



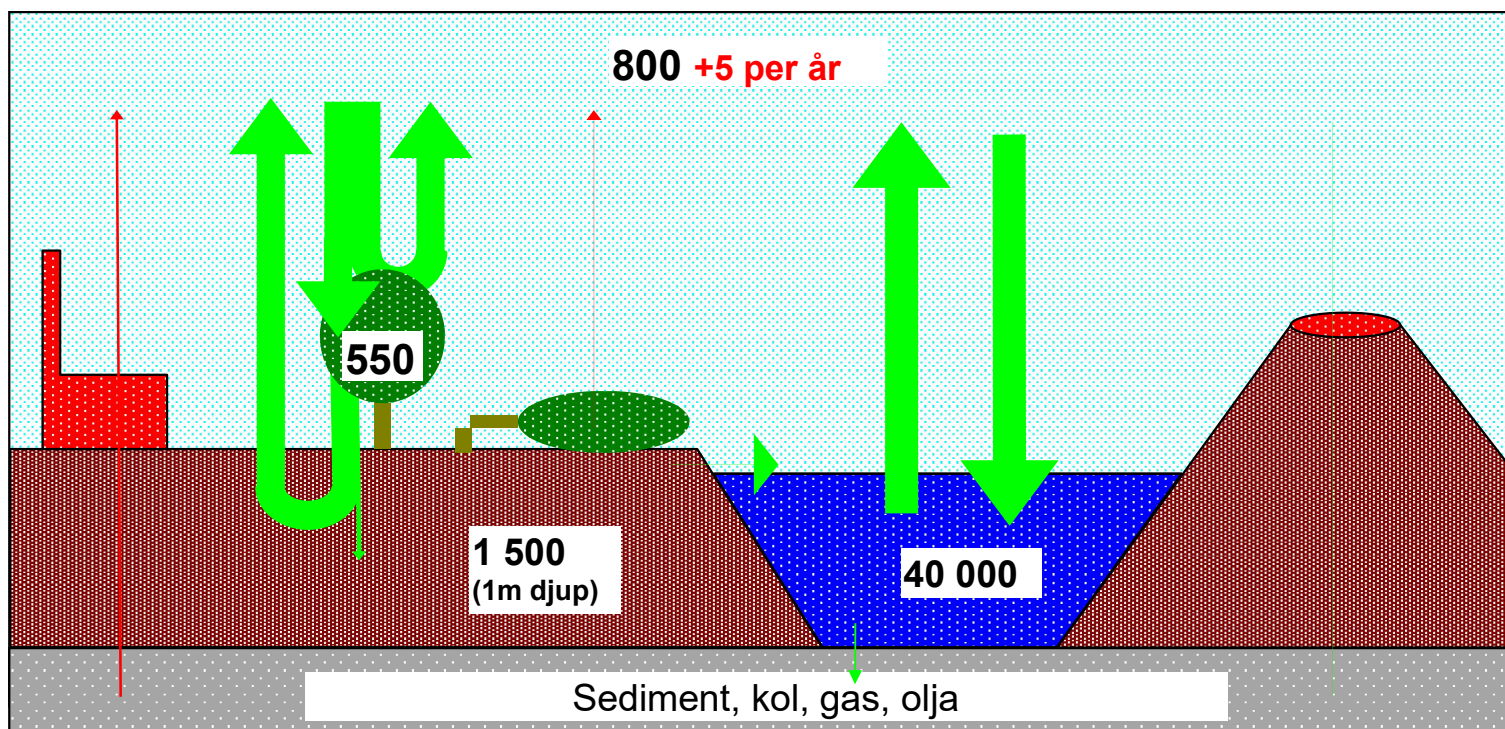
Kolinlagring för bördighet och klimatet

OiB Linköping 24 jan 2023

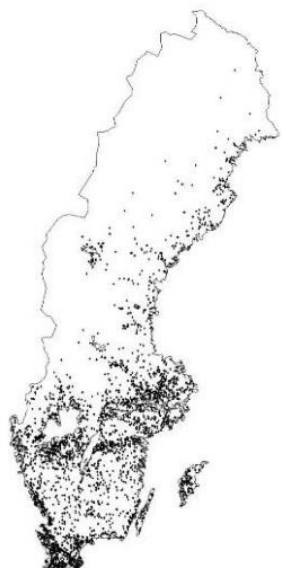
Thomas Kätterer, SLU



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



Ökande kolhalter i åkermark på mineraljord



Markinventering:

I (1988-97),

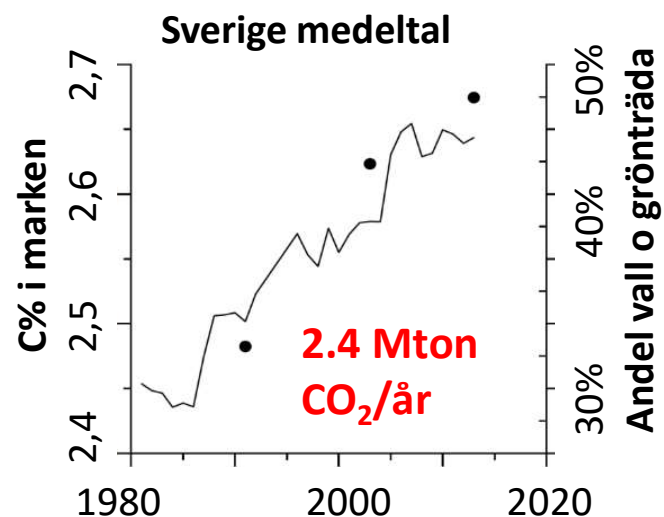
II (2001-07),

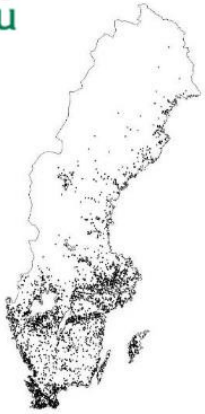
III (2010-17)

Förklaringar

Mera vall

Mera höstsäd, mindre vårsäd

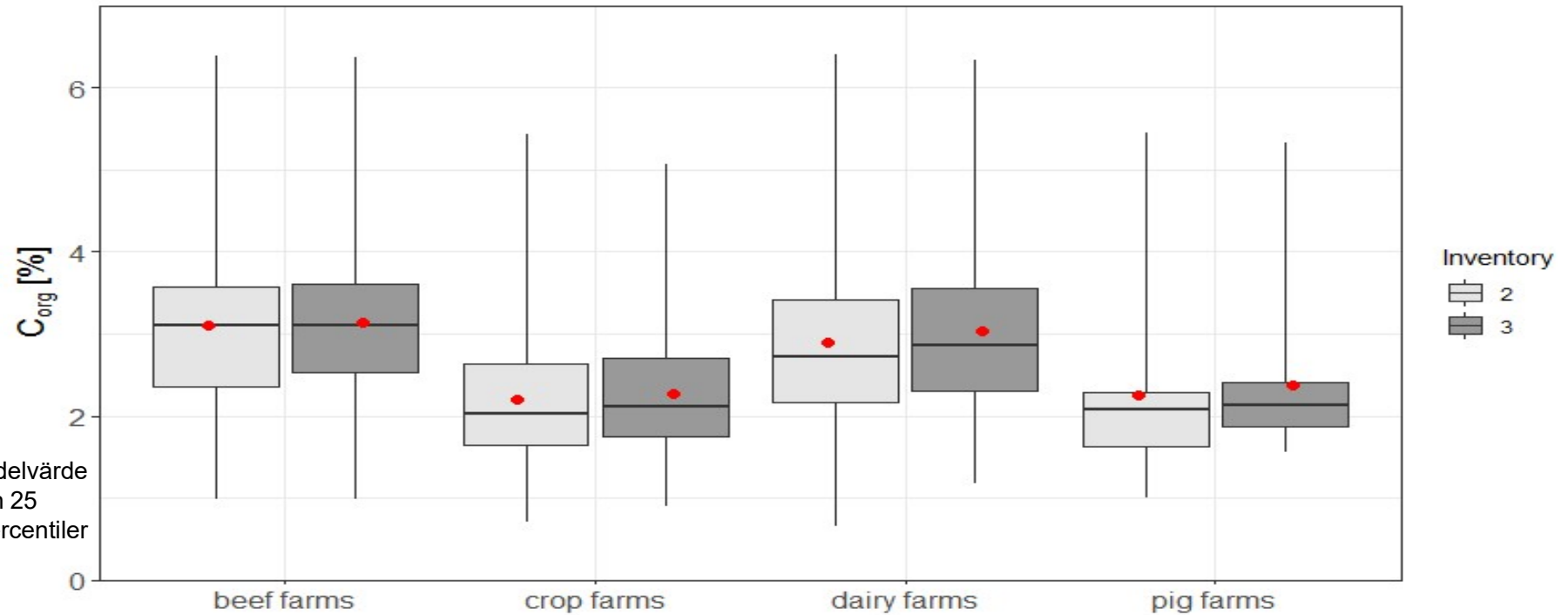




Påverkan av driftsinriktning på kolhalten under senaste 10-års-period (dvs. period 2001-2007 jämfört med 2011-2017)

86 nötköttsgårdar, 318 växtodlingsgårdar, 159 mjölkgårdar, 13 svingårdar

Henryson et al. 2022 Carbon Management



Röda punkter: Medelvärde
Boxar: Median och 25
respektive 75% percentiler

Förändring i

kolförråd (ton/ha/år):

0,15

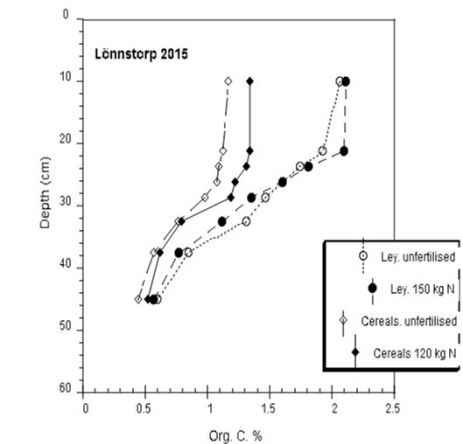
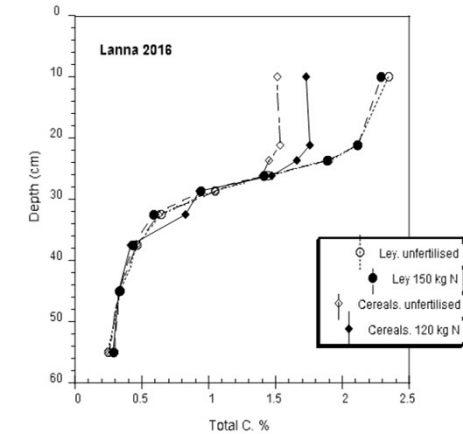
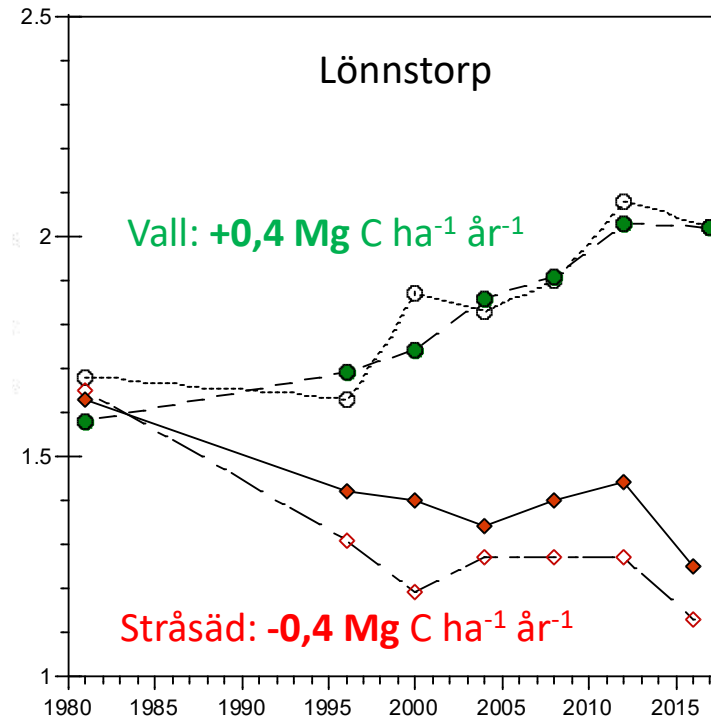
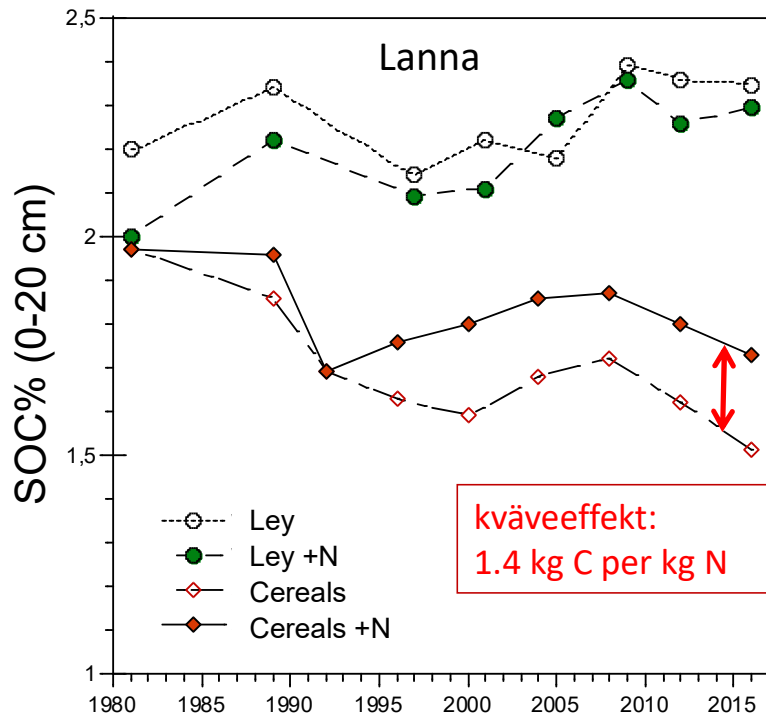
0,21

0,40

ej sign.

Växtföljd med 3-års vallar jämfört med kontinuerlig stråsäd, 35 år

Ökande kolhalter i vallar, sjunkande i kontinuerlig stråsäd
Positiva effekter av N-gödsling, främst för stråsäd



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

Varför ökar kolinlagringen i vallar?

Kernza (vetegräs)

vete



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

Majs

Välldränerad

Vattensjuk



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

Rich & Watt 2013 J Exp Bot 64

Mellangrödor, agroforestry, energiskog och permanent bevuxna åkerkanter fångar kol och minskar erosionen och förluster av N och P

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

Jian et al. 2020 SBB 143,107735

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

Poeplau et al., Geoderma Regional 2015

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

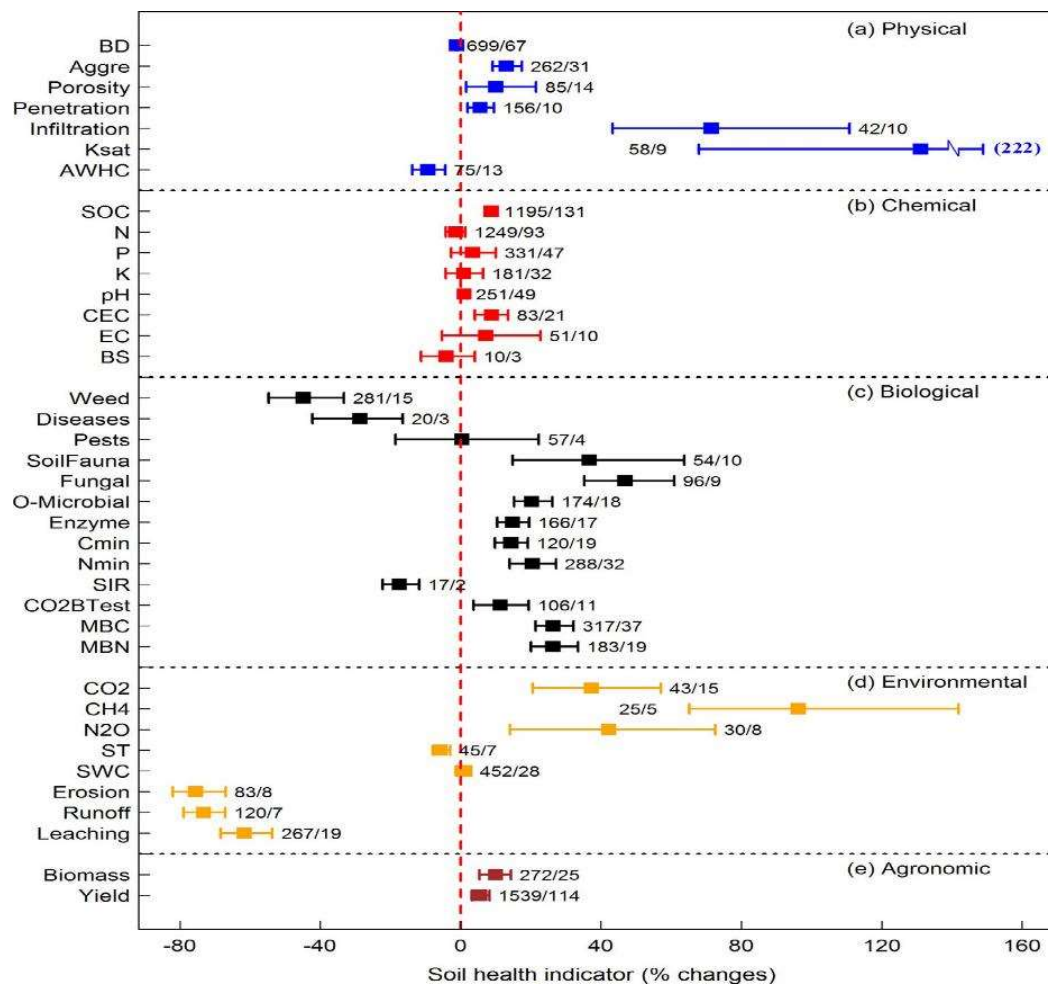
Lugato et al 2020 Environ. Res. Lett. 15 094075

Sieber, PhD-thesis at SLU 2021:87



Mellangrödor påverkar markegenskaper och produktiviteten

281 studier (främst från Nordamerika)



- Bättre markstruktur och infiltration

- Kolinlagring

- Mindre ogräs
- Mindre sjukdomar
- Fler markdjur, svampar, bakterier och biologisk aktivitet

- Högre lustgas- och metanutsläpp
- Mindre erosion
- Mindre ytavrinning
- Mindre läckage
- Högre skörd i huvudgrödan



Undvik barmark!



Vid Vättern



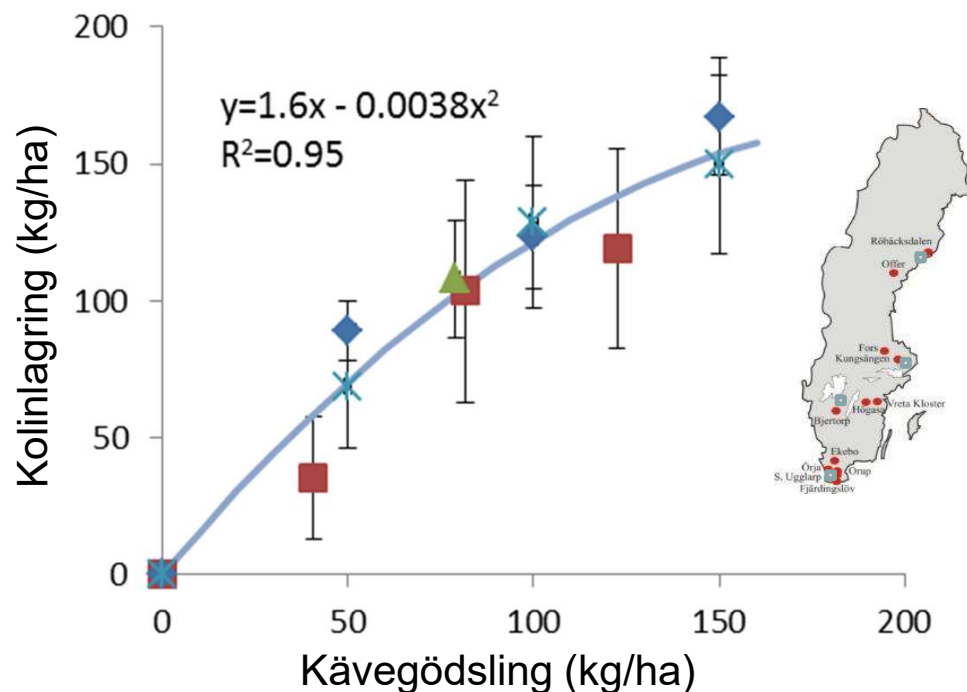
Uppland



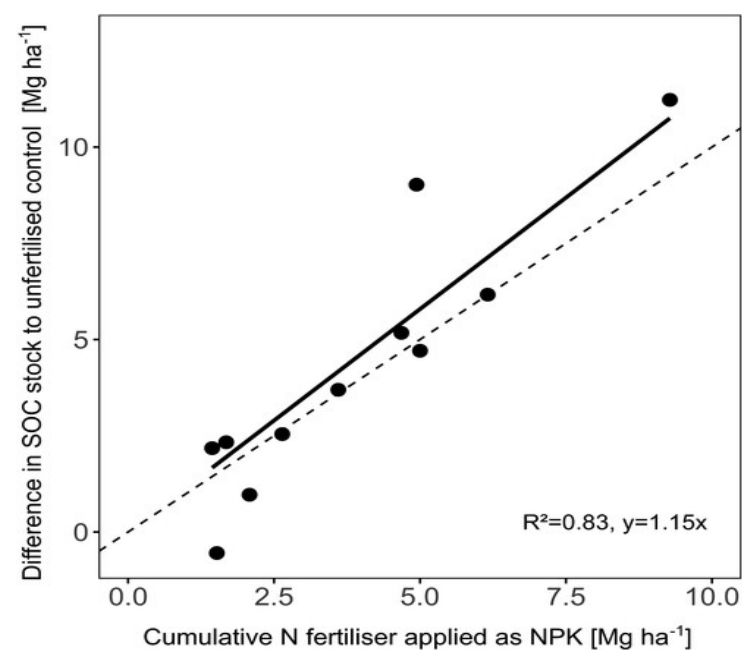
Skåne

Kolinlagring gynnas av hög produktion

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

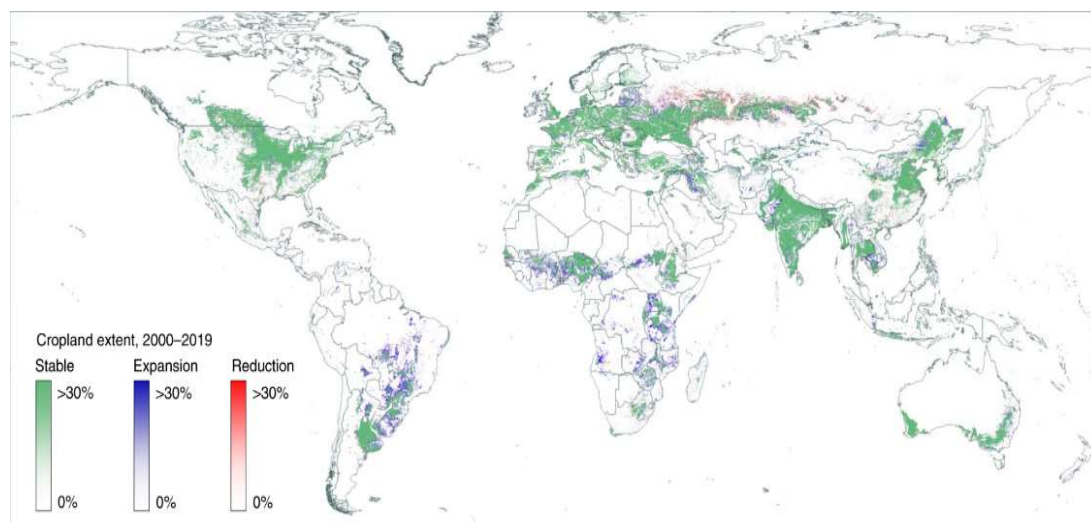


Europeiska gäsmarker
Poeplau 2021 Grass and Forage Science 76, 186-195



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

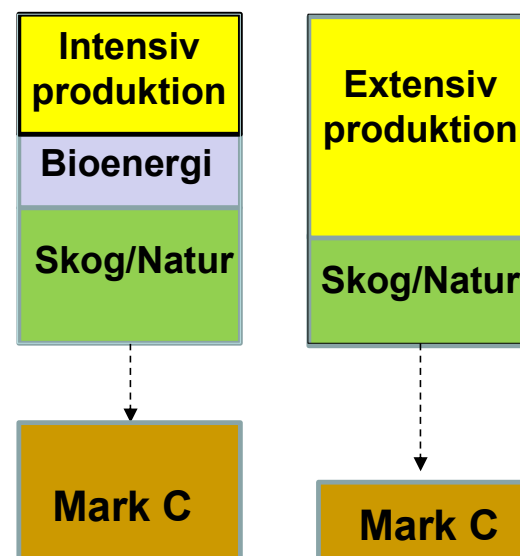
Extensiv produktion leder till låga kolförråd lokalt och ökat arealbehovet som och driver på avskogningen – s.k. ”läckage”



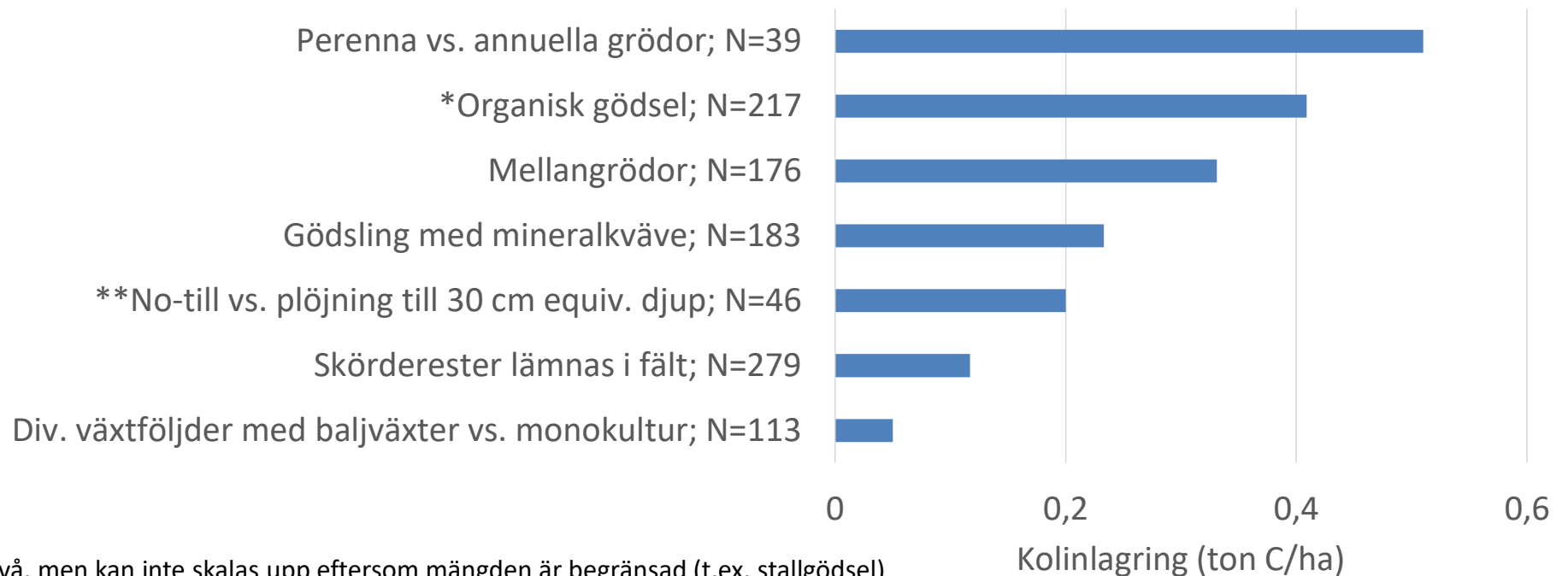
7 Mha/år nettoökning över åkerarealen globalt 2003-19
Potapov et al 2022 Nature Food 3, 19–28

OBS betesarealen har också ökat kraftigt!

Arealbehov för att producera en viss mängd



Kolinlagring – medeltal – global litteraturgenomgång



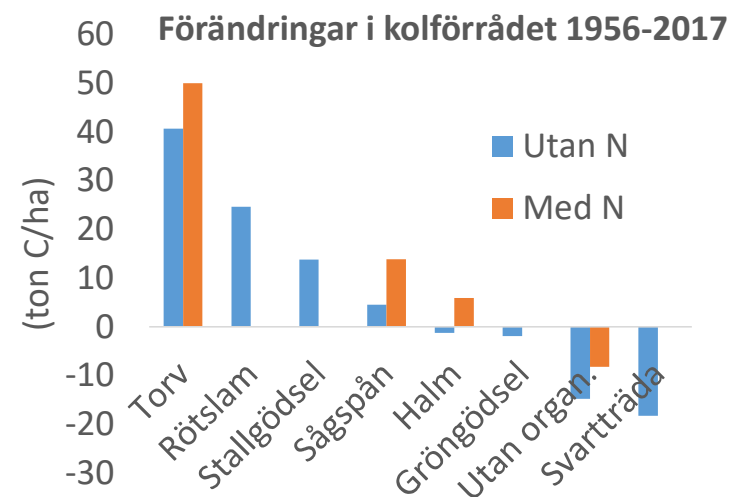
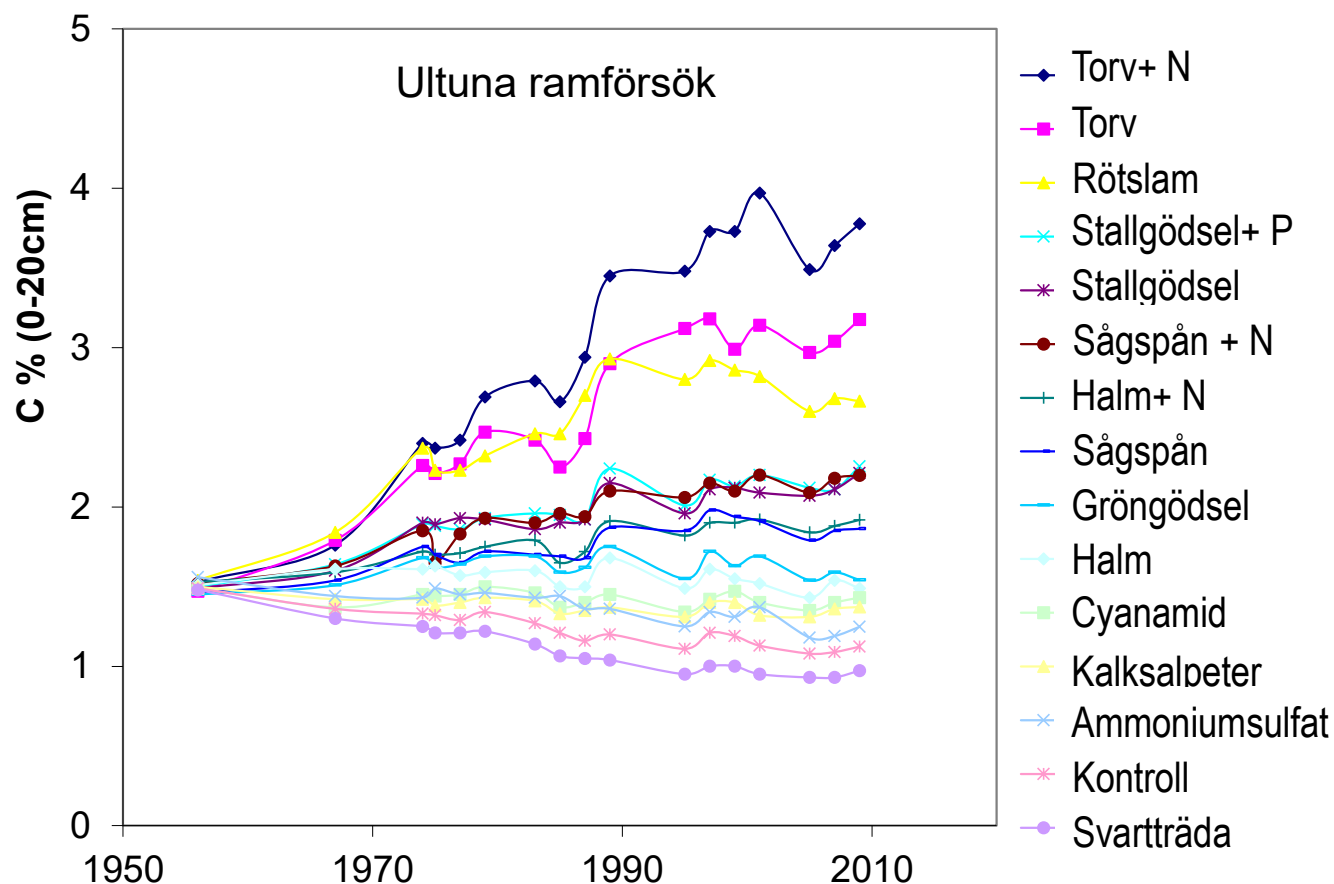
*gäller fältnivå, men kan inte skalas upp eftersom mängden är begränsad (t.ex. stallgödsel)

**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.

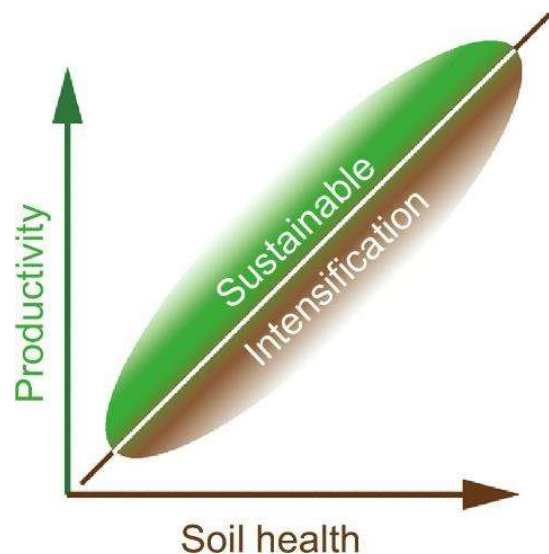
**Stor variation mellan enskilda studier –
forskning pågår för att förstå mekanismerna som påverkar stabiliseringen av kol i marken**

Långliggande försök är viktiga för att kvantifiera effekten av olika skötselåtgärder

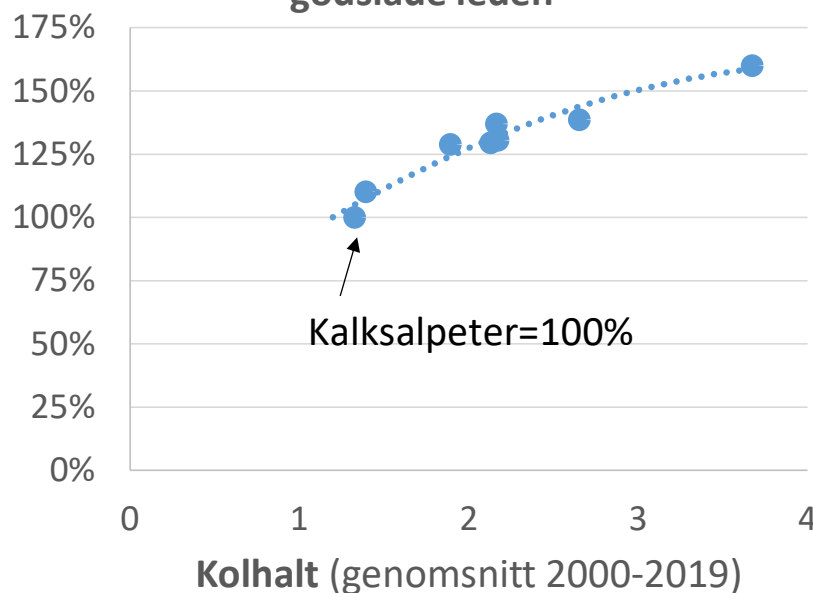
Samma mängd kol (4 ton C/ha vartannat år) tillförs i Ramförsöket i olika former



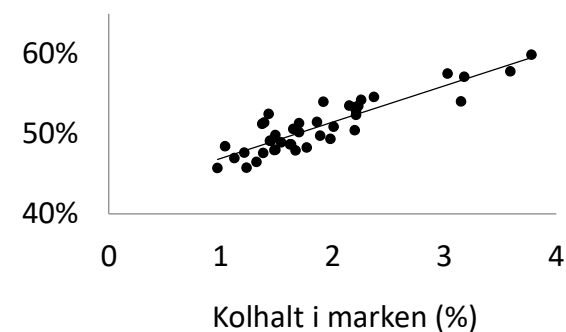
Bördigheten ökar med kolhalten i Ramförsöket på Ultuna



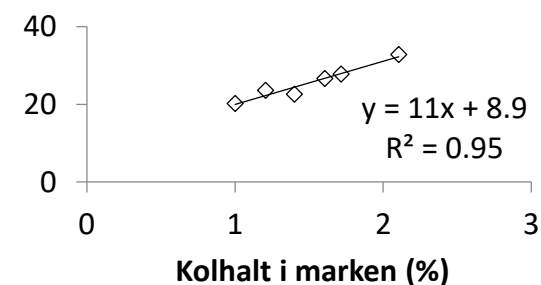
Majsskördar 2000-2019 i de N-gödslade leden



Markens porositet (0-20cm)

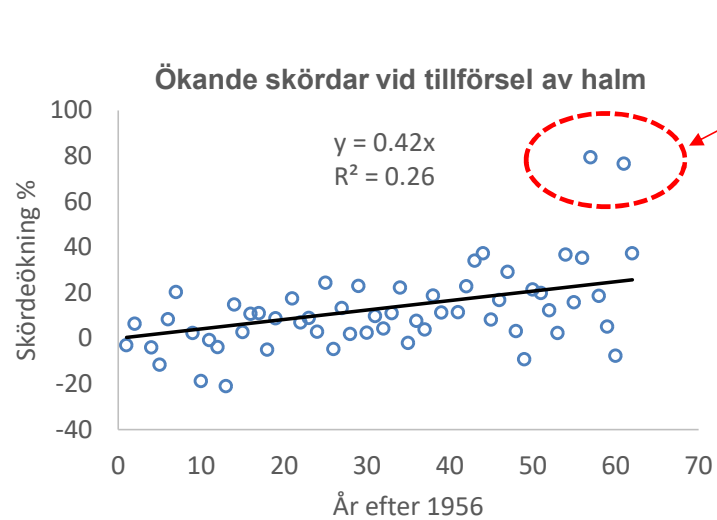
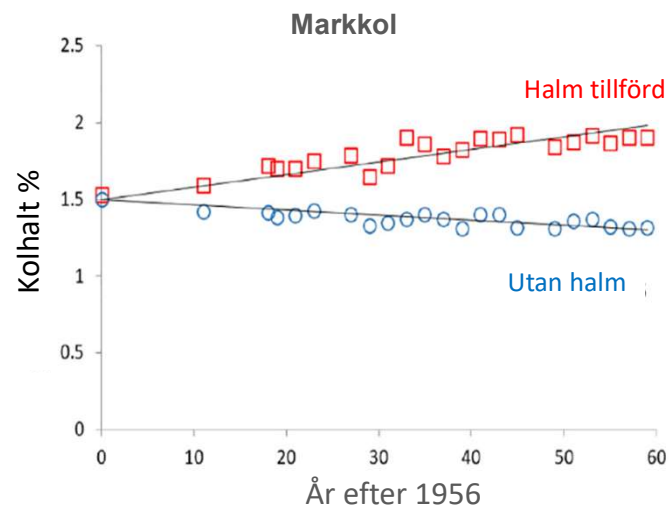


Växttillgänglig vatten (mm) i 0-20cm

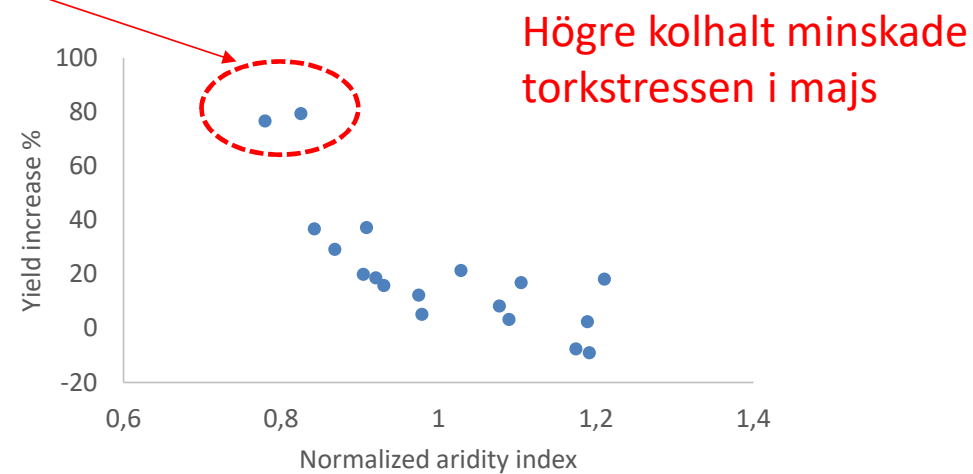


- 23% skördeökning om kolhalten ökar med 1 procentenhet
- Växttillgänglig vatten ökade med 11 mm när kolhalten ökade med 1 procentenhet

Högre kolhalt – högre skörd i Ultuna ramförsök



2013 och 2017



Kolkrediter

5 nyckelbegrepp

- **Verifierbarhet:** Mängden kol som fångats in från atmosfären måste kunna verifieras.
- **Permanens:** Det måste garanteras att kolet stannar i marken under längre tid. Vems ansvar?
- **Additionalitet:** Man måste kunna visa att inlagringen inte skulle ha skett utan kolkrediter
- **Läckage** måste undvikas: Åtgärden få inte leda till ökade utsläpp någon annanstans.
- **Negativa bieffekter** måste minimeras (lustgasutsläpp, energianvändning, biologisk mångfald etc.)



Verifiering av kolinlagring på fält- eller gårdsnivå är en utmaning

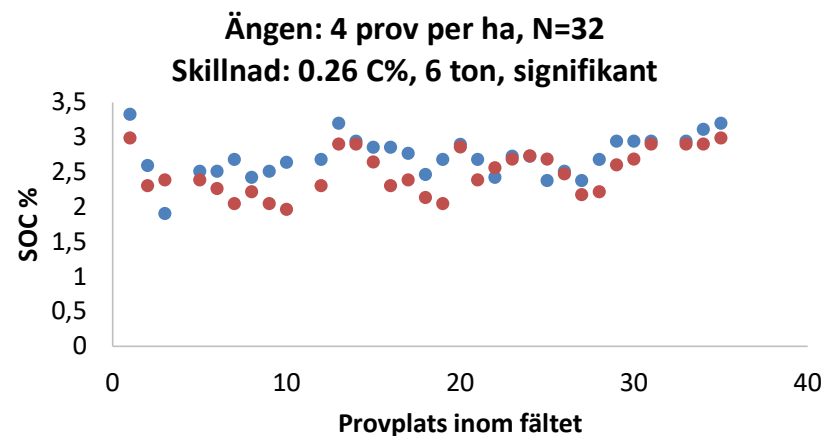
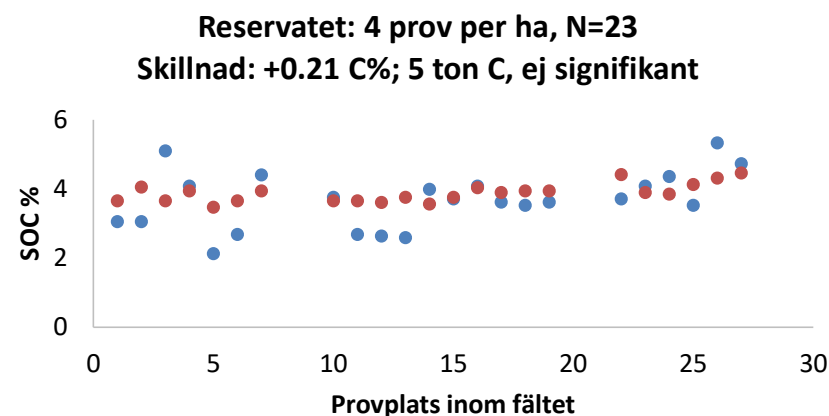
2 fält på Uppsalaslätten (Kungsängen), provtagning i 50 m rutnät med 30 års mellanrum (ca 4 provpunkter per hektar)



Med 1 prov/ha kan man inte verifiera förändringar mindre än 0,3 procentenheter C, motsvarande 10 ton C/ha.

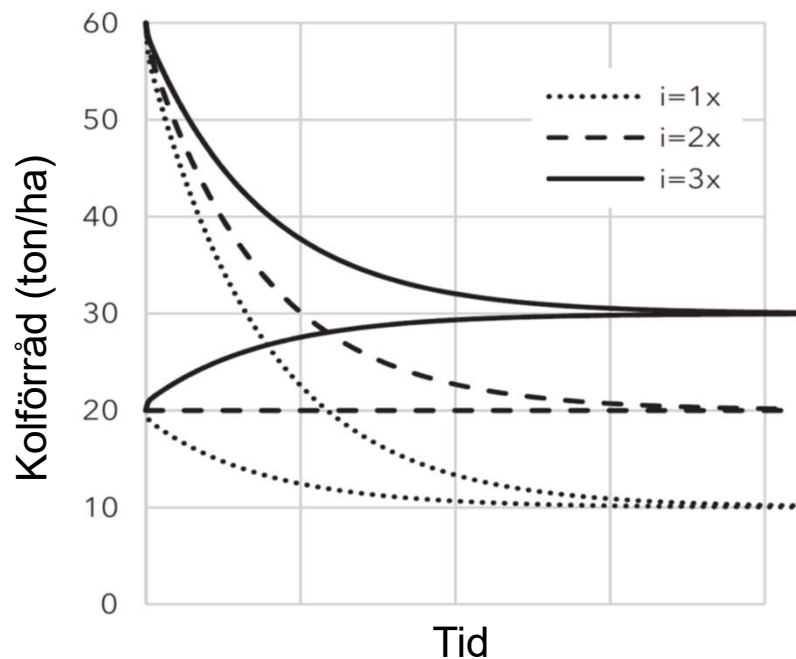
Tillkommer osäkerheten betr. förändringar i volymvikter och kol i alven.

Om man skattar markkol från drönare eller satelliter ökar osäkerheten betydligt



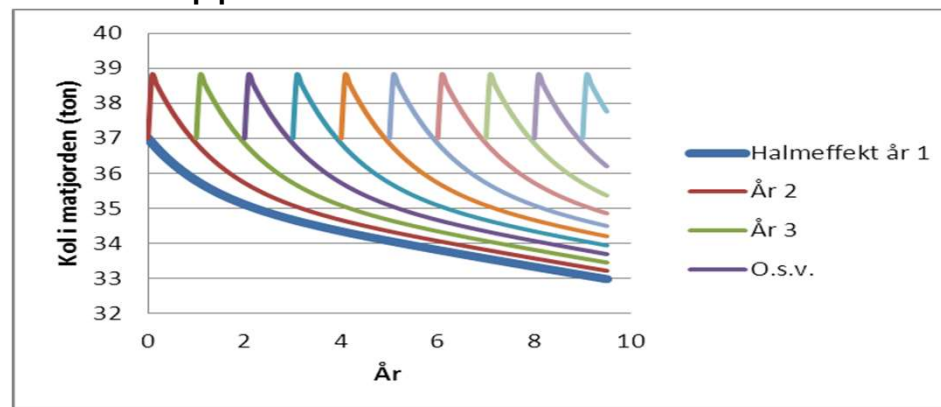
Historik och permanens

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

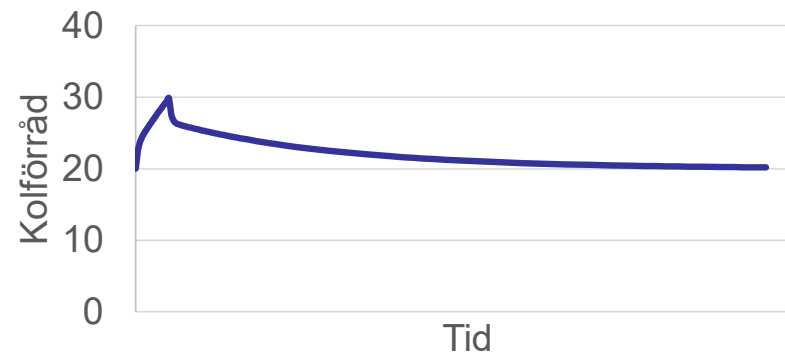


Ska man bara få betalt för fältet som har lågt initialt kolförråd?

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

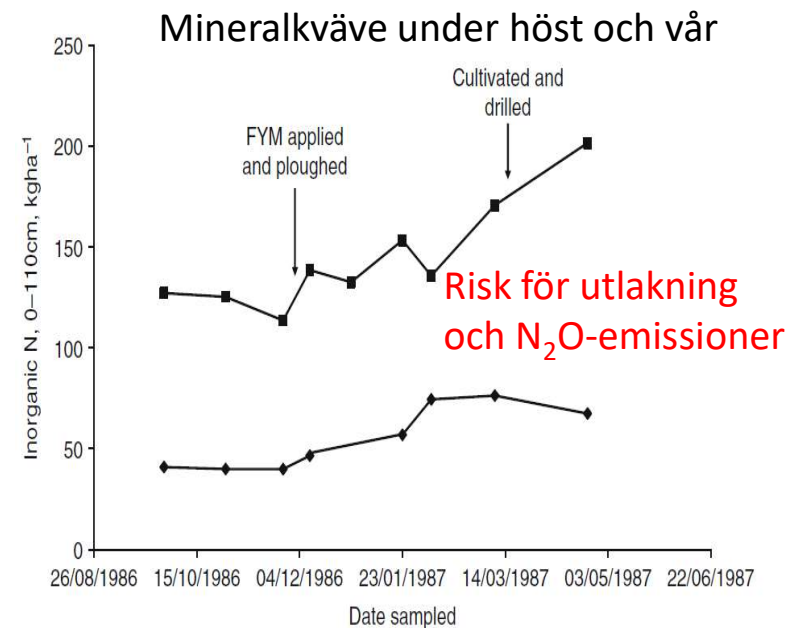
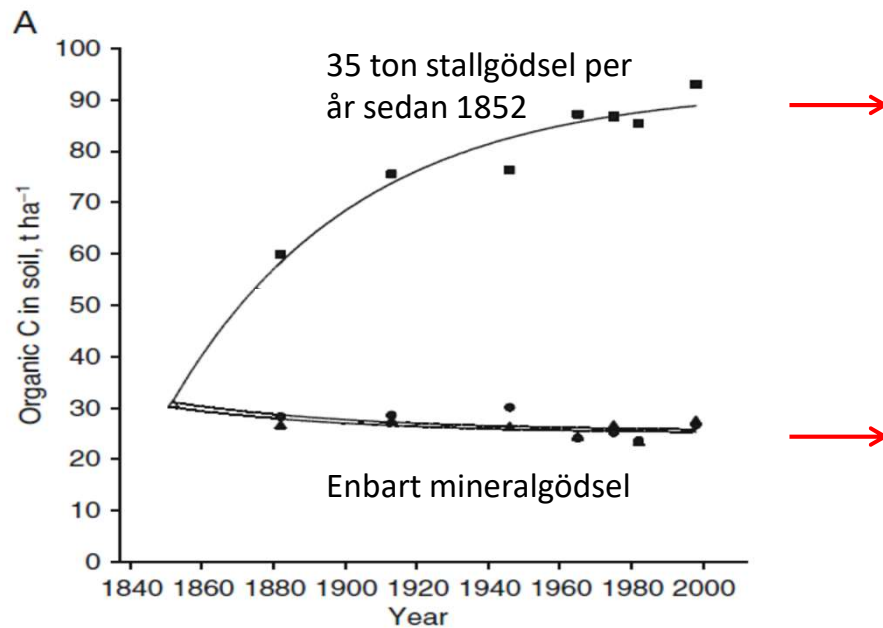


När man slutar med en viss kolhöjande åtgärd,
så minskar kolförrådet till utgångsläget.



Kolinlagringen avtar med tiden och ökar risken för N förluster

Hoosfield Continuous Barley, Rothamsted

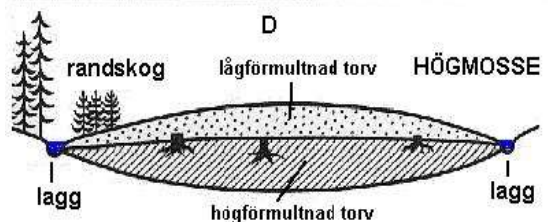
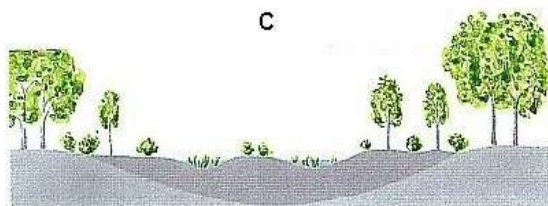
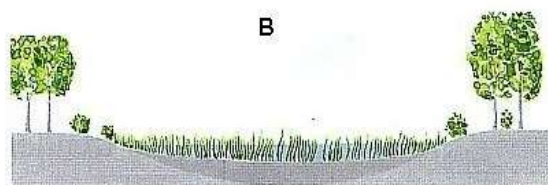
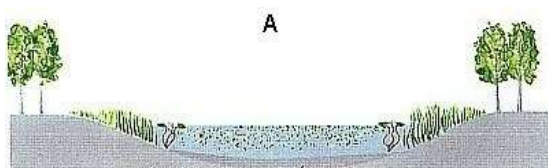


- Jämvikt nås efter mera än 150 år i vårt klimat
- Höga mullhalter ökar risken för kväveläckage och lustgasemissioner
- Risken kan hanteras med t.ex. fånggrödor

Johnston m.fl., 2009; Powlson et al, 1989

Mulljordar - stor källa för växthusgaser (3,4 Mton CO₂ och 1 Mton N₂O, stor osäkerhet)

Ca. 7% av jordbruksmarken



Möjliga åtgärder:

- Högre grundvattenstånd/Paludikultur
- Våtmarker/dammar på lågproduktiva marker
- Hög produktion på bördiga marker

Paludikultur: (Latin "palus" för "kärr")
Odling av vitmossa/vass/rörflen etc.



Subsicens, bortodling,
Bälinge: >2 m under
100 år

Utsläpp av växthusgaser (CO_2 , CH_4 och N_2O) från mulljordar i Tyskland

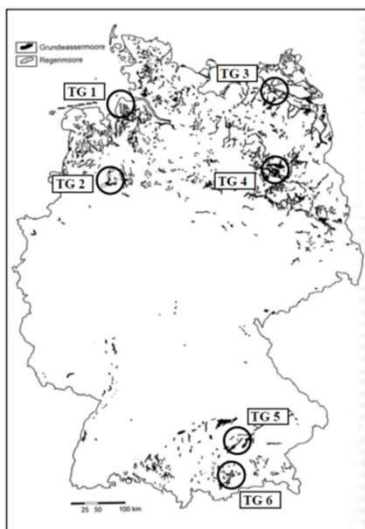
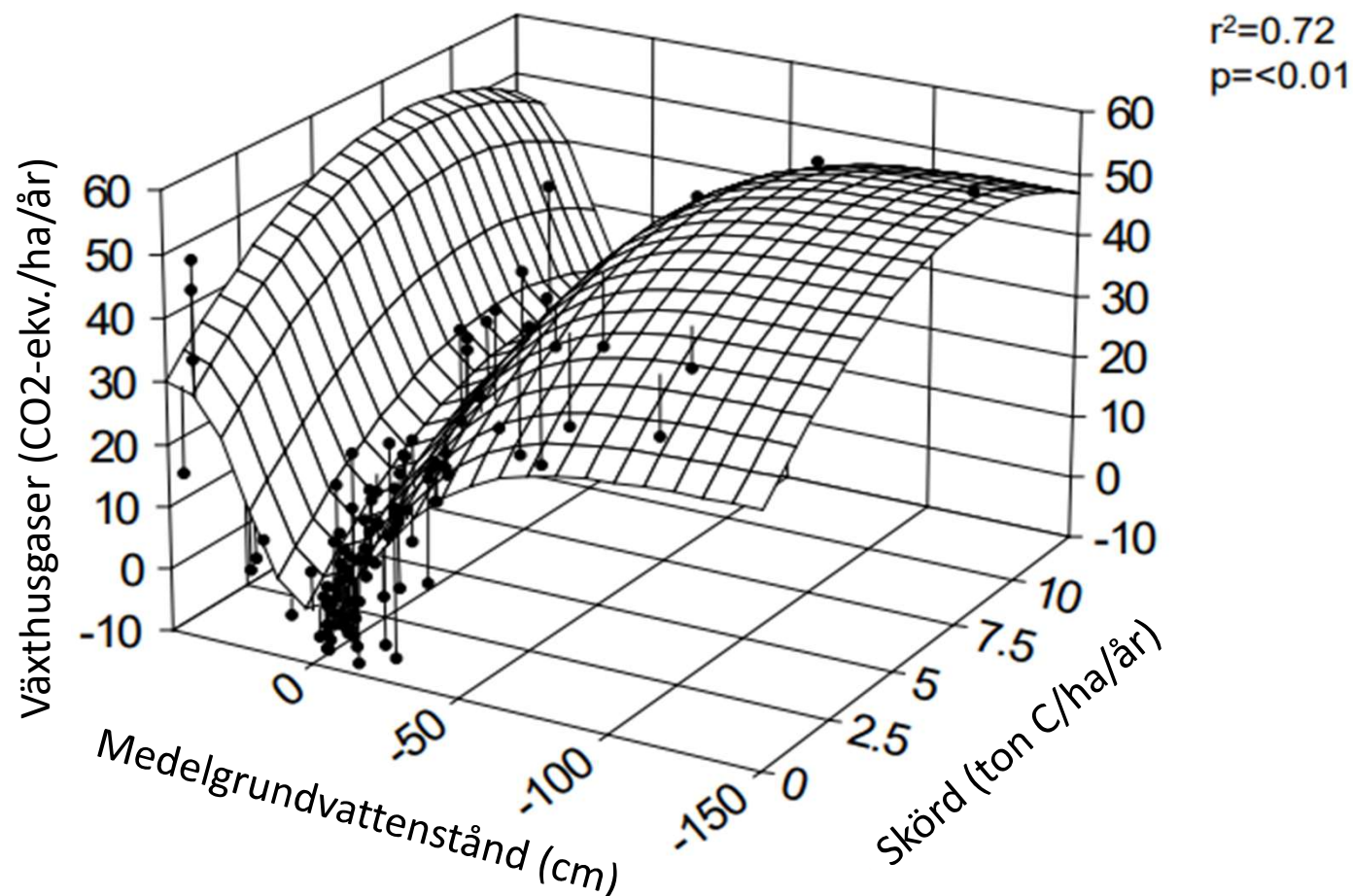


Abb. 2: Lage der Testgebiete (Moorkarte aus Schopp-Guth, 1999)

**Årliga emissioner
från jordbruksmark:
Ca 35 ton CO_2 -ekv.**



Sammanfattning

- Kolinlagring pågår i svenska mineraljordar
- Mulljordar släpper ut CO₂ och lustgas
- Permanent grön mark för bättre bördighet och klimatet
- Uthållig intensifiering för minskad avskogning på global nivå
- Risken för ökade lustgasutsläpp och utlakning måste hanteras
- Verifiering av kolinlagring på fält/gårds-nivå <10 ton är i praktiken inte möjlig – men det går att verifiera på nationell nivå.

Tack för din uppmärksamhet!

Tack till alla kollegor som har bidragit

Tack till våra finansiärer, främst EU, Formas och SLF



SCIENCE AND
EDUCATION
**FOR
SUSTAINABLE
LIFE**