



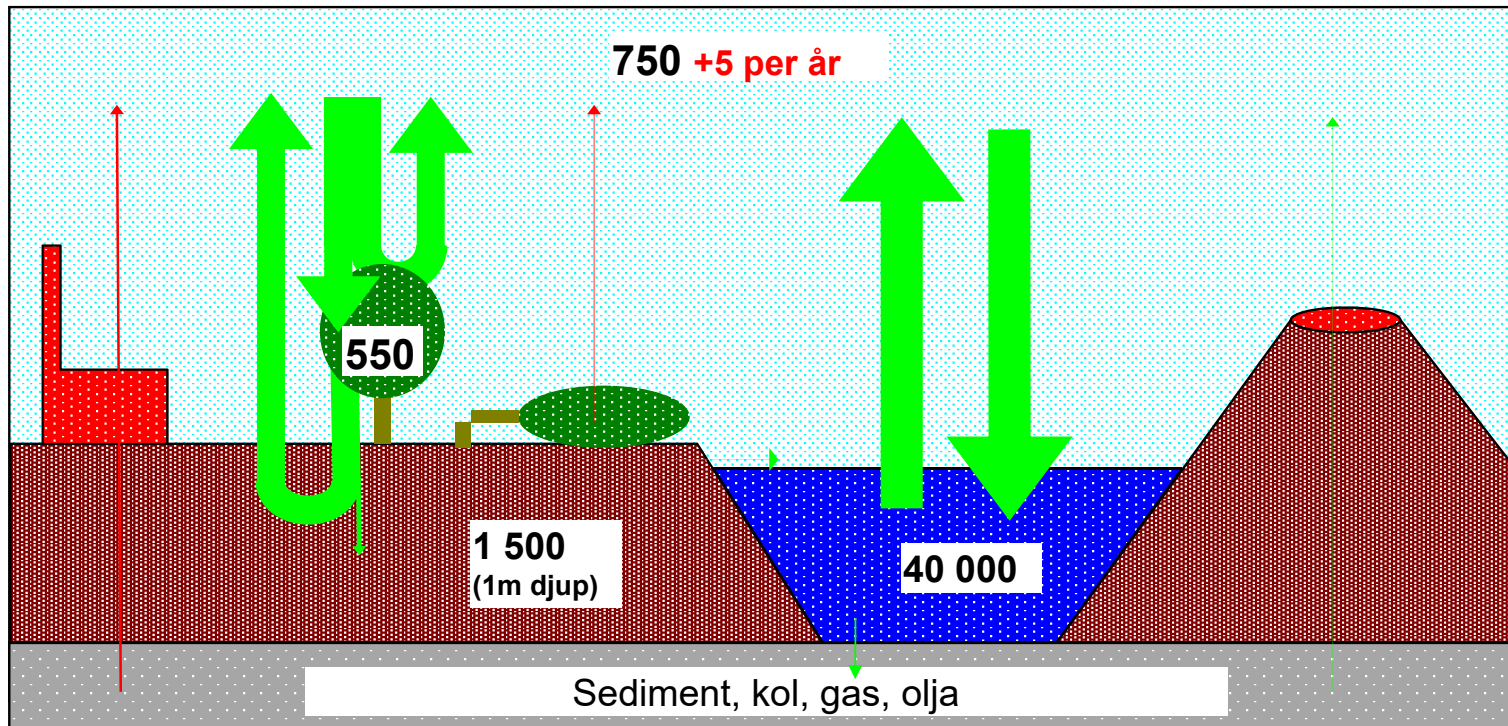
Kolinlagring i mineraljordar

Vattendag, 2 feb 2022

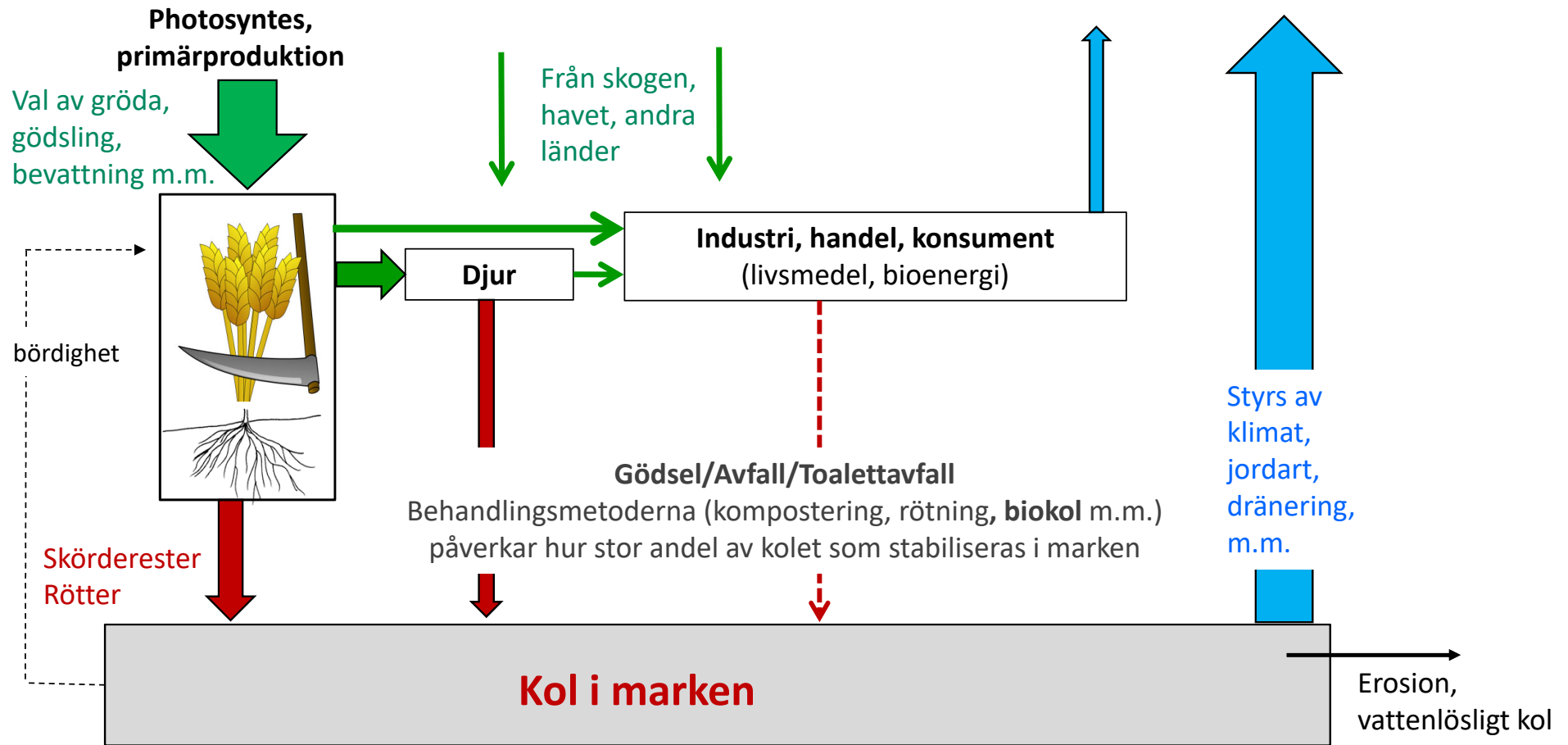
Thomas Kätterer, SLU



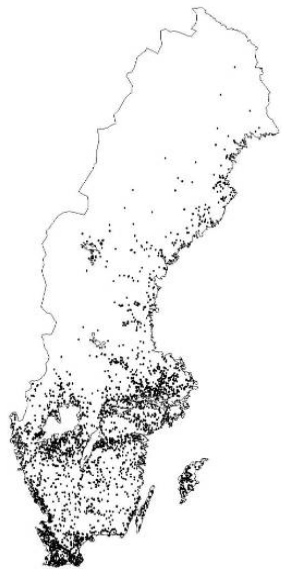
Marken spelar en central roll i den globala kolcykeln (Pg C; miljarder ton)



Markens kolbalans kan påverkas, främst genom primärproduktion



Kolhalten ökar i svensk jordbruksmark på mineraljord

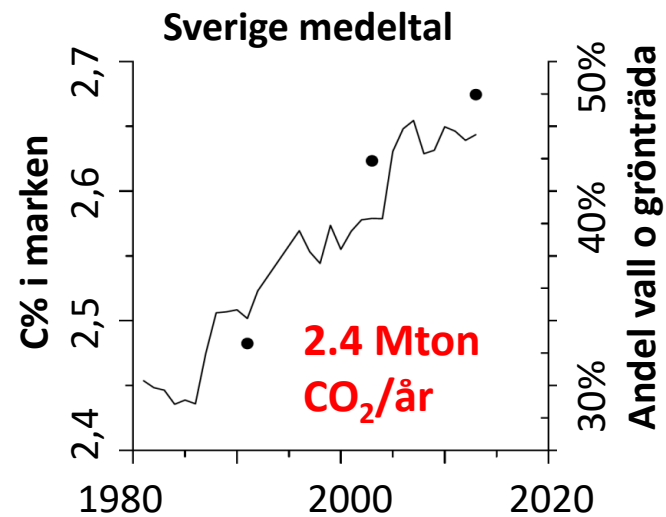


Markinventering:

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

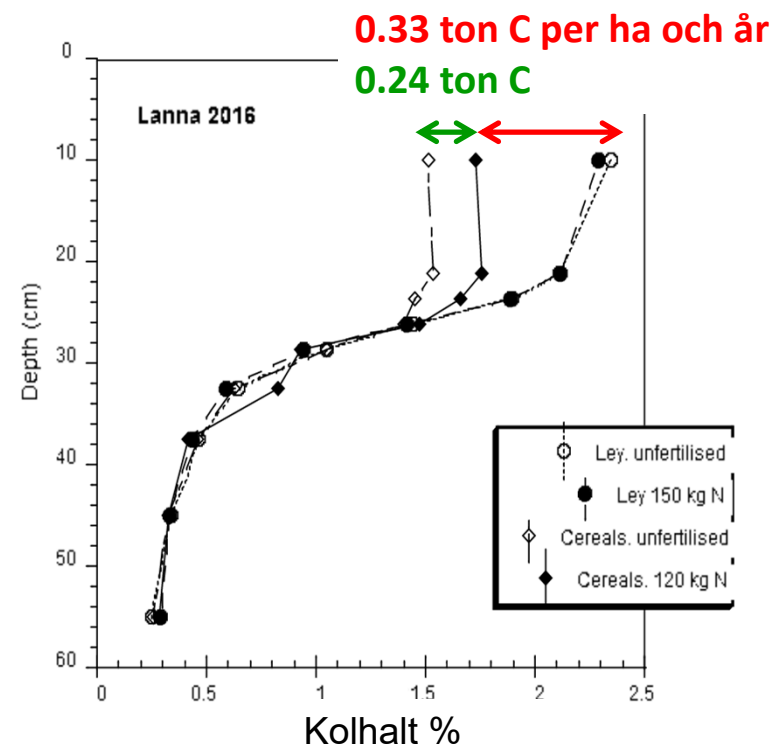
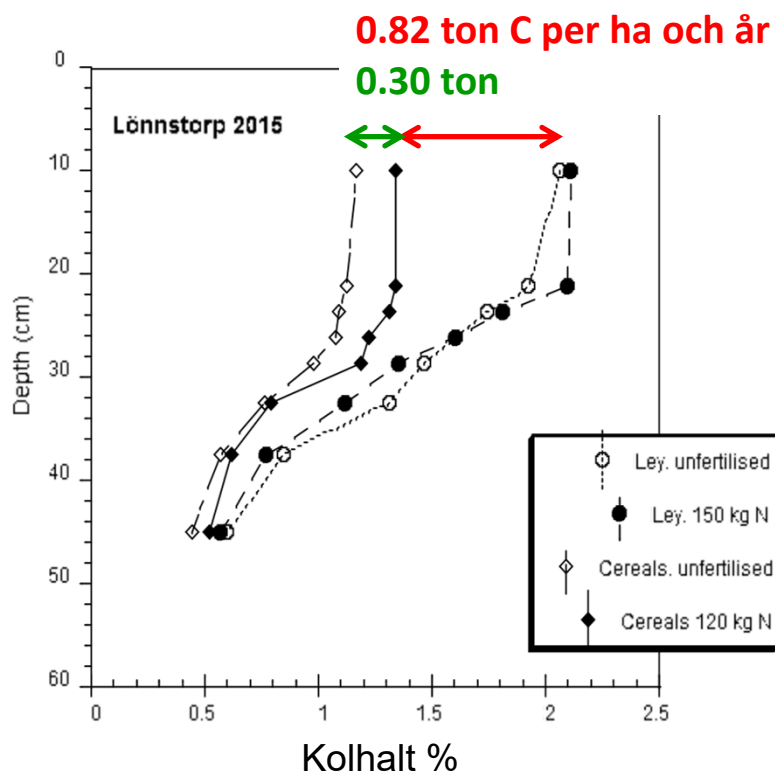
Förklaringar

- Mera vall
- Mera höstsäd, mindre vårsäd



Effekt av 35 års långvarig vall jämfört med kontinuerlig stråsäd med och utan mineralkväve

Effekt av växtföljd: vall vs. gödslad stråsäd
 Effekt av kvävegödsling i stråsäd monokultur



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

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

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

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

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

Petra Sieber, PhD-thesis SLU 2021:87





Undivk barmark!



Vid Vättern



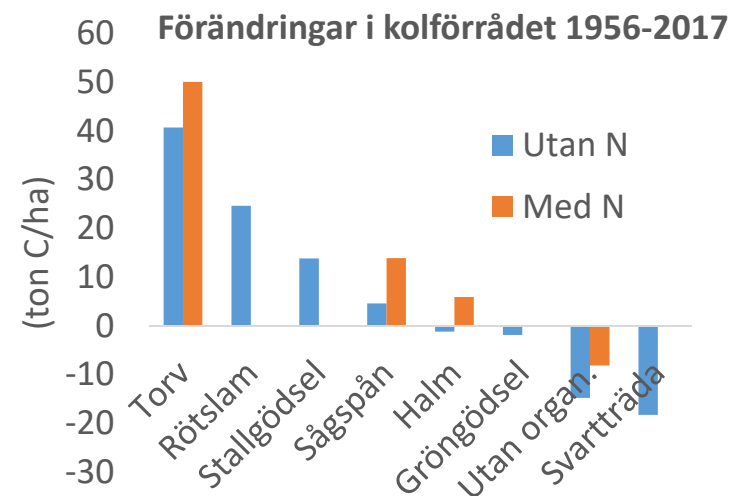
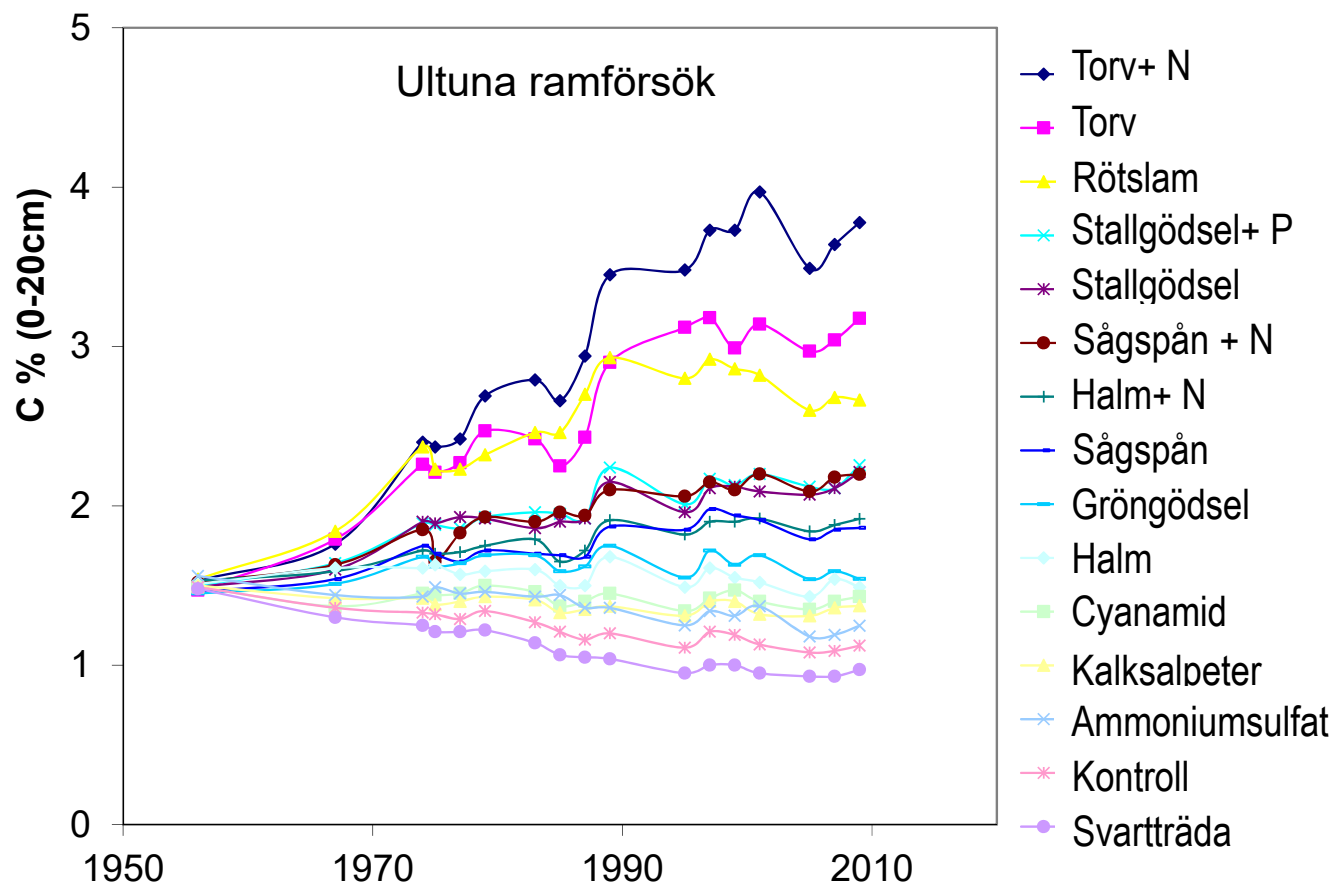
Uppland



Skåne

Långliggande försök är viktiga för att kvantifiera effekten av olika skötselåtgärder

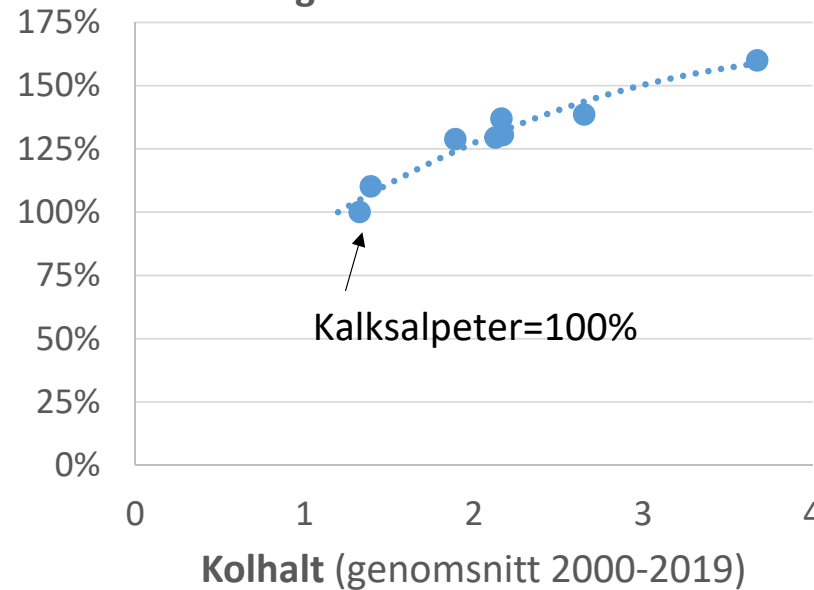
Samma mängd kol (4 ton C/ha vartannat år) tillförs i Ramförsöket i olika former



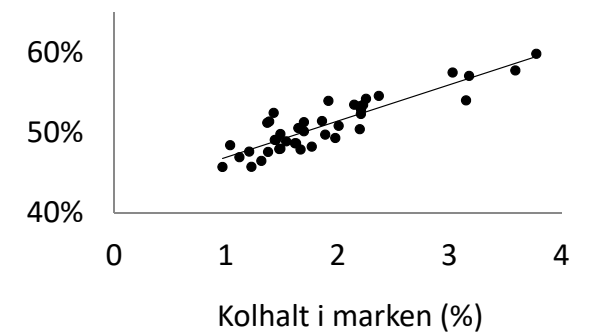
Bördigheten ökar med kolhalten i Ramförsöket på Ultuna



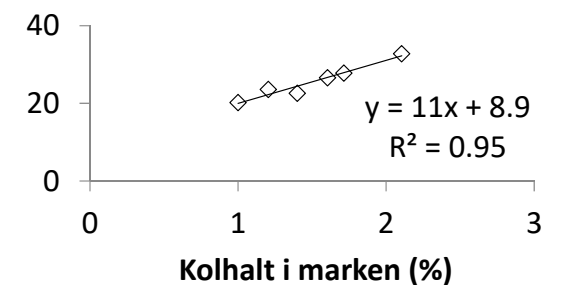
Majsskördar 2000-2019 i de N-gödslade leden



Markens porositet (0-20cm)

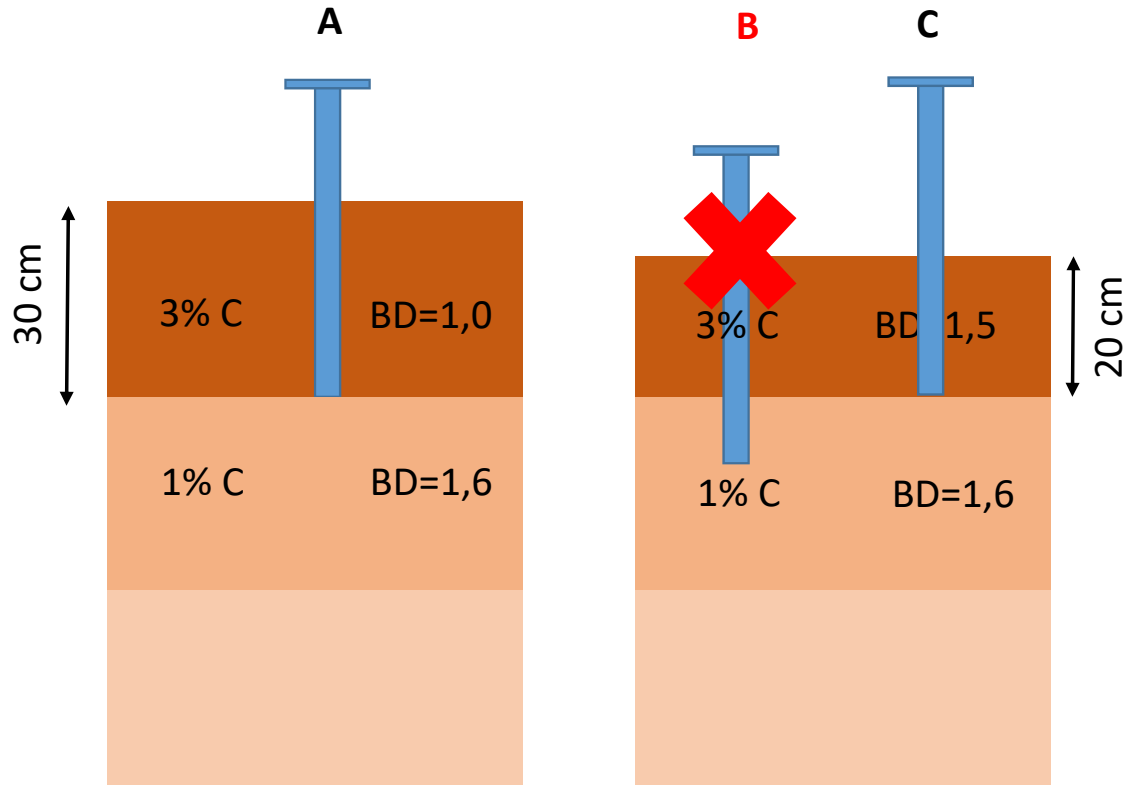


Växttillgänglig vatten (mm) i 0-20cm



- 23% skördeökning om kolhalten ökar med 1 procentenhet
- Växttillgänglig vatten ökade med 11 mm när kolhalten ökade med 1 procentenhet
- Enbart 2,3 mm ökning av växttillgänglig vatten per procentenhet ökning av C enligt en global meta-analys (Minasny & McBratney, 2018 EJSS 69, 39–47) som dock inte tar hänsyn till volymökningen av jorden pga. lägre volymvikt som leder till att markytan höjs.

Beräkning av markens kolförråd



Lös matjord

Kompakterad matjord

BD = Bulk density = skrymdensitet = volymvikt

$$\text{Kolförråd} = C\% \times \text{BD} \times \text{djup}$$

$$\text{A: } 3 \times 1,0 \times 30 = 90 \text{ ton C}$$

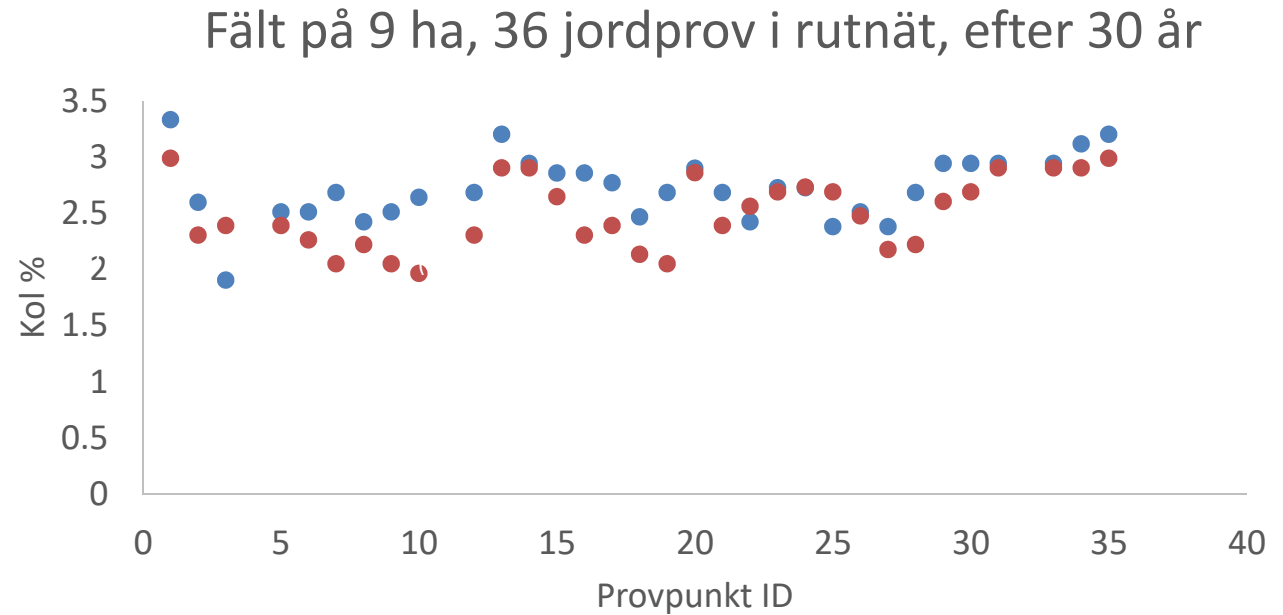
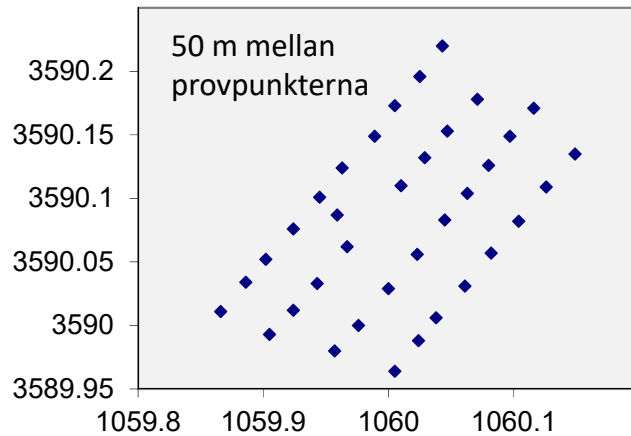
$$\text{B: } 3 \times 1,5 \times 20 + 1 \times 1,6 \times 10 = 106 \text{ ton C}$$

$$\text{C: } 3 \times 1,5 \times 20 = 90 \text{ ton C}$$

Skillnader i kolförråd mellan olika försöksled måste jämföras baserad på principen för ekvivalent massa

Förändringar i kolhalt på fältnivå

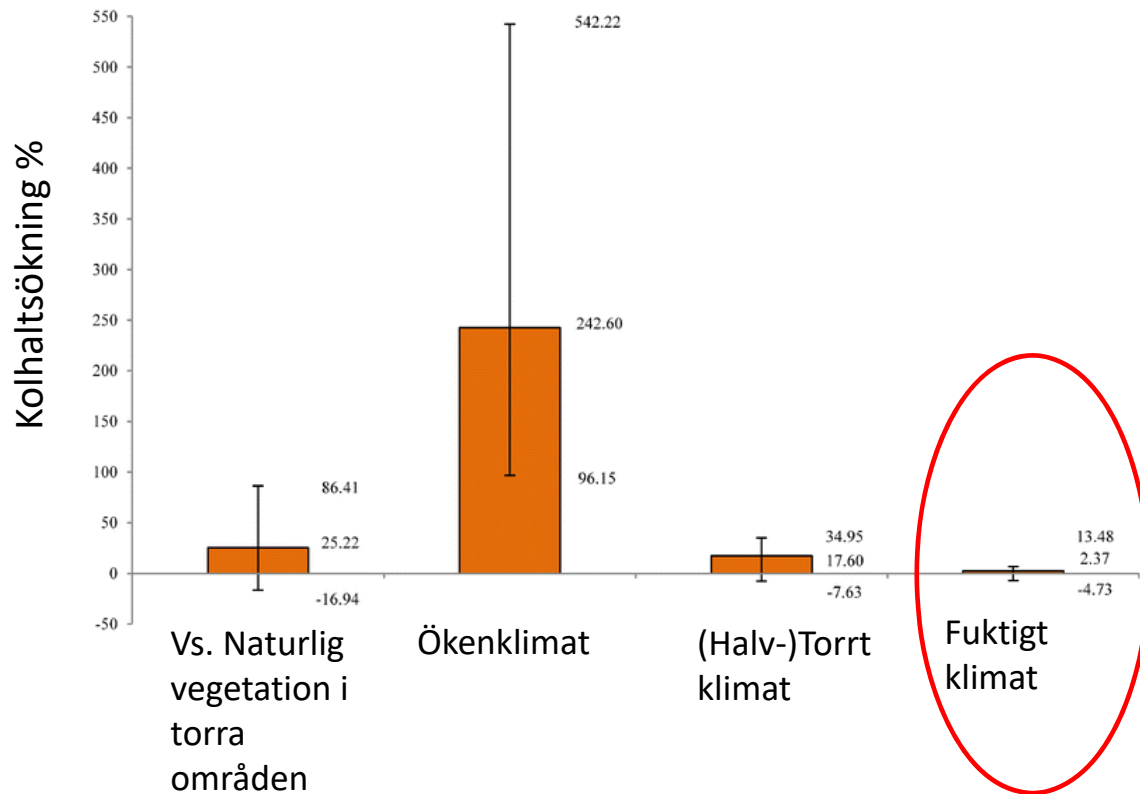
Data från Kungsängens gård, Uppsalaslätten, homogena och plana fält



- Efter 30 år: Signifikant ökning av kolhalten med 0,26 C% (ca 6 ton)
- Om antalet jordprov minskas från 4 till 1 prov/ha blir förändringen inte statistiskt signifikant.
- Osäkerheten ökar när kolförråd beräknas pga. mätfel i volymvikter

Att verifiera förändringar i kolförråd <10 ton C/ha är mycket resurskrävande

Hur påverkas kolbalansen av bevattning?

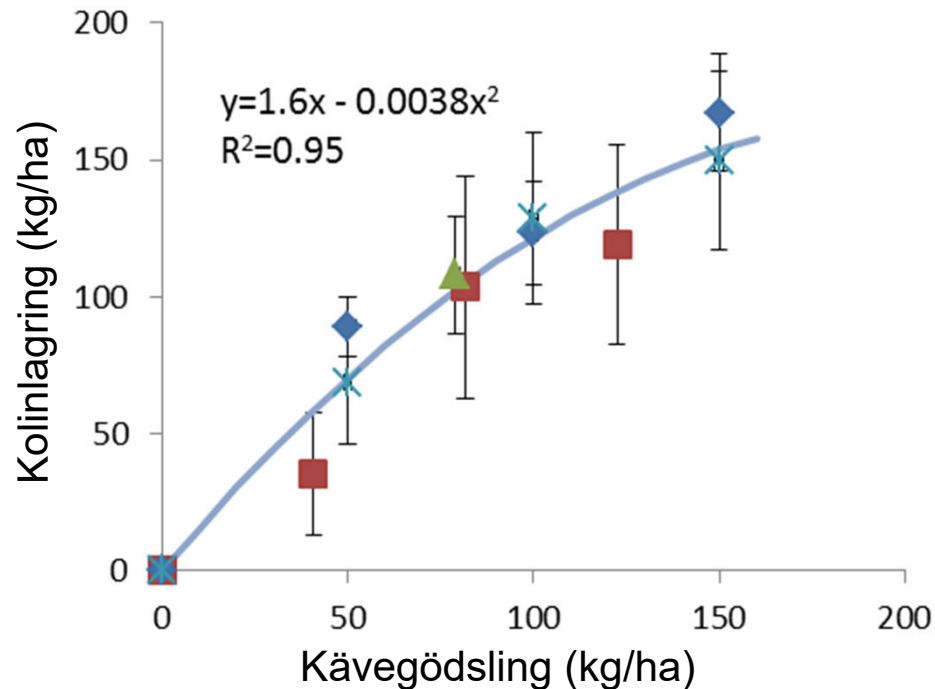


Liten kolinlagring i fuktigt klimat, men ökade lustgasutsläpp

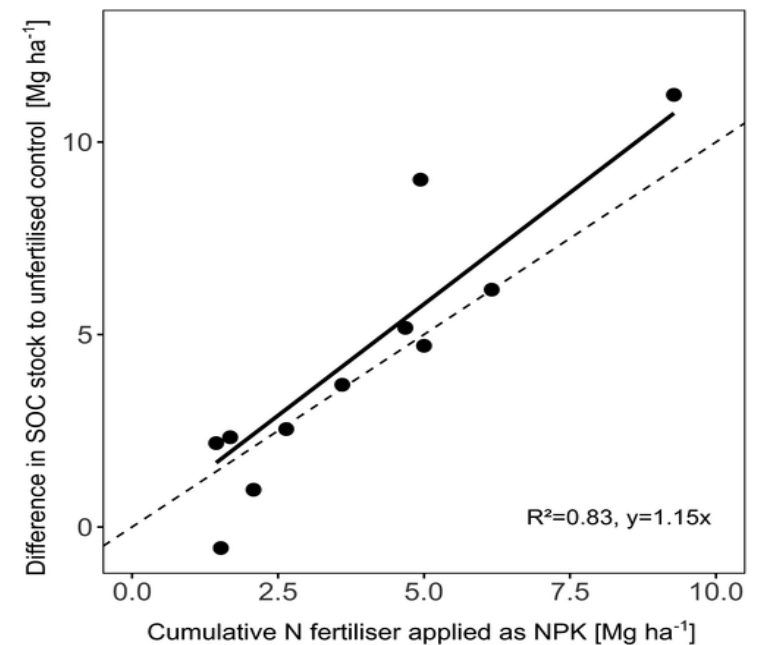
Stört climateffekt: Högre produktion minskar markbehovet

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

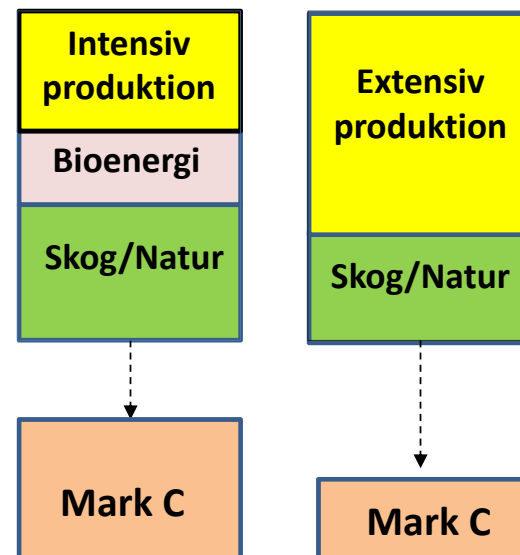


Tumregel: Varje kilo N höjer kolförrådet i marken med ca 1 kg C i matjorden (0-20 cm) i både ettåriga och fleråriga grödor

Låga skördar resulterar i låg kolförråd lokalt men ökar också arealbehovet och driver på avskogningen som leder till lägre kolförråd någon annanstans

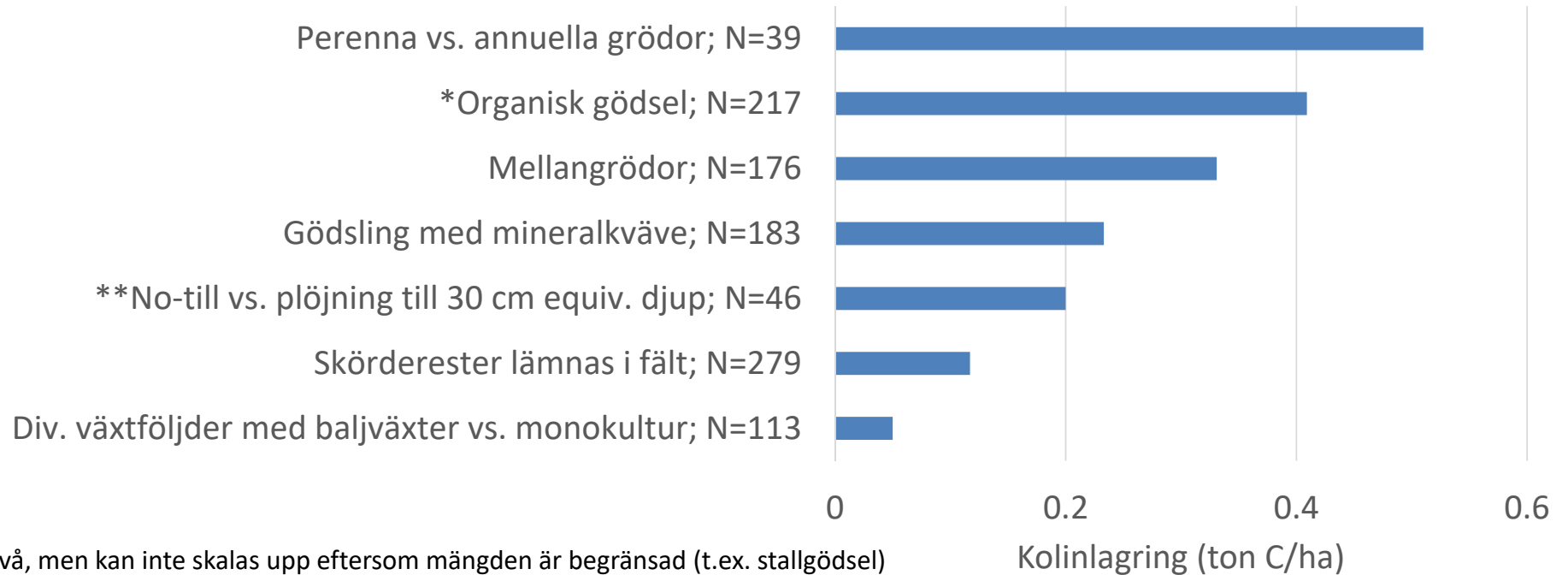


Arealbehov för att producera en viss mängd



Kolinlagring – medeltal – global litteratursammanställning

(N=antal fältförsök)



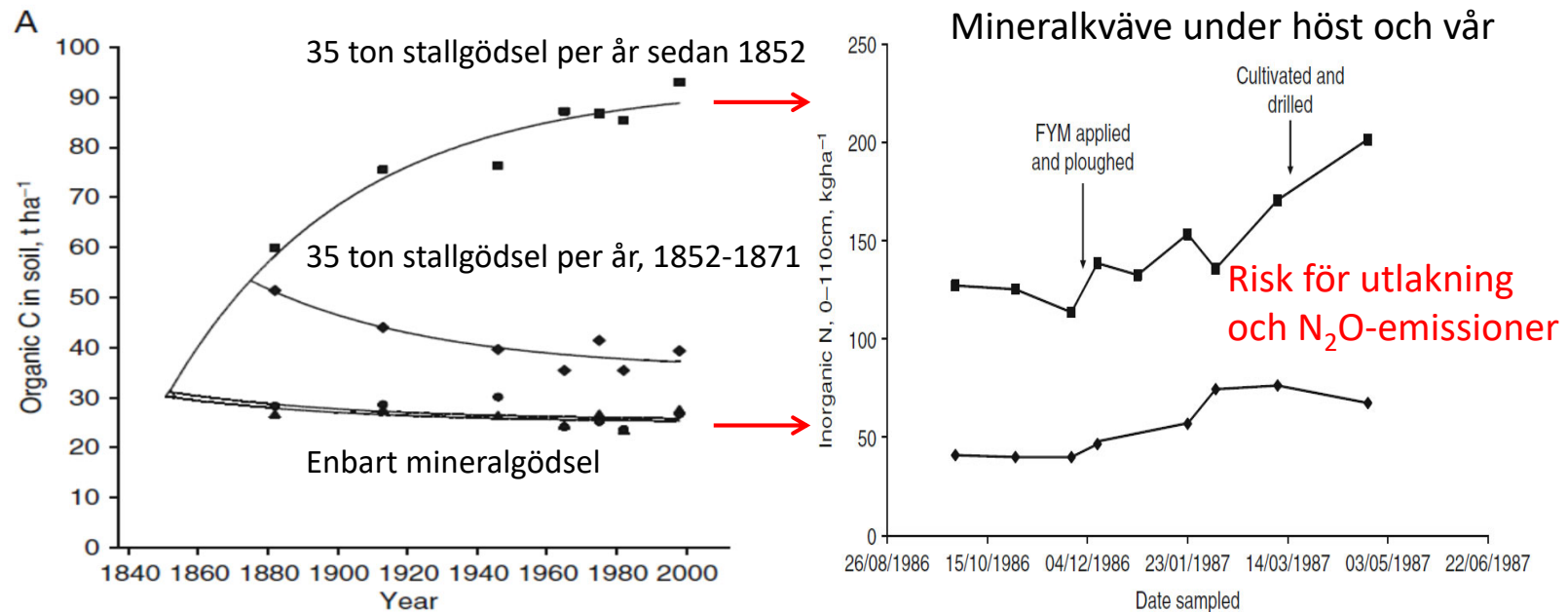
*gäller fältnivå, men kan inte skalas upp eftersom mängden är begränsad (t.ex. stallgödsel)

**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. mellangrödor

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

Sammanfattning

- Kolinlagring pågår i svenska mineraljordar
- Permanent grön mark för bättre bördighet och klimatet
- Uthållig intensifiering för minskad avskogning
- Verifiering av kolinlagring <10 ton/ha är inte realistisk på enskilda fält
- Risken för ökande lustgasutsläpp och utlakning måste hanteras
- Växtförädling, teknikutveckling, FoU, rådgivning och ekonomiskt stöd behövs för minskat klimatpåverkan

Tack för din uppmärksamhet!

Tack till mina kollegor som har bidragit, särskilt Martin Bolinder, Christopher Poeplau, Holger Kirchmann, Gunnar Börjesson

Tack till våra finansiärer, främst EU, Formas och SLF



SCIENCE AND
EDUCATION
FOR
SUSTAINABLE
LIFE