

Odlingssystemets effekt på mullförråd och kolinlagring i jordbruksmark

Thomas Kätterer

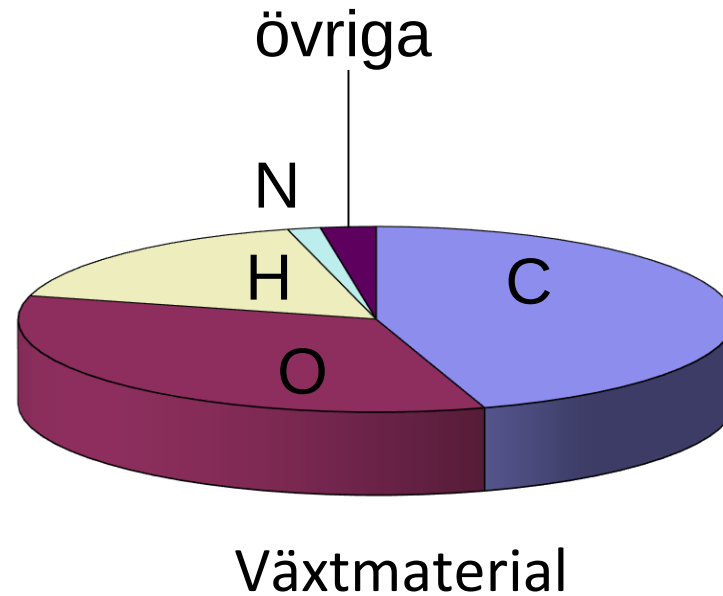
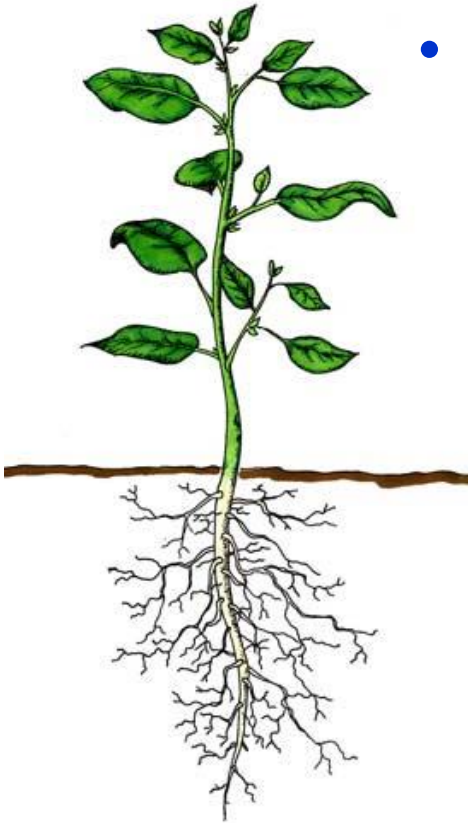
Sveriges Lantbruksuniversitet

Disposition

- Markens roll i den globala kolcykeln
- Kolbalanser i svensk jordbruksmark
- Resultat från långliggande försök
- Hur vi kan påverka kolinlagringen

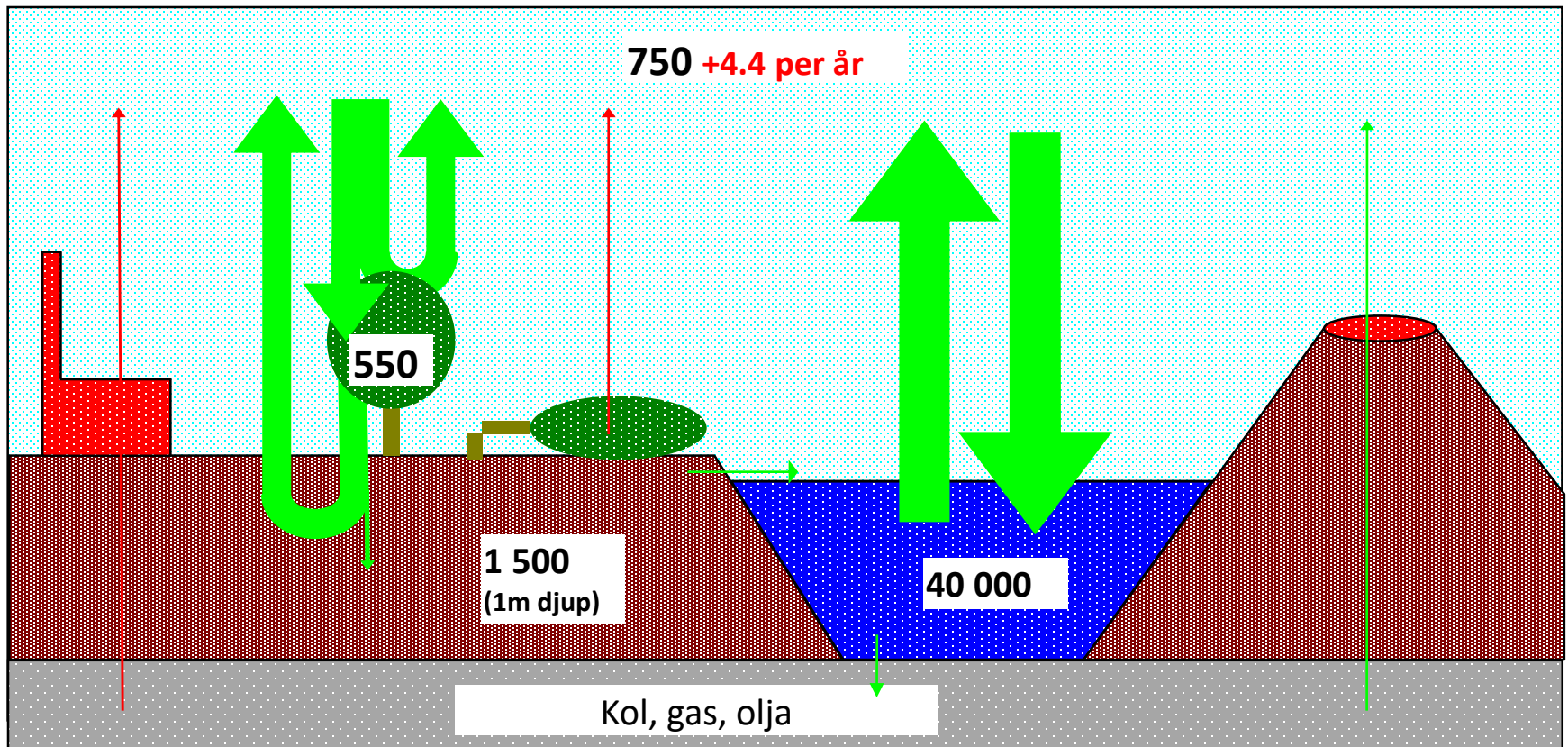
Att höja kolhalten i marken är en kostnadseffektiv klimatåtgärd

- ökar bördigheten (produktionen)
- fastlägger kol i marken som växterna fixerar



- Mull innehåller ca. 58% kol (42% i växter)
- Matjorden innehåller 5-10 kg C per m² (0-25 cm)
- 1 kg C motsvarar 3,67 kg CO₂ (molvikt CO₂ vs. C; 44/12)

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



Kätterer, 1998

Antropogenic CO₂ emissions and sinks

4.8 Pg/yr; 12%



+

34.4 Pg/yr; 88%



17.2 Pg/yr

46%



11.0 Pg/yr

30%



8.8 Pg/yr

24%



Budget Imbalance: 6%

(the difference between estimated sources & sinks)

Svenska skogar är en kolsänka

Årlig tillväxt:	110 Mm ³	42 Mton C
Årlig avverkning:	90 Mm ³	35 Mton C
Ökad skogsvolym:	20 Mm ³	7 Mton C
Inlagring i skogsmark:		3 Mton C
Total fastläggning skog:		10 Mton C

Som motsvarar cirka 37 Mton CO₂-ekv.

(varierade mellan 31 - 45 Mton under de senaste 20 åren)

Kol i svensk jordbruksmark

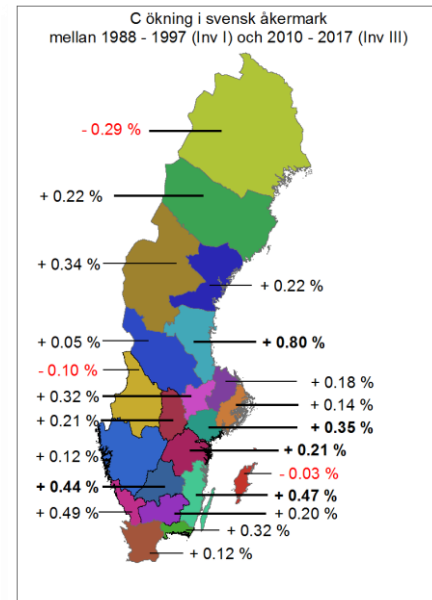
Poeplau et al. 2015 Biogeosciences 12: 3241–3251

Markinventering:

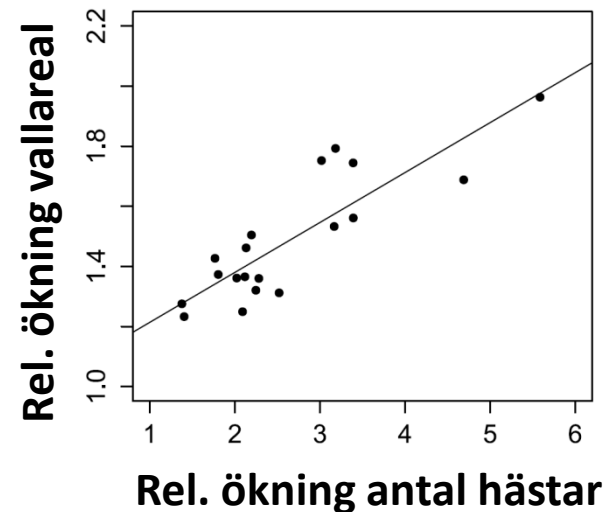
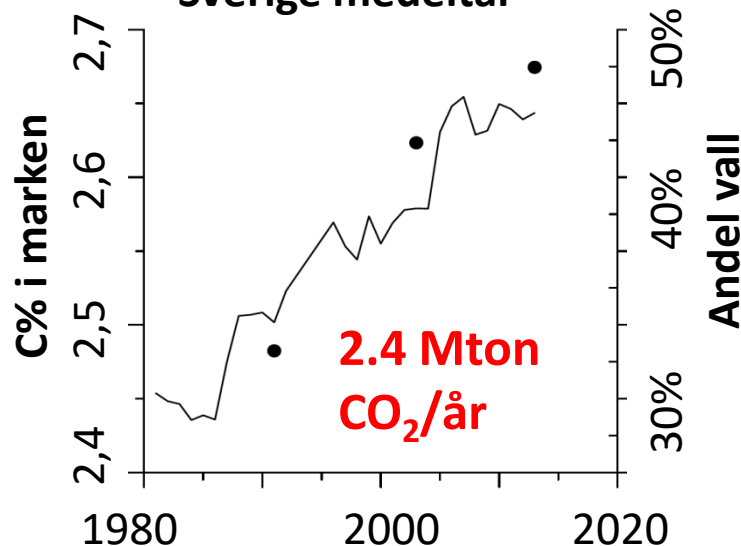
I (1988-97),
II (2001-07),
III (2010-17)

Förändring över tid i 21 län.

- Signifikant ökning i 5 län
- Ej sign. minskning i 3 län



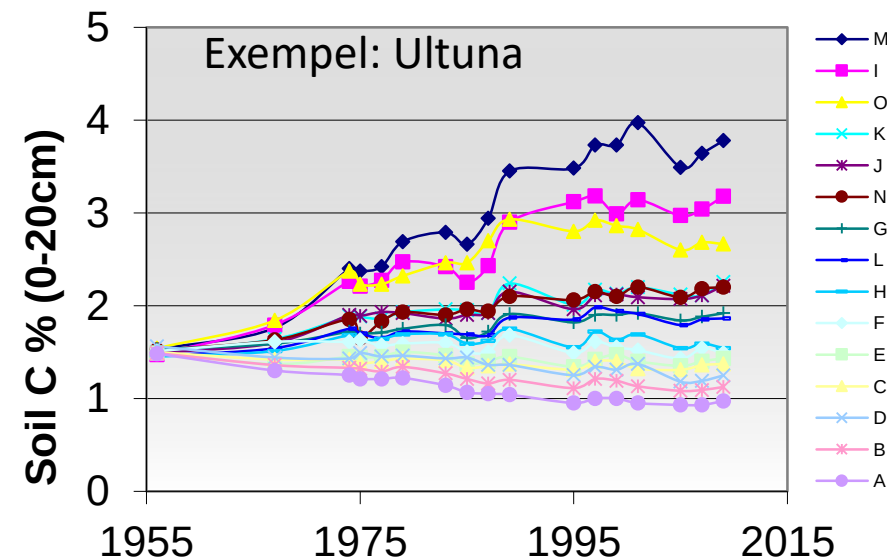
Sverige medeltal



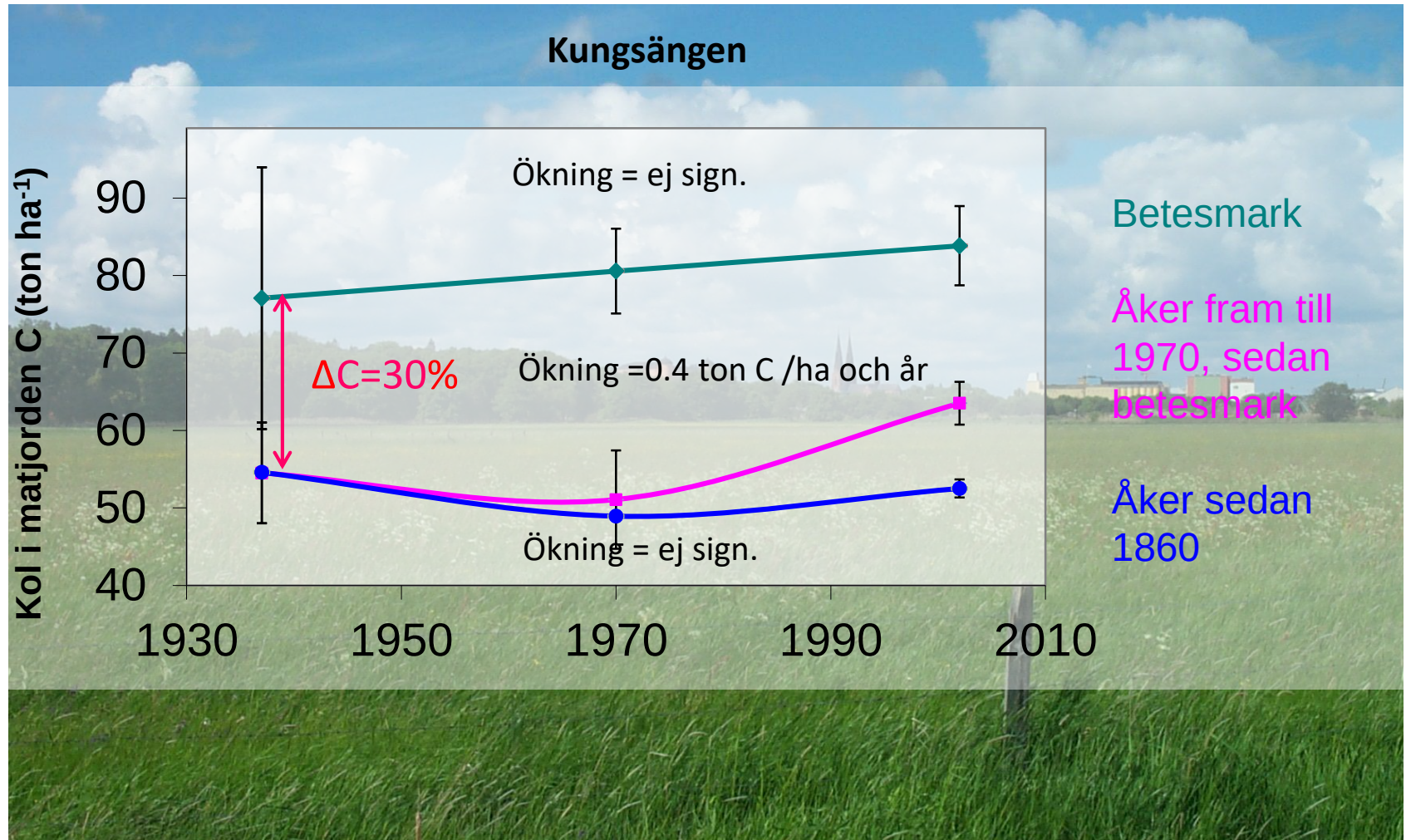
Långliggande fältförsök – viktiga för att kvantifiera effekter av odlingsåtgärder på marken



- Ungefär 50 försök > 20 år
- Effekter av gödsling, kalkning, växtföljder, jordbearbetning, m.m.
- Viktiga för kalibrering och validering av modeller



Markkol i betesmark och åkermark



Sker det en kolfastläggning i svenska betesmarker?



Available online at www.sciencedirect.com



Agriculture, Ecosystems and Environment 121 (2007) 121–134

Agriculture
Ecosystems &
Environment

www.elsevier.com/locate/agee

Full accounting of the greenhouse gas (CO_2 , N_2O , CH_4) budget of nine European grassland sites

J.F. Soussana^{a,1,*}, V. Allard^{a,1}, K. Iilegaard^b, P. Ambus^b, C. Amman^c, C. Campbell^d,
E. Ceschia^{a,2}, J. Clifton-Brown^{e,3}, S. Czobel^f, R. Domingues^g, C. Flechard^c, J. Fuhrer^c,
A. Hensen^h, L. Horvathⁱ, M. Jones^e, G. Kasper^g, C. Martinⁱ, Z. Nagy^f, A. Neftel^c,
A. Raschi^k, S. Baronti^k, R.M. Rees^l, U. Skiba^d, P. Stefani^m, G. Manca^j,
M. Sutton^d, Z. Tuba^f, R. Valentini^m

Tract distribution



One year
sample

Nationell markinventering

30 000 permanenta rutor

383 rutor på betesmark

Förändringar i kolförråd 1990-2006 (Karlton et al., 2010)

- Kolfastläggning i svenska betesmarker är förmodligen försumbar
- Högre intensitet (gödsling) kunde öka förråden – men har negativa effekter på biodiversitet

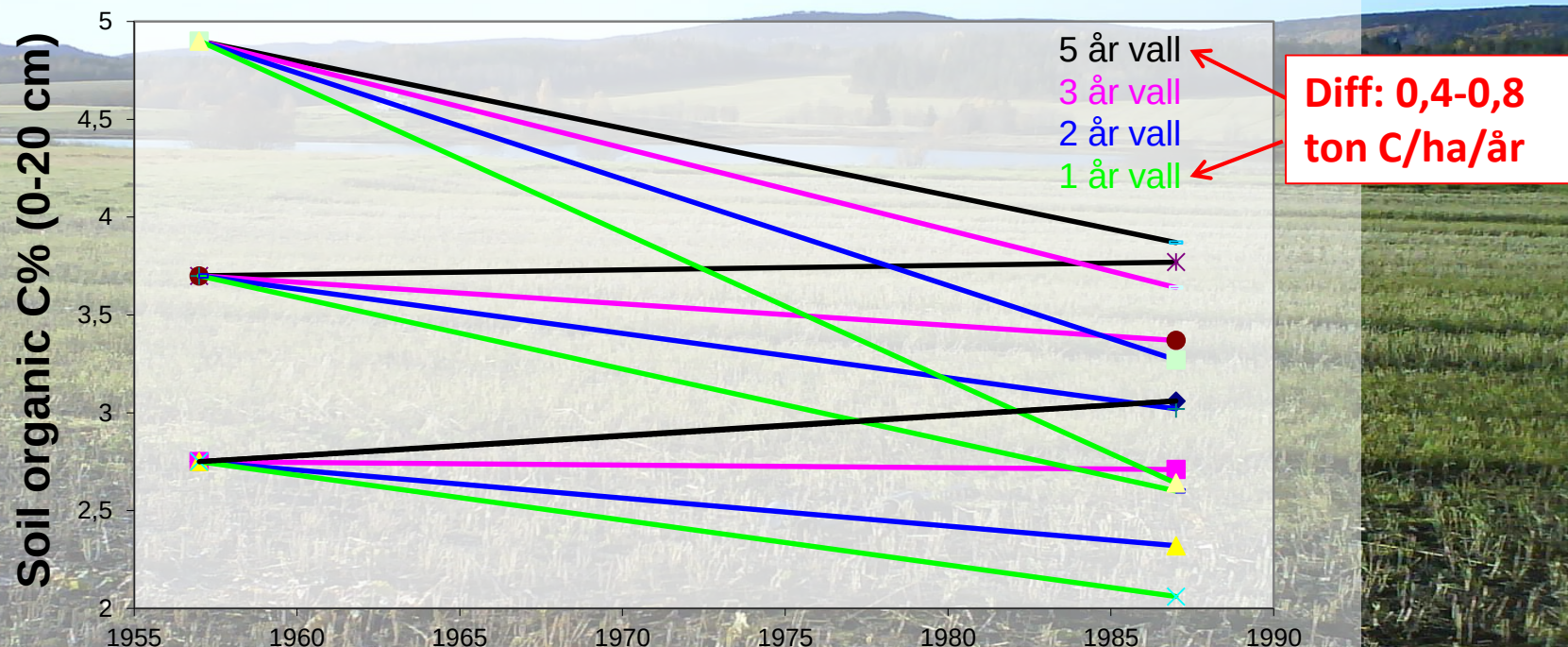
Grönytor i städer och golfbanor kan lagra in kol



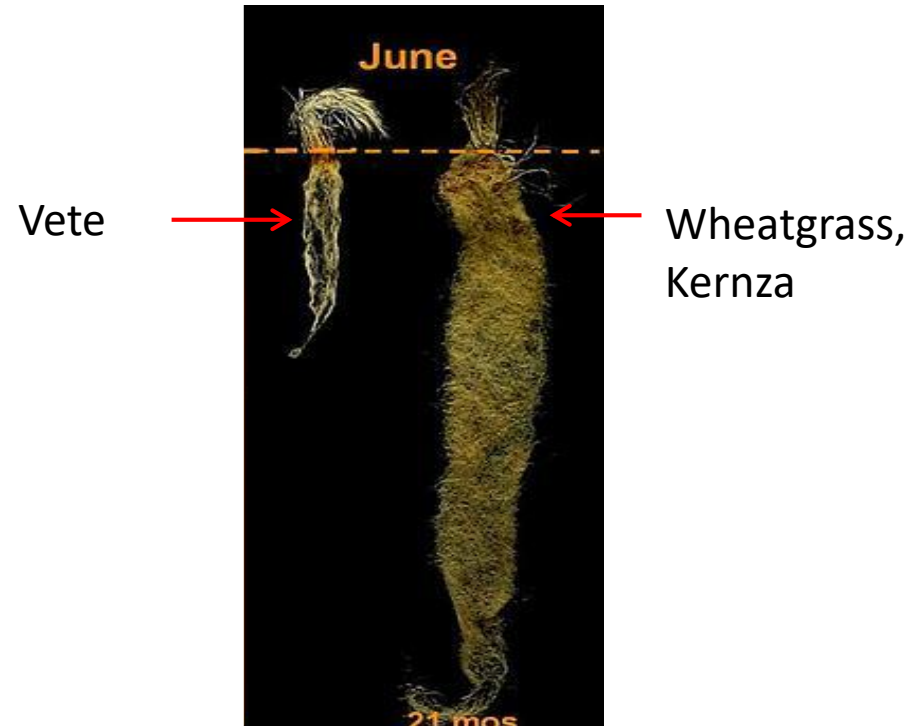
**Projekt i 3 svenska städer: 55% högre kolförråd i gräsmattor ,
35% högre i ängsmarker jämfört med närliggande jordbruksmark.**

Fleråriga växter satsar mera på rotsystemet och leder därför till mera positiva kolbalanser än ettåriga växter

3 platser i Norrland 6-åriga växtföljder: vall och ettåriga grödor



Framtid: Växtförädling – flerårigt vete, bra näringsinnehåll, resistent mot sjukdomar



Jerry Glover (Land Institute, Kansas) visar rotsystemet av "intermediate wheatgrass"

Problem: lägre skörd, ogräs, växtskydd

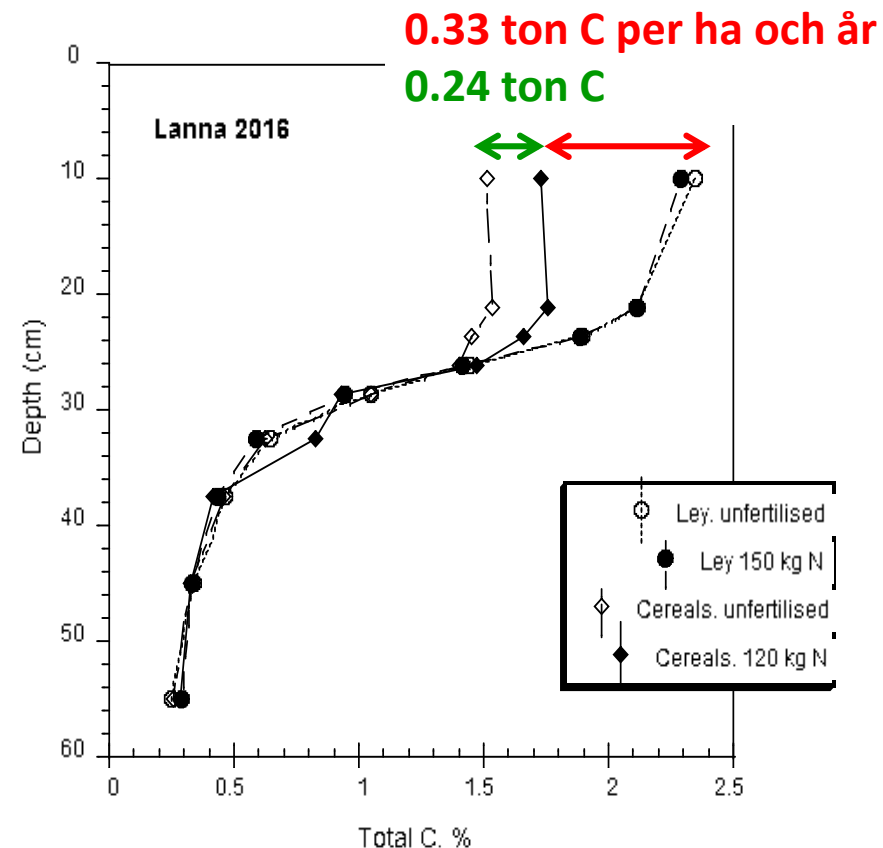
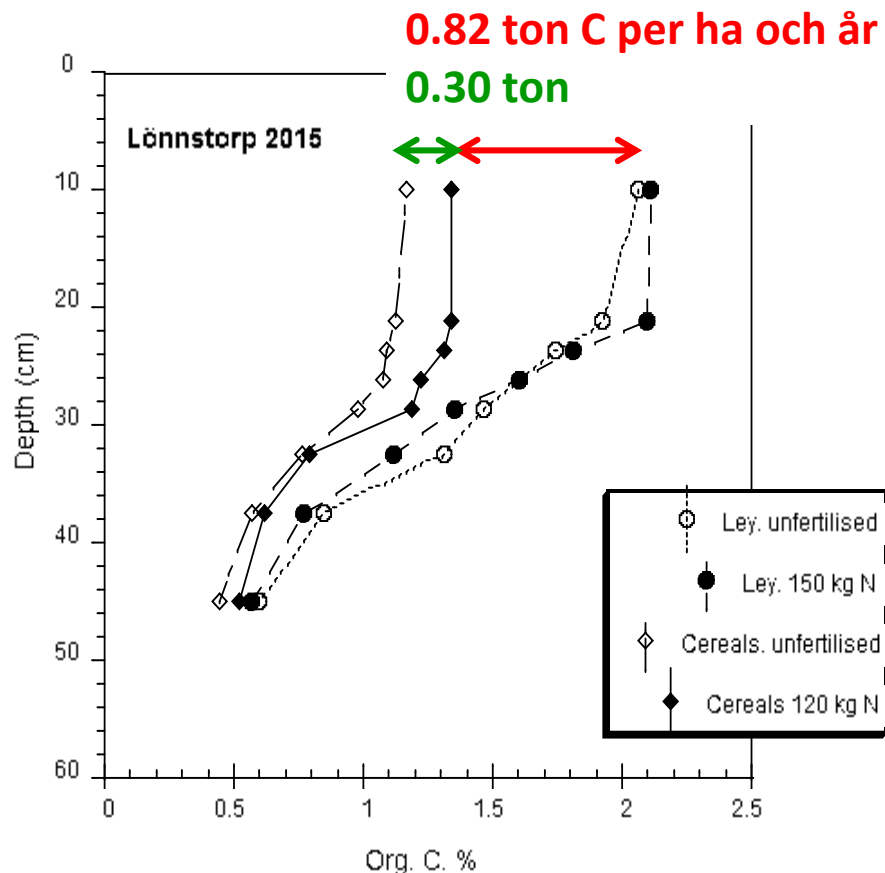
Glover et al. 2010. AGEE 137: 3–12

Markkol under långvarig vall och stråsäd efter 35 år

Samma försöksupplägg på 2 platser

Effekt av växtföljd: femårig vall vs. enbart stråsäd

Effekt av kvävegödsling i stråsäd monokultur



Inlagringspotentialen i alven skiljer sig mellan platserna (Börjesson et al., 2018 BFS)

Majs

Väl-dränerad

Vattensjuk



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

Rich & Watt 2013 J Exp Bot 64

Fånggrödor, agroforestry, energiskog och kantzoner fångar kväve och kol och minskar erosionen



Resultat från svenska försök (16-24 år)

Poeplau et al., Geoderma Regional 2015

Global review: Poeplau and Don., AGEE 2015

0,3 ton C (1.2 ton CO₂) per hektar och år med fånggröda – motsvarande 0,4% av kolförrådet i matjorden.

**Inlagringspotential i Sverige för 0,5 Mha:
0,6 Mton CO₂ per år**



**Ökad lustgasavgång (0.5 kg N) pga.
fånggrödor (0.15 ton CO₂) enligt danska
försök**

(Duan et al. (2018) Front. Microbiol. 9:2629)

Markvård i Island



Vegetationsetablering på eroderade marker resulterade i **0.6 ton C per ha och år** i försök i Island i genomsnitt över 50 år (Arnalds et al., 2000)



Bolidens sandmagasin i Aitik, utanför Gällivare

Sedan 2002 har 600 000 ton rötslam används för vegetationsetablering



Undvik bar mark

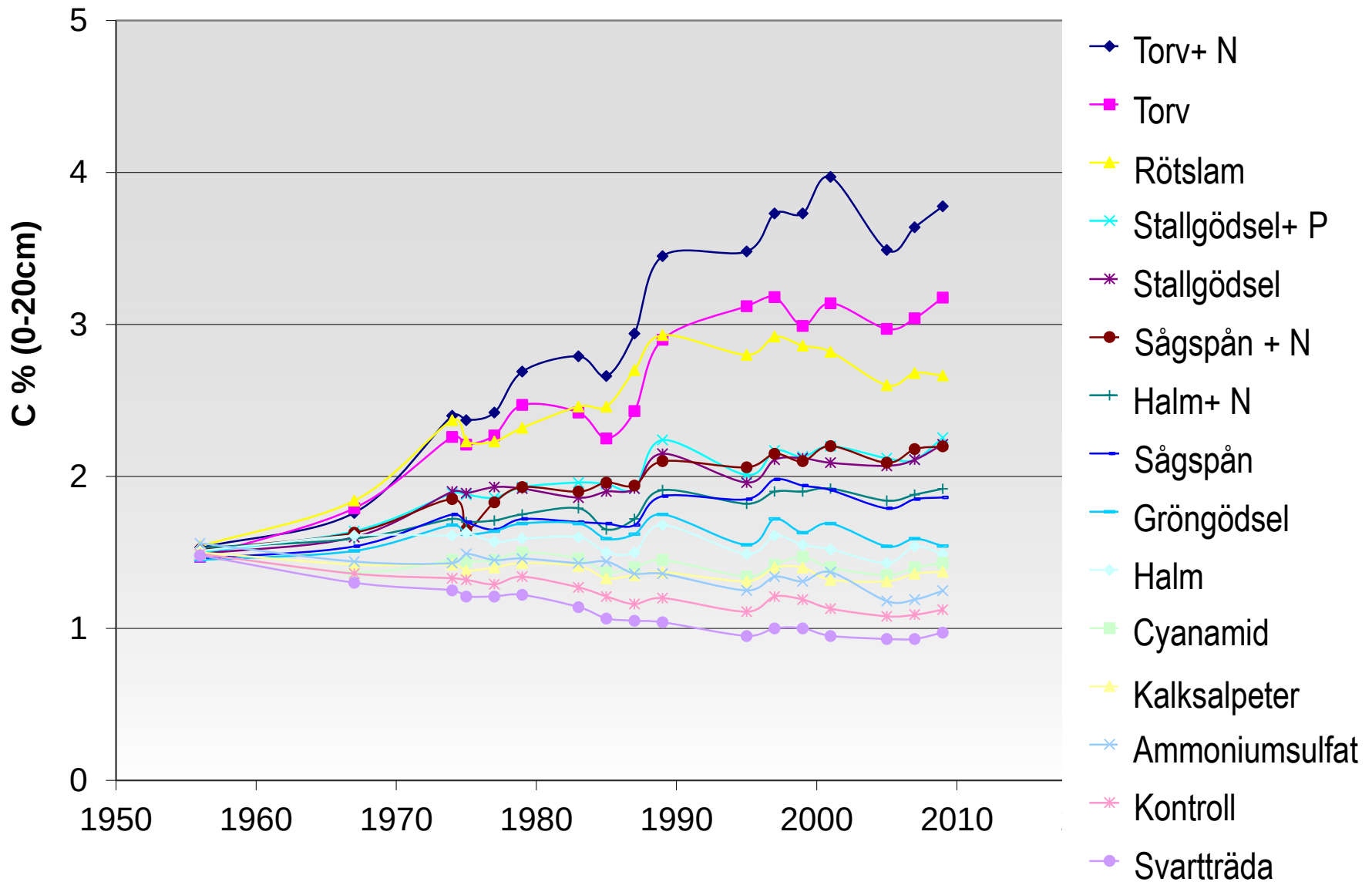


Ultuna Ramförsök, sedan 1956

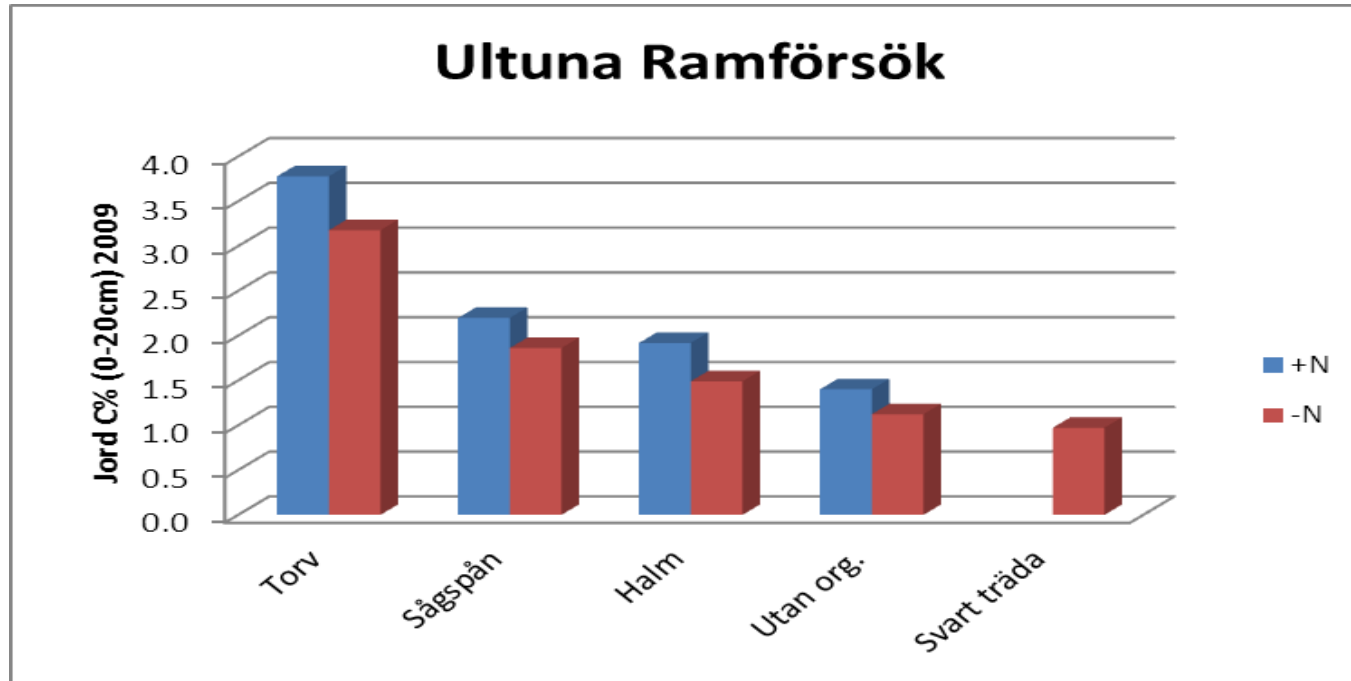


Samma mängd kol tillförsel i olika material vartannat år +/- N gödsling
15 behandlingar x 4 block

Markkol i ramförsöket

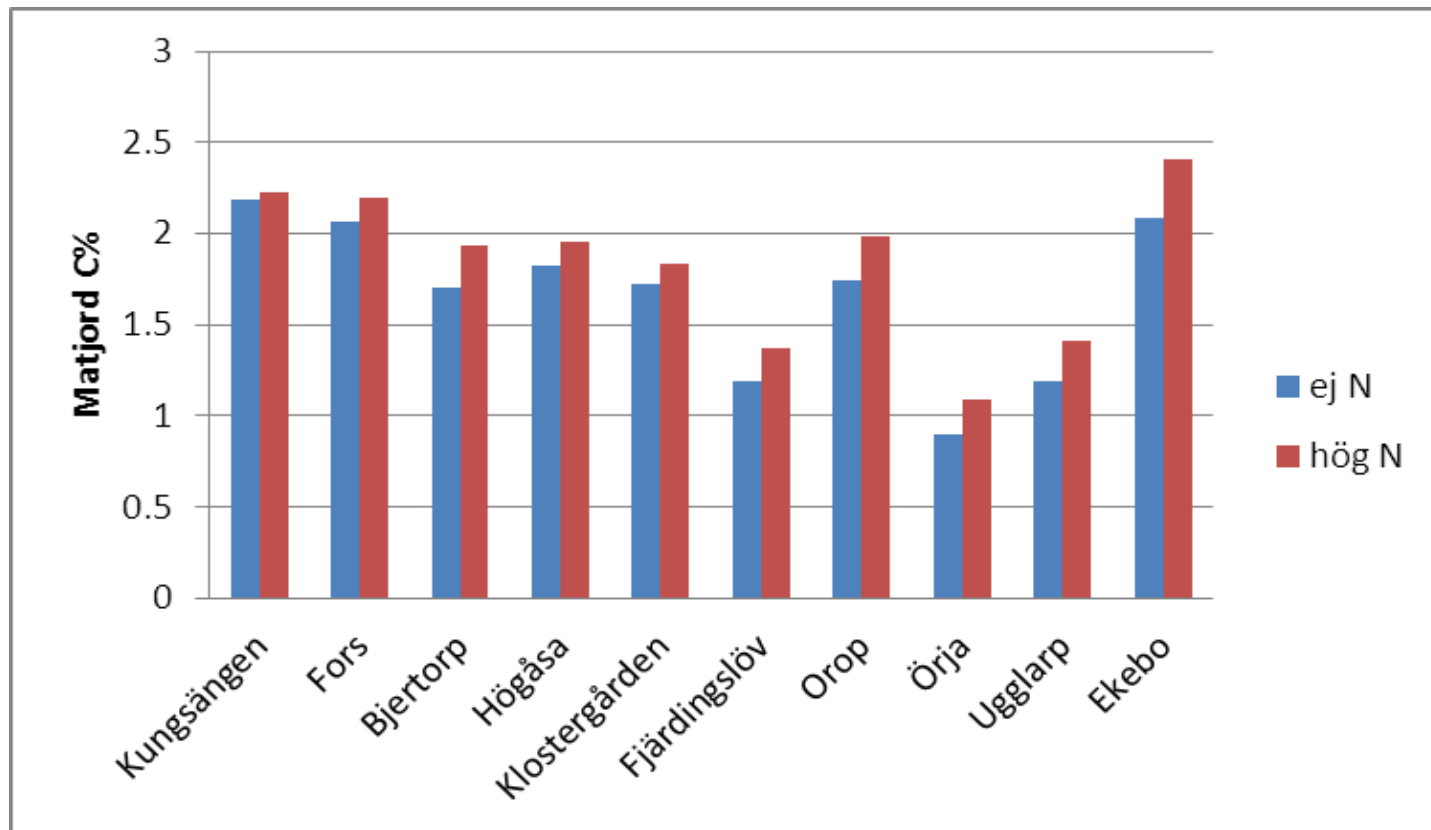


Tillförsel av organiskt material och kvävegödsling leder till högre kolförråd i marken



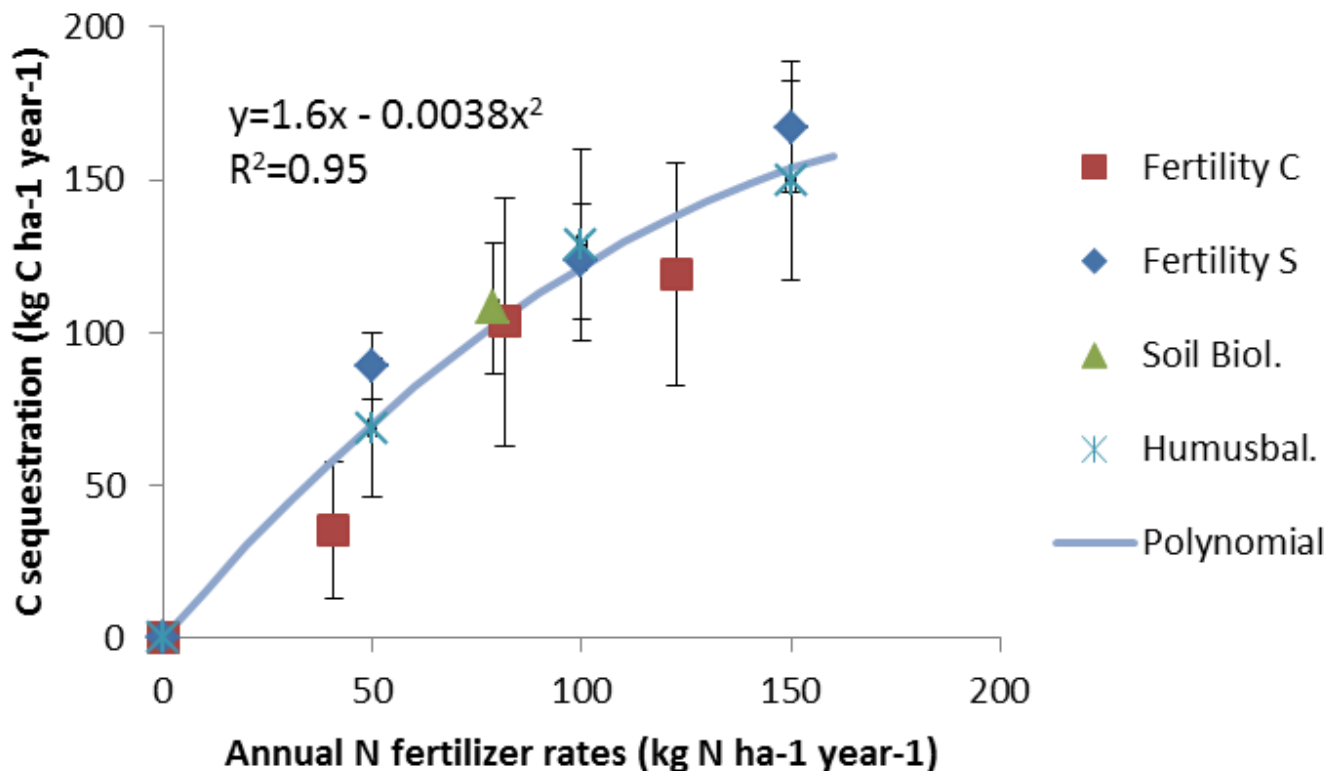
- Kolinlagringen skiljer sig mellan de tillförda organiska materialen
- Kvävegödsling leder till högre rotproduktion och mera effektiva mikrober
- Rötter är effektivare att bygga kol jämfört med skörderester
- Långliggande försök är viktiga för att kvantifiera effekterna

Kvävegödslingens effekt på markens kolhalt (efter 50 år i Bördighetsförsöken, vf. 2)



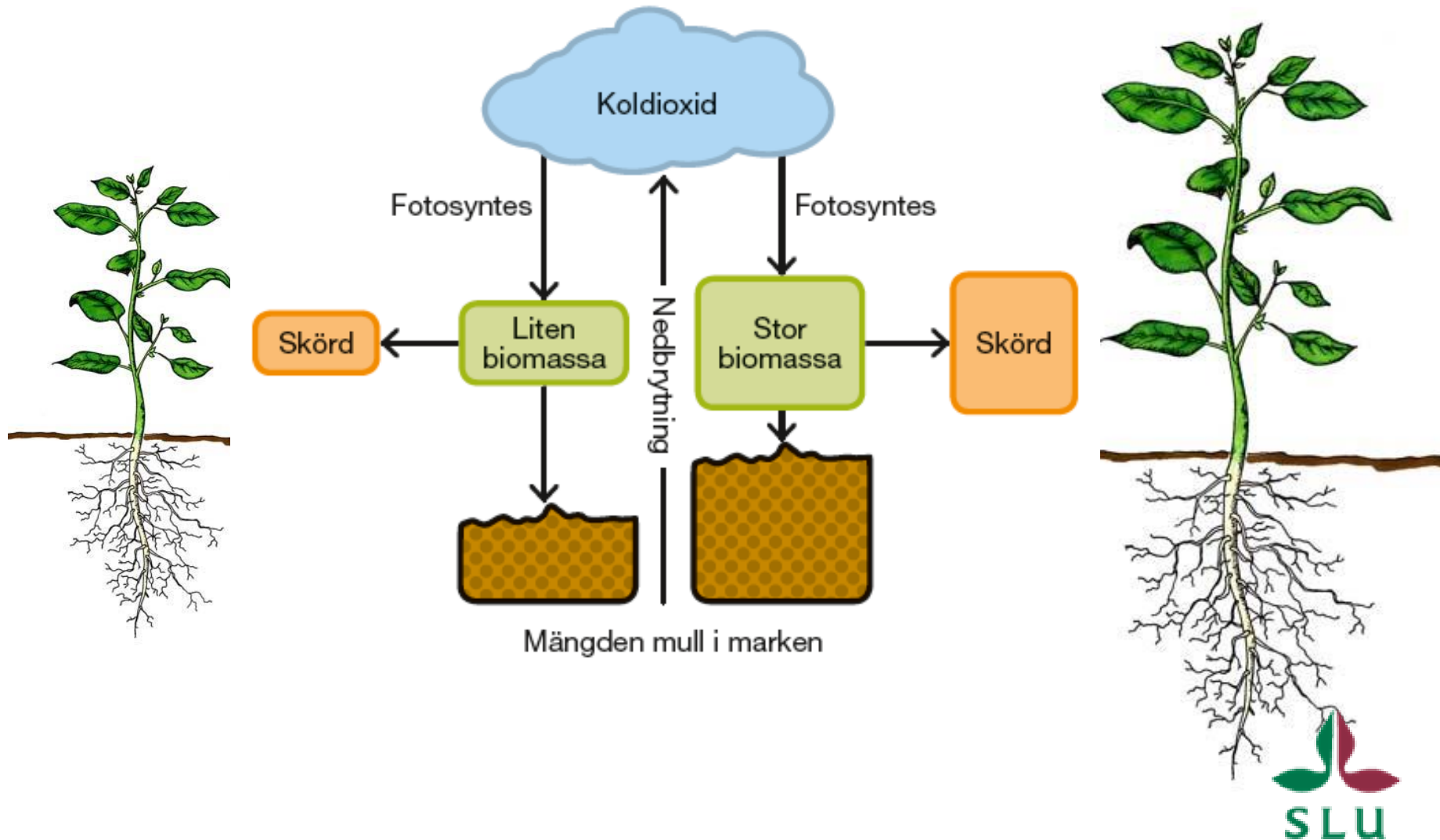
N-gödsling höjer kolförrådet i marken på alla platser
främst pga. högre (rot)produktion

Resultat från 16 långliggande försök (4 serier):
**Varje kilo N höjer kolförrådet i marken med
drygt 1 kg C i matjorden (0-20 cm)**



Tillkommer: kolfastläggning i alven: cirka 0.5 kg C kg⁻¹ N
Total kolfastläggning : 1.5 kg C kg⁻¹ N (5,5 kg CO₂-equ.)

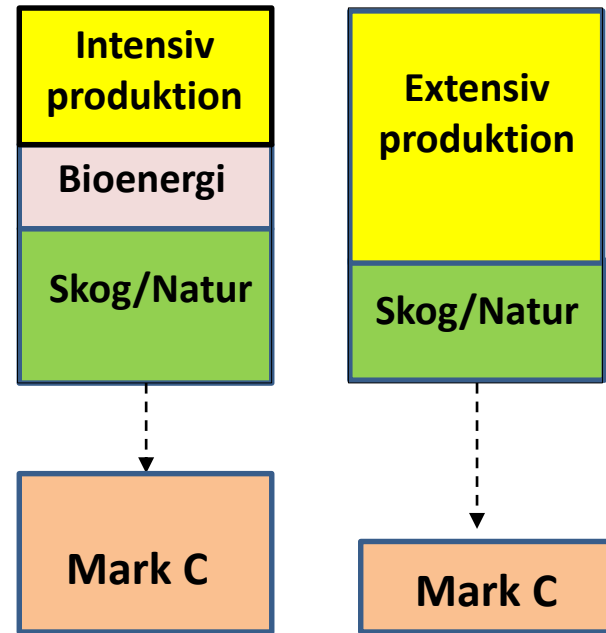
Hög produktion leder till hög kolförråd och vice versa



**Låga skördar (t.ex. ekologisk odling) ökar arealbehovet
-> avskogning -> lägre kolförråd i marken även någon annanstans**



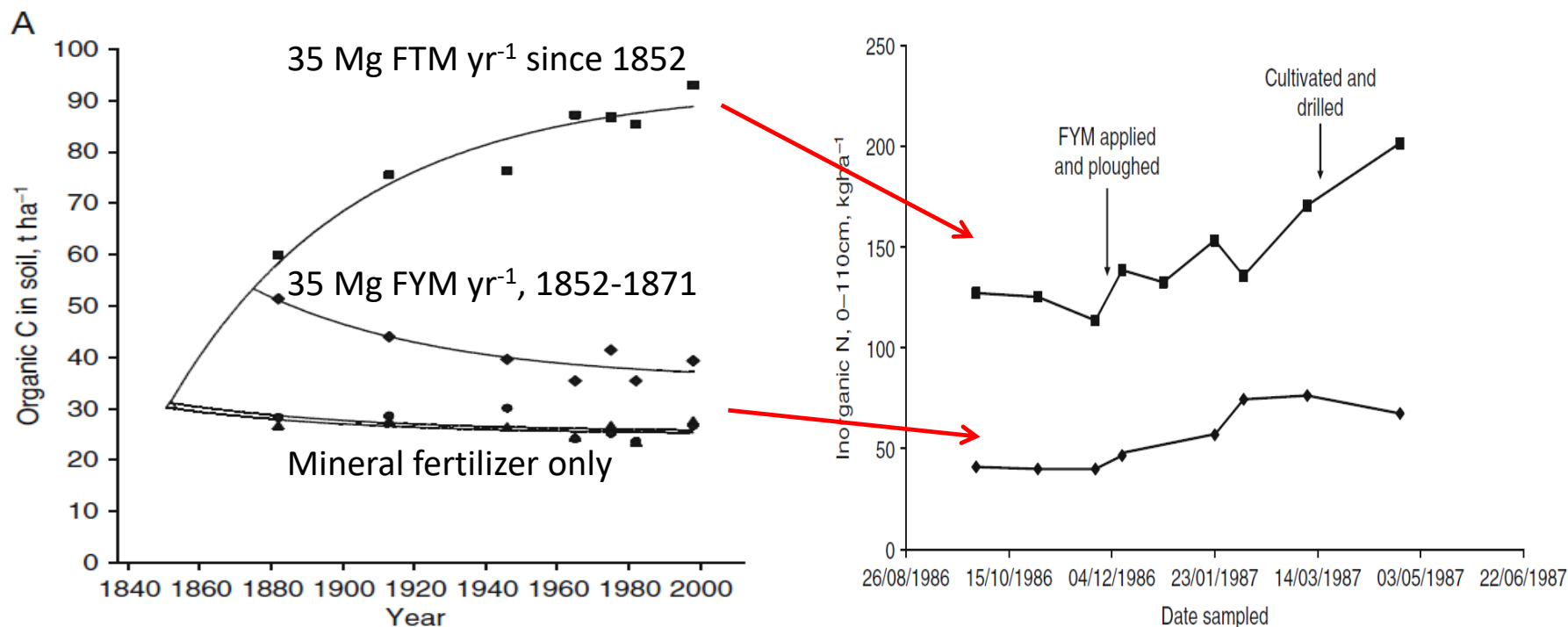
Arealbehov för att producera en viss mängd



**Produktionen per yta måste öka för att försörja
en växande befolkning**

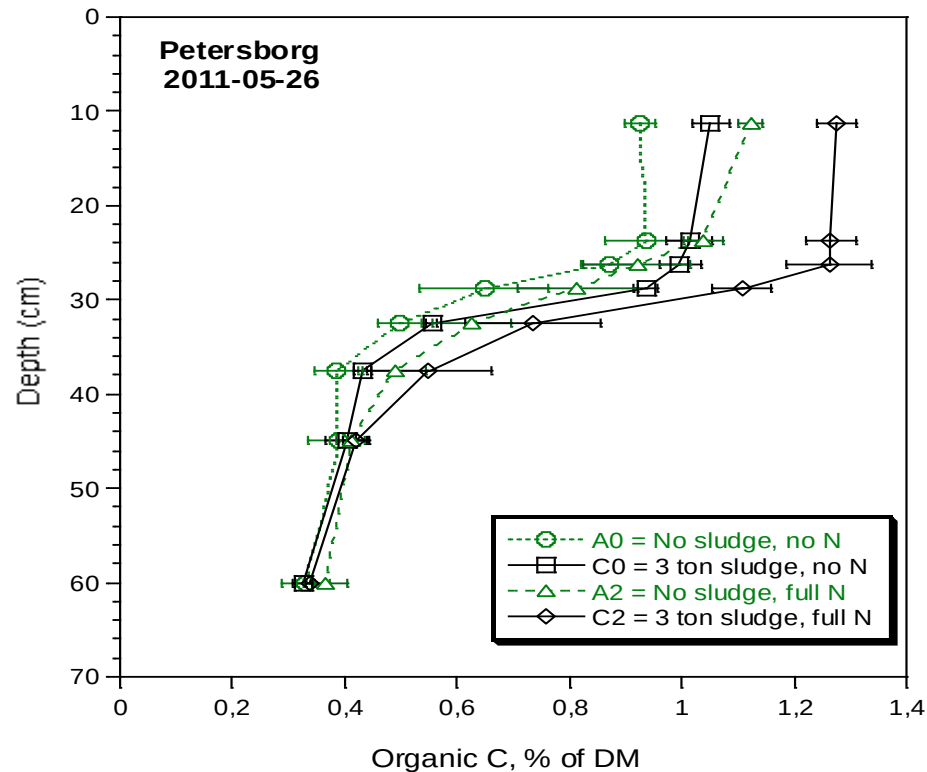
Hög multhalt har mest fördelar – men inte bara

Hoosfield Continuous Barely, Rothamsted



3 x högre kolhalt → 3 x nitrat under höst/vinter → 3 x risk för N-läckage och lustgasavgång

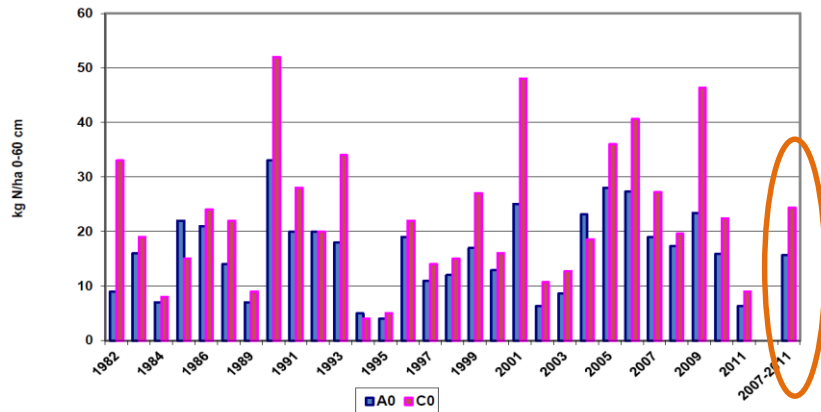
Försök med rötslam, 4 platser (13 - 53 år)



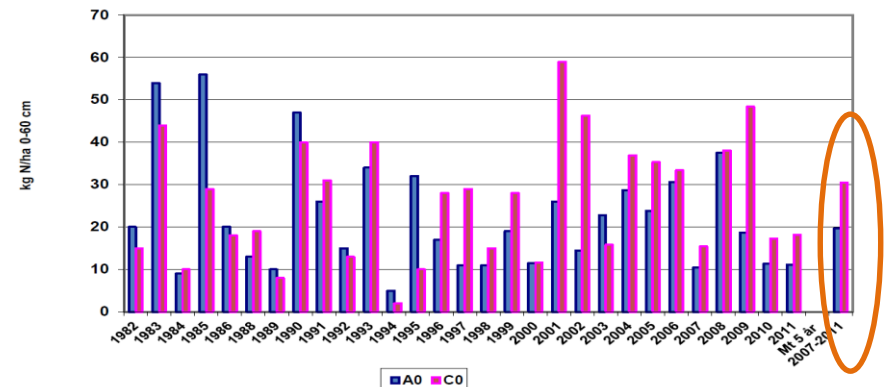
- 16 and 32% av tillfört slam har stabiliserats i marken
- Om man skulle sprida all rötslam som produceras i Sverige (214 000 ton/år) jämt över all åkermark (24 kg C/ha/år), skulle kolförrådet öka med 4-8 kg C ha⁻¹ (en väldigt liten ökning)

Organiska gödselmedel ökar risken för utlakning i slamförsök i Skåne – högre Nmin både höst o vår

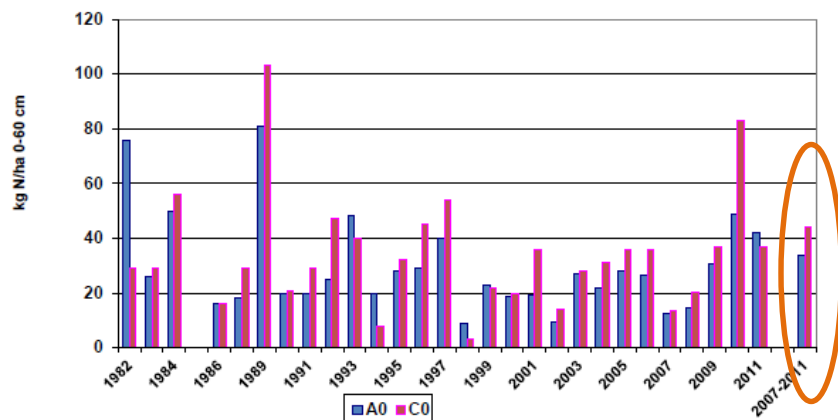
N-profiler Igelösa, höstprovtagning



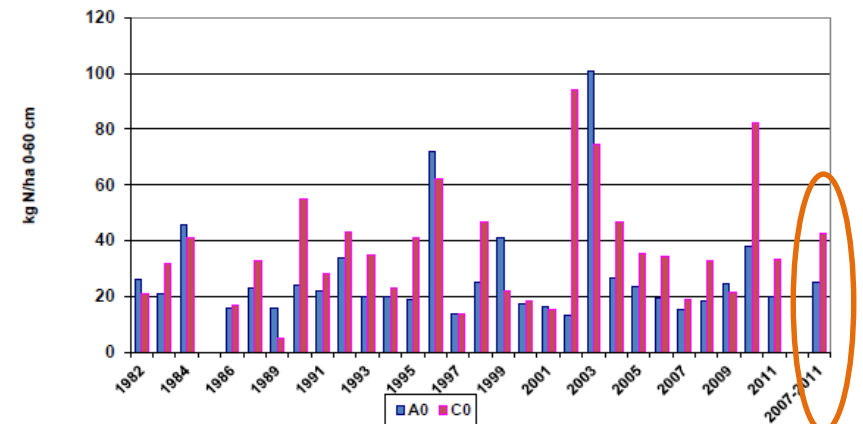
N-profiler Petersborg, höstprovtagning



N-profiler Igelösa, vårvotagning



N-profiler Petersborg, vårvotagning

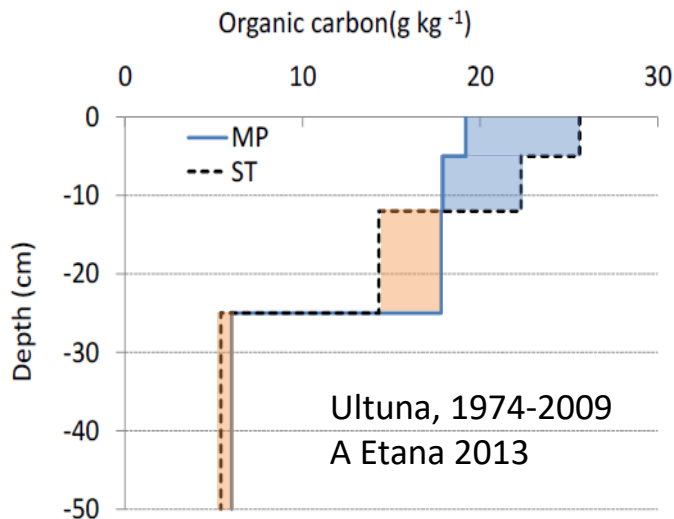


Reducerad jordbearbetning?

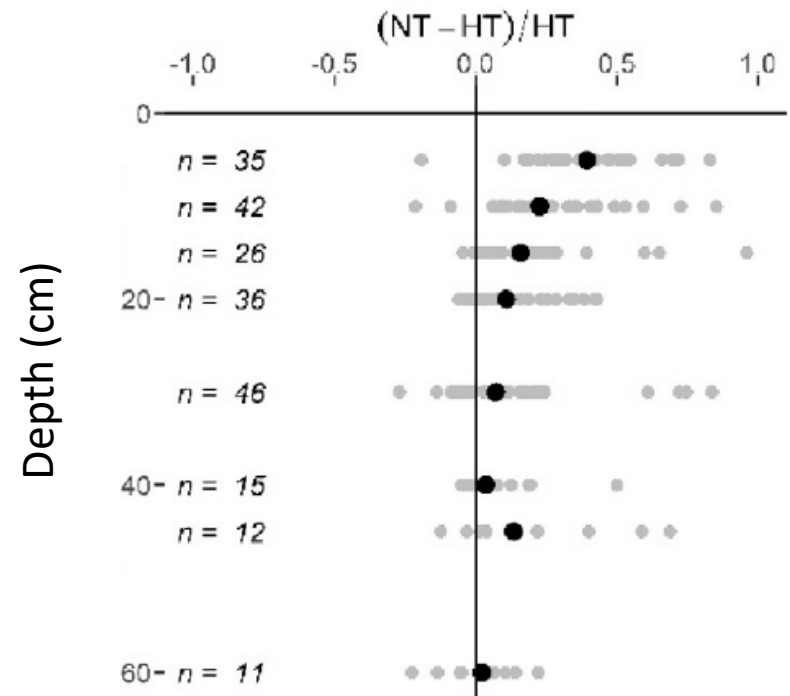


Resultat från 101 försök i tempererad klimat:
Över hela profilen (0-60 cm) ingen effekt av “No Till” (NT) jämfört med plöjning (HT)

Meurer mlf., 2018. Earth-Science Reviews



Ytlig bearbetning jämfört med plöjning
ledde till högre kolhalt i översta lagret
men lägre i djupare lager



Stor variation!

Djupplöjning till 1 meter ökade kolförrådet med 42% i genomsnitt över 10 lokaler i Tyskland efter 35-50 år

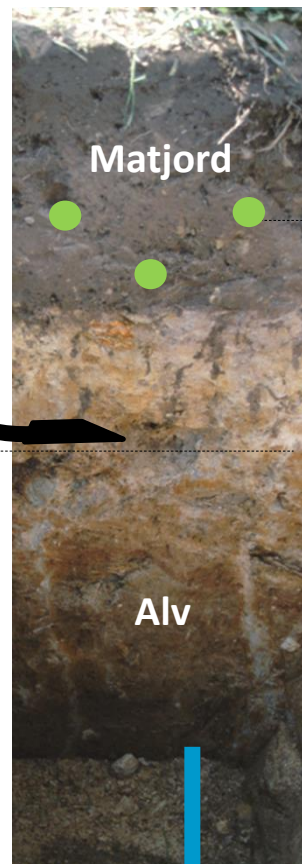


Alcántara et al., GCB 2016

Framtid: Förbättrade jordbruksmetoder – uthållig intensifiering



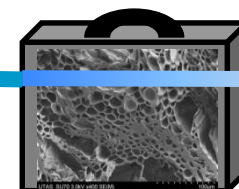
Alvluckring och injicering av organiskt material för bättre markstruktur, genomrotning, effektivare upptag av vatten och näring, kolfastläggning



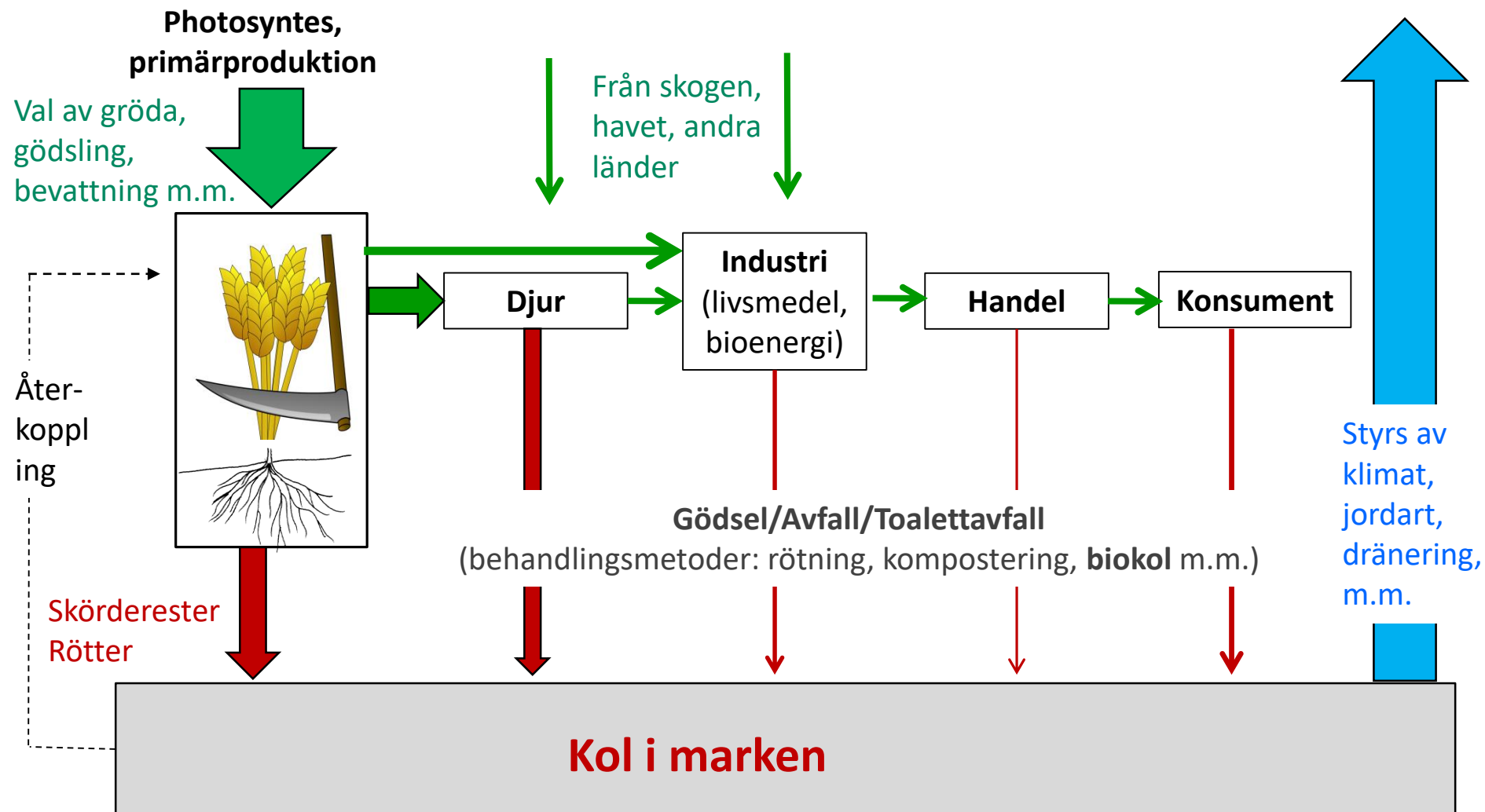
Växtanpassad placering av grön mineralgödsel

Biokolfilter som fälla för fosfor och bekämpningsmedel

Sedimentering och N-reduktion i våtmarker



Markens kolbalans kan påverkas - främst genom primärproduktion



Around 3 billion people prepare their food and heat their homes using open fires and simple stoves



Biokol från jordbrukets restprodukter kan vara en win-win-win strategi?



Minskad behov av ved
Avskogning minskar



Energieffektiva
förgasningsspisar

Luftföroreningar minskar/bättre hälsa



Biokol kan användas som
bränsle

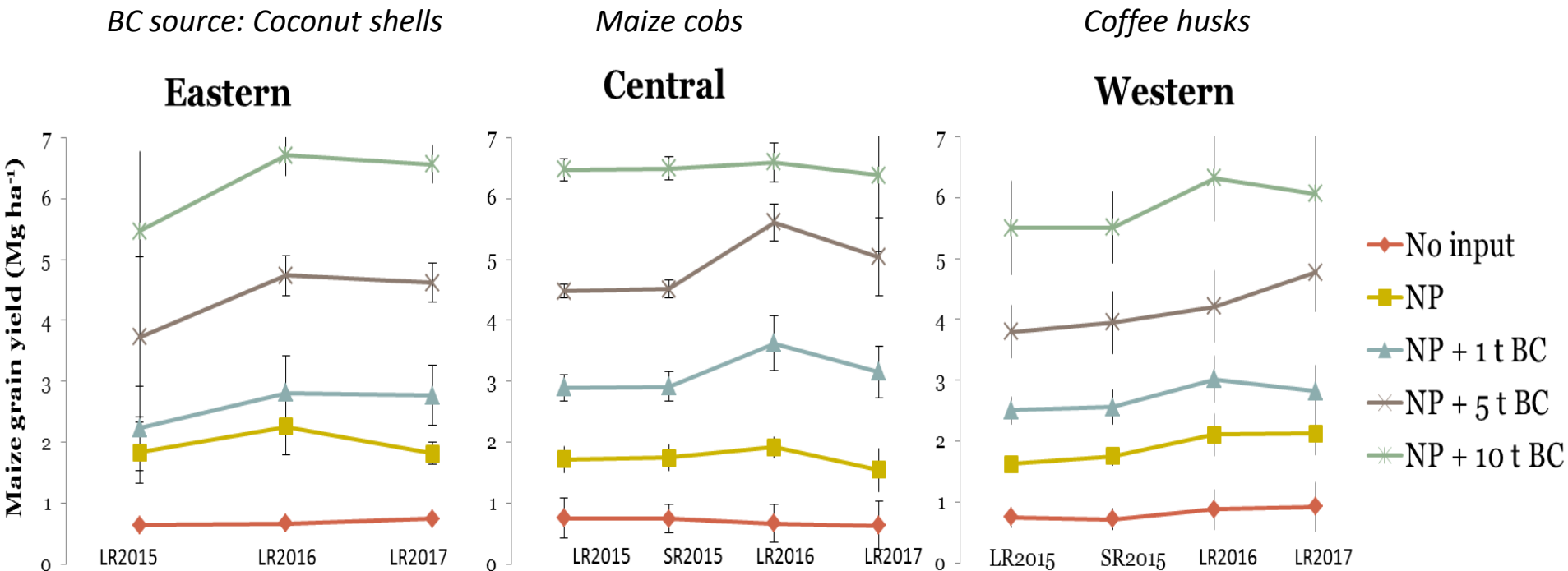
Biokol höjer bördigheten



- Konceptet kan skalas upp - det finns resurser som inte används idag (t.ex. rishalm och rester från industrier)

Different biochar (BC) addition rates, maize monoculture

9 experiments, 3 trials per regions in Kenya, 3-4 growing seasons
BC feedstock differed between regions



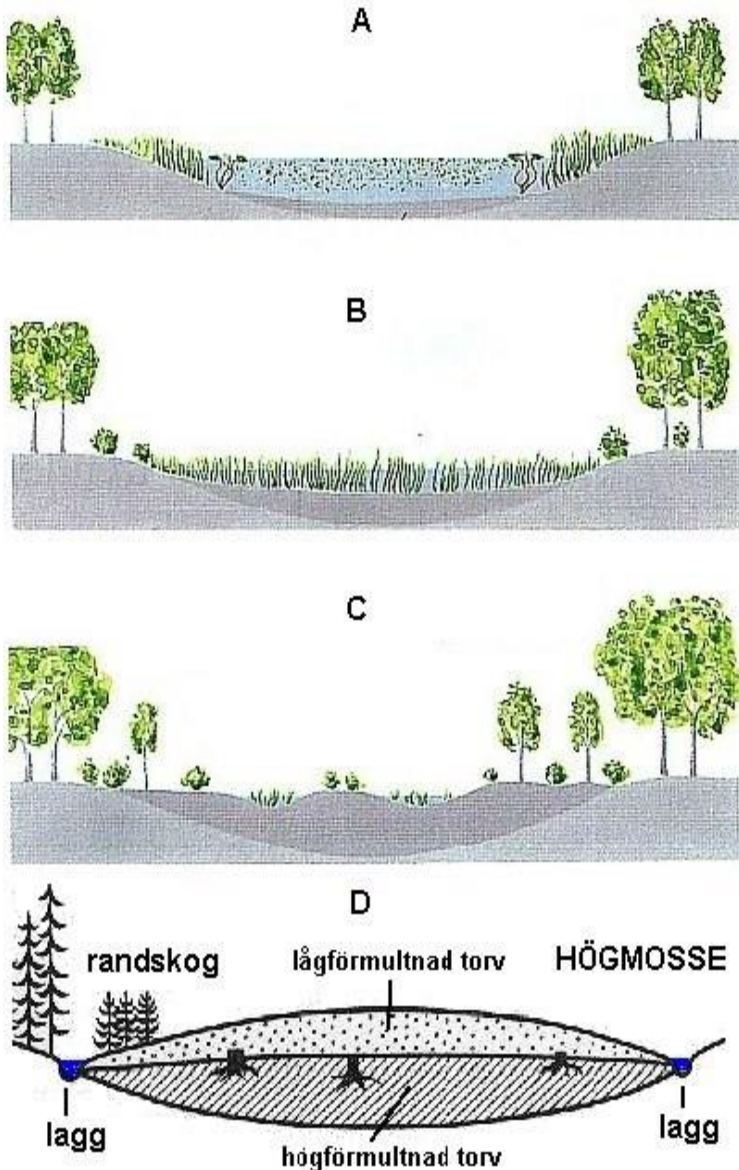
- Skördeffekten håller i sig under flera år
- Biokol till mark - vettig främst i tropiska jordar där man har en tydlig skörderespons
- Försök i temperade områden visar i genomsnitt ingen skördeffekt – då är det bättre att använda biokol för vattenrening eller inom industrin (järnreduktion, inblandning i asfalt och betong etc.)

Dränerade mulljordar – stor källa för CO₂ och N₂O

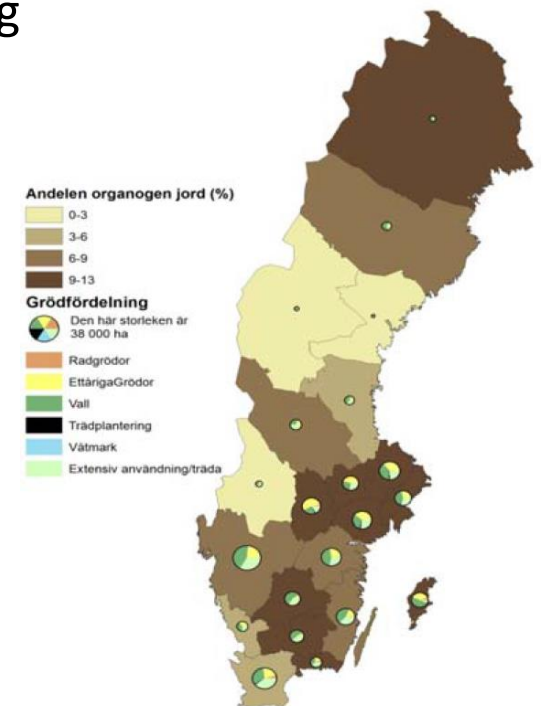


2 m subsidens på 100 år
(Bälinge, Uppland)

Organogena jordar



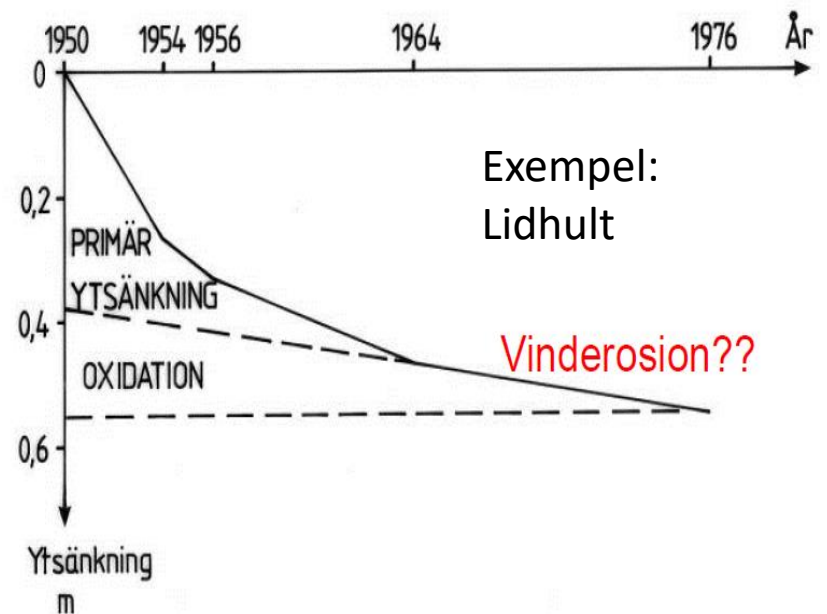
- 25% av Sverige landyta
- Ca. 8% av jordbruksmarken
- Från 0,7 Mha 1946 till 0,23 Mha idag
- Kärrtorv – näringrik
- Mosstorv – näringsfattig
- Mikronäringsbrist (mangan, koppar, bor) är vanlig



Subsidens i dränerade jordbruksjordar i långliggande försök

Plats	cm/år
Örke	0,7
Kälkestad (omdränerat)	0,7
Lidhult (mosstorv)	0,8
Martebo (nydränerat)	2,7
Majnegården	1,0
Ytterby	1,3
Kukkola (vall/stråsäd)	0,5
Kukkola (vall)	0,2
Majnebården (stråsäd)	0,8
Majnegården (betesvall)	0,2

Källa: Kerstin Berglund



- Stor variation i subsidens
- Osäkert hur mycket som beror på oxidation av organiskt material

Jordbruksmark – klimatrappportering, NIR

Åkermark på organogen mark – Tier 2 metod ($6.1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ enligt Lindgren & Lundblad, 2014*).

Betesmark på organogen mark – Tier 1 metod ($0.25 \text{ t C ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ boreal poor; $0.93 \text{ t C ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ boreal rich; $2.6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ temperate)

Betesmark på mineraljord – Tier 3 – uppmätta förändringar enligt markinventering

Åkermark på mineraljord – ca 93% av arealen, Tier 3 metod (ICBM-modellen)

*Lindgren, A. and Lundblad, M. 2014. Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden. SLU. Department of Soil and Environment, Rapport 14. Uppsala 2014.

Klimatrapporteringen bygger på ett tunt dataunderlag

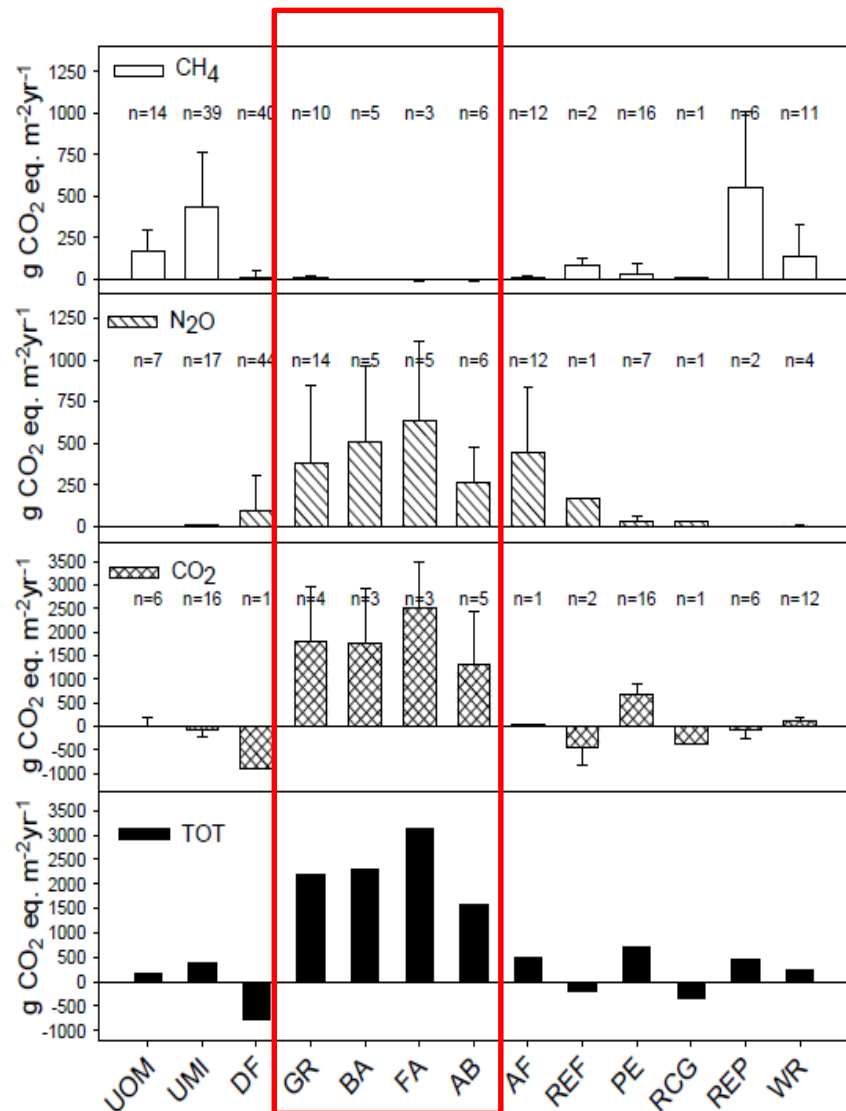


Fig. 1. The mean values of reported annual net fluxes of CH_4 , N_2O and CO_2 exchange and the net effect of these gases as $\text{g CO}_2 \text{ equivalents m}^{-2}$ (100-year time horizon) from different peatland categories in the Nordic countries (UOM=undrained ombrotrophic peatlands and UMI=undrained minerotrophic peatlands (from Saarnio et al., 2007), DF=ombrotrophic and minerotrophic sites drained for forestry, GR=drained for agriculture – grass, BA=agriculture – barley, FA=agriculture – fallow, AF=agriculture – afforested, AB=agriculture – abandoned, REF=forestry – restored, PE=drained for peat extraction, PEF=peat extraction – afforested, RCG=abandoned peat extraction – cultivation of reed canary grass, REP=drained for peat extraction – restored, WR=water reservoirs). A negative value indicates uptake by the ecosystem and a positive value net emission, n =number of sites, error bars indicate standard deviation between sites.

GR = grass
 BA = barley
 FA = fallow
 AB = abandoned

Stor variation i nedbrytning mellan platser

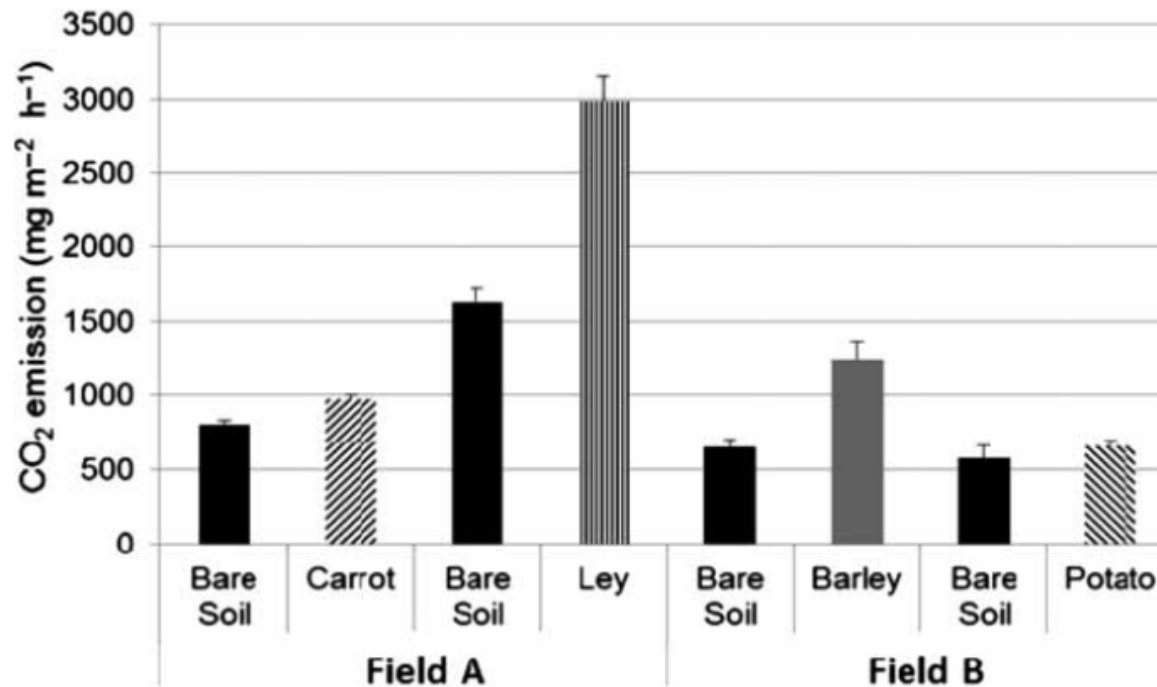


Figure 9. CO₂ emissions from peat soils at two experimental fields (A and B) in Sweden, where the effects of different crops are currently studied. Measurements were made in July in adjacent plots with plants (cut before measurements) and without plants (bare soils).

Dränerade mulljordar (Harbo, Uppland)

Spannmål

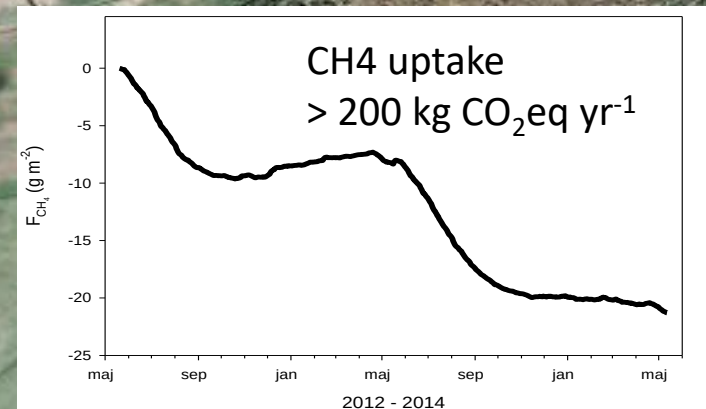
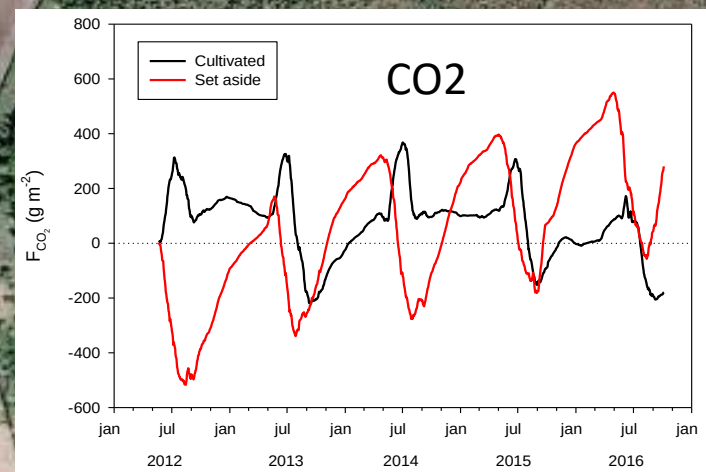
Grönträda

Årliga CO₂-utsläpp enligt klimatrapporten NIR är mycket högre än våra mätningar:

Åkermark: 22 t CO₂ ha⁻¹ år⁻¹

Betesmark: 9,5 t CO₂ ha⁻¹ år⁻¹

Vi behöver fler mätningar på mulljordar



Hadden & Grelle, 2017

Sammanfattning:

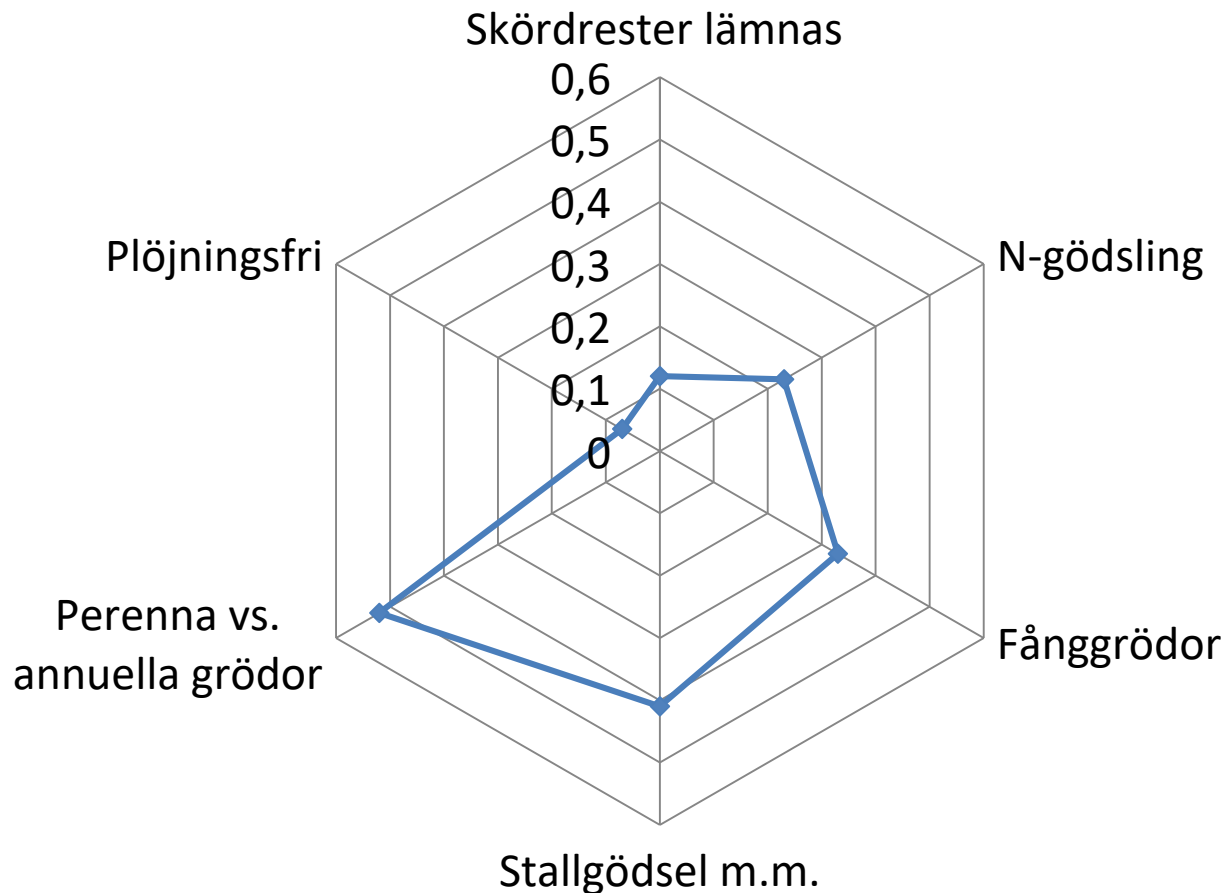
Hur kan öka kolförrådet i marken

- Stoppa avskogningen på södra halvkoltet – globalt störst effekt
- Hög produktion (1-2 kg C extra per kg N)
- Rötter är viktiga för kolinlagring
- Grön mark året om (fånggrödor, åkerkanter, agroforestry)
- Fleråriga växter (bioenergi),
- Fånggrödor
- Rester från samhället (biokol, rötter, kompost, slam)? Nettoeffekten beror på alternativanvändning.
- Stallgödsel leder inte till kolfastläggning eftersom 100% används redan idag
- Växtförädling – större rotbiomassa, svårnedbrytbara skörderester, flerårig stråsäd
- Minskad jordbearbetning? Marginell effekt i Sverige – men minskad dieselförbrukning – kanske ökade lustgasutsläpp?
- Djupplöjning eller pumpa ner skörderester i alven?
- Forskning, teknikutveckling, rådgivning och utbildning

Sammanfattning:

Åtgärder för kolinlagring i mineraljordar (ton C per ha och år)

– baserad på litterarstudier >1000 försök (Bolinder et al., submitted)



Oklart hur vi skall hantera mulljordarna?

Tack för din uppmärksamhet!
Klimatrådgivare behövs, lycka till!

