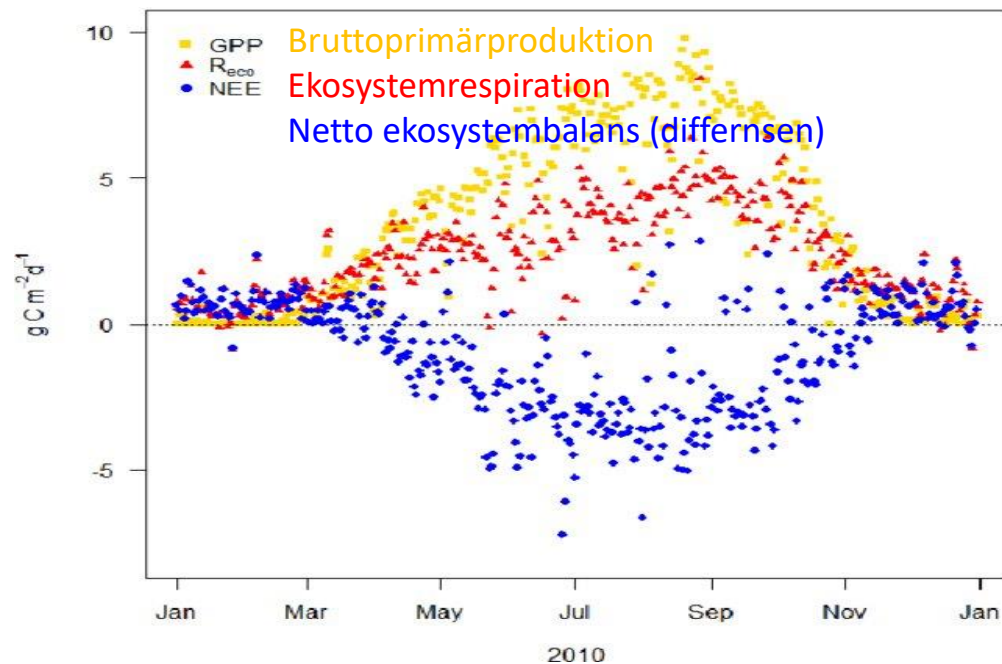
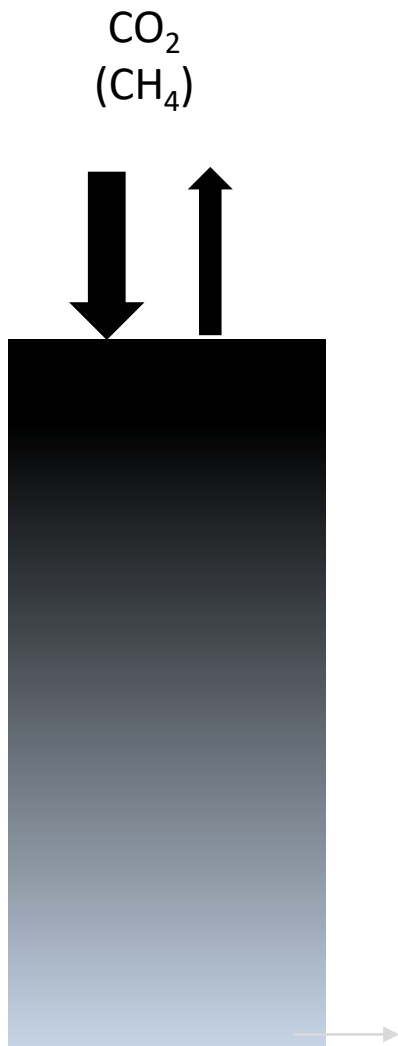


EUs mål för skog och mark till 2030: 310 Mt negativa emissioner
BECCS* – CO₂ från bioenergi fångas in och lagras i berggrund

*BioEnergy Carbon Capture and Storage

Hur mäter man kolinlagring?

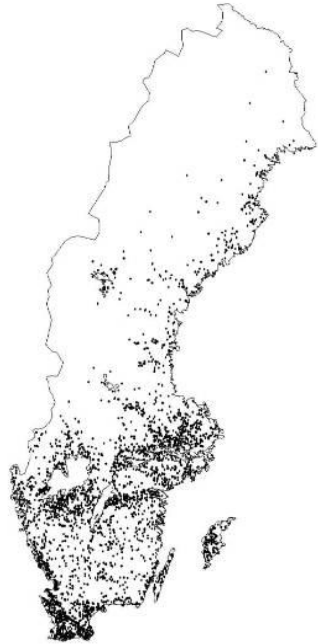
1) Kontinuerliga flödesmätningar



2) Förändringar i kolförrådet (markinventeringar, långliggande fältförsök)

OBS: Ärliga flöden är små jämfört med det stora kolförrådet i marken.
 Det tar lång tid för att förändringarna blir mätbara pga. stor rumslig variation

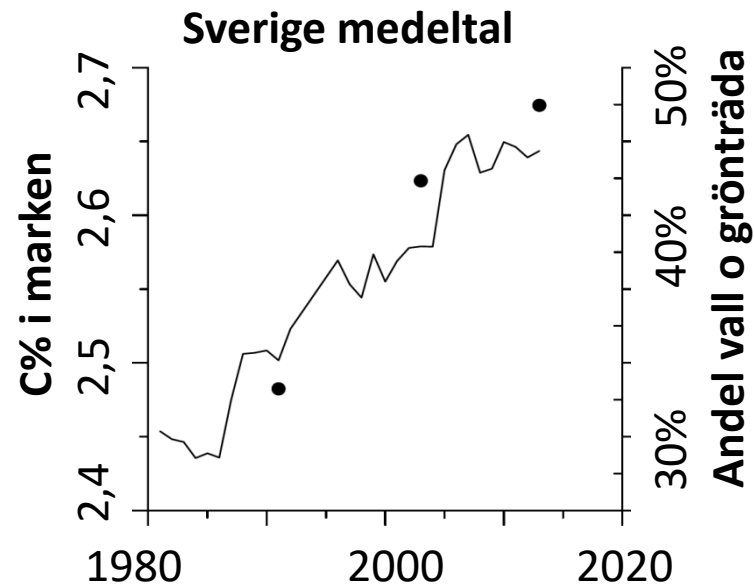
Ökande kolhalter i åkermark på mineraljord



Markinventering:

- I (1988-97),
- II (2001-07),
- III (2010-17),
- IV (2021-27)

SLU på uppdrag från
Naturvårdsverket



Förklaringar

Mera vall

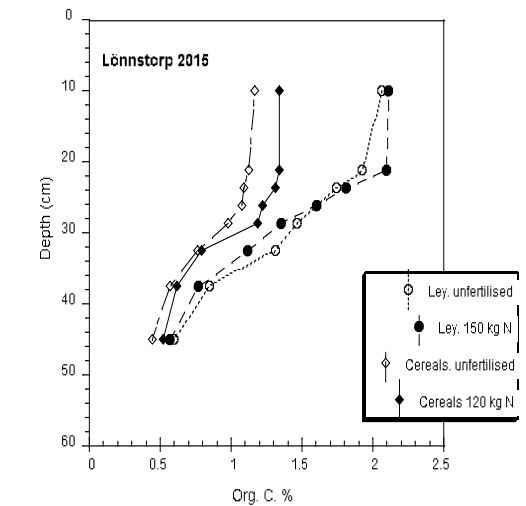
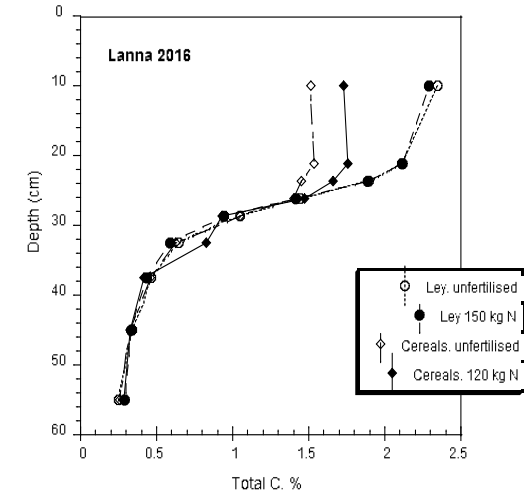
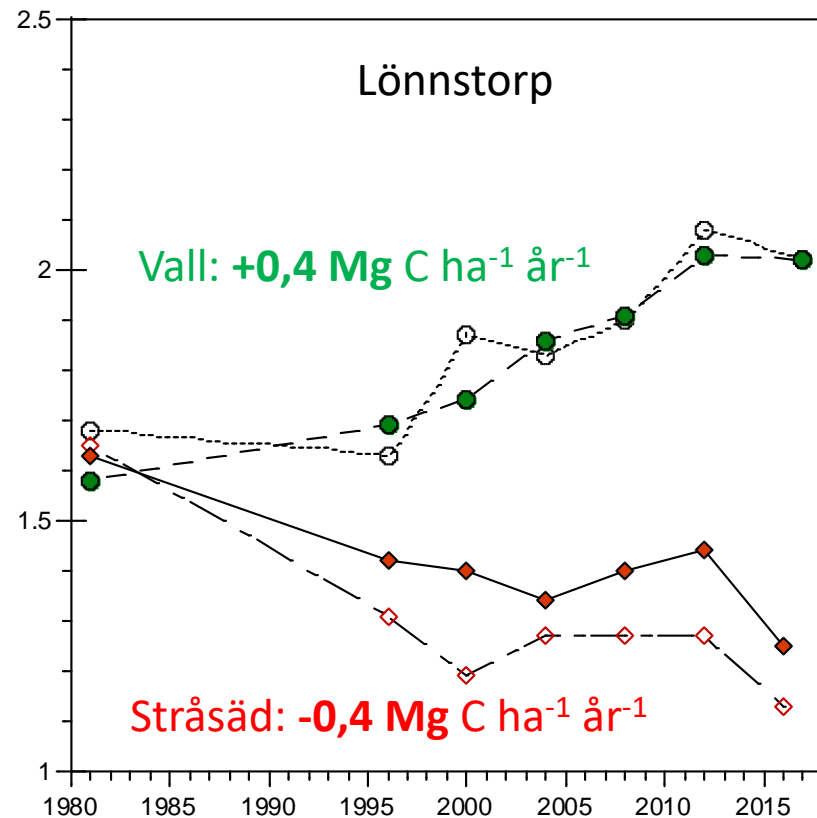
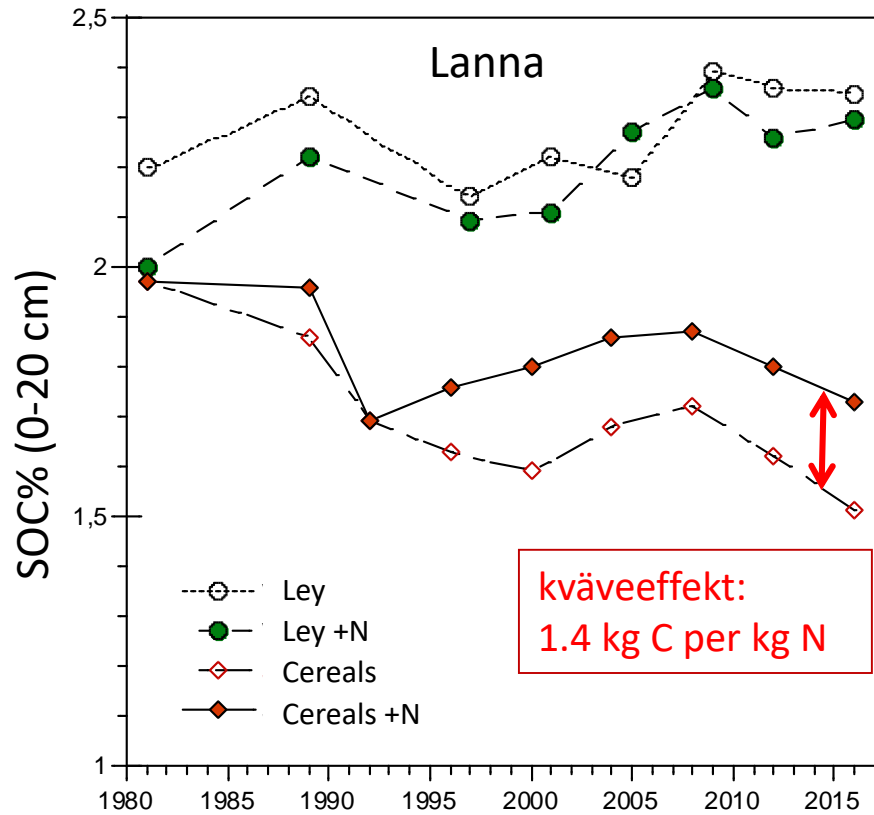
Mera höstsäd, mindre vårsäd



Poepplau et al. 2015 Biogeosciences 12: 3241–3251

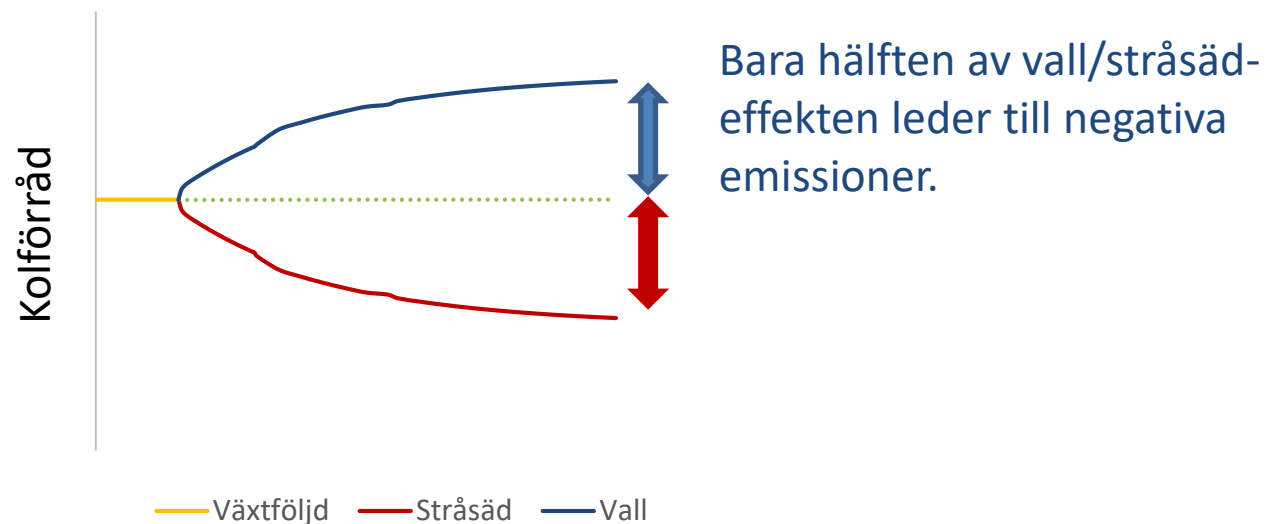
Men: kolutsläppen från organogena jordar är större än inlagringen i mineraljordar

Kolinlagring i vall-dominerade växtföljder jämfört med kontinuerlig stråsäd, med och utan mineralkväve, Under 35 år på 2 platser



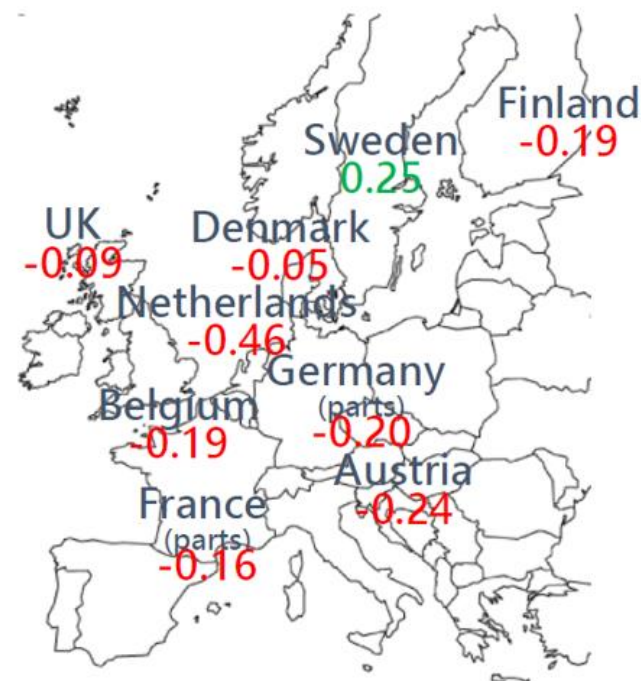
Kolinlagringen (särskilt i alven) skiljer sig mellan platserna (Börjesson et al. 2018 Biol Fert Soils)

Kolinlagring leder inte alltid till negativa emissioner



- Europeiska jordbruksjordar förlorar kol i genomsnitt
- Åtgärder för att minska förlusten behövs
- Nettoinlagring kräver kraftfulla förändringar

Recent soil carbon stock changes in croplands



In t C/ha/yr and based on repeated soil inventories

Sources: Heikkinen et al. 2013, Poeplau et al. 2015, Taghizadeh-Toosi et al. 2014, Lettens et al. 2005, Knotters et al. 2022, Dersch and Böhm 1997, Höper 2021, Antoni et al., 2008

Varför ökar kolinlagringen i vallar?

Kernza (vetegräs)

vete



Photo by Jim Richardson, Land Institute, Salina, Kansas; Glover et al., 2010 AGEE

Majs

Väl-dränerad

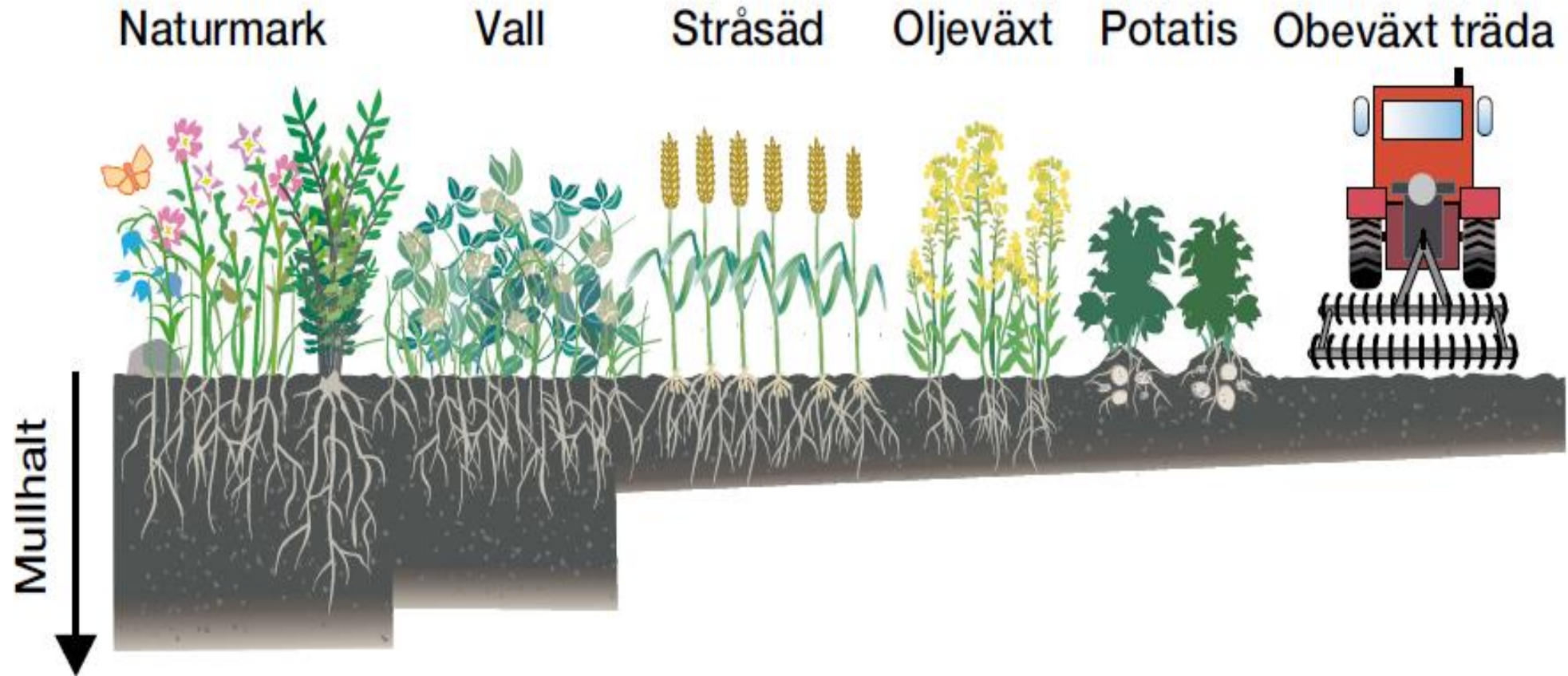
Vattensjuk



Rotsystemets arkitektur styrs av genetiken och miljön (vatten, näring, temperatur, markpackning m.m.)

Rich & Watt 2013 J Exp Bot 64

Växtrötter är viktiga för markens kolbalans



Permanent bevuxen mark (naturmark) innehåller mer mull än odlad mark. Mark som hålls obeväxt och som dessutom kanske ogräsharvas (trädas) tär på mullhalten.

Mellangrödor, agroforestry, energiskog och permanent bevuxna åkerkanter leder till kolinlagring, minskad erosionen och förluster av N och P

Svenska försök med rajgräs som fånggröda (16-24 år):
0,3 ton kolinlagring per hektar och år

Poeplau et al., Geoderma Regional 2015

Global meta-analys, 543 studier med mellangrödor:
0,56 ton C per hektar och år

Jian et al. 2020 SBB 143,107735

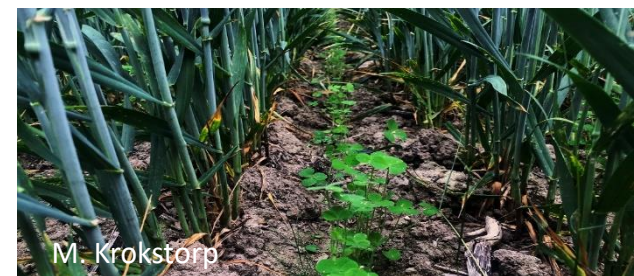
Risk för ökad lustgasavgång från visnande fånggrödor

Duan et al. (2018) Front. Microbiol. 9:2629; Olofsson & Ernfors 2022 STOTEN; Guenet et al. (2021) Glob Change Biol 27(2):237–256

Ökad Albedo (markytans reflektion av solstrålning) –
betydande direkt kylning av atmosfären

Lugato et al 2020 Environ. Res. Lett. 15 094075

Sieber, PhD-thesis at SLU 2021:87



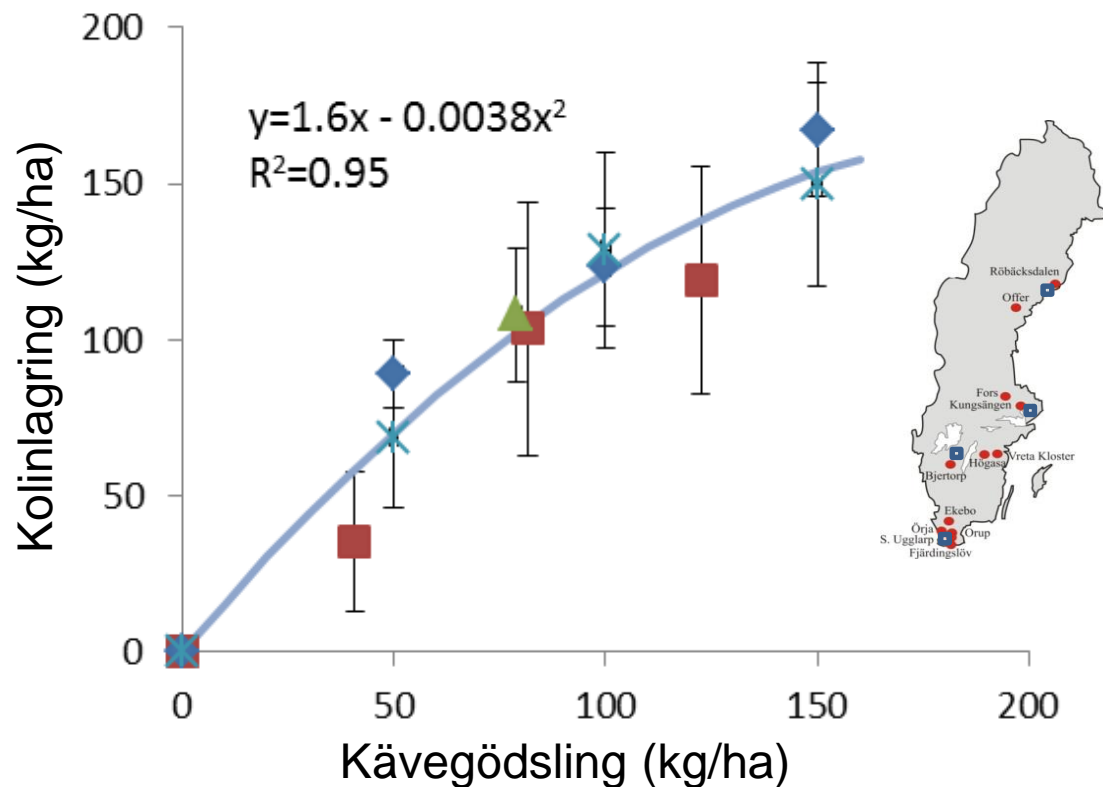


Undvik bar mark!

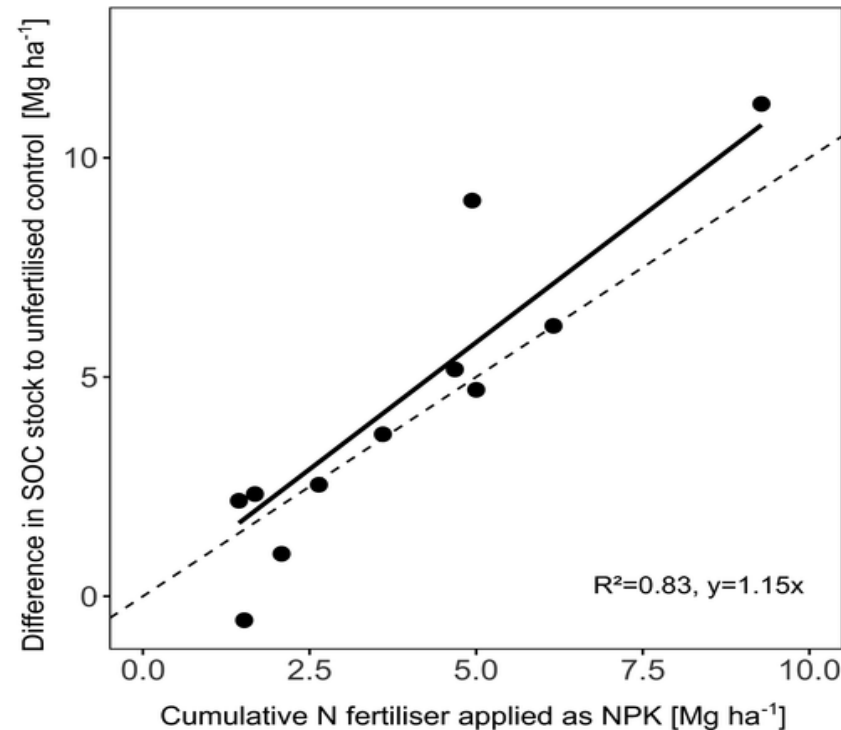


Kolinlagring gynnas av hög produktion

Resultat från 16 långliggande försök med ettåriga växter
Kätterer et al., 2012 Acta Agric. Scand.

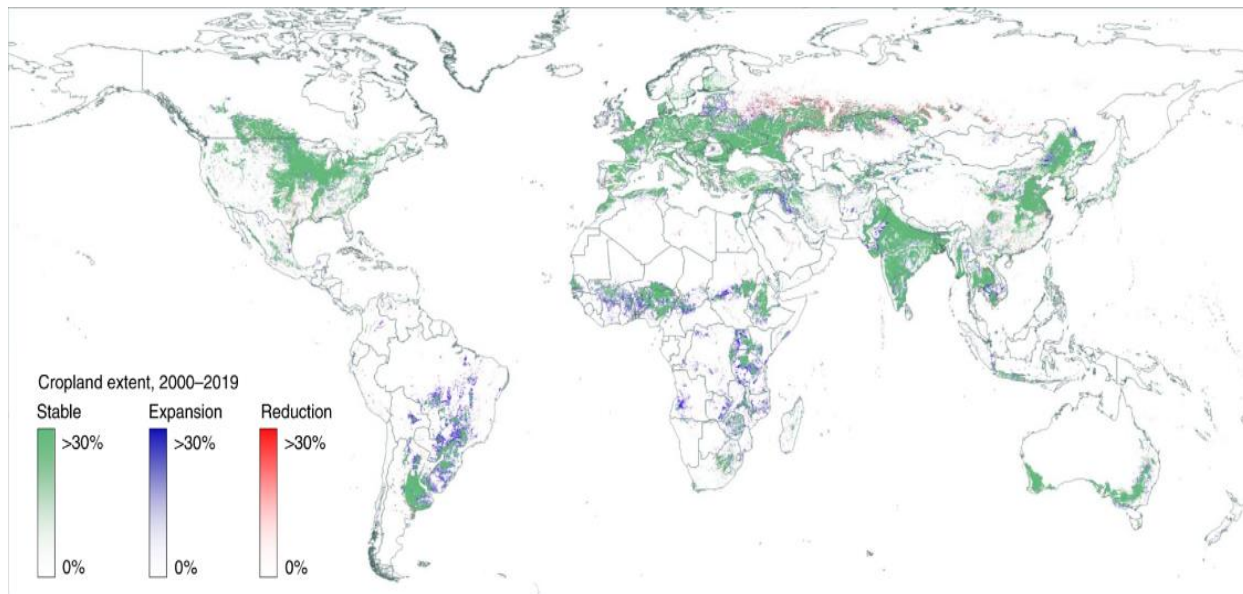


Europeiska gäsmarker
Poeplau 2021 Grass and Forage Science 76, 186-195



Tumregel: Varje kilo N höjer kolförrådet i marken med ca 1 kg C i matjorden (0-20 cm) i både ettåriga och fleråriga grödor

Extensiv produktion leder till låga kolförråd lokalt och ökat arealbehov som driver på avskogningen

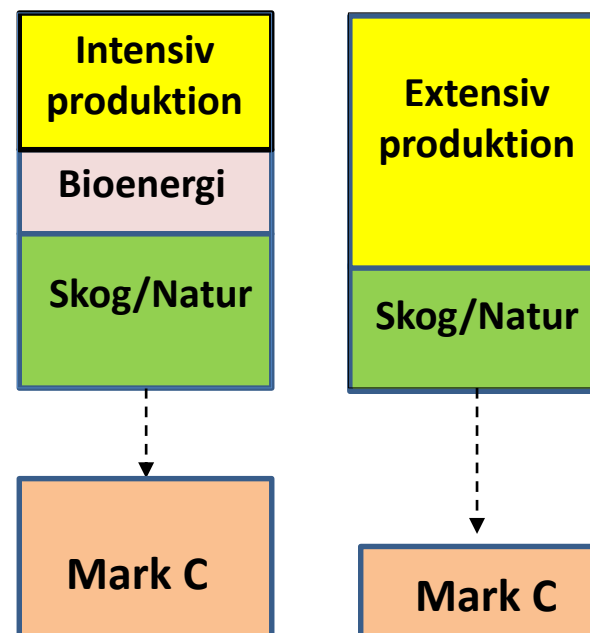


7 Mha/år nettoökning av åkerarealen globalt

Potapov et al 2022 Nature Food 3, 19–28

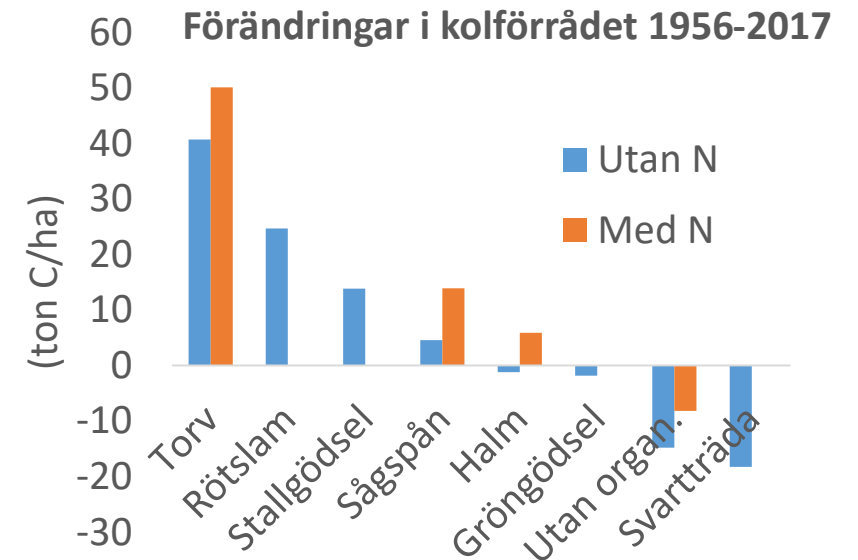
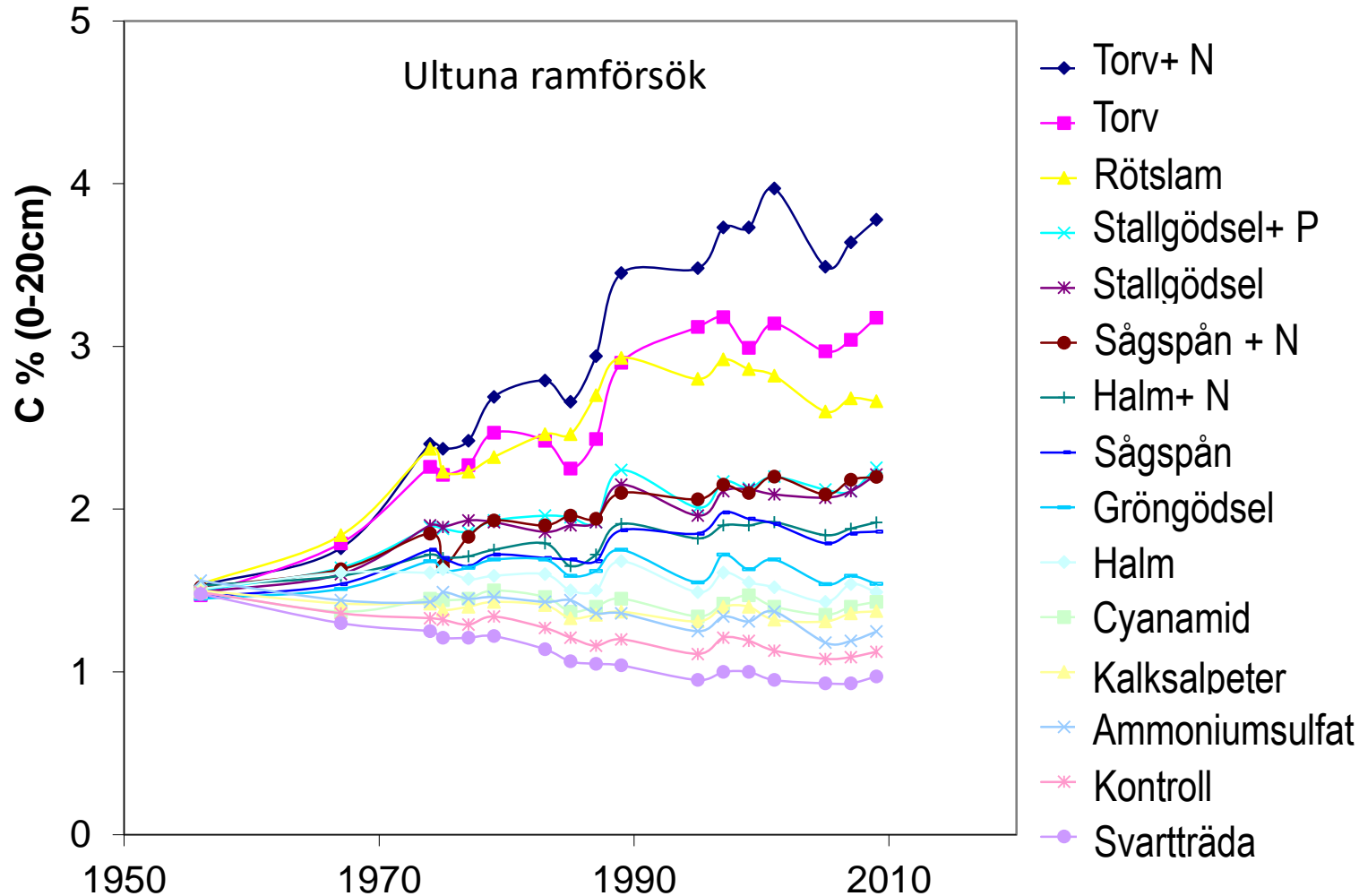
Dessutom ökad omvandling av skog och savann till betesmark

Arealbehov för att producera en viss mängd

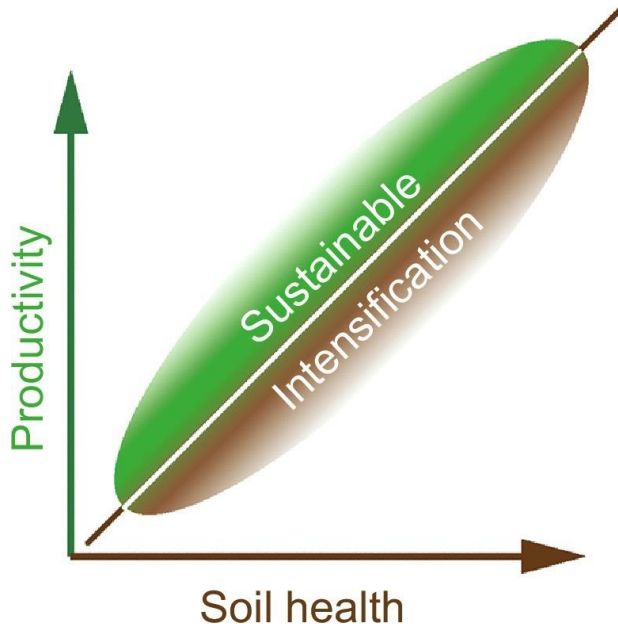


Långliggande försök är viktiga för att kvantifiera effekten av olika skötselåtgärder

Samma mängd kol (4 ton C/ha vartannat år) tillförs i Ramförsöket i olika former



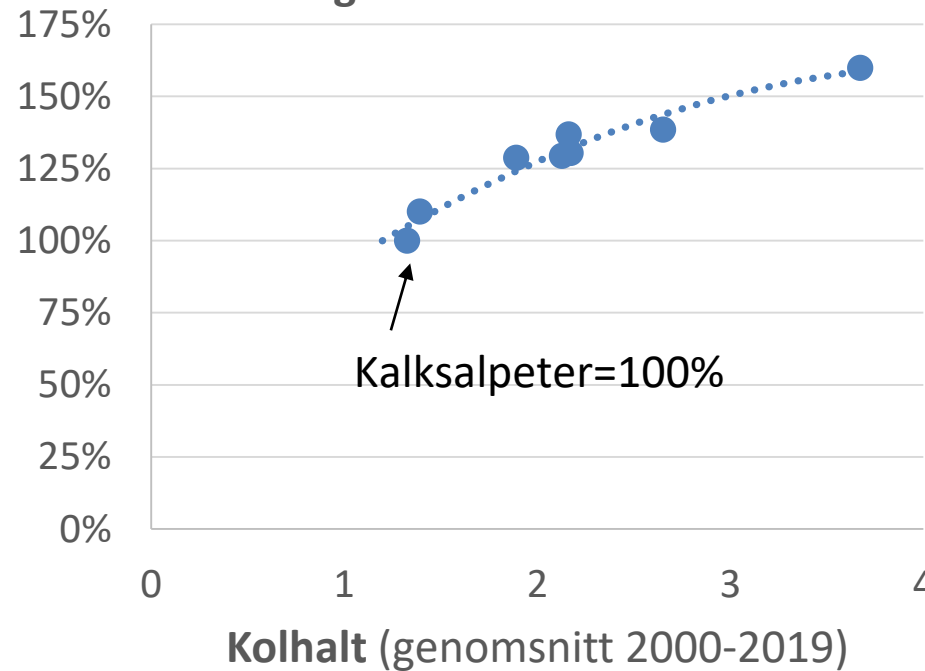
Bördigheten ökar med kolhalten i Ramförsöket på Ultuna



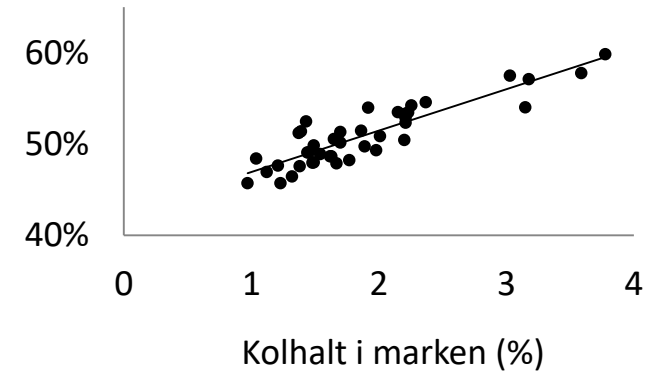
Hatfield et al 2017 Adv Agron 43

- 23% skördeökning om kolhalten ökar med 1 procentenhet
- Växttillgänglig vatten ökade med 11 mm när kolhalten ökade med 1 procentenhet

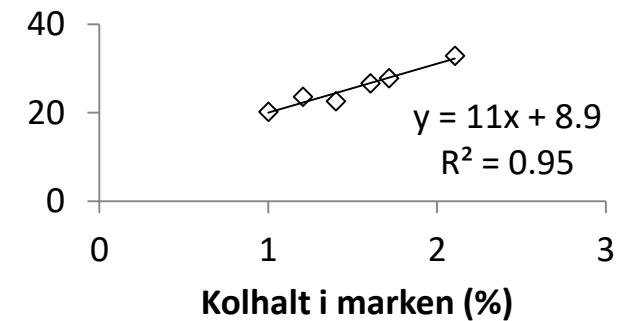
Majsskördar 2000-2019 i de N-gödslade leden



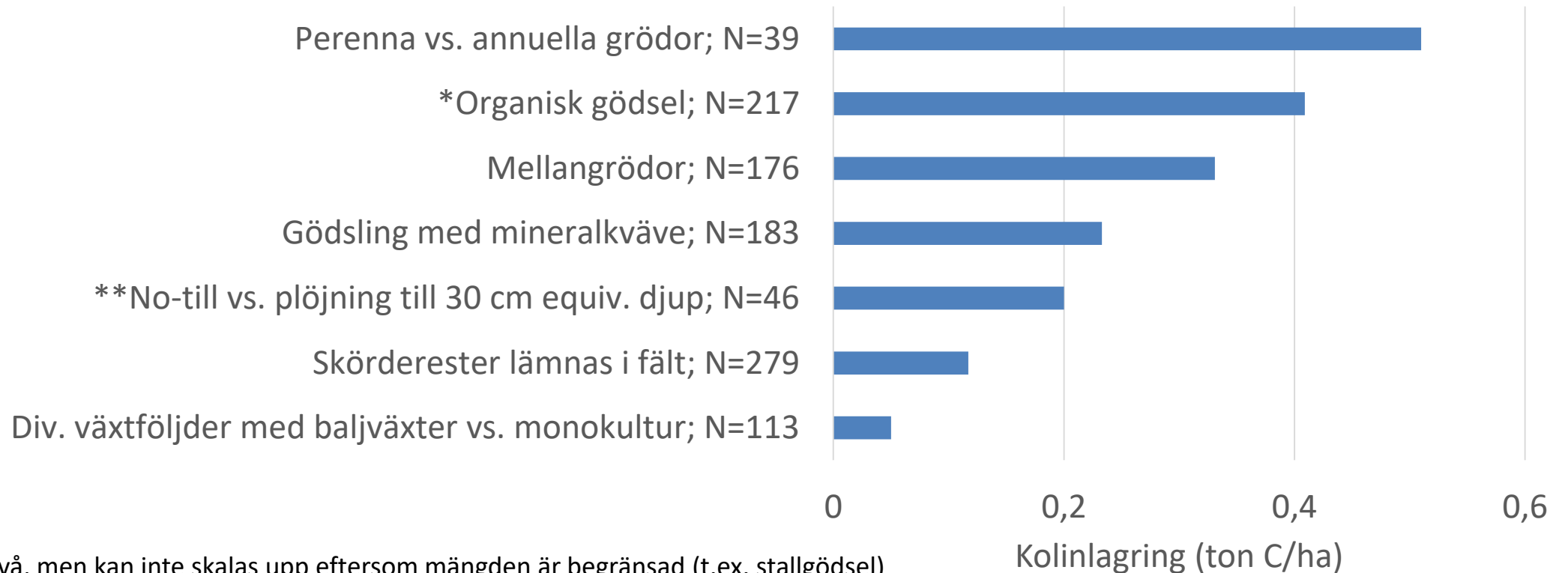
Markens porositet (0-20cm)



Växttillgänglig vatten (mm) i 0-20cm



Kolinlagring – medeltal – global litteraturgenomgång



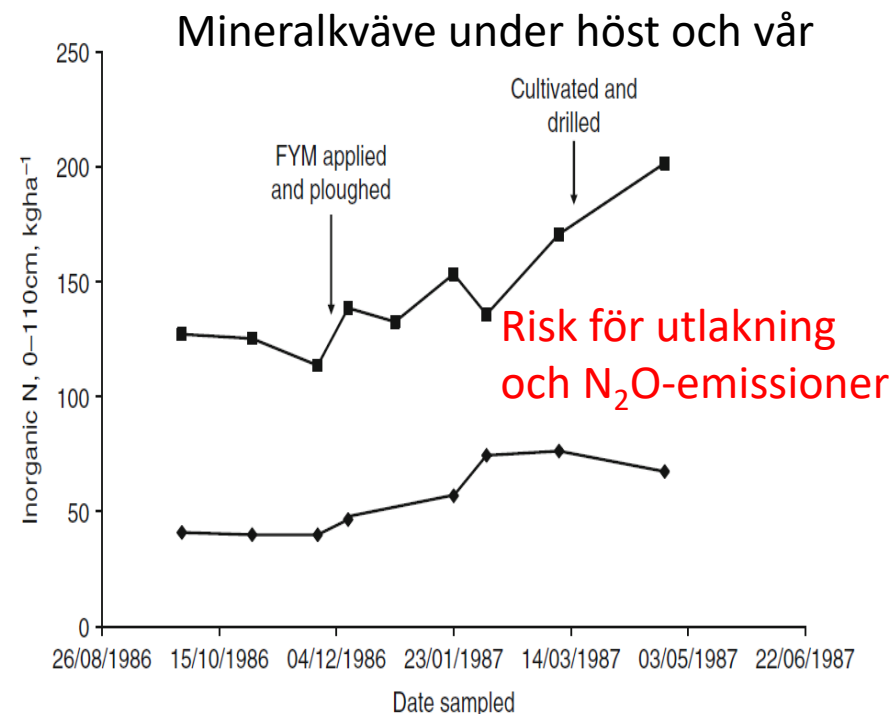
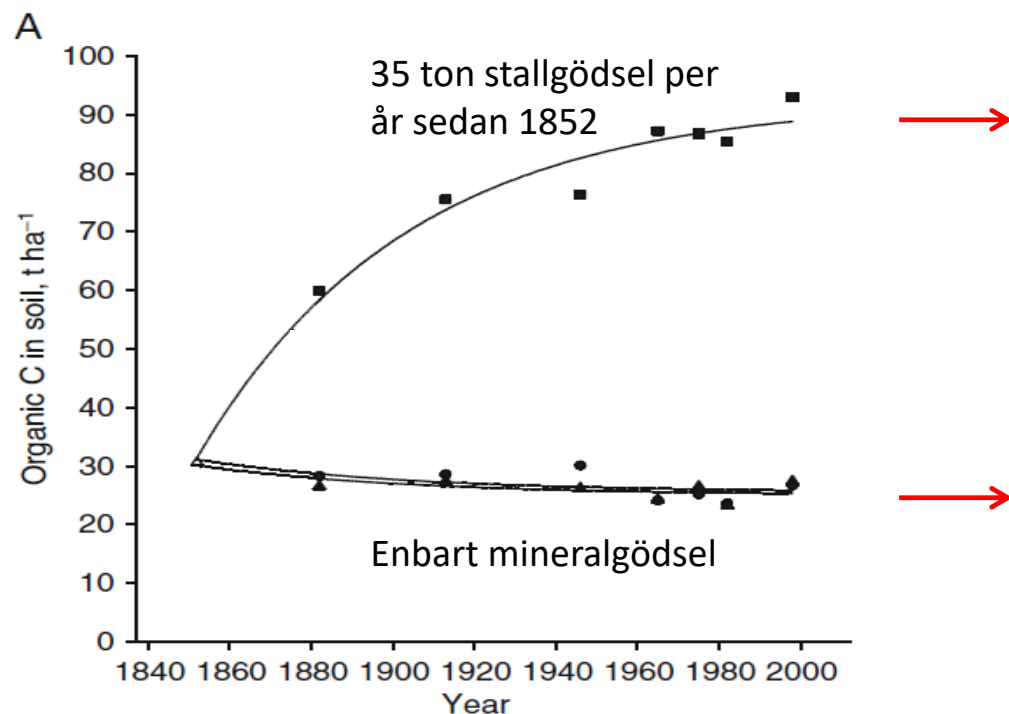
*gäller fältnivå, men kan inte skalas upp eftersom mängden är begränsad (t.ex. stallgödsel)

**Effekten är lägre (0,06 ton/ha) i studier med provtagning till 60 cm djup eftersom reducerad bearbetning verkar leda till lägre kolförråd i alven.

**Stor variation mellan enskilda studier –
forskning pågår för att förstå mekanismerna som påverkar stabiliseringen av kol i marken**

Kolinlagringen avtar med tiden och ökar risken för N förluster

Hoosfield Continuous Barley, Rothamsted



- Jämvikt nås efter mera än 150 år i vårt klimat
- Höga mullhalter ökar risken för kväveläckage och lustgasemissioner
- Risken kan hanteras med t.ex. fånggrödor

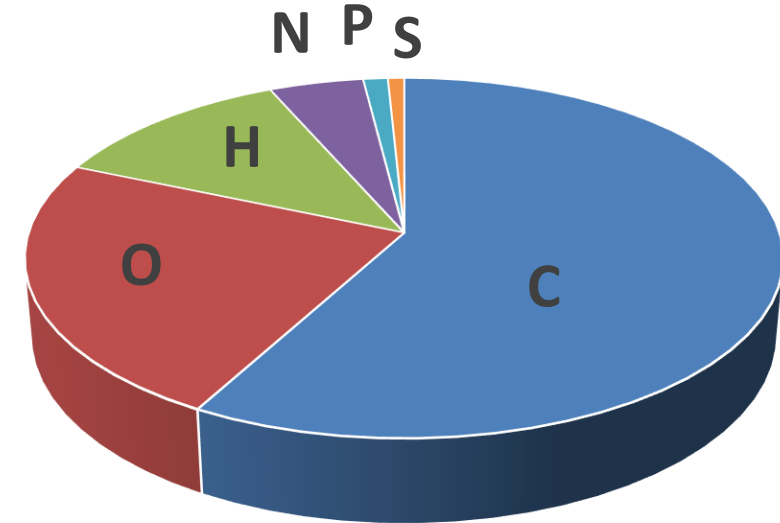
Kolinlagring kostar växtnäring

För att lagra in 1 ton kol i mull krävs det*

80 kg N

20 kg P

14 kg S



Knäckfrågan är:

hur stor andel av N, P och S kan bindas in via högre effektivitet (minskad utlakning, gasförluster av kväve) eller måste tillföras via mineralgödsel eller kvävefixering?

*Global genomsnitt

(Kirby et al. 2011 *Geoderma*, [163](#), 197-208)

Sammanfattning

- Kolinlagring pågår i svenska mineraljordar
- Mulljordar släpper ut CO₂ och lustgas
- Permanent grön mark – vallar, perenna grödor, mellangrödor
- Uthållig intensifiering för minskad avskogning
- Växtförädling – större rotbiomassa, fleråriga grödor
- Risken för ökande lustgasutsläpp och utlakning måste hanteras
- Forskning, teknikutveckling, rådgivning och utbildning behövs för att tillsammans med jordbrukare utveckla uthålliga och klimatsmarta system

Tack för uppmärksamheten!

Tack till mina kollegor

Tack till våra finansiärer, främst EU, Formas och SLF



SCIENCE AND
EDUCATION
FOR
SUSTAINABLE
LIFE

Kolkrediter

5 nyckelbegrepp

- **Verifiering** är svår och kostsam.
- **Permanens**: Det måste garanteras att kolet stannar i marken under längre tid. Vems ansvar?
- **Negativa bieffekter ska minimeras** (lustgasutsläpp, livsmedelsförsörjning, biologisk mångfald etc.)
- Kolkrediter måste vara **additionella**, ske utöver det som regleras via lagstiftning etc.
- Frånvaro av **läckage**: Åtgärden få inte leda till ökade utsläpp någon annanstans.

Många aktörer på marknaden

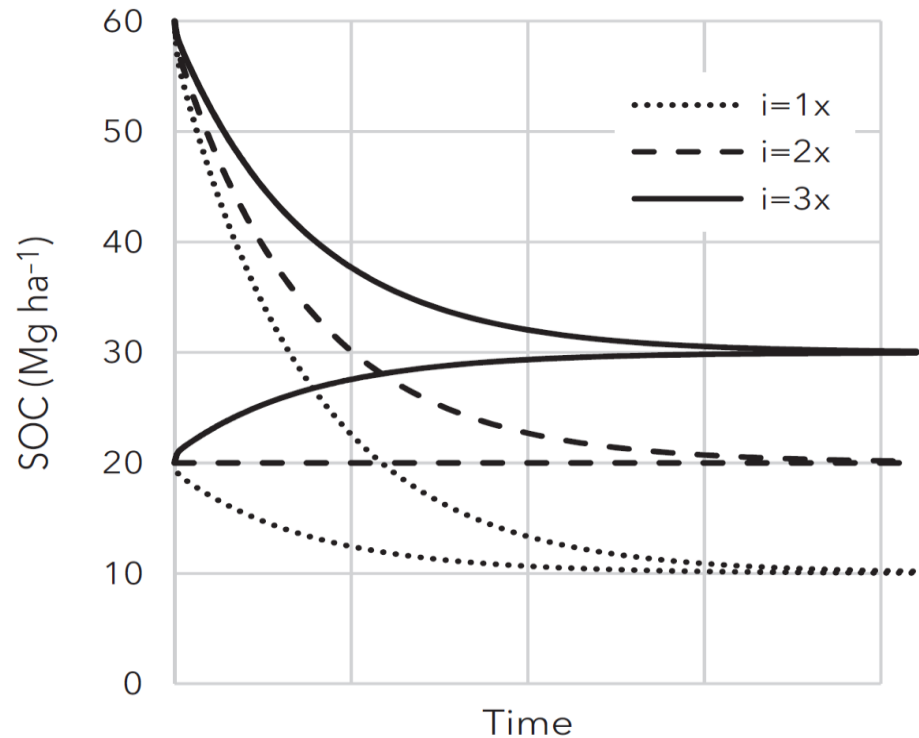


Join companies & farmers leading the way



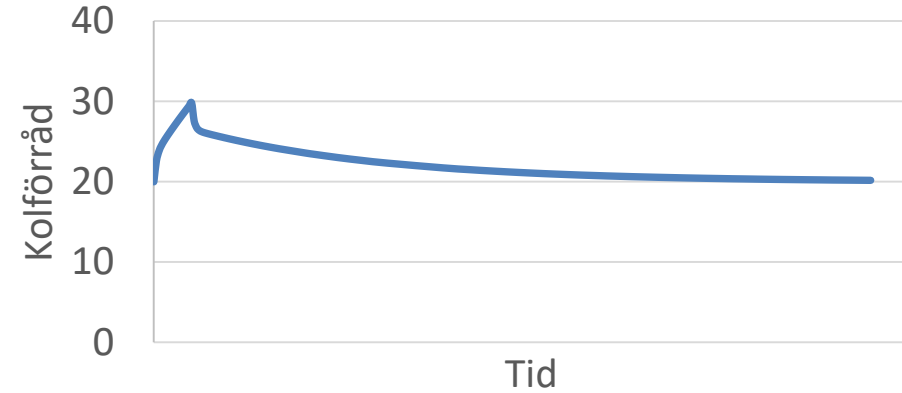
Historik och permanens

Fältets historik avgör om kolhalten går upp eller ner
 $i = \text{kolinput till marken}$



Ska man bara få betalt för fältet som har sämre utgångsläge (låg initial kolförråd)?

När man slutar med en viss åtgärd, så minskar kolförrådet till utgångsläget.



Kolförrådet måste fyllas på varje år för att upprätthålla en viss kolhalt i marken

