

Jordbrukets potential att öka kolinlagring i marken

Thomas Kätterer

Sveriges Lantbruksuniversitet

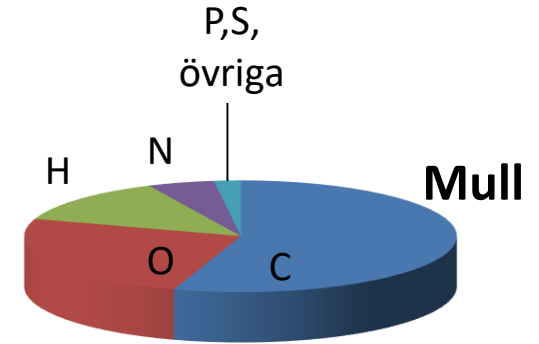
Disposition

- Markens roll i den globala kolcykeln
- Hur mäter man kolinlagring
- Nationell inventering av jordbruksmark
- Resultat från långliggande försök
- Hur vi kan påverka kolinlagringen

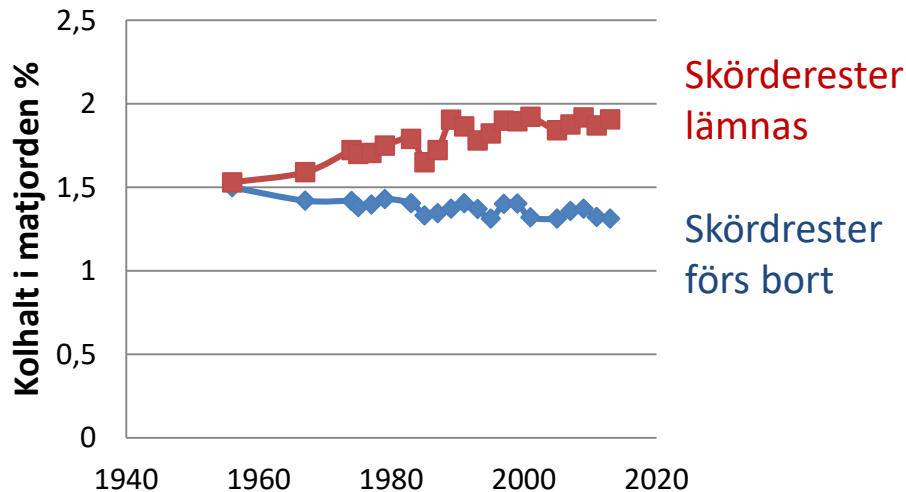
Bördig åkermark – en förutsättning för uthållig produktion

Mull består av C,O,H,N,P,S

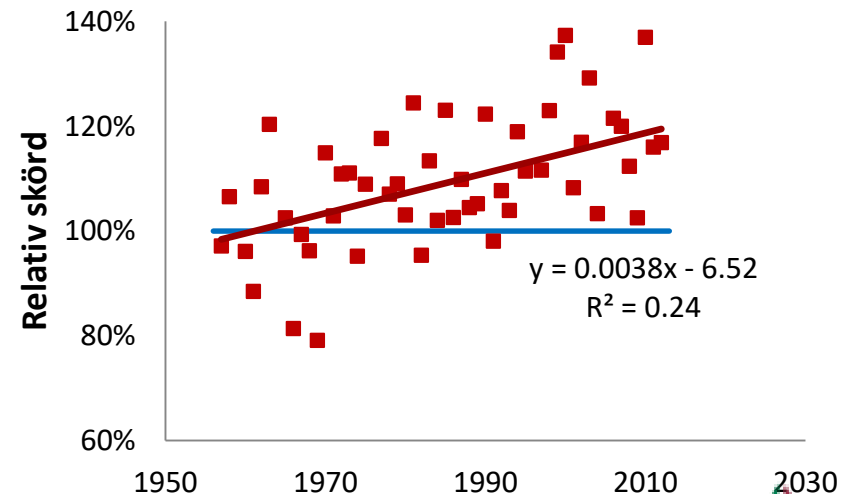
Mullhalten är en viktig bördighetsindikator



Markkol, Ultuna ramförsök

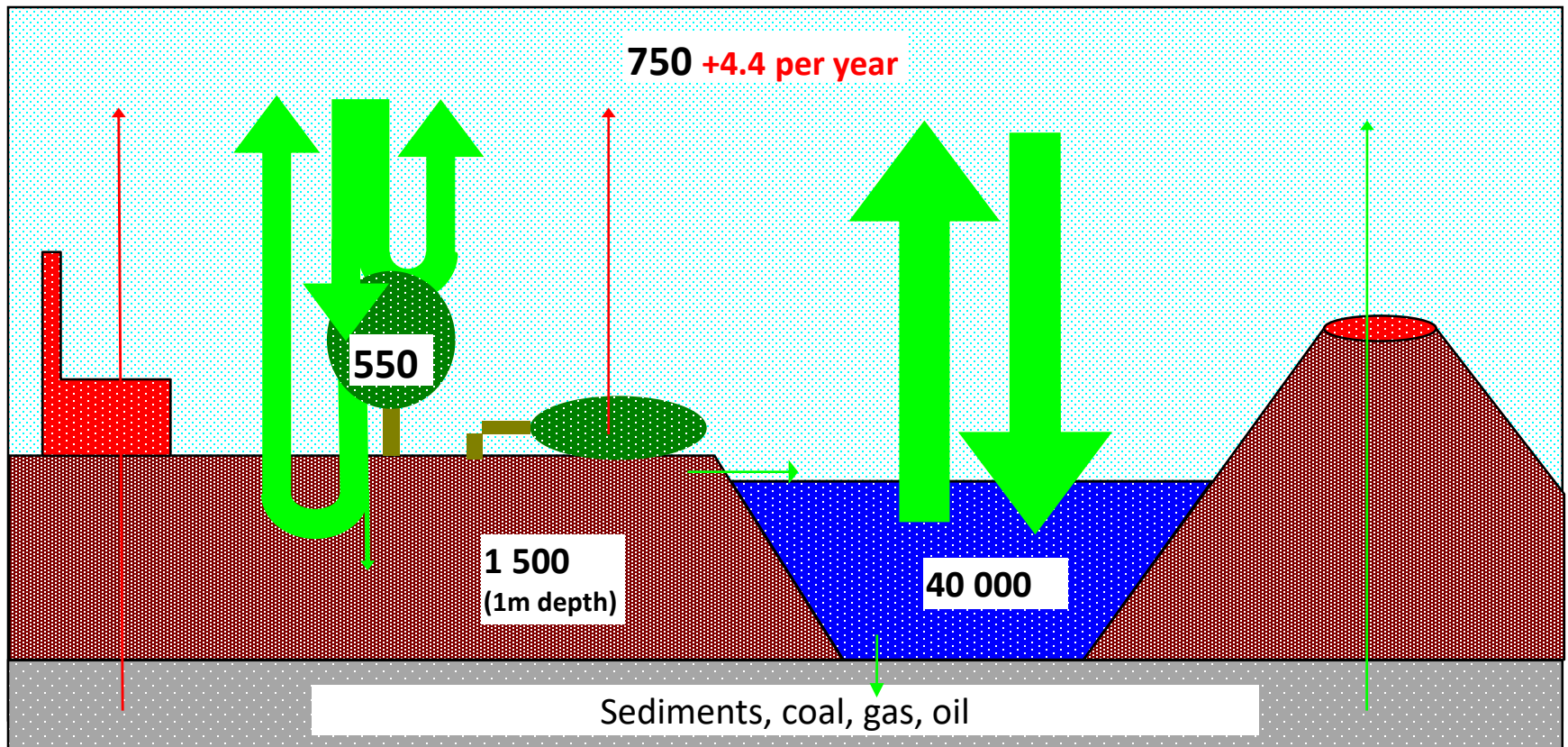


Skörd



Skördepotentialen ökar med mullhalten

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



Antropogena CO₂ emissioner och kolsänkor

(1 Petagram, Pg = 1 Gigaton = 1 miljard ton)

4.8 Pg/år; 12%



+

34.4 Pg/år; 88%



17.2 Pg/år

46%



11.0 Pg/år

30%



8.8 Pg/år

24%



Budget Imbalance: 6%

(the difference between estimated sources & sinks)

Svenska skogar är en stor kolsänka

Skogen

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)

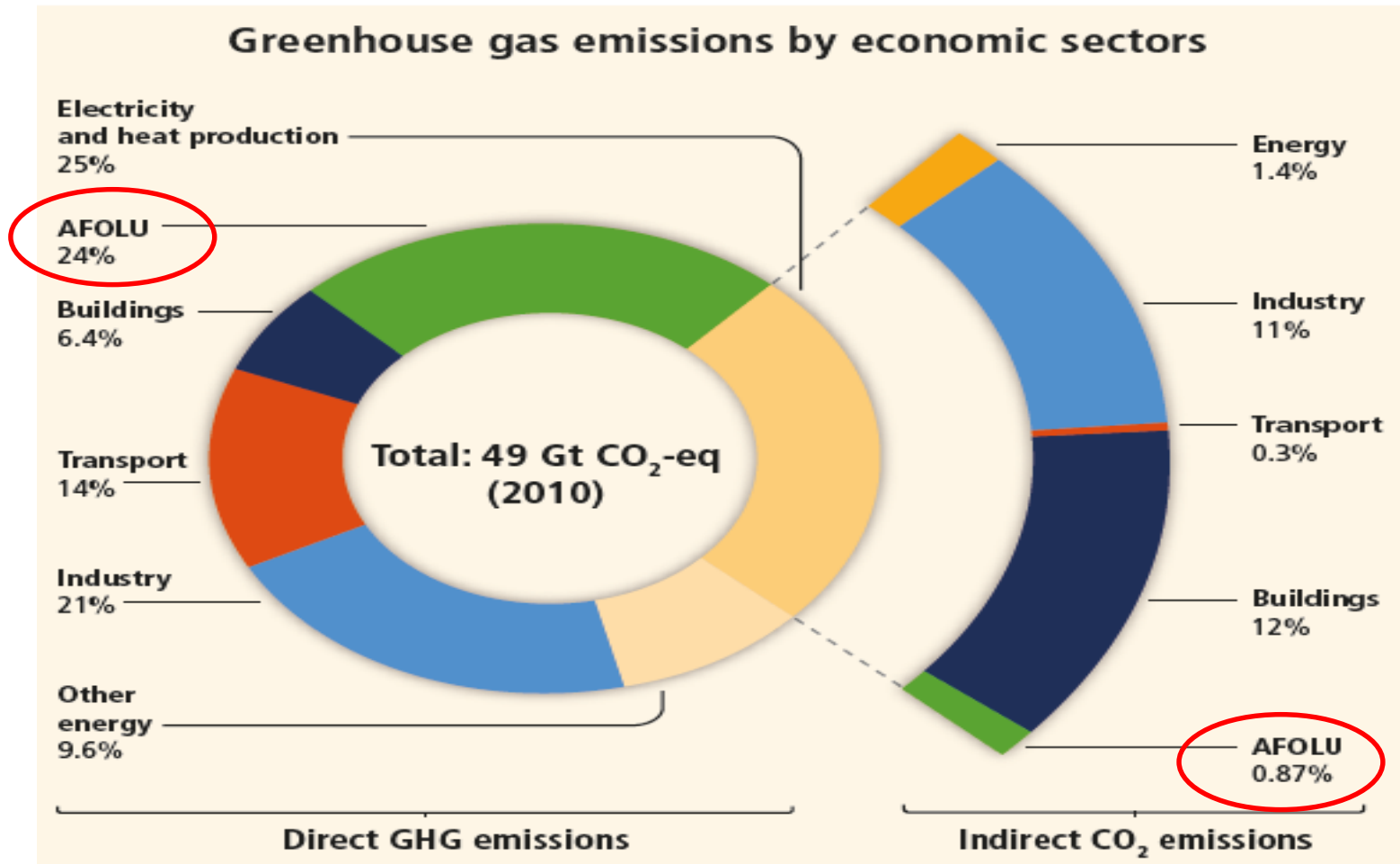
Åkermark (ungefär i balans)

Utsläpp från dränerade organogena marker kompenseras av fastläggning i mineraljordar : ca 2,4 Mton CO₂-ekv.

Globala utsläpp av växthusgaser

(koldioxid, metan, lustgas)

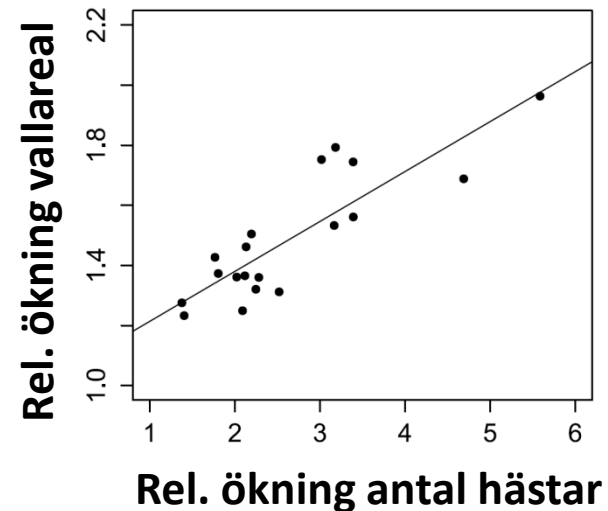
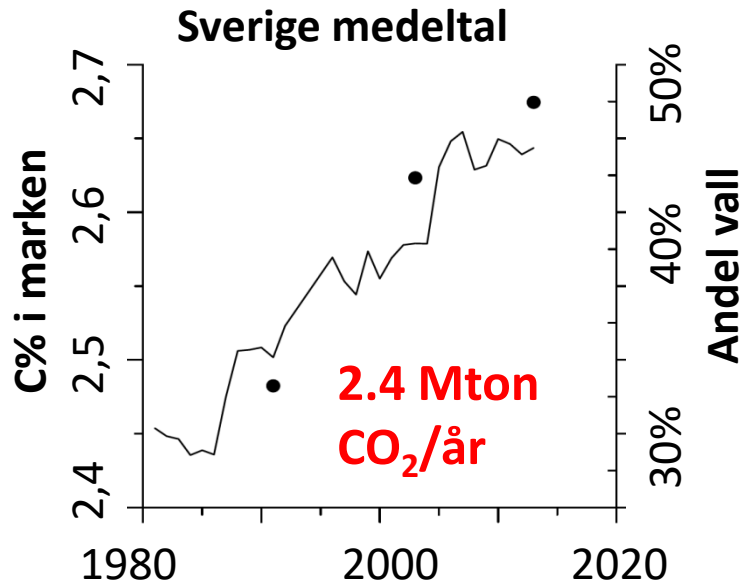
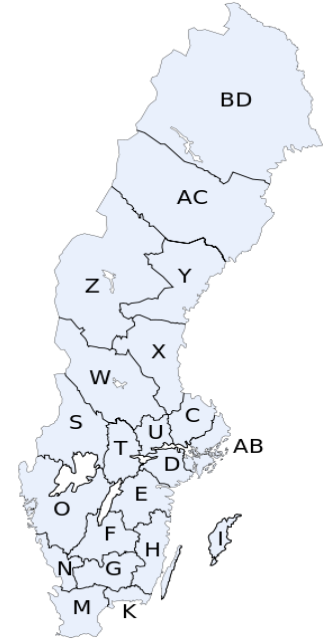
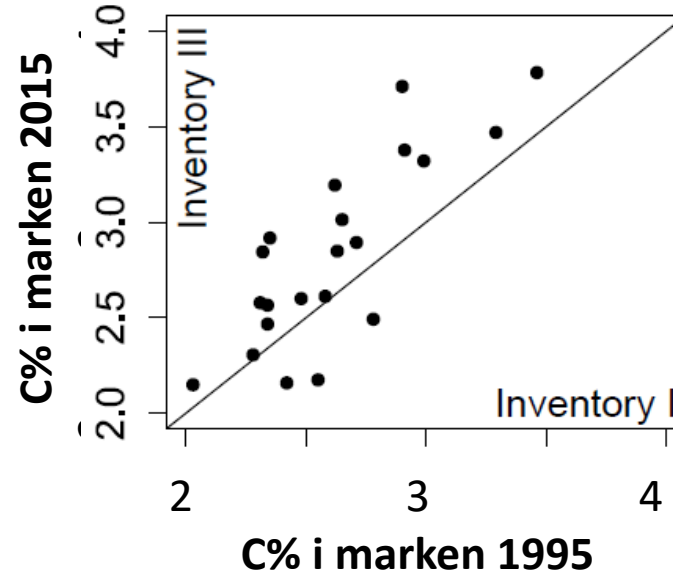
25% från den gröna sektorn



Kol i svensk jordbruksmark

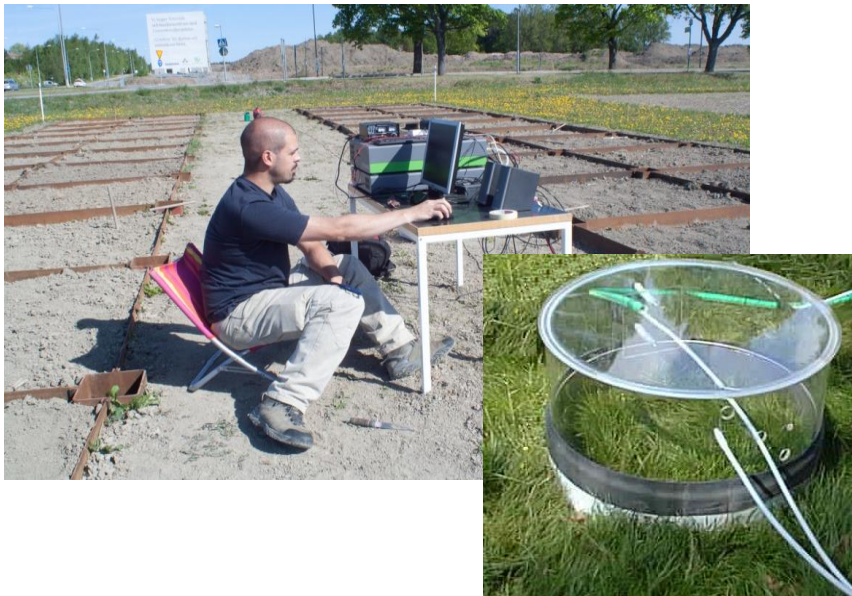
Poeplau et al. 2015 Biogeosciences 12: 3241–3251

Nationella inventeringar av åkermark:
I (1988-97),
II (2001-07),
III (2010-17)

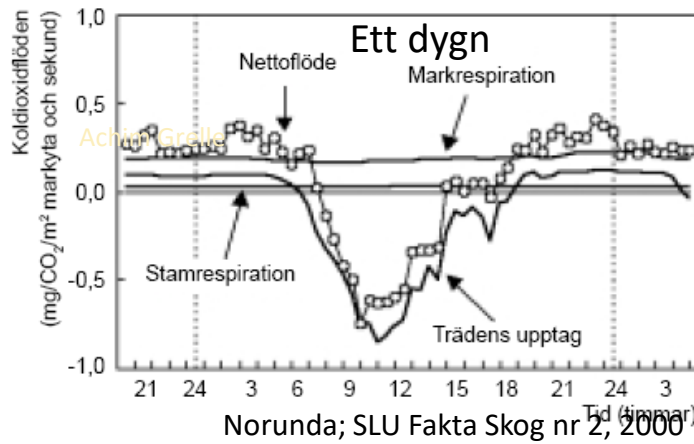


Hur mäter man förändringar i kolförråd?

- 1) Förändringar i förråd** - långliggande försök eller åtkommande inventeringar
- 2) Flöden:** Mikrometeorologiska metoder (eddy flux) eller kammare

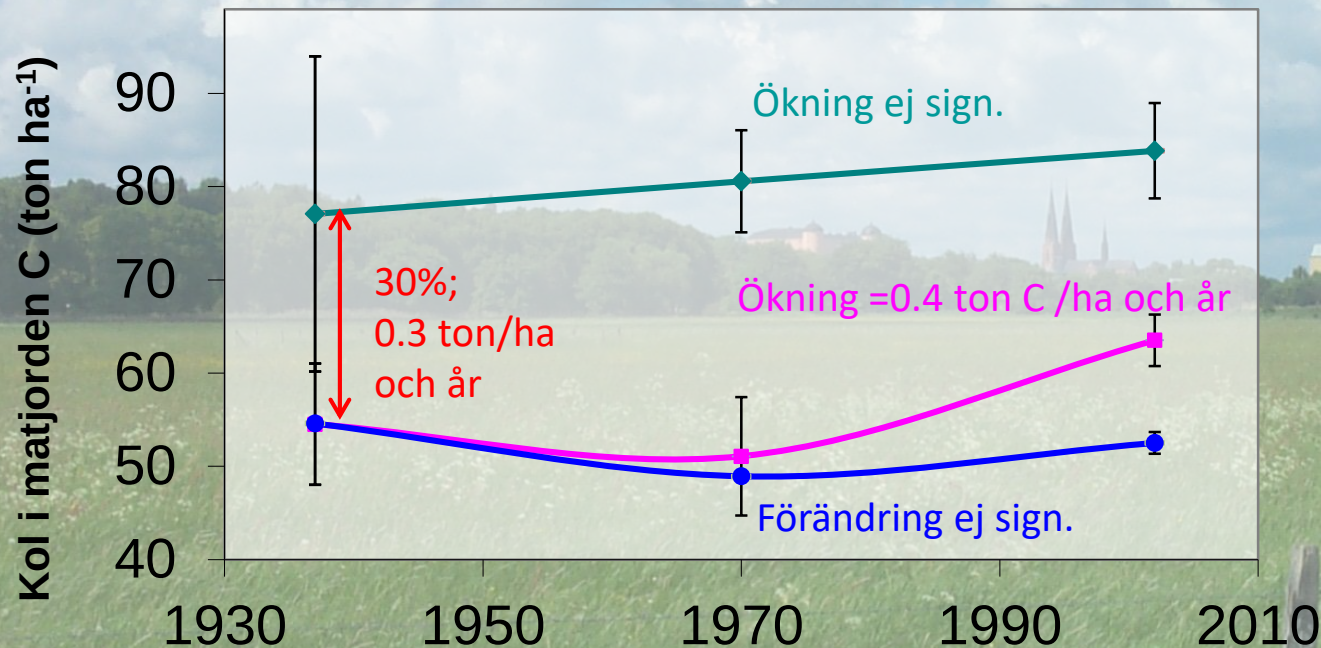


Eddy-flux mäter netto-gasutbytet mellan ekosystemet och atmosfären.
Bra för förståelsen – hög tidsupplösning.



Åtkommande markinventeringar på gådsnivå

Kungsängens gård, Uppsala



Betesmark

Åker fram till
1970, sedan
betesmark

Åker sedan
1860

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

1 ton C per ha och år

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. Pilegaard^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. Horvath^j, 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



One year
sample

30 kg C per ha och år

Nationell markinventering

30 000 permanenta rutor

383 rutor på betesmark

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

- Lite kol läggs fast i svenska betesmarker
- Högre intensitet (gödsling) kunde öka förråden – men har negativa effekter på biodiversitet etc.

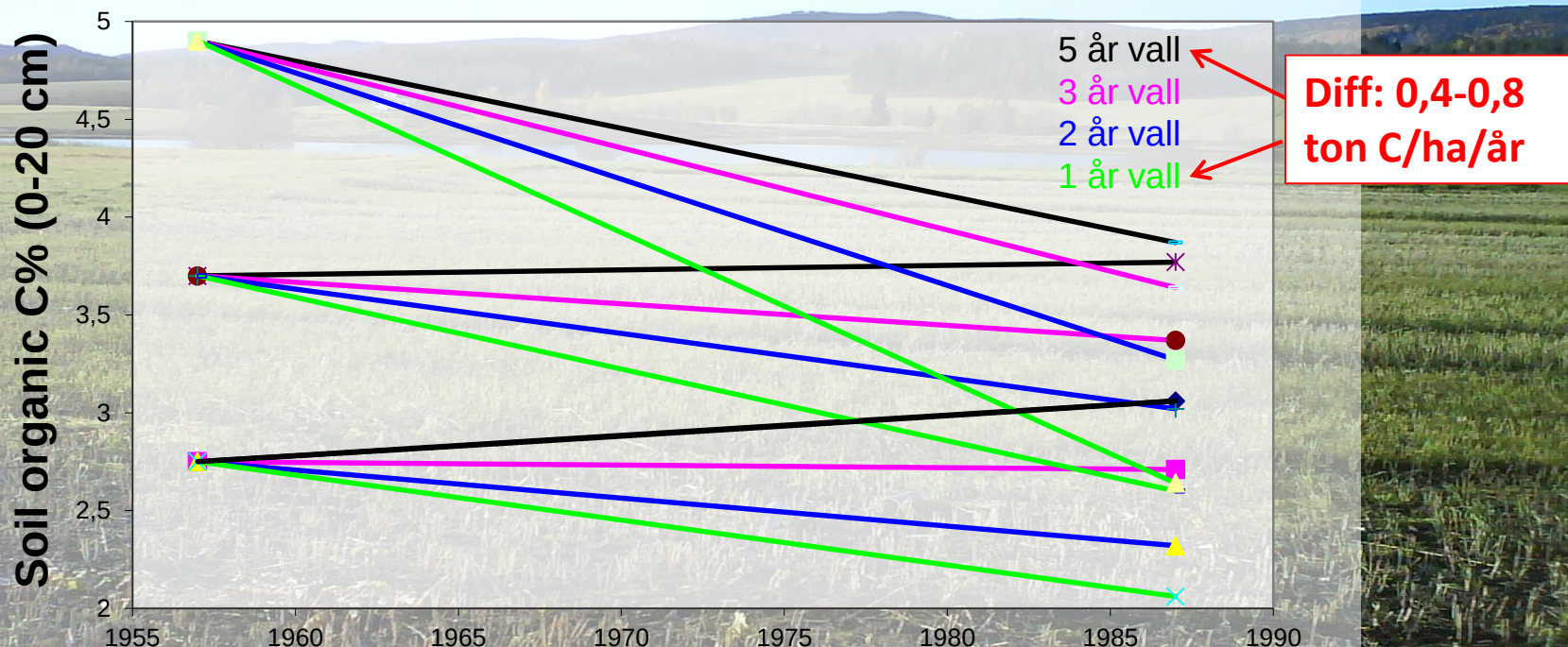
Grönytor i städer och golfbanor kan lagra in kol



Projekt i 3 svenska städer: högre kolförråd i gräsmattor och ängsmarker jämfört med närliggande jordbruksmark.

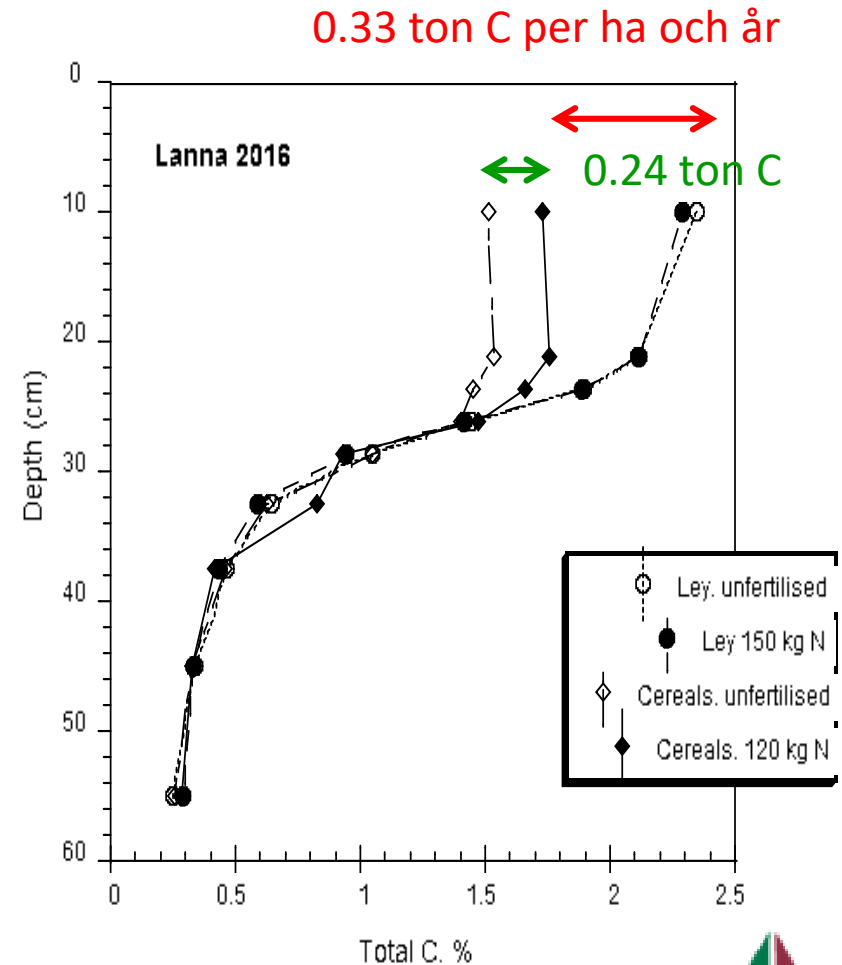
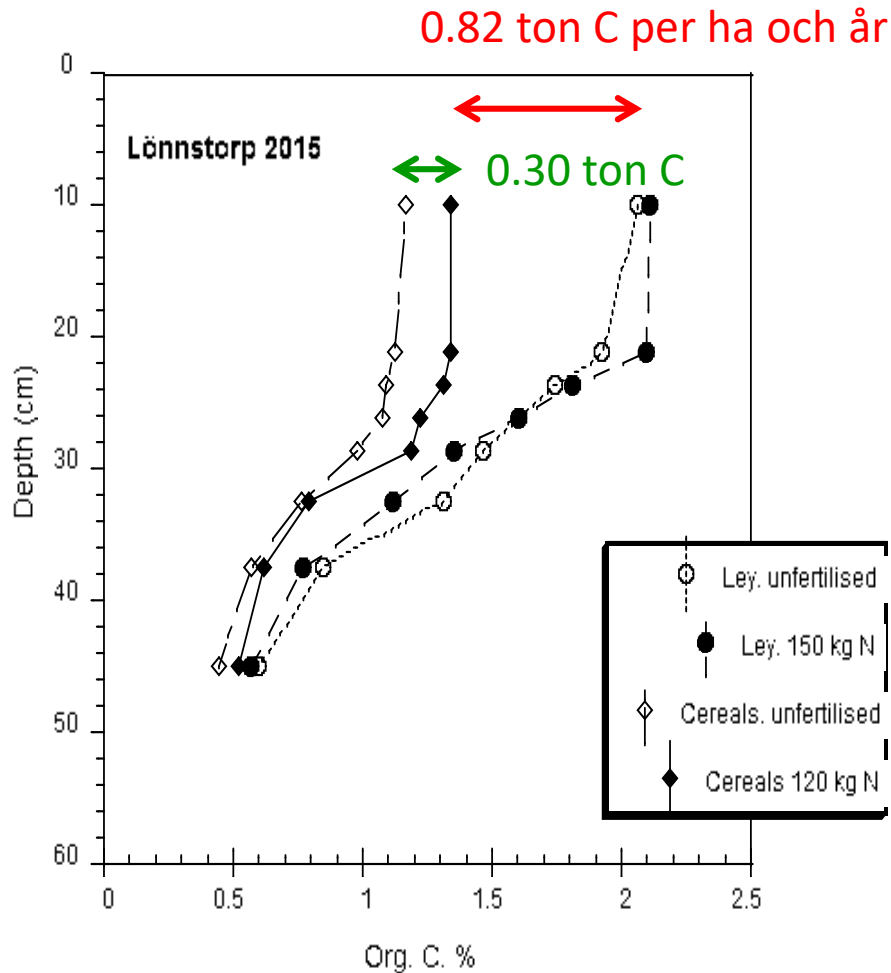
Fleråriga växter satsar mera på rotsystemet och leder därför till mera positiva kolbalanser än ettåriga växter

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



Markkol under långvarig vall repektive stråsäd efter 35 år

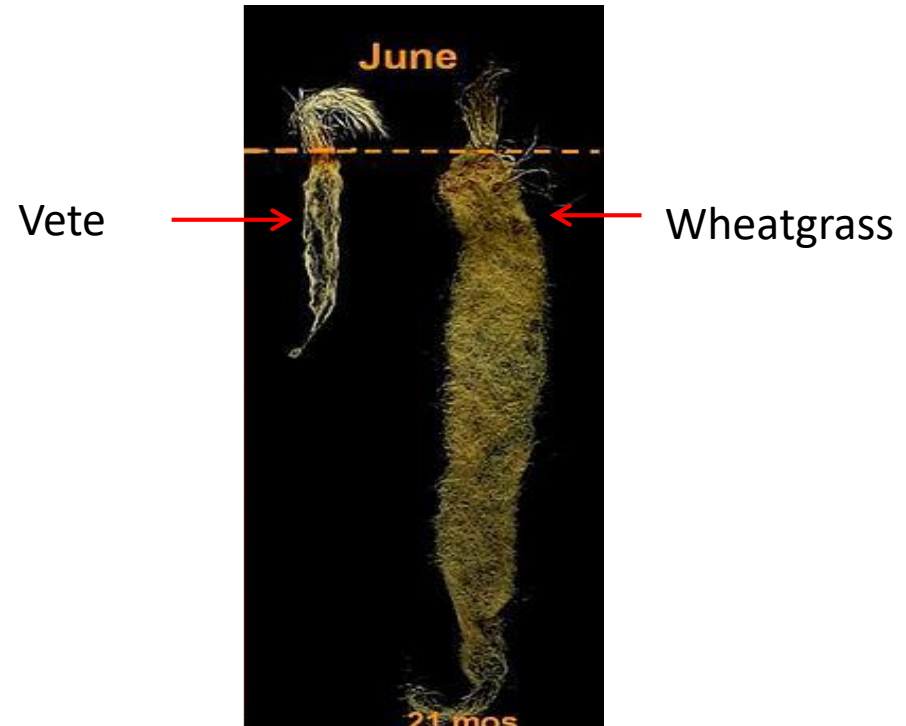
Samma försöksupplägg på 2 platser



Inlagringenspotentialen i alven skiljer sig mellan platserna

Börjesson et al., 2018 BFS

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

Majs

Väl-dränerad

Vattensjuk

Rotsystemets arkitektur styrs
av genetiken och mark/miljön
(vatten, näring, temperatur,
mekaniskt motstånd m.m.)

Rich & Watt 2013 J Exp Bot 64

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

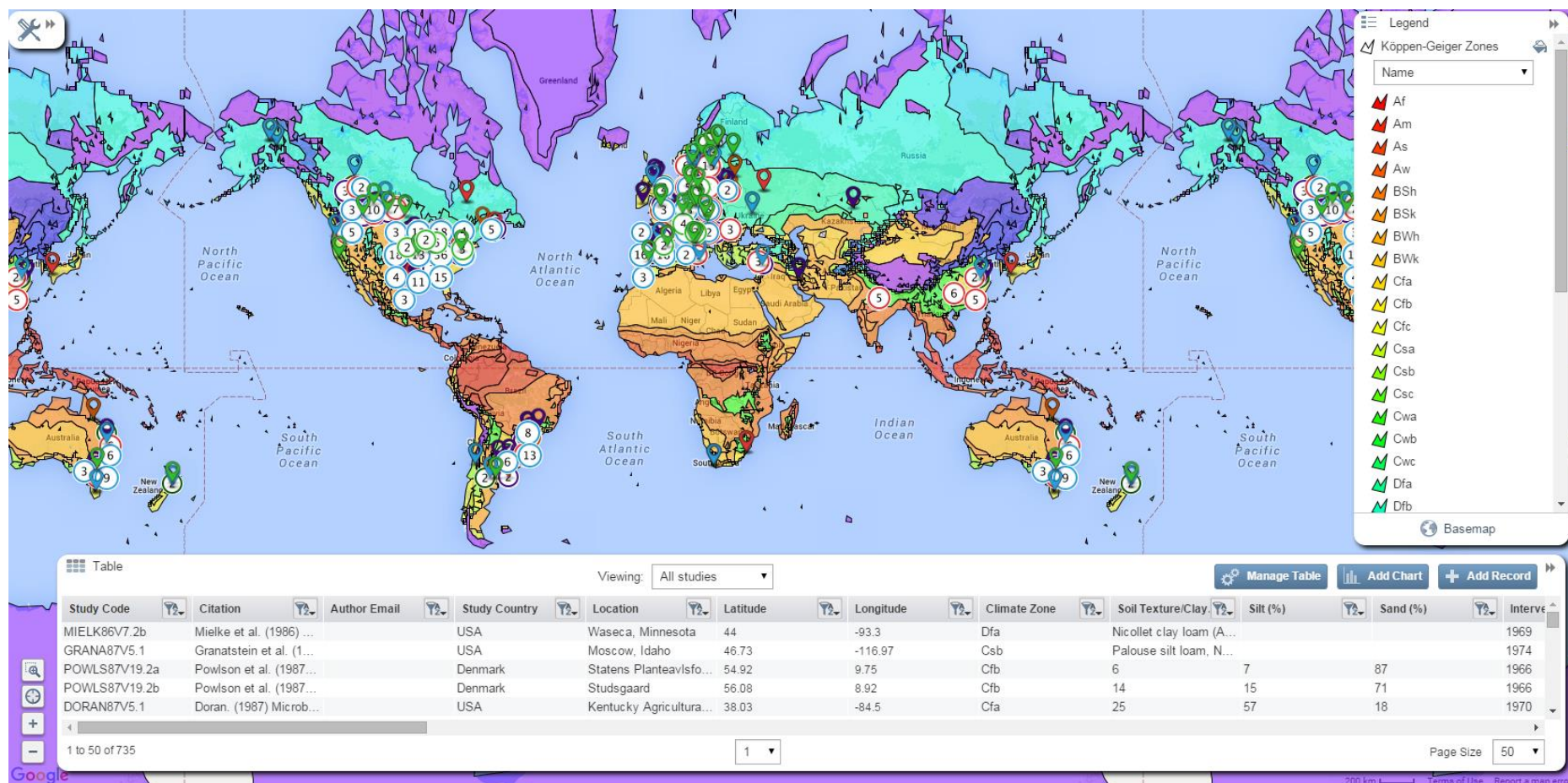
Sedan 2002 har 600 000 ton rötslam används för vegetationsetablering



Undvik bar mark



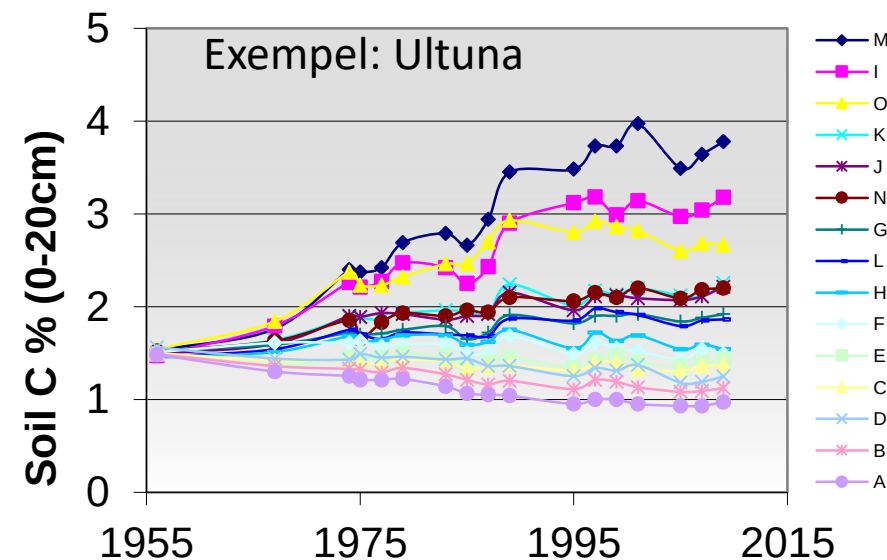
Effekt av odlingsåtgärder på markens kolförråd i tempererat klimat **735 fältförsök (>10 år)**



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

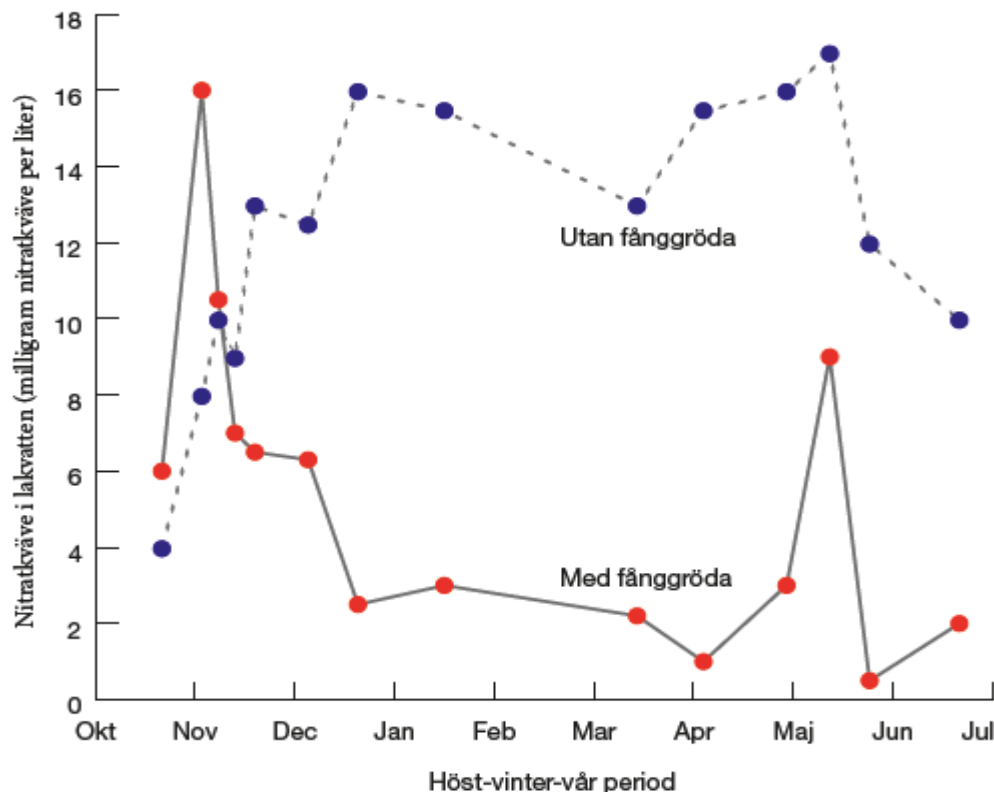


- Ungefär 50 försök > 20 år
- Effekter av gödsling, kalkning, växtföljder, jordbearbetning, m.m.
- Viktiga för kalibrering och validering av modeller



Effektiva åtgärder mot näringsläckage:

Fånggrödor och bevuxna åkerkanter minskar näringsläckage och leder till kolfastläggning i marken



Sandjord i södra Sverige

Bergström & Jokela (2001) *J Environ Qual* 30, 1659-1667

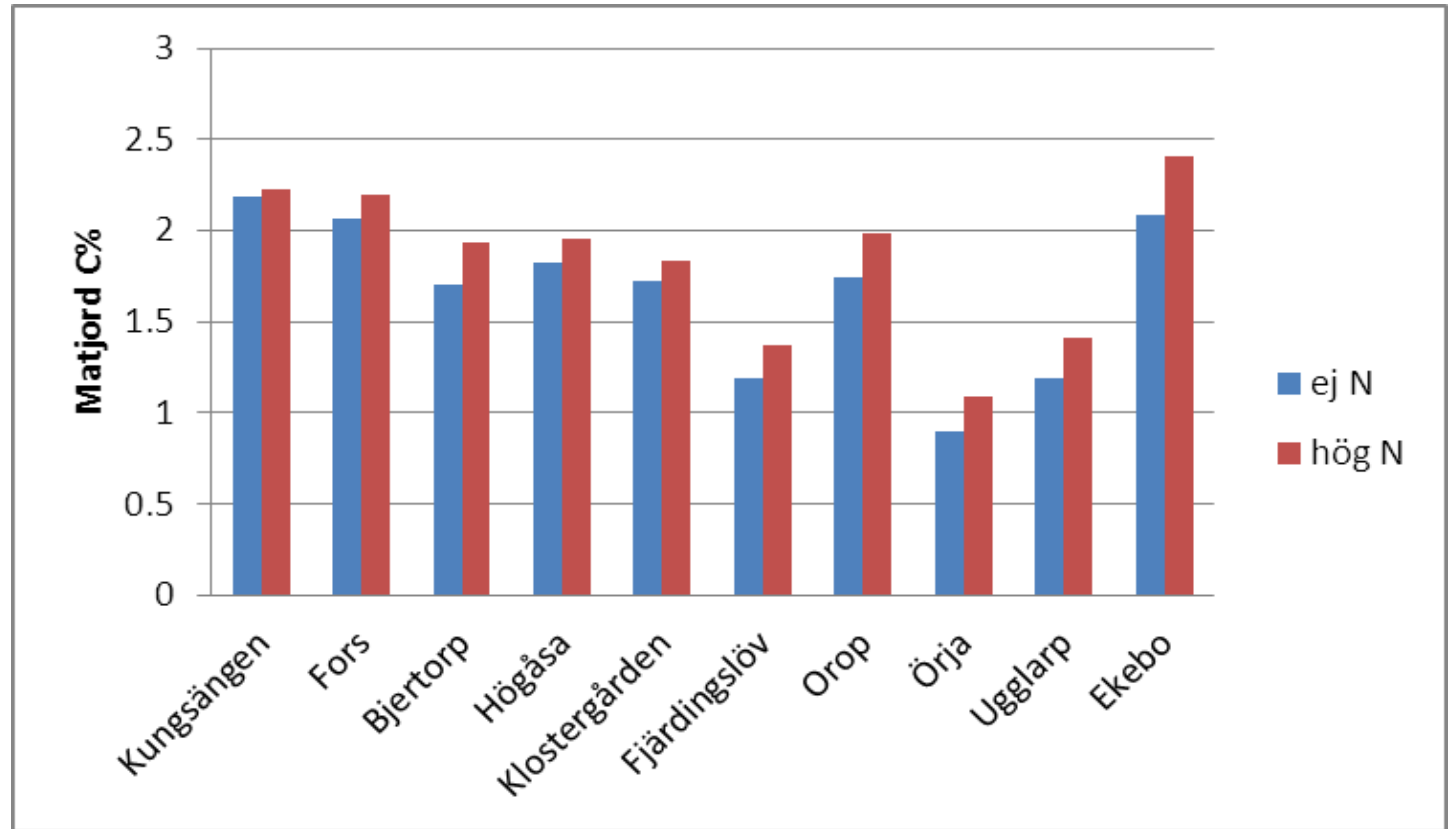
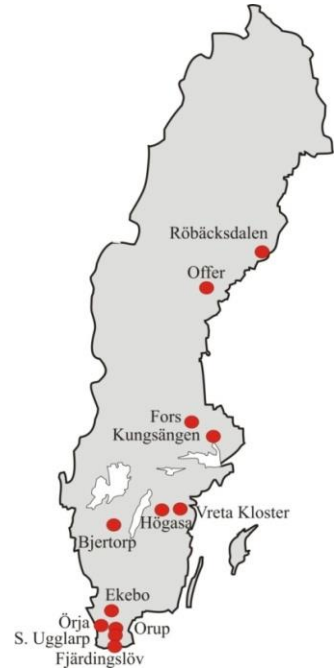
Photo: Gunnar Torstensson.
Timothy and English Ryegrass

Resultat från 4
långliggande svenska
försök visar en
kolinbindning på **320
kg C per hektar** för
varje år fånggrödor
odlas

Poeplau et al. (2015)
Geoderma Regional

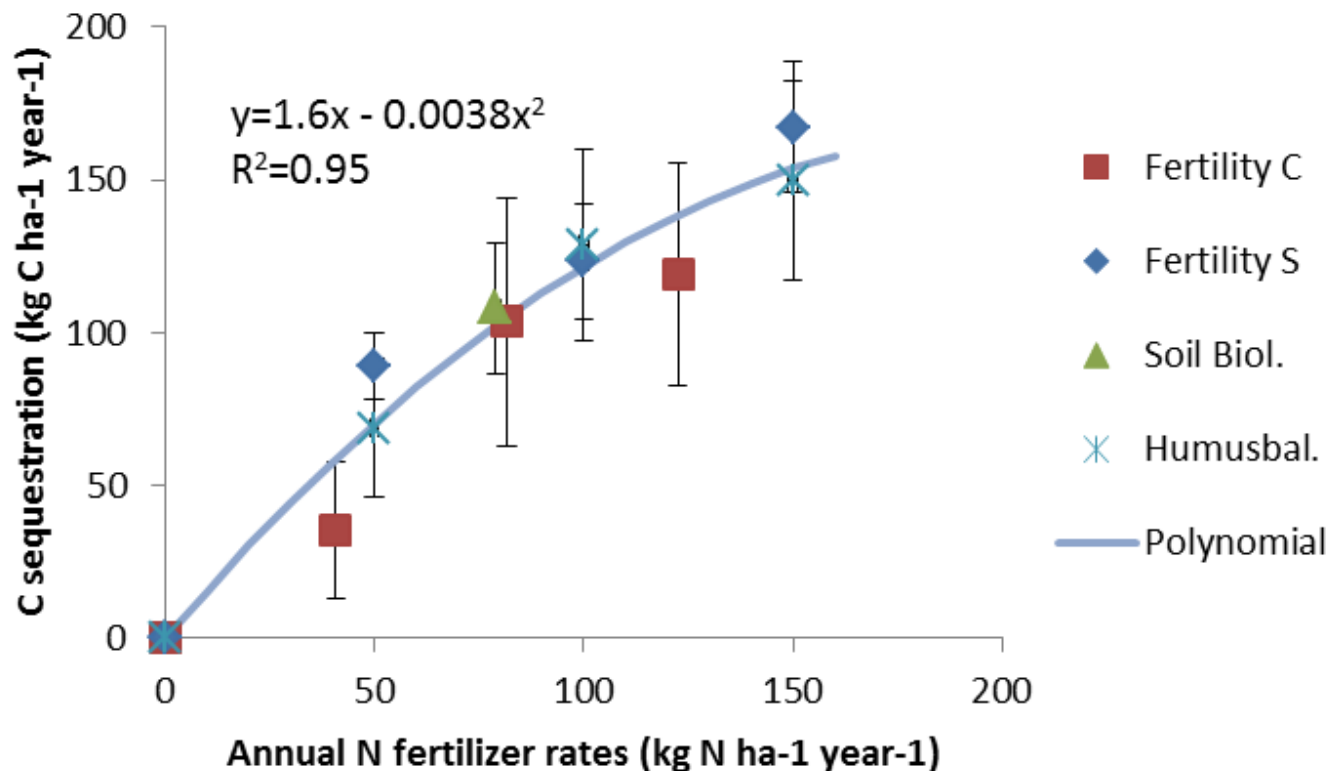


Kvävegödslingens effekt på markens kolhalt (efter 50 år i Bördighetsförsöken, vf. 2)



N-gödsling höjer kolförrådet i marken 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)**

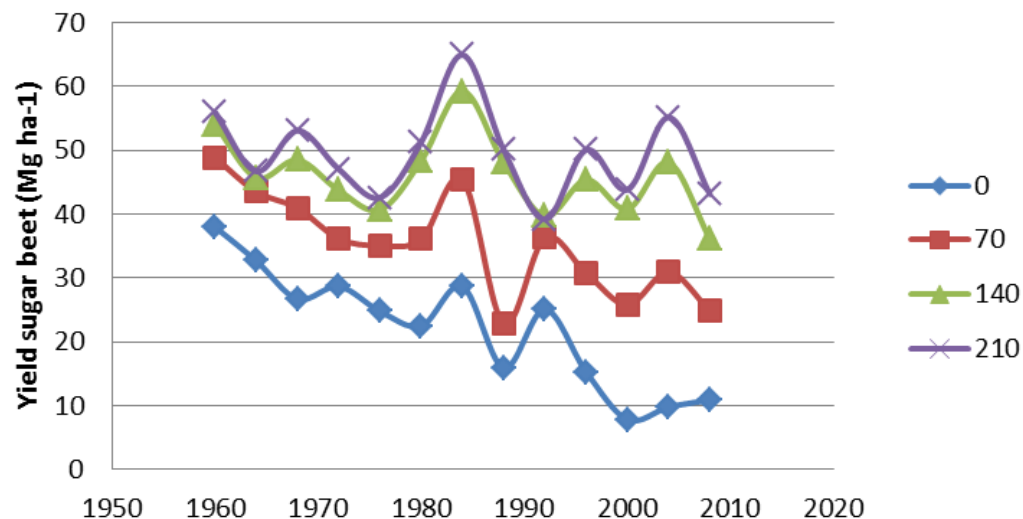


Tillkommer: kolfastläggning i alven: cirka 0.5 kg C kg⁻¹ N
Total kolfastläggning : 1.5 kg C kg⁻¹ N (5,5 kg CO₂-equ.)

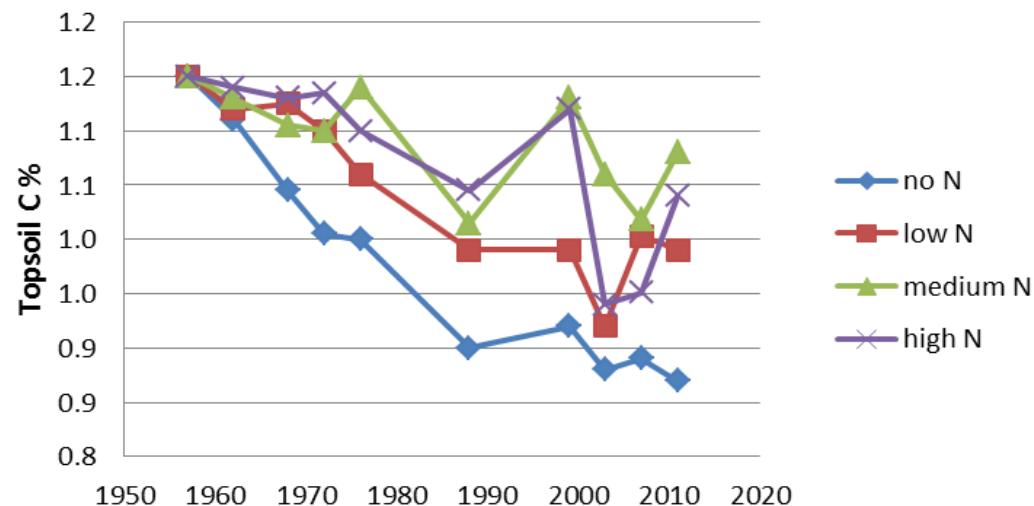
Skördar och markkol i Bördighetsförsöken t.ex. Örja



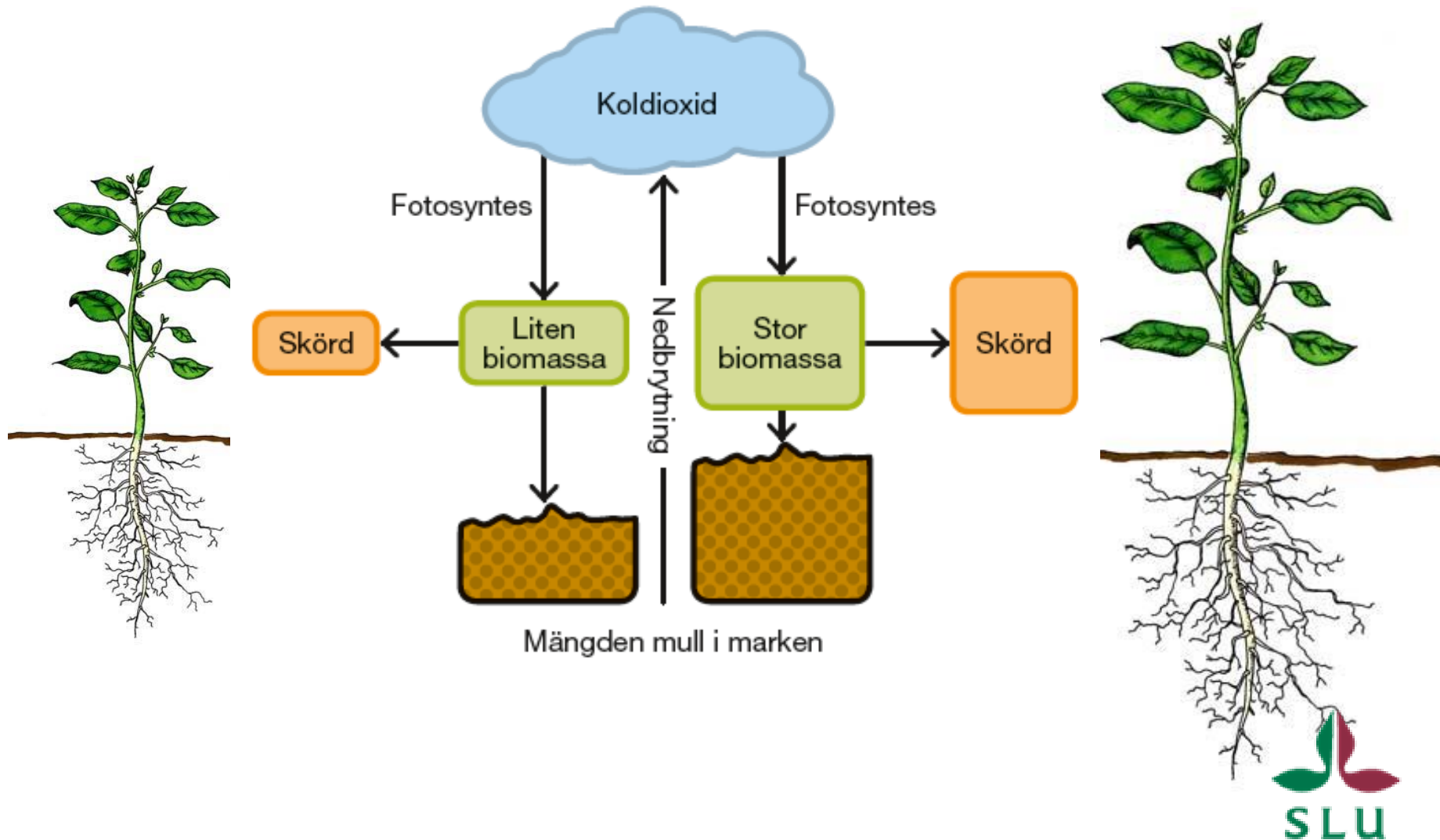
Sugar beet, Örja rot. II, high PK



Örja, rot. II, high PK



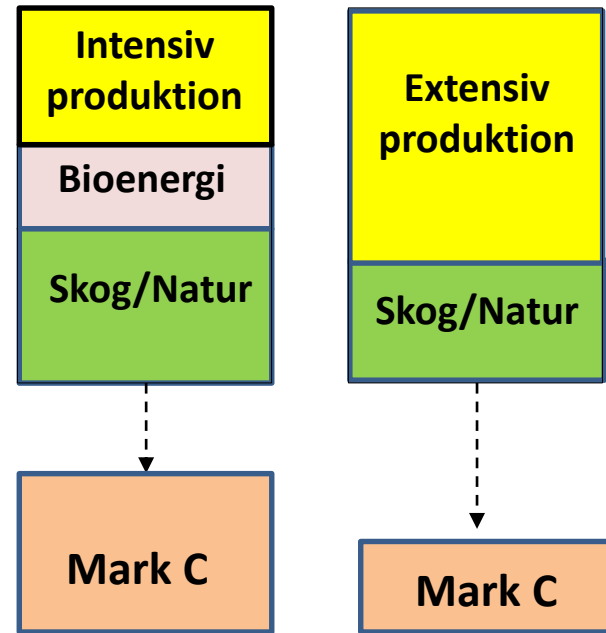
Hög produktion leder till hög kolförråd och vice versa



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

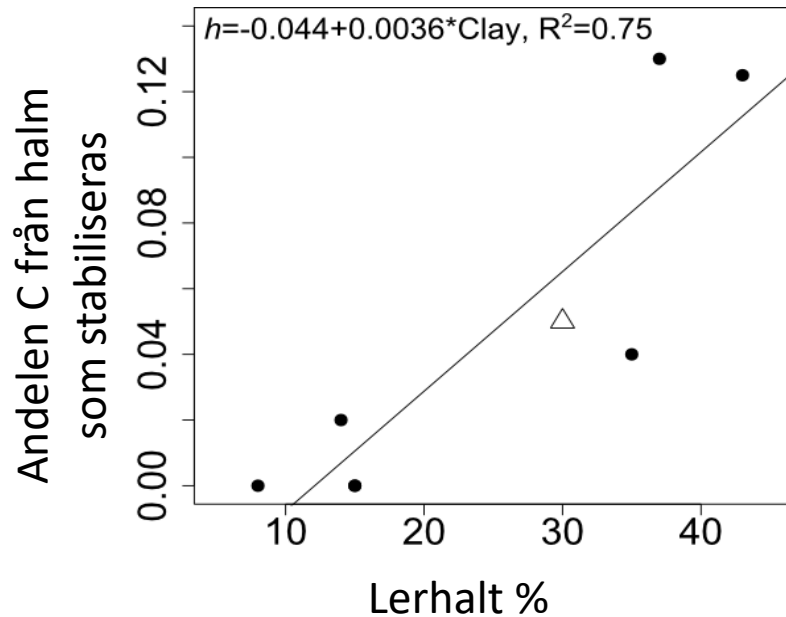


Arealbehov för att producera en viss mängd

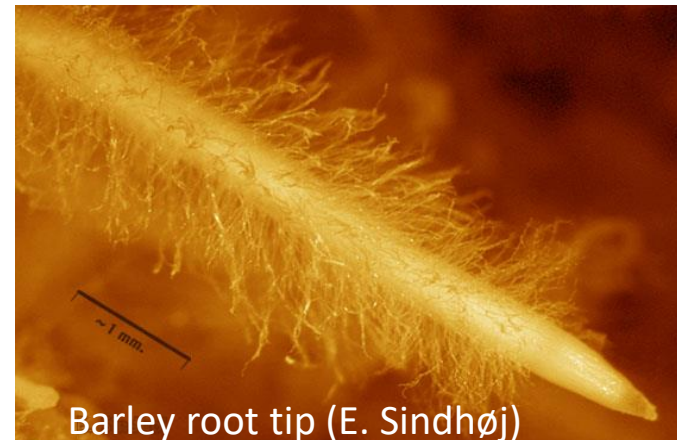


**Produktionen per yta måste öka för att försörja
en växande befolkning**

Rötter har en större effekt på kolinlagring jämfört med samma mängd ovanjordiska skörderester

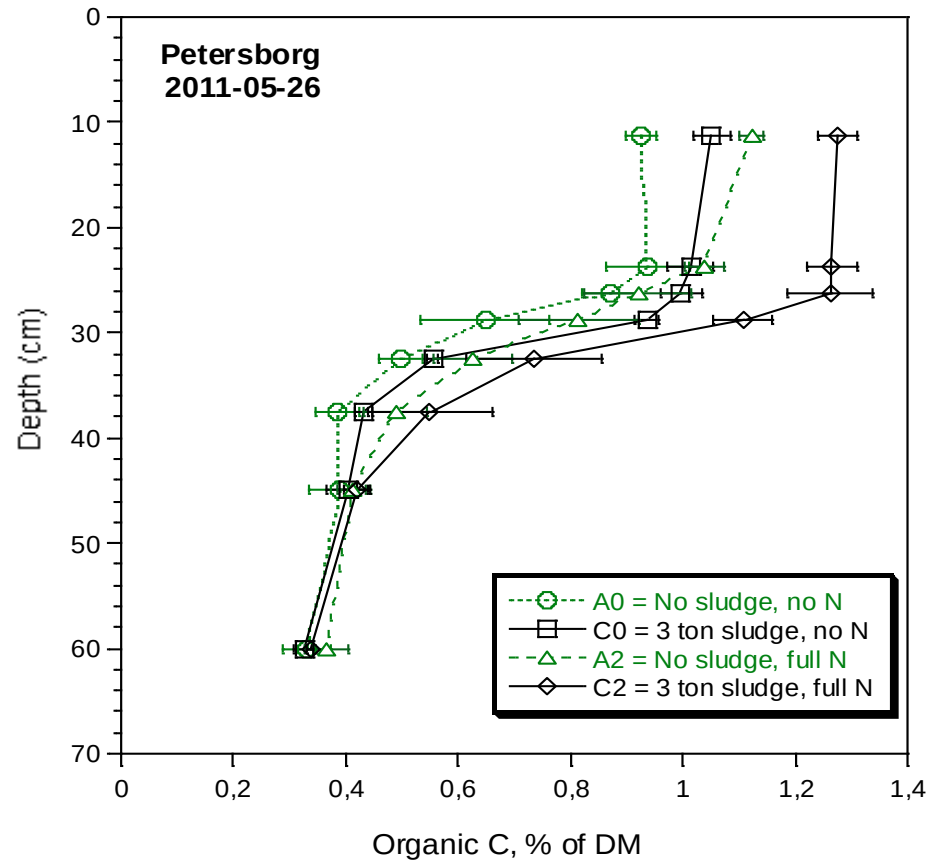


- 18 parvisa jämförelser halm bortförd vs. halm kvarlämnat
- 7 försök 27-58 år
- Fastläggningen ökar med lerhalten
- Andelen C från rötter som stabiliseras är mera än dubbel så hög som den från ovanjordiska skörderester



Kätterer et al., AGEE 2011, 2014
Menchetti et al., AGEE 2015
Poeplau et al. Geoderma 2015.
Ghafoor et al., BFS 2017

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



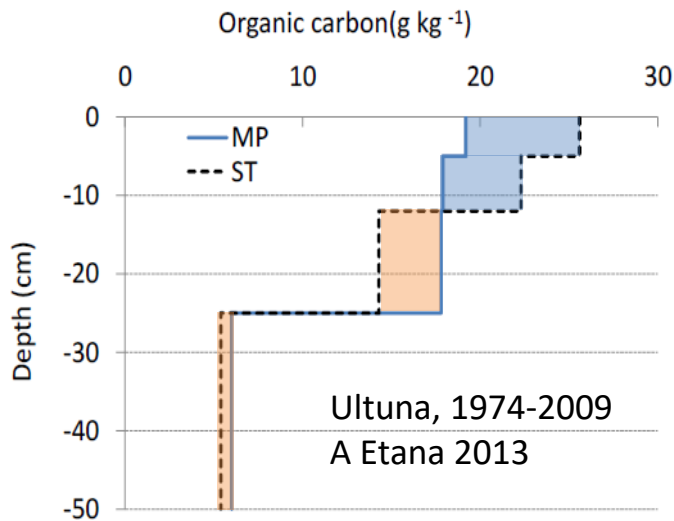
- 16 and 32% av tillfört slam har stabiliserats i marken
- Om man skulle sprida all rötslam som produceras i Sverige (214 000 ton/år) jämt över all åkermark (24 kg C/ha), skulle kolförrådet öka med 4-8 kg C per ha och år

Reducerad jordbearbetning?

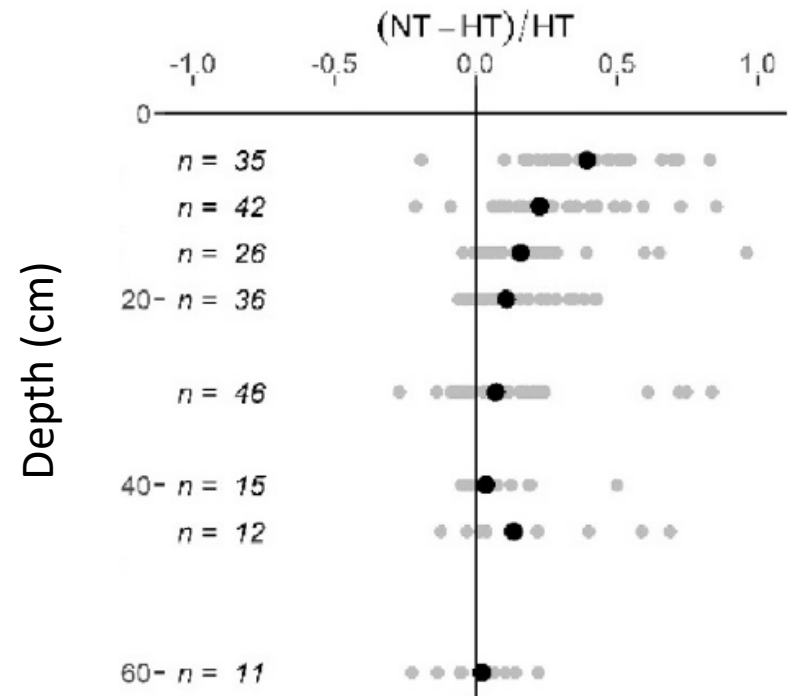


Resultat från 101 försök i tempererad klimat:
Ökningen pga. no-till (NT) jämfört med plöjning
(HT) var i genomsnitt <0.1 ton C/ha år.

Meurer mlf., 2018. Earth-Science Reviews



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



Djupplöjning till 1 meter i östra Tyskland

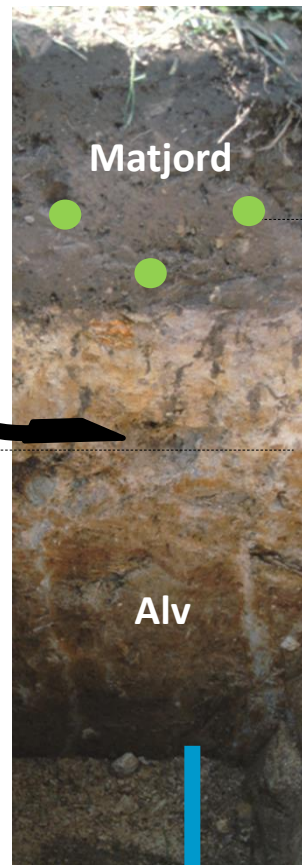


- 42% högre kolförråd efter 45 år ner till 1 m djup, 10 platser.
- 15% lägre C% i matjorden – potential för att lagra mera C finna alltså.

Framtid: Förbättrade jordbruksmetoder – uthållig intensifiering



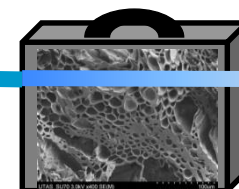
Alvluckring och injicering av organiskt material för bättre markstruktur, genomrotning, effektivare upptag av vatten och näring, kolfastläggning



Växtanpassad placering av grön mineralgödsel

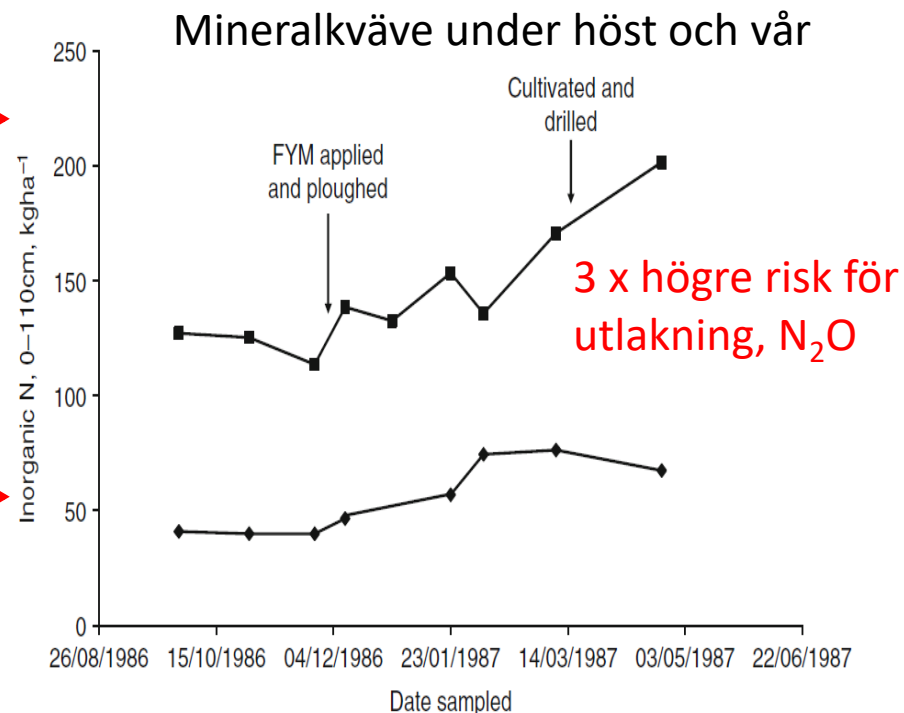
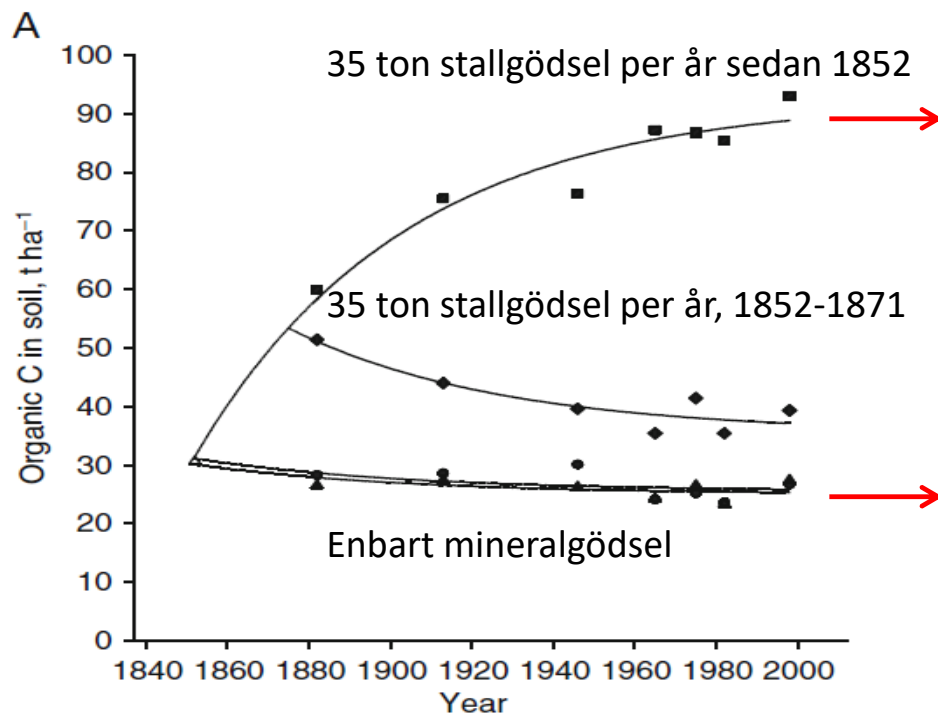
Biokolfilter som fälla för fosfor och bekämpningsmedel

Sedimentering och N-reduktion i våtmarker



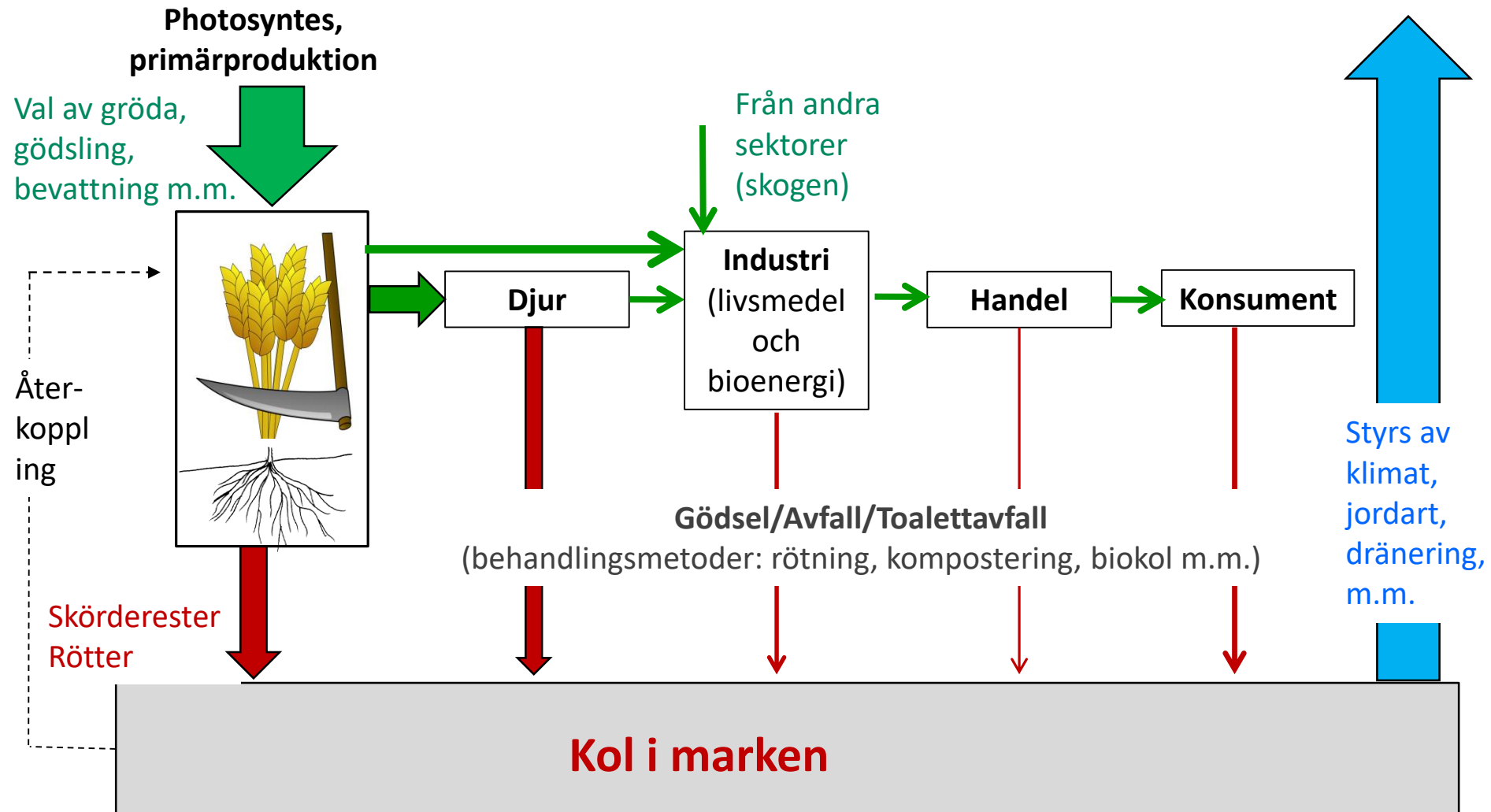
Potentialen för kolinlagringen avtar med tiden

Hoosfield Continuous Barley, Rothamsted



- Jämvikt nås efter mera än 100 år i vårt klimat
- Höga multhalter ökar risken för kväveläckage och lustgasemissioner

Markens kolbalans kan påverkas, främst genom primärproduktion



Framtid: Ett fossilfritt jordbruk

- Fånggrödor – råvara för biogas?
- Förgasning av skörderester (tex. halm) ersätter diesel och restprodukten (biokol) används t.ex. för vattenrening.
- Energin i halmen från ett hektar höstvetete räcker till för att producera 1600 kg kväve. Motsvarande energi från en hektar salix ger 3900 kg kväve.
- Fleråriga energigrödor ökar kolförrådet i marken
- Flera buskar och träd i träd i jordbrukslandskapet (kolsänka, biologisk mångfald)



Dränerade mulljordar – stor källa för CO₂ och N₂O

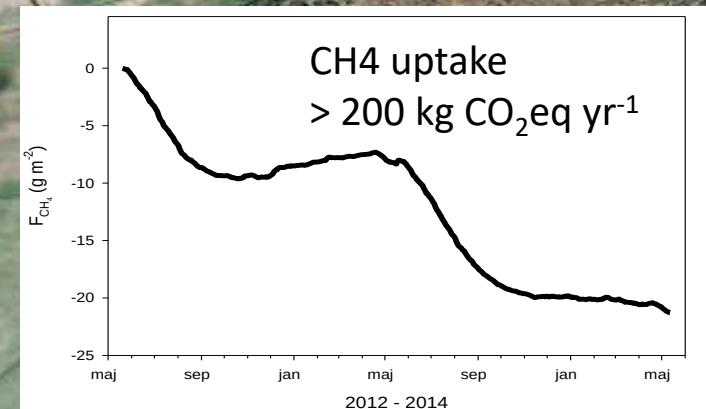
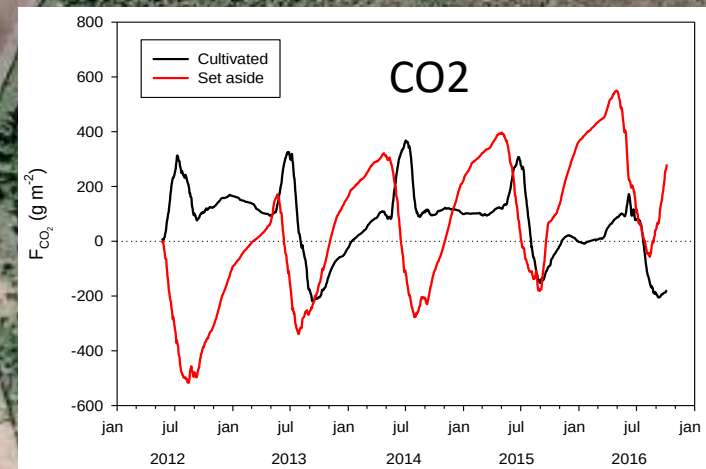


2 m subsidens på 100 år
(Bälinge, Uppland)

Forskning pågår i Harbo, Uppland

Cultivated

Set aside

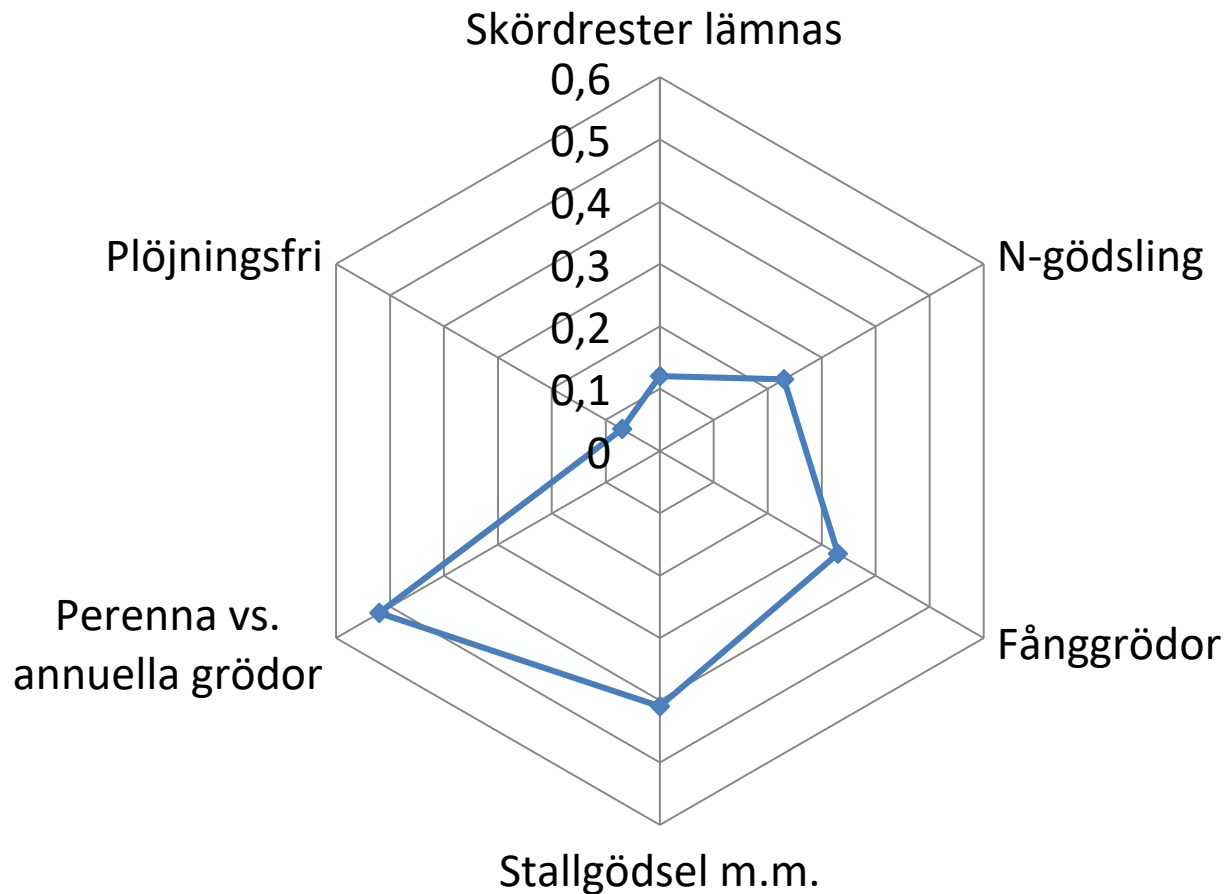


Sammanfattning:

Hur vi kan öka kolförrådet i marken

- Stoppa avskogningen genom uthållig intensifiering av jordbruket
- Hög produktion (1-2 kg C extra per kg N) höjer mullhalten på plats och minskar avskogningen
- Rötter är viktiga för markens kolbalans
- Grön mark året om (fånggrödor, åkerkanter, m.m.)
- Fleråriga växter (agroforesrty, salix etc.),
- Rester från samhället (biokol, rötter, kompost, slam)? Nettoeffekten beror på alternativ användning. OBS resurser som recirkuleras redan idag (t.ex. stallgödsel) påverkar inte kolförrådet.
- Växtförädling – större rotbiomassa, svårnedbrytbara skörderester, flerårig stråsäd
- Minskad jordbearbetning? Marginell effekt i Sverige – men minskad dieselförbrukning, färre arbetstimmar – kanske ökade lustgasutsläpp?
- Djupplöjning, injektion av skörderester i alven?
- Forskning, teknikutveckling, rådgivning och utbildning

Sammanfattning: Åtgärder för kolinlagring (ton C per ha och år) – baserad på litterarstudier >1000 försök



Oklart hur skall vi hantera mulljordarna?

Bolinder, Freeman, Kätterer, 2017

Tack för din uppmärksamhet!

Tack till alla kollegor och medarbetare som har bidragit

Tack till våra finansiärer, främst

