



# Yfirlit yfir íslenskar rannsóknir á kolefnisbindingu í skógrækt

Bjarni Diðrik Sigurðsson<sup>1</sup> og Brynhildur Bjarnadóttir<sup>2</sup>

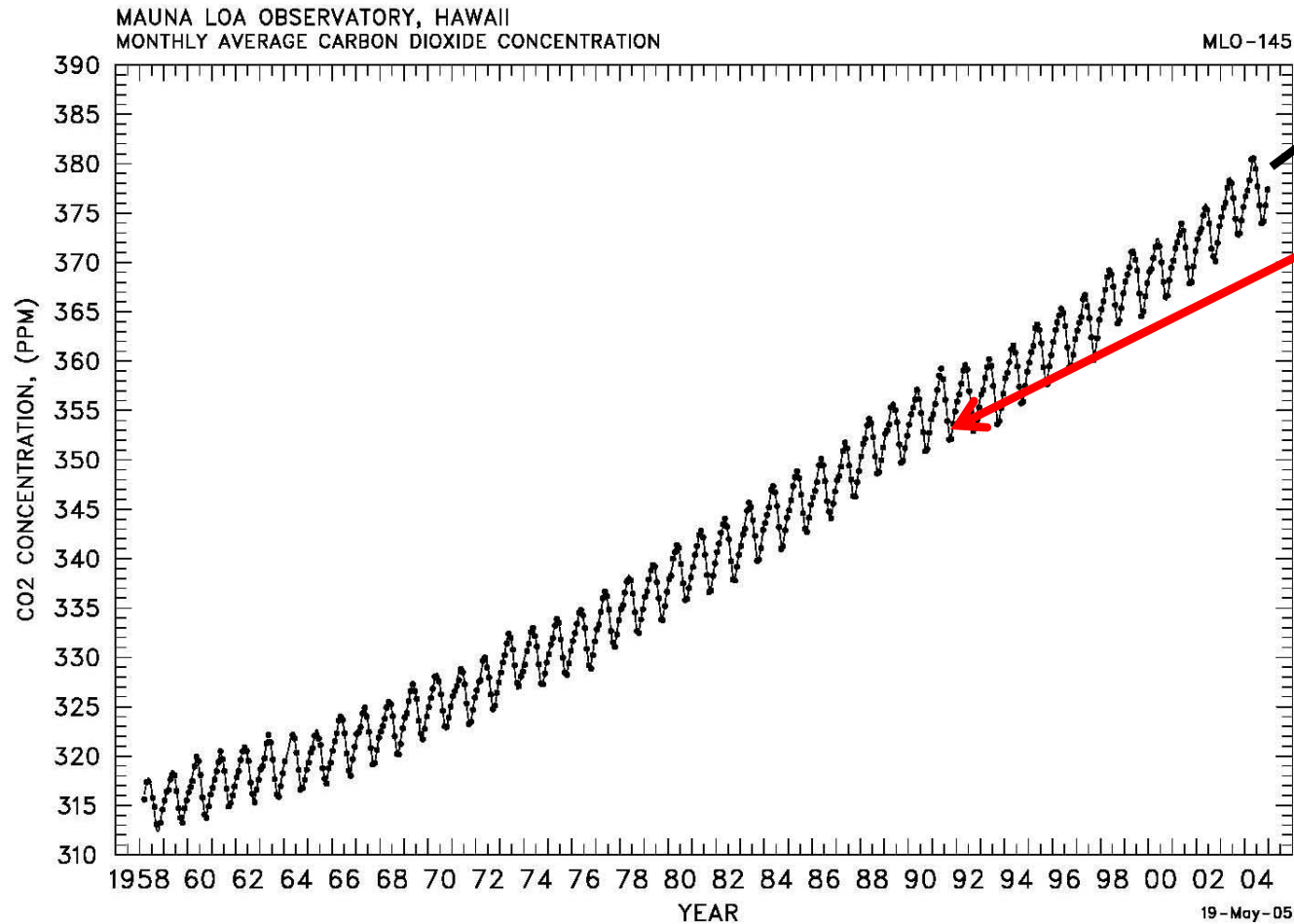
<sup>1</sup>Landbúnaðarháskóla Íslands, <sup>2</sup>Mógilsá

**[bjarni@lbhi.is](mailto:bjarni@lbhi.is)**



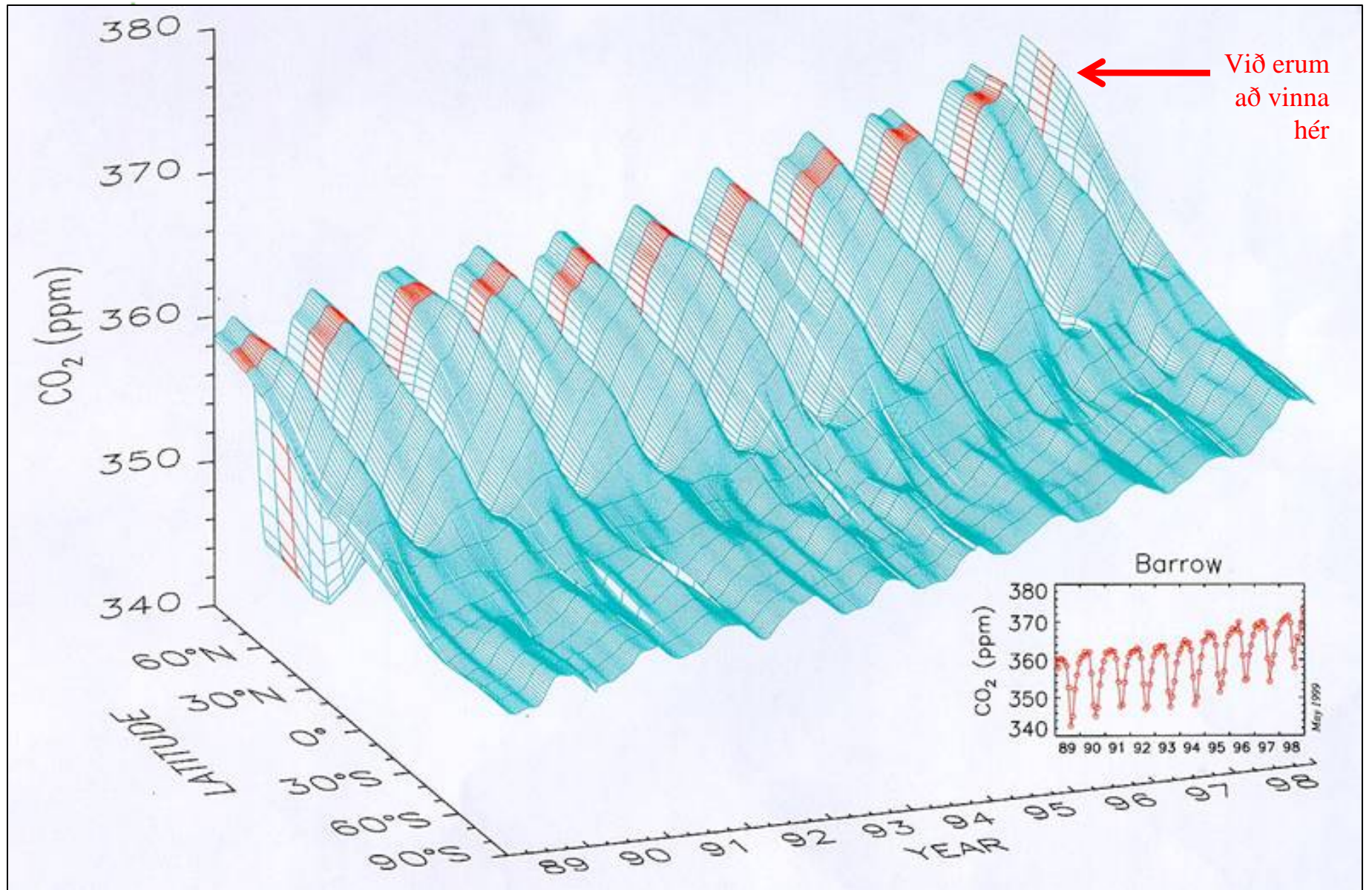


## Styrkur CO<sub>2</sub> í andrúmslofti á Mauna Loa



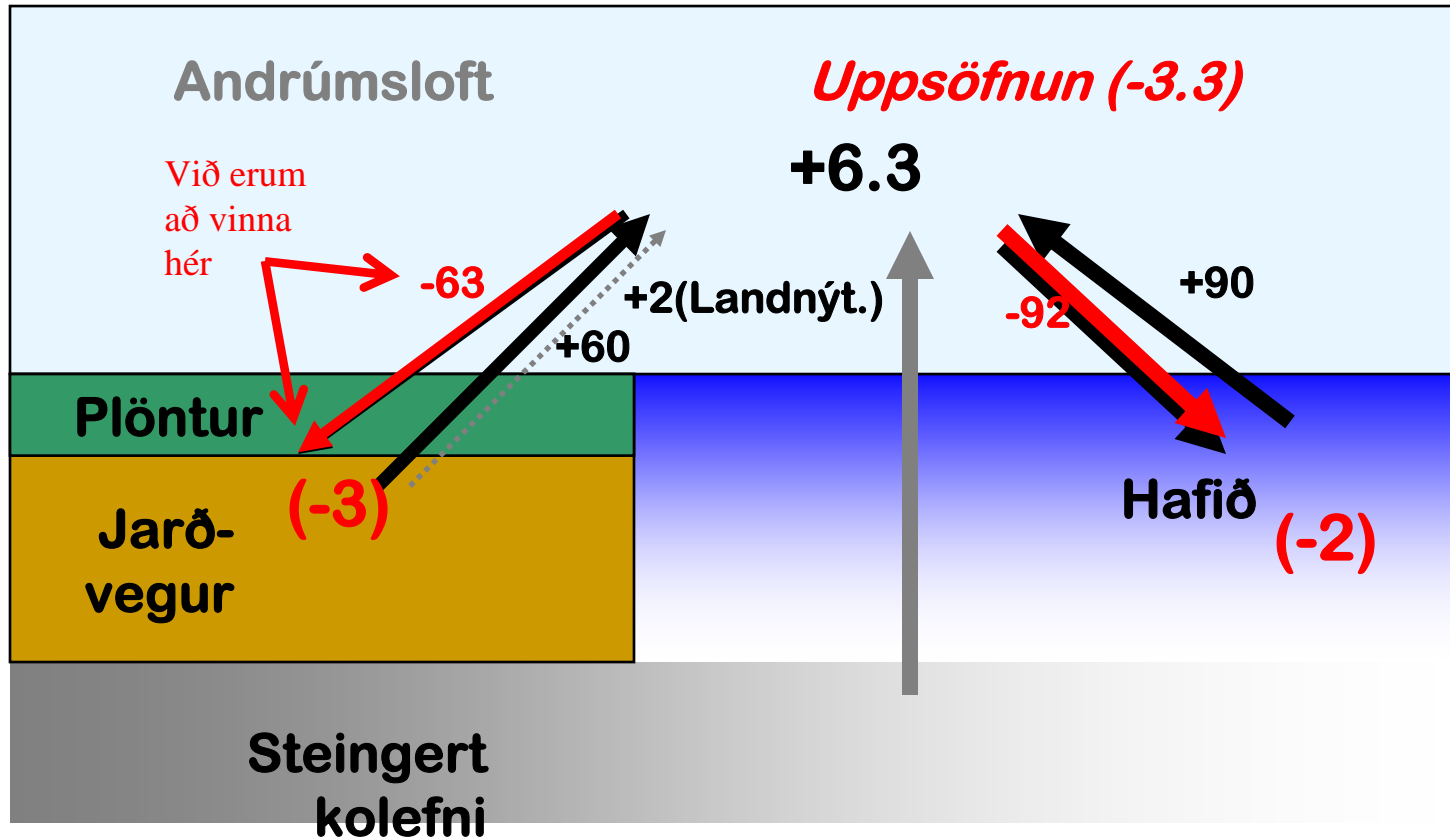
Ég hef  
verið að  
vinna hér

<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/graphics/sio-mlgr.gif>





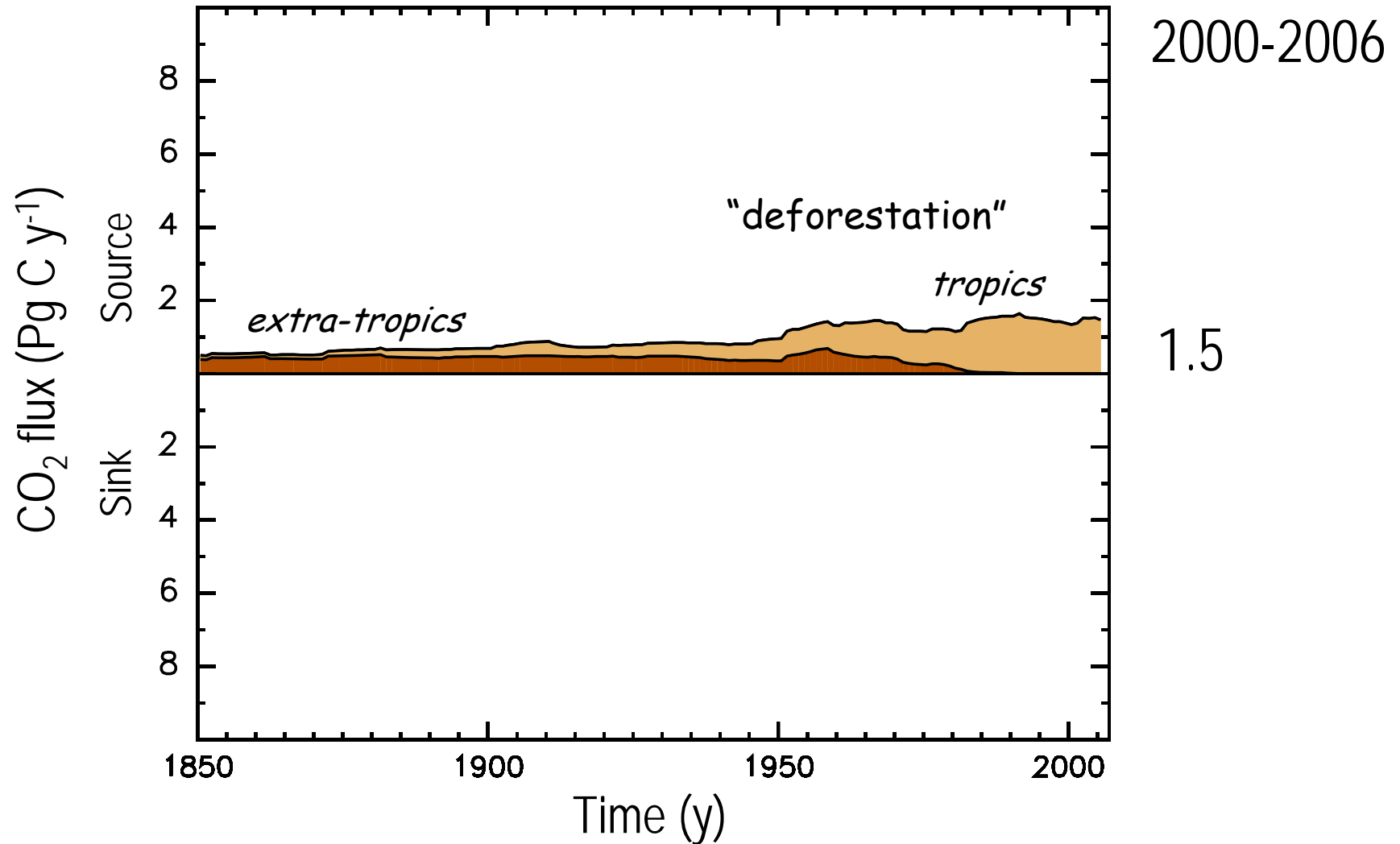
# Hnattræn kolefnisflæði 1990-2000



(mainly from IPCC 2000).

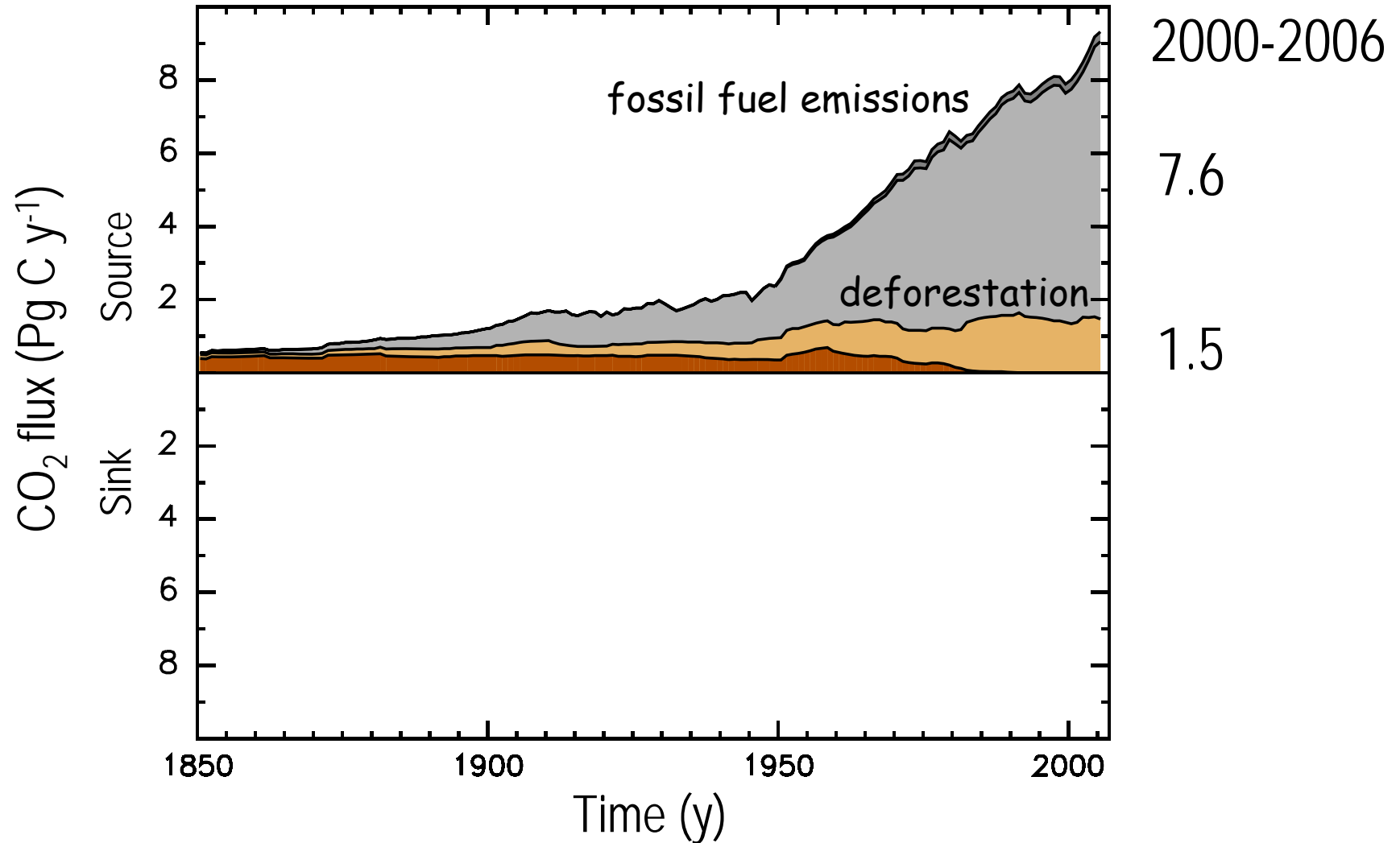


# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)



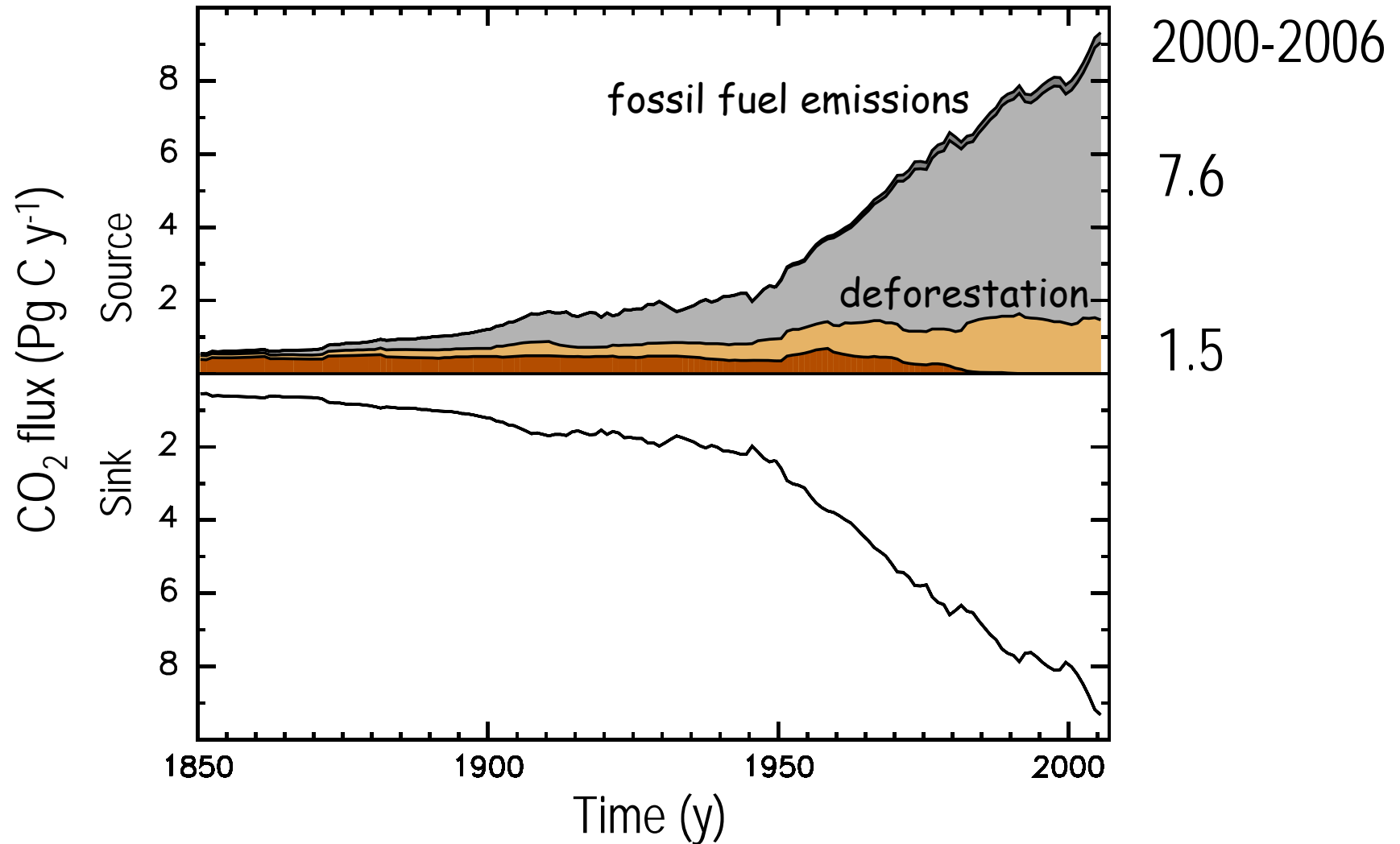


# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)

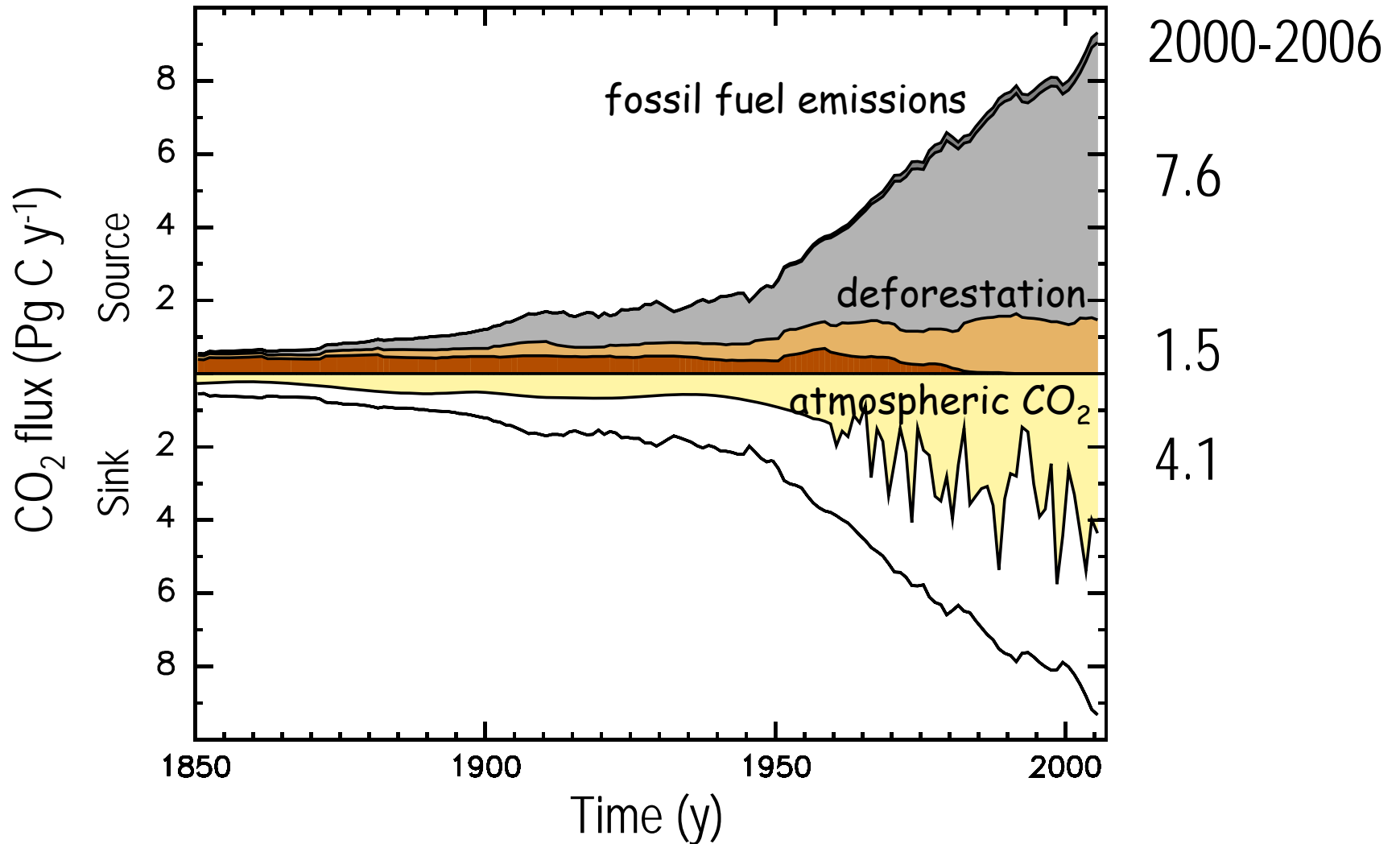




# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)



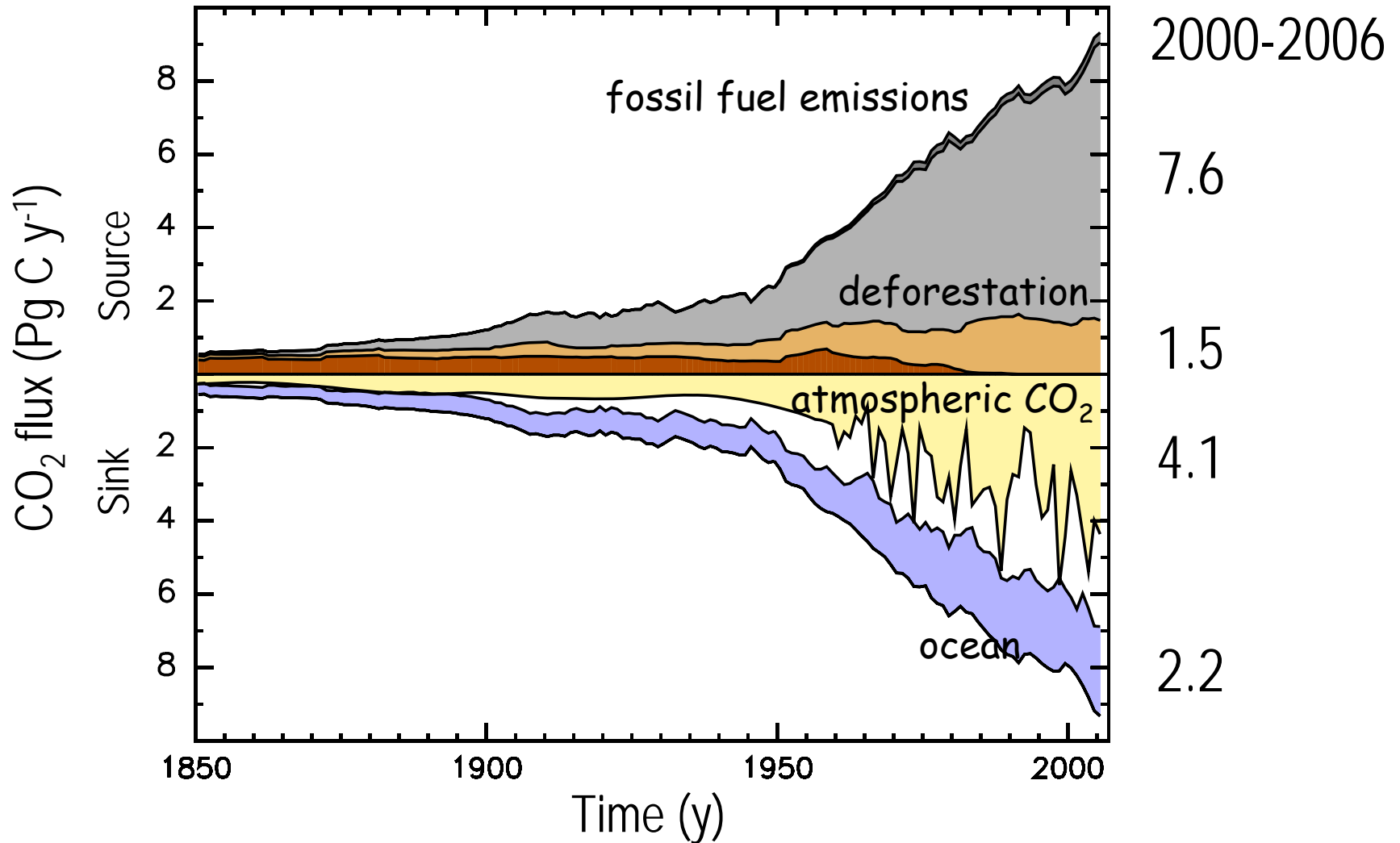
# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)





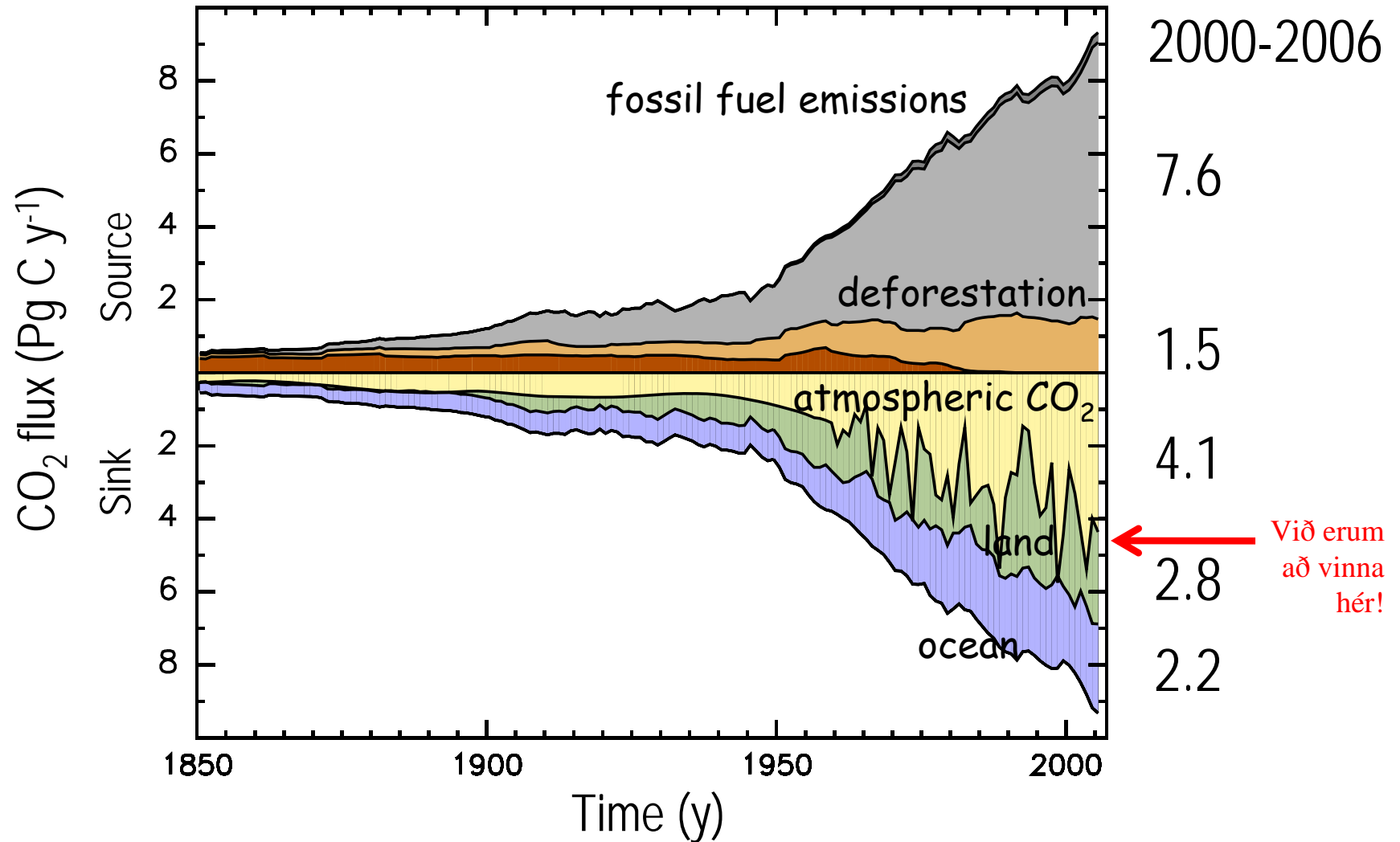


# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)





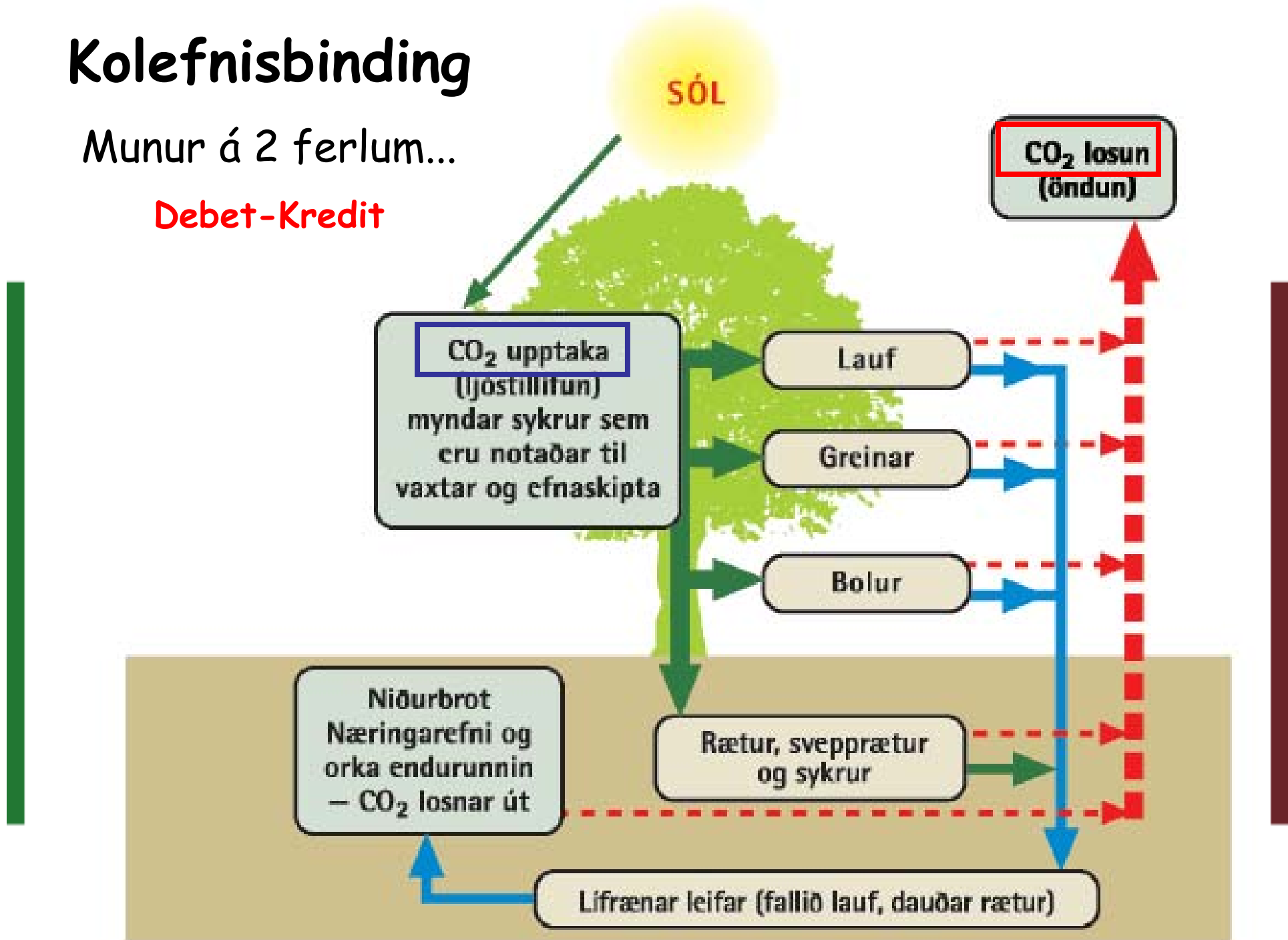
# Perturbation of Global Carbon Budget (1850-2006)



# Kolefnisbinding

Munur á 2 ferlum...

Debet-Kredit





# Birkiskógur á Rangárvöllum

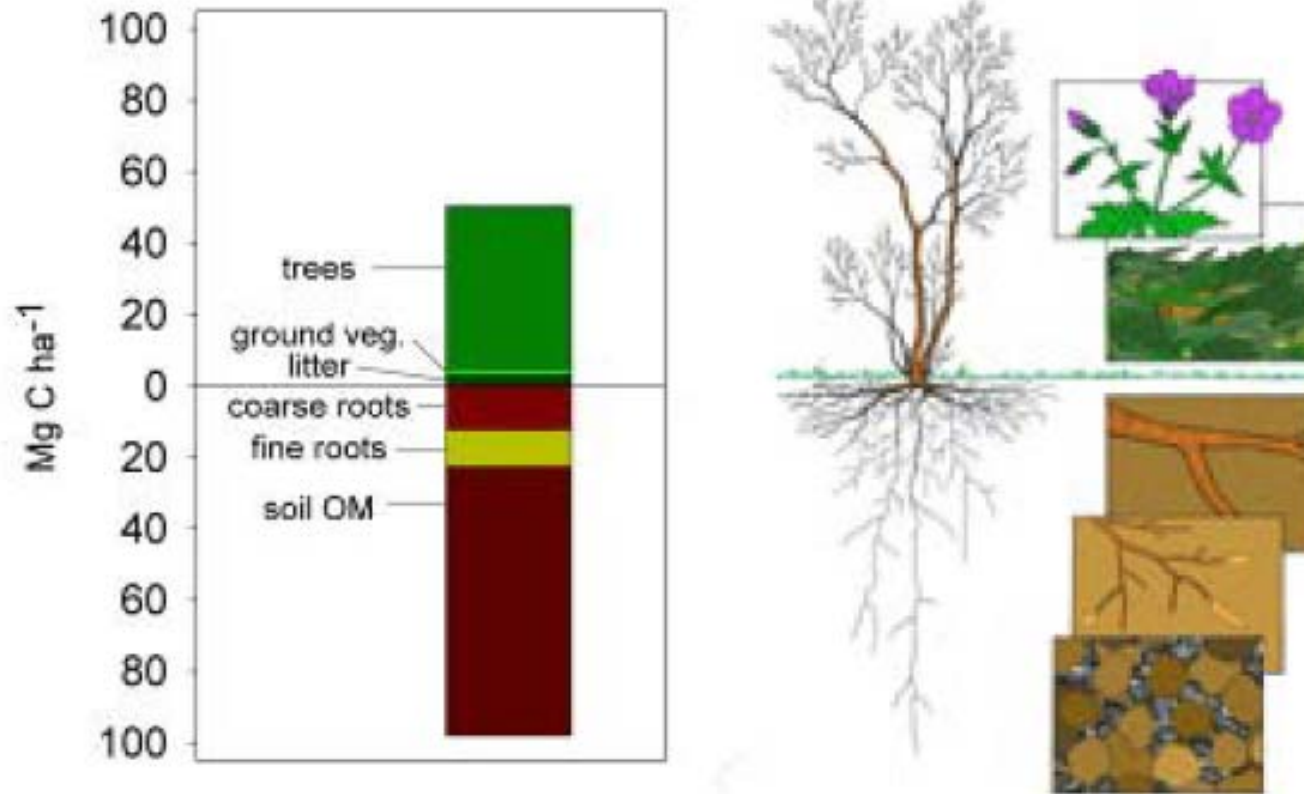


Figure 43. Carbon stocks in a 55 year old downy birch stand in southern Iceland that had been established by direct seeding on eroded sand. Illustration by Thorbergur H. Jonsson.





# Á landsvísu var kolefnislosun lengi yfirgnæfandi!!



*Aðalsteinn Svanur*



## 1983-1984 Kolefnisforði í **25 ára** **stafafurulundi** í Laugafelli í Reykjadal, S-Þing

**Þorbergur Hjalti Jónsson (1985).**  
BS-120 ritgerð.

Kolefnisbinding:

Bolur/greinar/barr: 3.82 t CO<sub>2</sub>/ha ári

Grófrætur: 0.44 t CO<sub>2</sub>/ha ári

**Samtals: 4.3 t CO<sub>2</sub>/ha ári í 25 ár**







Borgþór Magnússon et al. (2003).  
Alaskalúpína



## Misgamlar

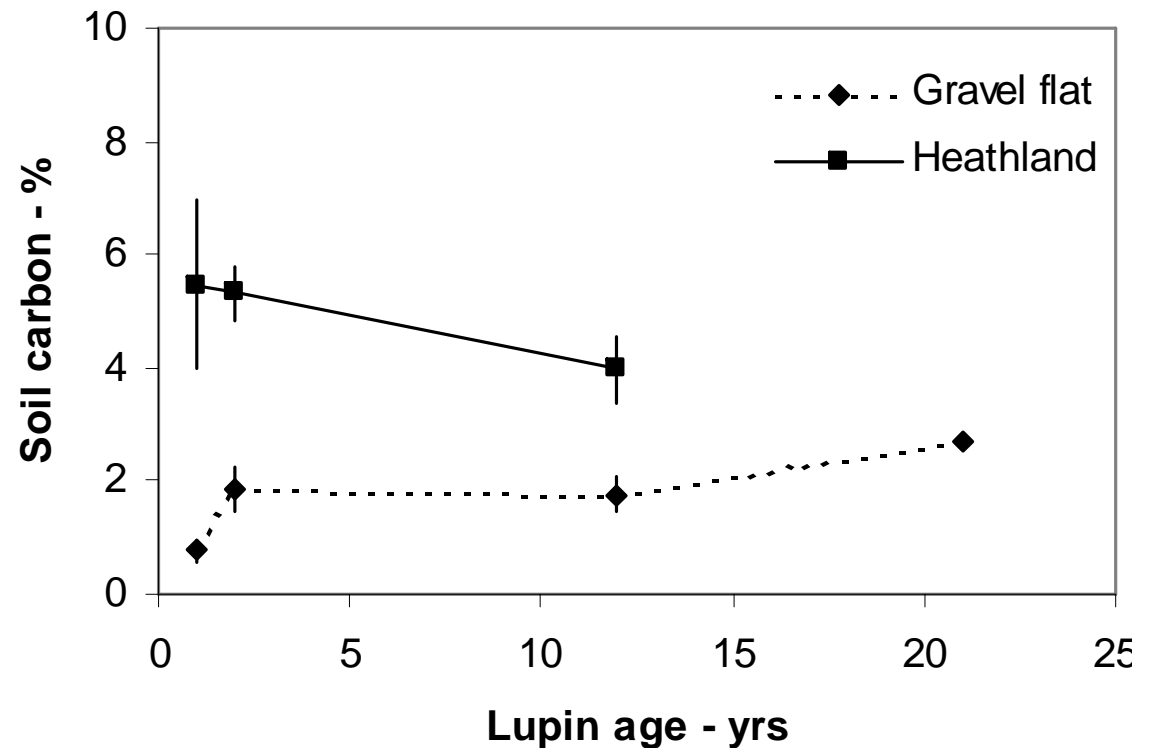
**lúpínubreiður** (1988-1995).

Misvísandi áhrif á [C] í  
jarðvegi eftir  
upphafsástandi...

Hækkandi styrkur C á  
ófrjósömu landi

Lækkandi styrkur C á  
frjósamara landi

Áhrif N á niðurbrot?





## 1993-1998 Tilraunaskógurinn í Gunnarsholti Bjarni D. Sigurdsson et al. (1998-2002)

4-7 ára alaskaösp á fyrrum ræktalandi.

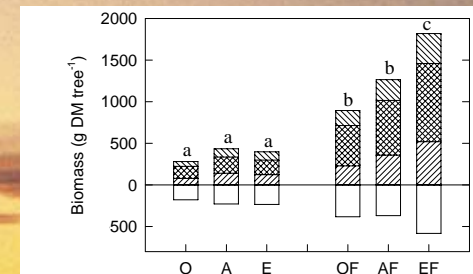
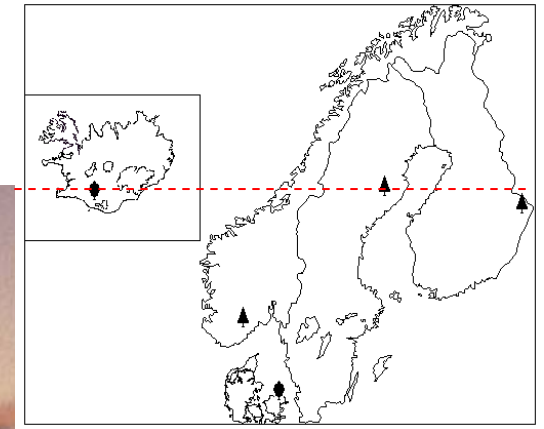
Mjög þétt: 10.000 tré/ha

Kolefnisjöfnuður (upptaka – öndun) 5 árum eftir  
gróðursetningu: 2.3 t CO<sub>2</sub> / ha ári

0.92+0.61 t CO<sub>2</sub> / ha á ári í viði og í rótum fyrstu 6 árin =  
**1.53 t CO<sub>2</sub> ha ári** (65% ekki ofanjarðar = rætur + jarðv)

Áburðargjöf (3 ár): 2.75+1.22 t CO<sub>2</sub> á ári í viði og rótum

**3.97 t CO<sub>2</sub> / ha ári (160% aukning)**

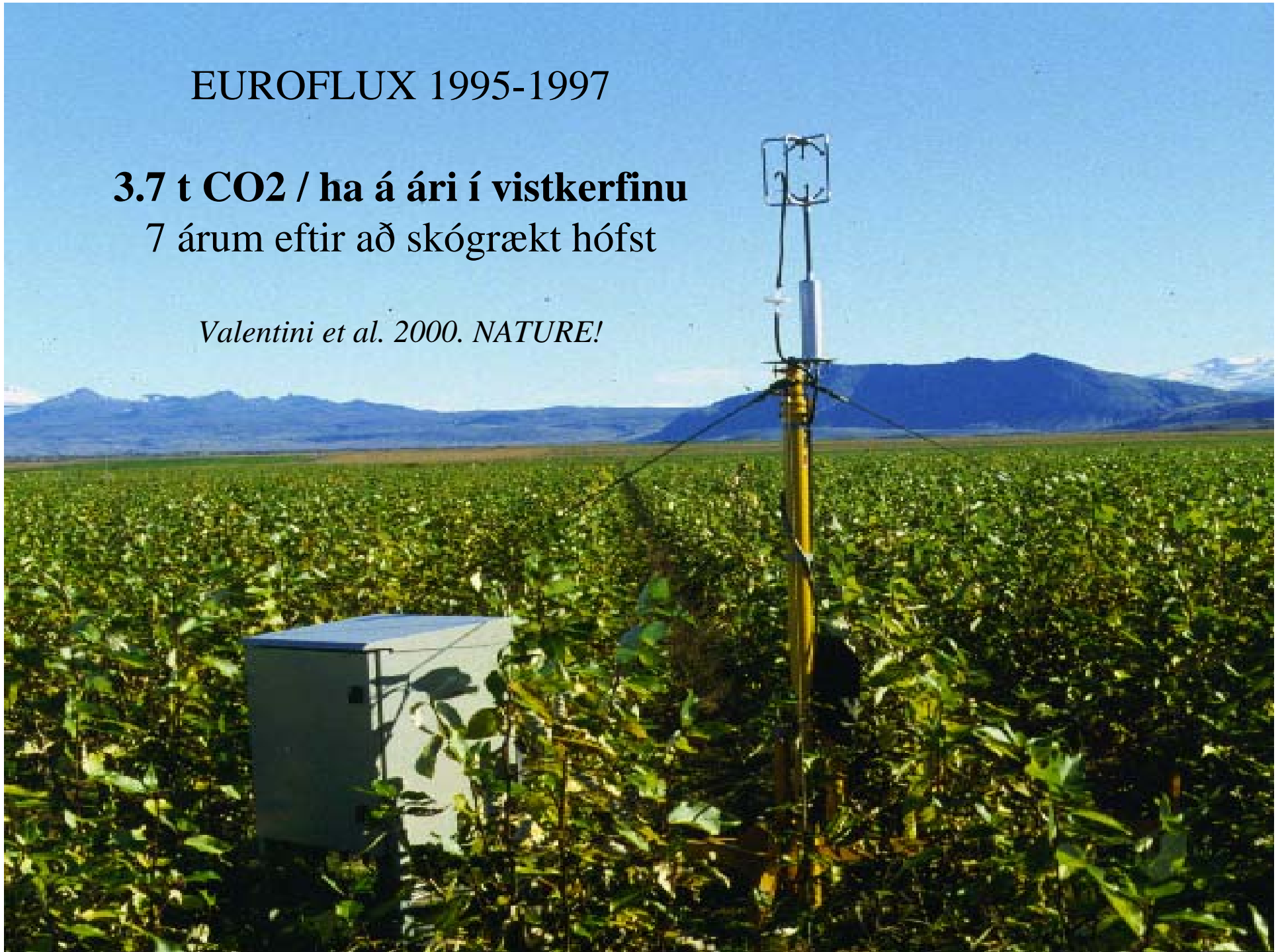




EUROFLUX 1995-1997

**3.7 t CO<sub>2</sub> / ha á ári í vistkerfinu**  
7 árum eftir að skógrækt hófst

*Valentini et al. 2000. NATURE!*





## 1996-1998 jarðfræðileg binding (efnaveðrun í karbónöt)

**Katherine Moulton  
(1999).**

→ efnaveðrun er hraðari í skóglendi en á skóglausum svæðum

**0.03 t CO<sub>2</sub> / ha ári**

<1% af kolefnisbindingu í gróðri og jarðvegi með skógrækt.

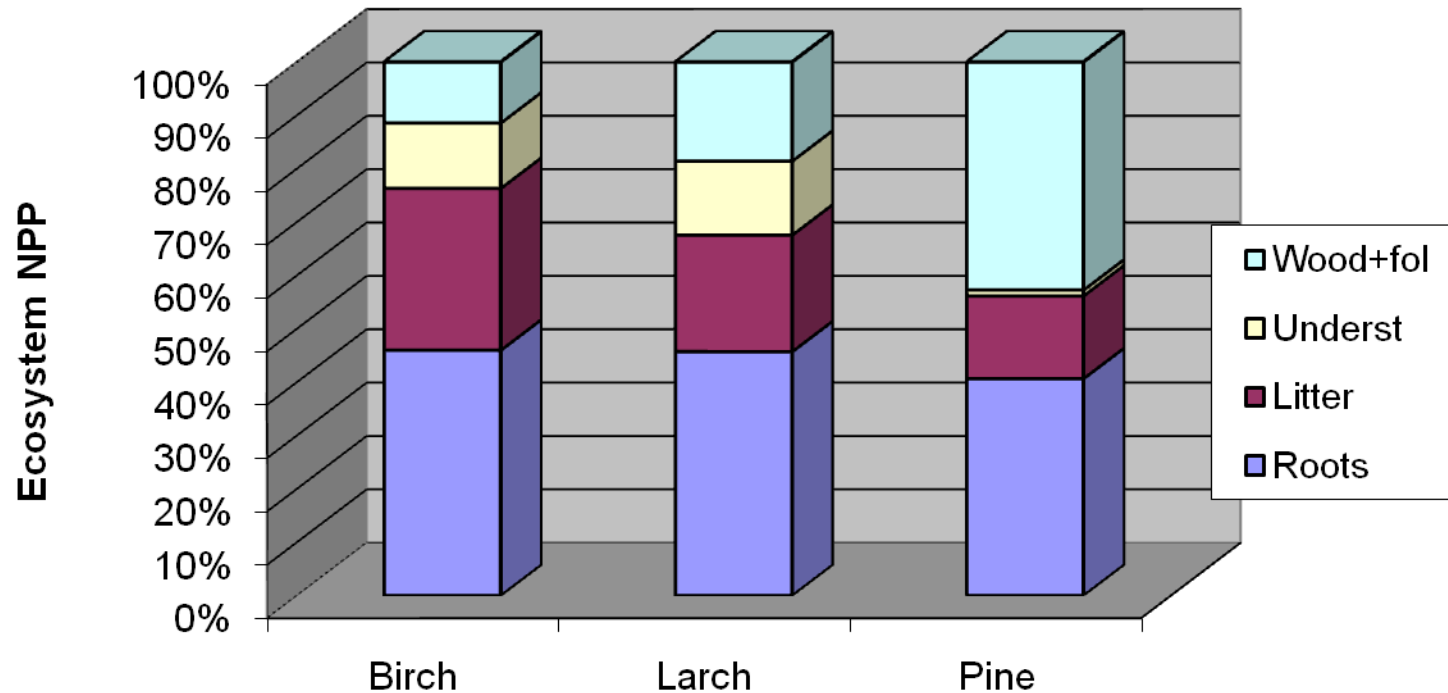


Gerist hinsvegar á stórum svæðum. Á landsvísu sennilega sambærileg og kolefnisbinding í lífrænu efni með skógrækt!

→ *Rennur burt... Hvað gerist svo?*



Doktorsritgerð Ragnhildar Sigurðardóttur  
Yale Univ. 1997-1999 á Fljótsdalshéraði.



**Árleg framleiðni í 40-50 ára skógum**

Kolefnisbinding um 3.5, 5.5 og 8.0 t CO<sub>2</sub> / ha á ári í birki, lerki og furu



# 1996-2000 Átaksverkefnið

Arnór Snorrason og félagar

## Kolefnisbinding

ólíkra tegunda (með  
bindingu í jarðvegi):

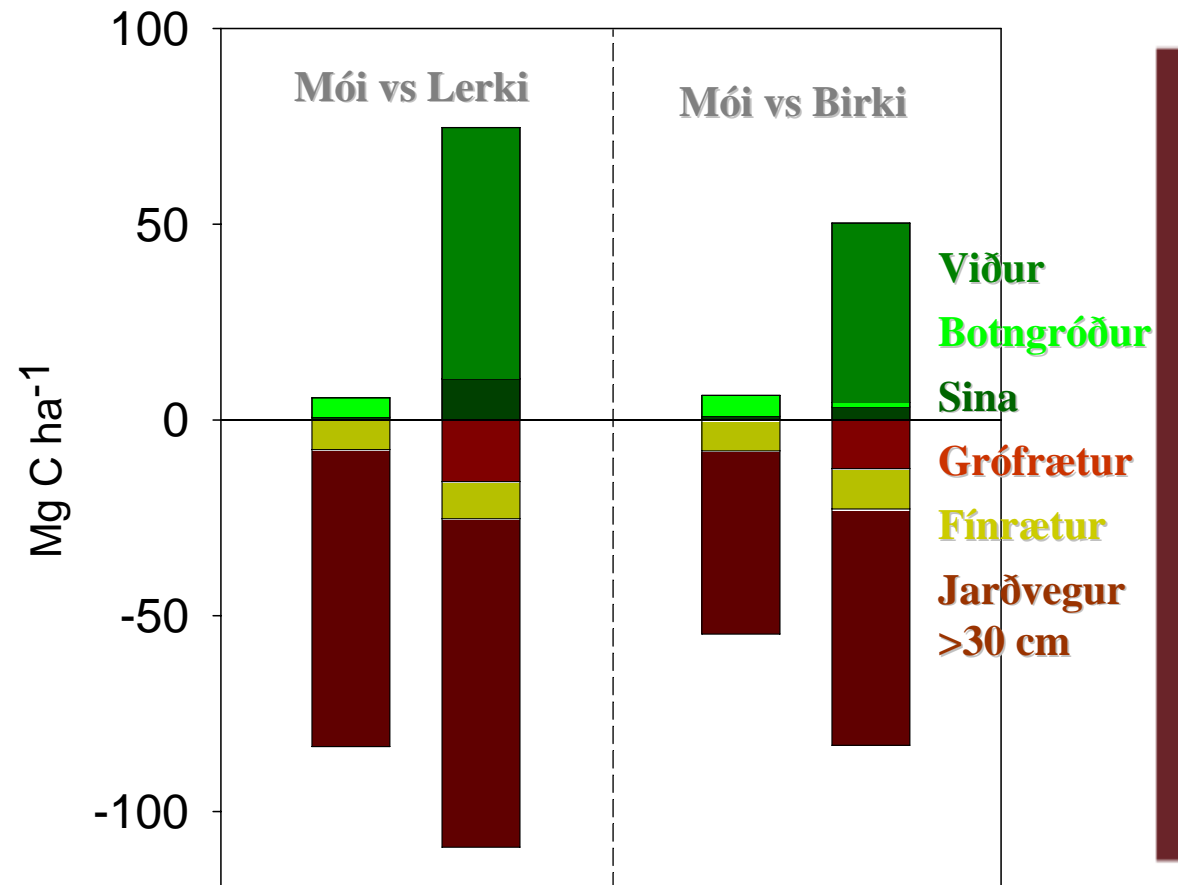
30 ára lerki ~13 t

CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ári<sup>-1</sup>

45 ára birki ~4,4 t

CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ári<sup>-1</sup>

**Heimild:** Snorrason, A., B.D.  
Sigurdsson, G. Guðbergsson, K.  
Svavarsdóttir & Th.H. Jónsson. 2002.  
Carbon sequestration in forest  
plantations in Iceland. *Icelandic  
Agricultural Sciences* **15**: 79-91.

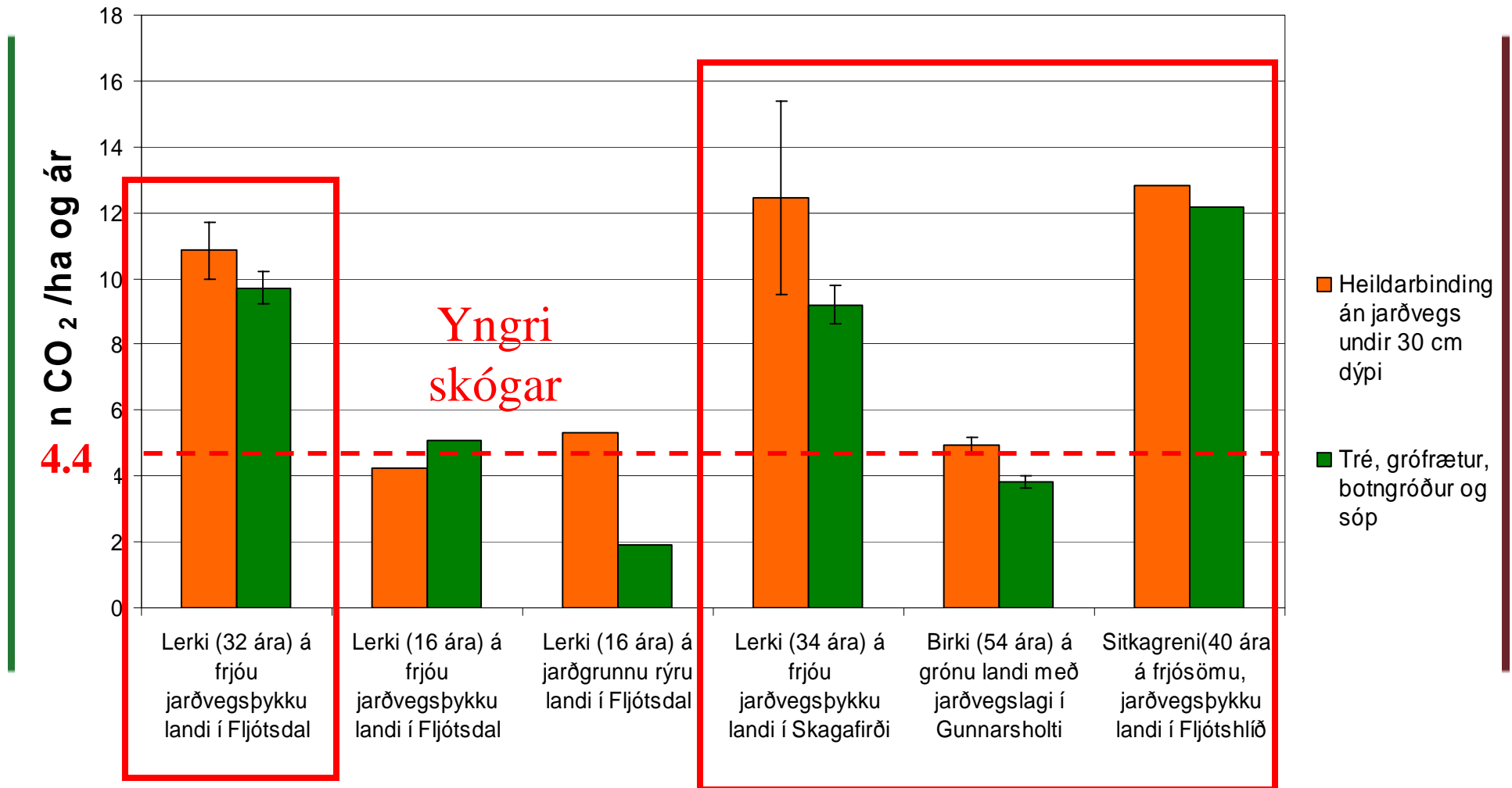




# Mæld kolefnisbinding með og án jarðvegsbindingar í

## 30-55 ára gömlum skógum

Arnór Snorrason o.fl. 2000

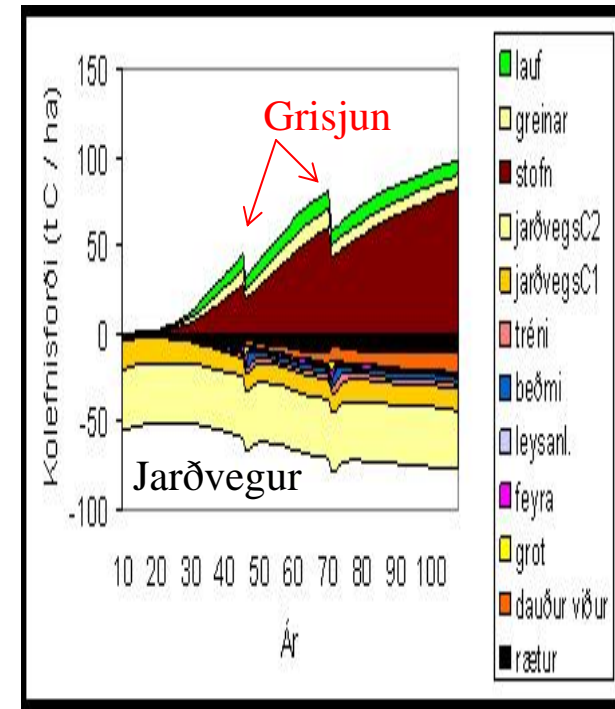




# Mikilvægar spurningar

## A.m.k. 4.4 t CO<sub>2</sub>/ha á ári meðalbinding í viði og grófrótum yfir 50 ár

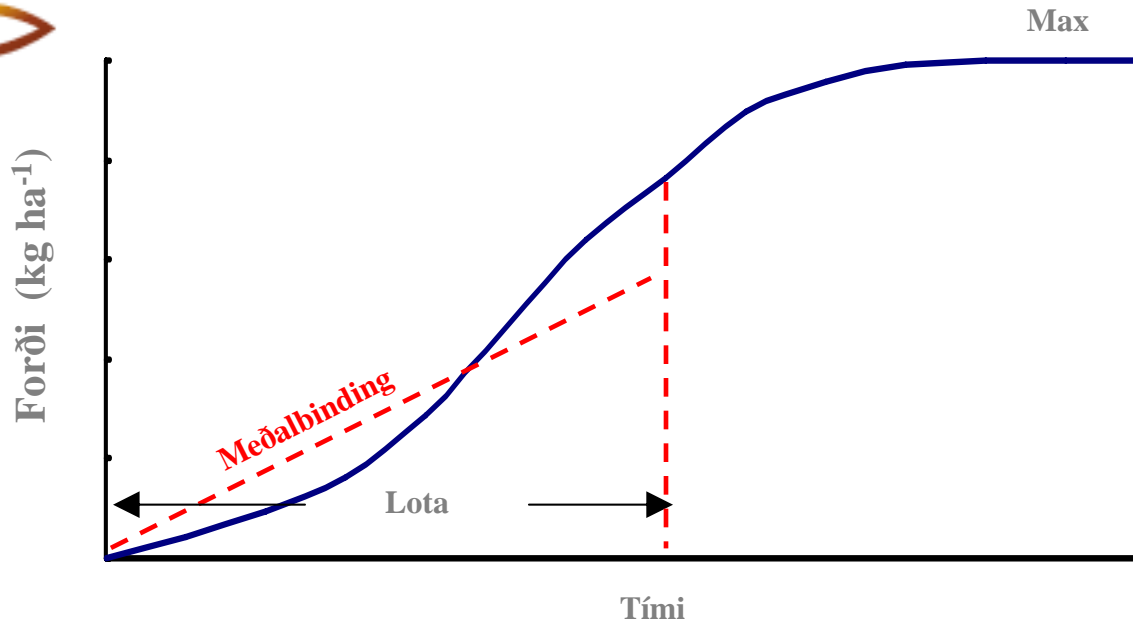
- Hvað gerist í byrjun? (Kyoto-skógar)
- Hvað með kolefni í jarðvegi?
- Hvað með aðra forða í vistkerfinu?
  - Botngróður/dauður viður/feyra
  - Hversu mikið lekur út sem DOC



Uppsöfnun kolefnisforða í skógi og jarðvegi í einni vaxtarlotu rauðgrenis (Weslien o.fl. 2009)



## Raunbinding eða meðalbinding?



## Hversu lengi halda skógarnir áfram að binda?

Áætla má hversu lengi skógar halda áfram að bæta við kolefnisforða ofanjarðar út frá vaxtarhraða þeirra → ca. 150-200 ár miðað við íslenskar aðstæður. Skógar oftast höggur þegar um 2/3 af standandi kolefnisforða er náð...

**Skógar geta haldið mun lengur áfram að bæta við kolefnisforða jarðvegs eftir að uppsöfnun er orðin hæg ofanjarðar!!**





## SKÓGVIST (2002-2006)

### Mælingar á kolefnisbindingu mismunandi skógargerða



Bornir saman misgamlir skógarlundir af 4 algengustu trjátegundum í skógrækt hér; Birki, lerki, sitkagreni og stafafura.

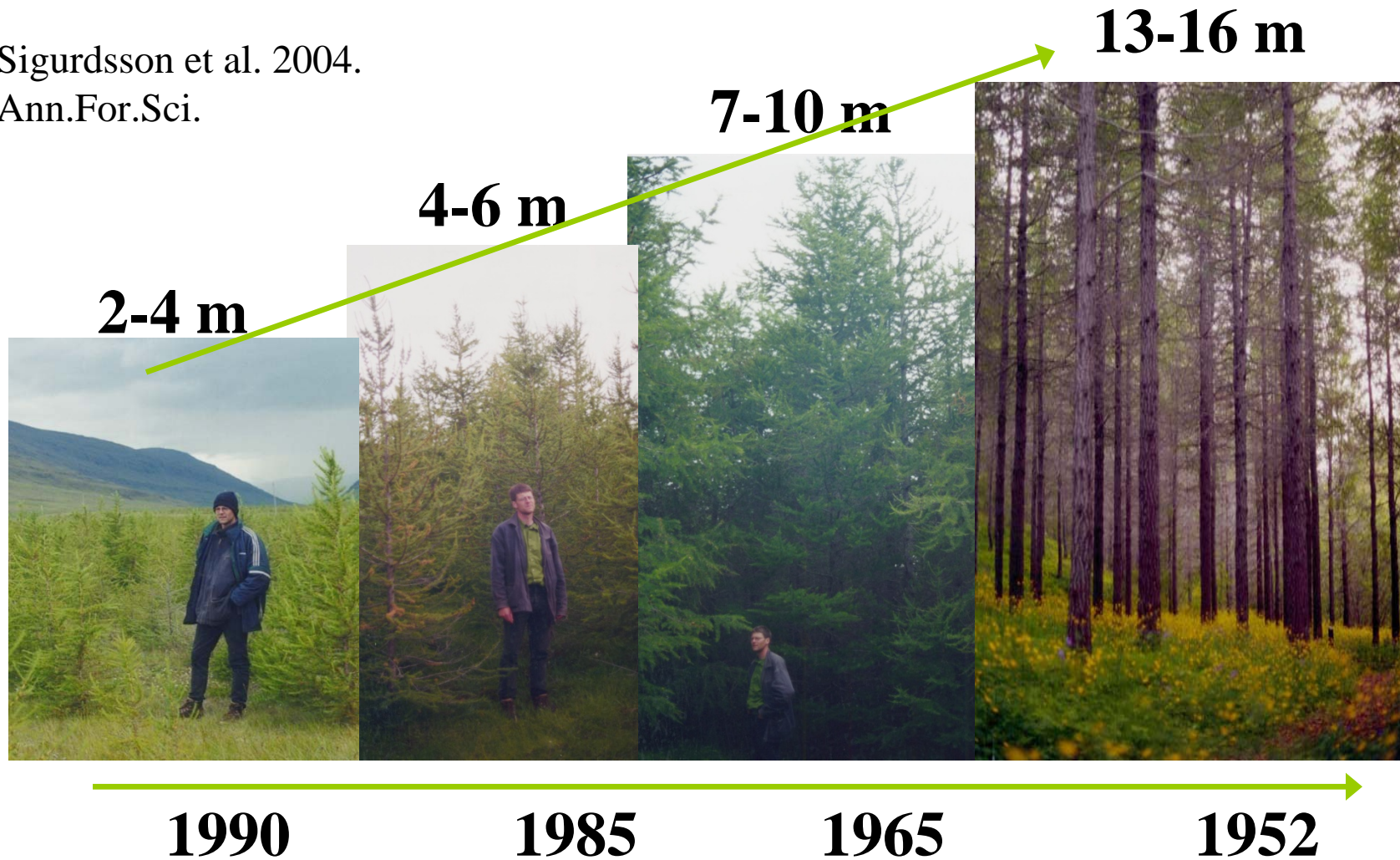




# SKÓGVIST 2002-2006

7 lerkiskógar(10-50 ára), 4 sitkagreniskógar (10-50 ára), 3 stafafuruskógar (10-40 ára) og 5 birkiskógar (15 - >100 ára).

Sigurdsson et al. 2004.  
Ann.For.Sci.





# SkógVist: Hvað binda íslensk skóglendi mikið kolefni á ári í viði og grófrótum?

Tegund og aldur	Bindistuðlar		Tegund og aldur	Bindistuðlar	
	t CO <sub>2</sub> / ha á ári	t C / ha á ári		t CO <sub>2</sub> / ha á ári	t C / ha á ári
18 ára birki	0,6	0,2	14 ára stafafura	1,2	0,3
-----	-----	-----	39 ára stafafura	8,9	2,4
12 ára lerki	0,9	0,3	46 ára stafafura	11,2	3,0
18 ára lerki	4,3	1,2	-----	-----	-----
19 ára lerki	3,4	0,9	9 ára sitkagreni	0,2	0,1
36 ára lerki	6,2	1,7	34 ára sitkagreni	3,0	0,8
50 ára lerki*	5,6	1,5	43 ára sitkagreni	4,8	1,3
			43 ára sitkagreni*	7,8	2,1

Spár Arnórs, Bjarna og félaga hafa byggt á 4,4 t CO<sub>2</sub> / ha á ári fyrstu 50 ár eftir gróðursetningu → Þessar mælingar sýna að það er varfærið mat fyrir barrskóga!

EN

**Bindingin er yfirleitt hægari fyrstu 10-20 árin eftir gróðursetningu  
– en eykst svo mjög mikið...**

ATH: Bindistuðlar gilda aðeins sem meðaltal yfir það tímabil sem þeir eru fundnir fyrir.

*Bjarni D. Sigurðsson o.fl. (2008). Rit Fræðafingis landbúnaðarins*



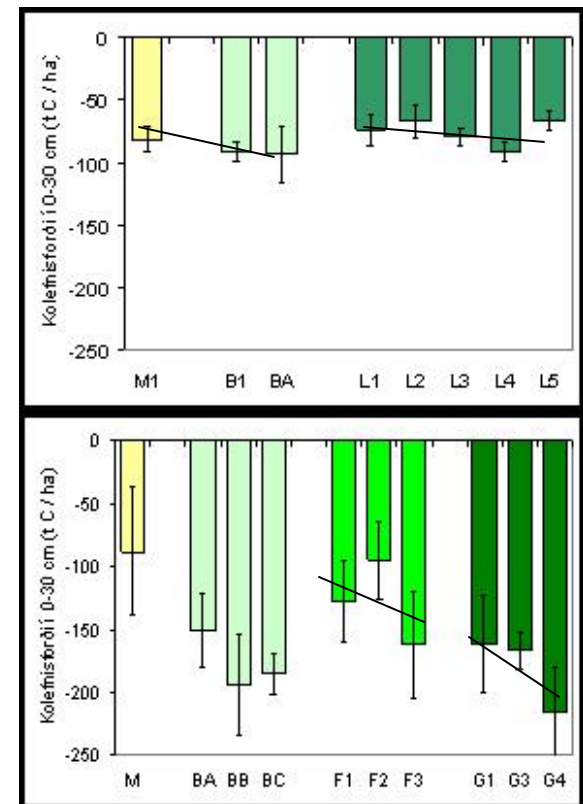
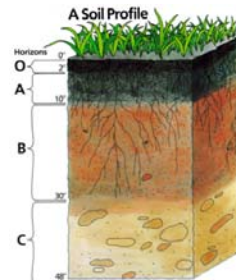
# SkógVist: Hvað með breytingar á jarðvegskolefni?

Kolefnisforði í efstu 10 cm jarðvegs jókst með marktækt með aldri skóga (á mólendi) fyrstu 40-50 árin.

**Meðalaukning = 1,34 t CO<sub>2</sub> / ha ár**

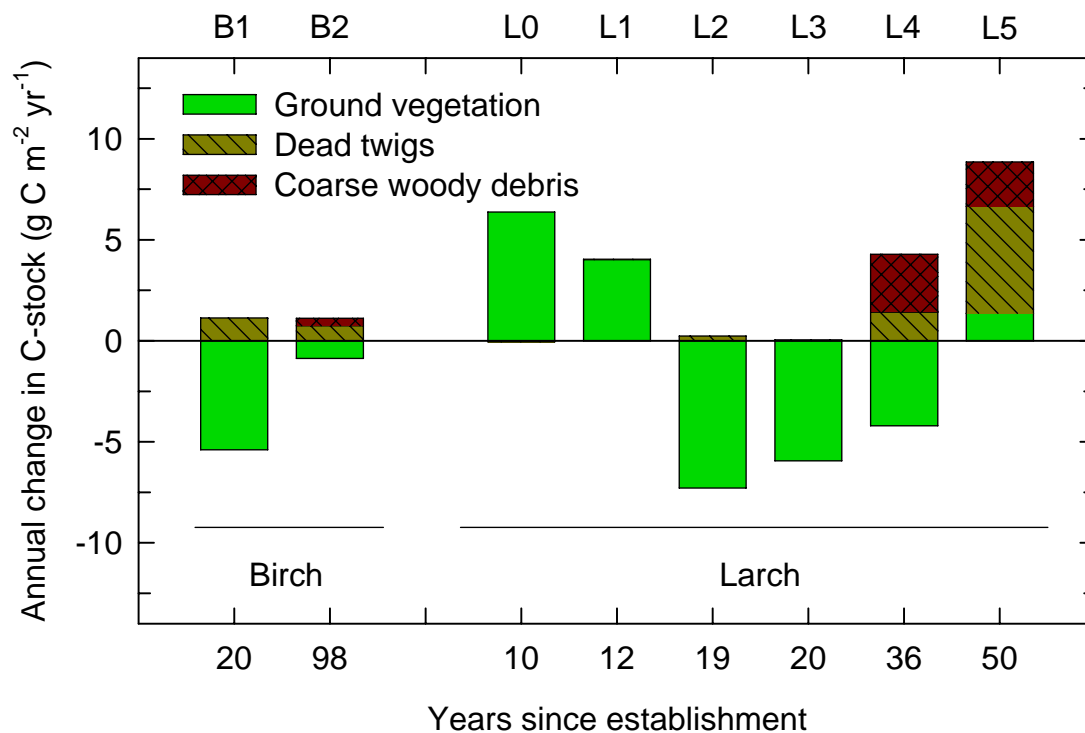
Ekki marktæk breyting í 10-30 cm dýpi.

*Brynhildur Bjarnadóttir (2009).  
Doktorsritgerð, Lund Univ.*





## SkógVist: Kolefnisforði í botngróðri, dauðum viði og feyru breytist – jafnast út!



Breytingar í þessum forðum vega lítið í kolefnisbindingu

**+/- 0.25 t CO<sub>2</sub> / ha á ári**

*Bjarni D. Sigurdsson o.fl. (2005).  
Annals of Forest Science*

NECC – Öndvegissetur 2004-2008  
*BDS/Brynhildur/Hlynur*

CAR-ES (Vistfræðileg þjónusta skóga)  
*Gundersen; BDS; Weslien 2005-2009*

ÁHRIF VAXTARLOTU  
Hermilíkanavinna 2007-2008; IS, SE, FI

AFFORNORD 2004-2007 Guðmundur, Edda, Auður, BDS, Brynhildur, Ásrún, Borgþór o.fl.

*Útrás*

**SKÓGVIST**

**SKÓGVATN** LbhÍ,  
Mógilsá Veiðimál, HÍ,  
Landgræðslan 2007-2011

*innrás*

Áhr skógræktaraðgerða  
á kol 2004-2007 (Mógilsá,  
LbhÍ, HÍ)



# Óháðar rannsóknir

Plant Soil  
DOI 10.1007/s11104-007-9279-4

Eva Ritter (2007) fékk aðgang að rannsóknareitum SKÓGVISTAR á Austurlandi vegna svepprótarannsóknna eftir að þessar mælingar fóru fram. Marktæk binding í jarðvegi!

Carbon, nitrogen and phosphorus in volcanic soils following afforestation with native birch (*Betula pubescens*) and introduced larch (*Larix sibirica*) in Iceland

Eva Ritter

Doktorsverkefni Brynhildar Bjarnadóttur (2004-2009).

Mældi árlegan kolefnisjöfnuð í 12-15 ára lerkiskógi á TTS-herfuðum fjalldrapamóa á Fljótsdalshéraði.

Hluti af Norrænu öndvegissetri um kolefnisrannsóknir.

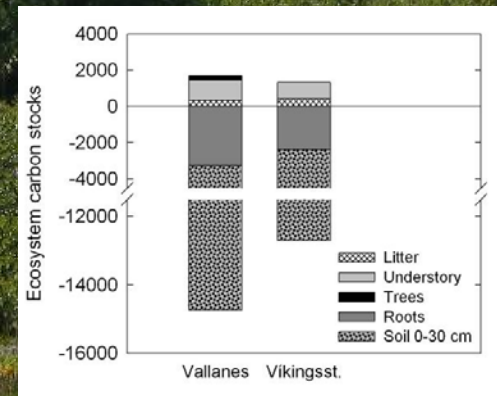
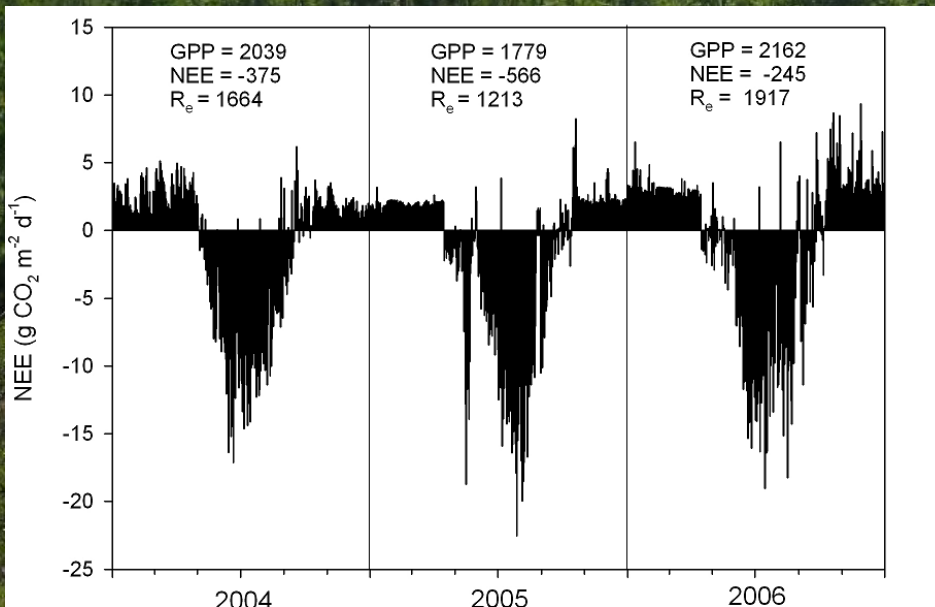
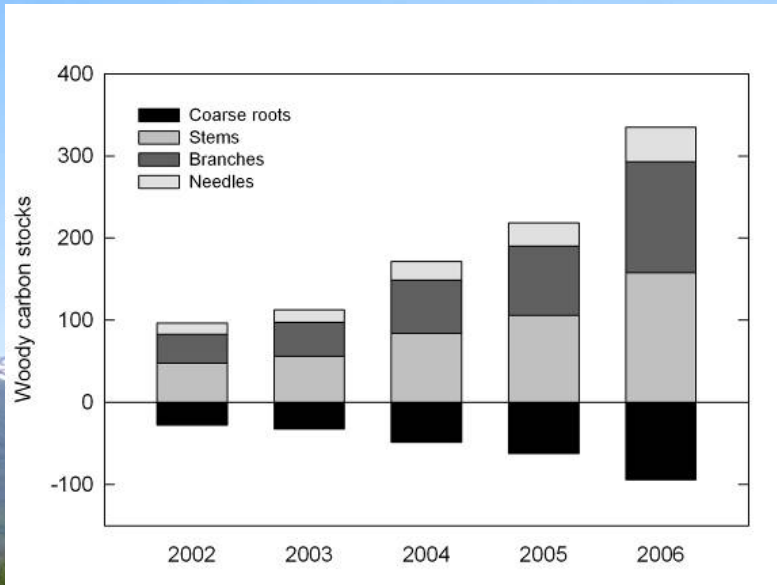




# Kolefnisbindingin í Vallanesi (12-15 ár)

var

**2,45 – 5,66 t CO<sub>2</sub> / ha ári**  
í öllu vistkerfinu  
**65% af því var í trjánum...**



*Brynhildur  
o.fl. 2007,  
2009a, 2009b*



Óáborið

Áborið

Ógrisjað



10.000 tré/ha

50% grisjun



5000 tré/ha

80% grisjun



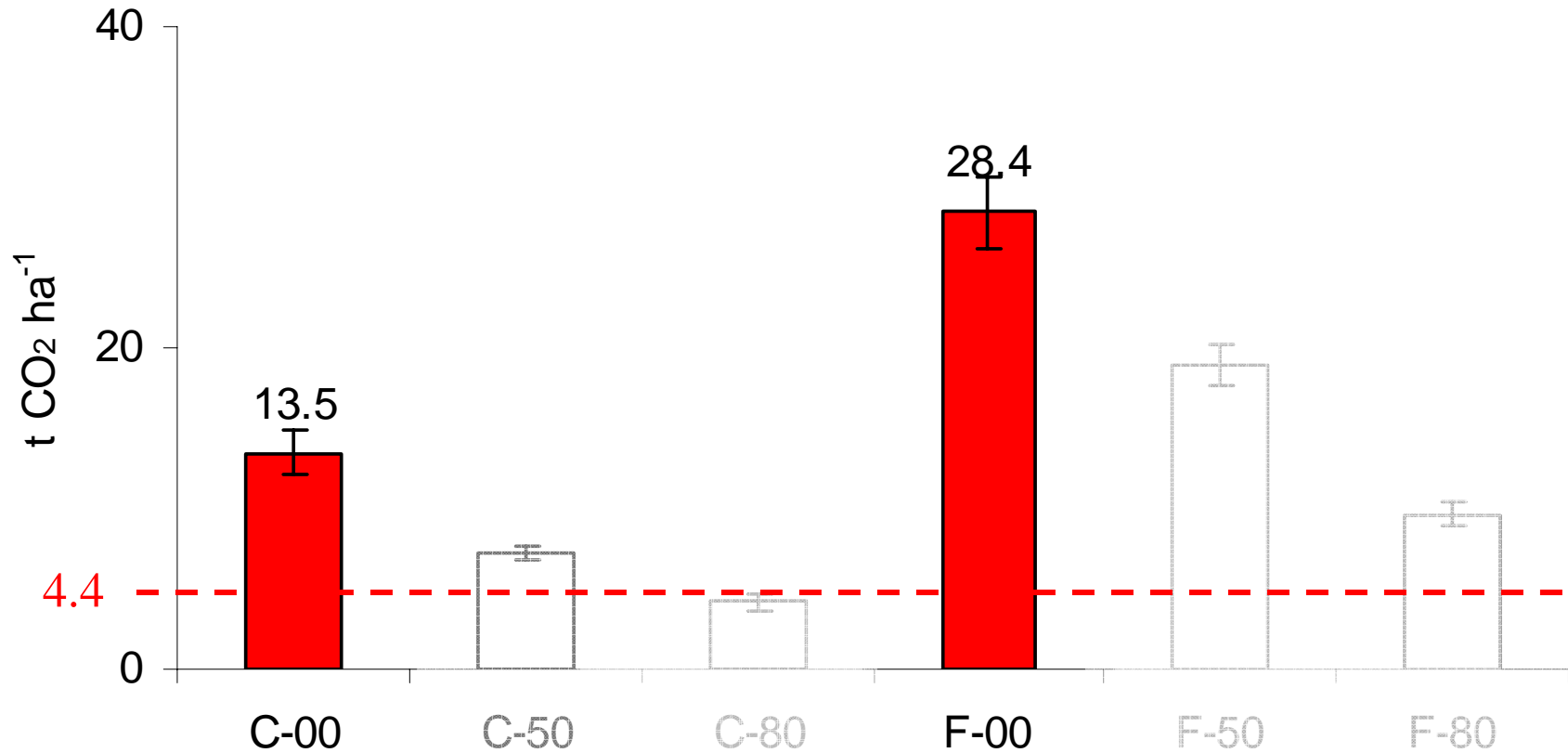
2000 tré/ha

**2007: Áhrif skógræktaraðgerða  
(grisjun og áburðargjöf) á viðarvöxt og  
kolefnisbindingu í ungum asparskógi  
- mastersverkefni Jóns Ágústs Jónssonar -**





## Árleg kolefnisbinding í 15 ára þéttum asparskógi rúmu ári eftir áburðargjöf (t CO<sub>2</sub> / ha ári)

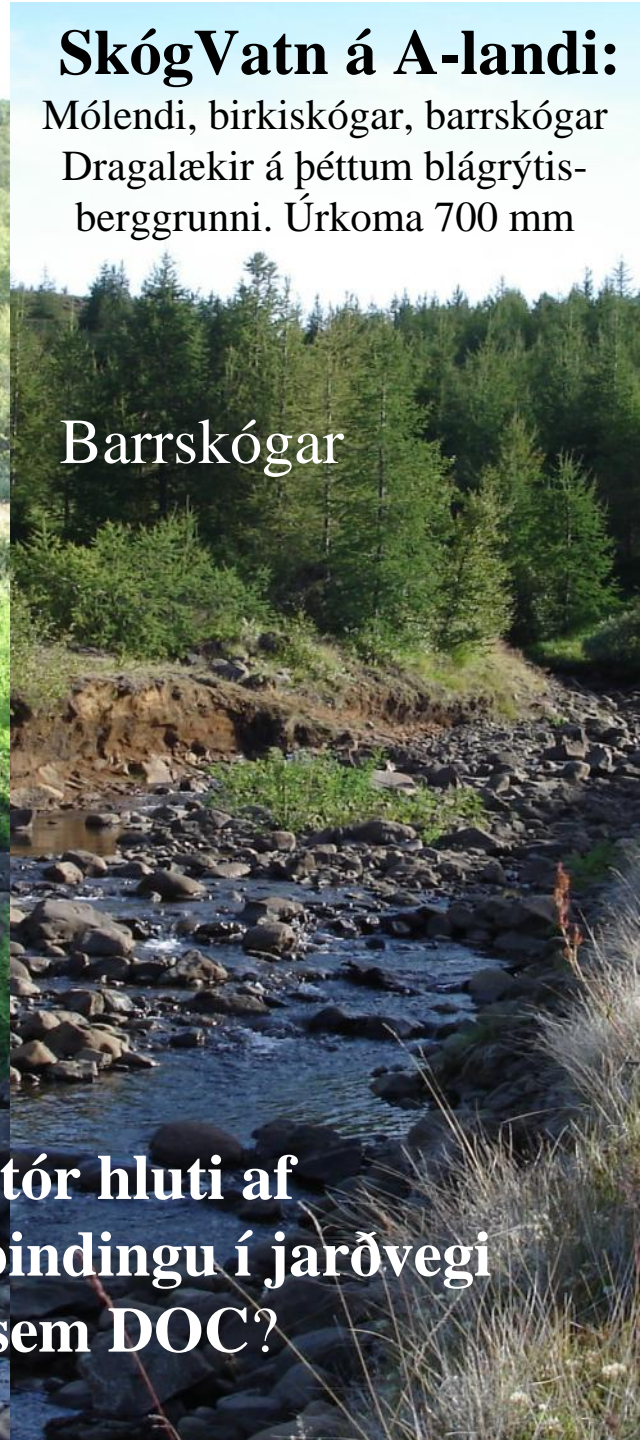
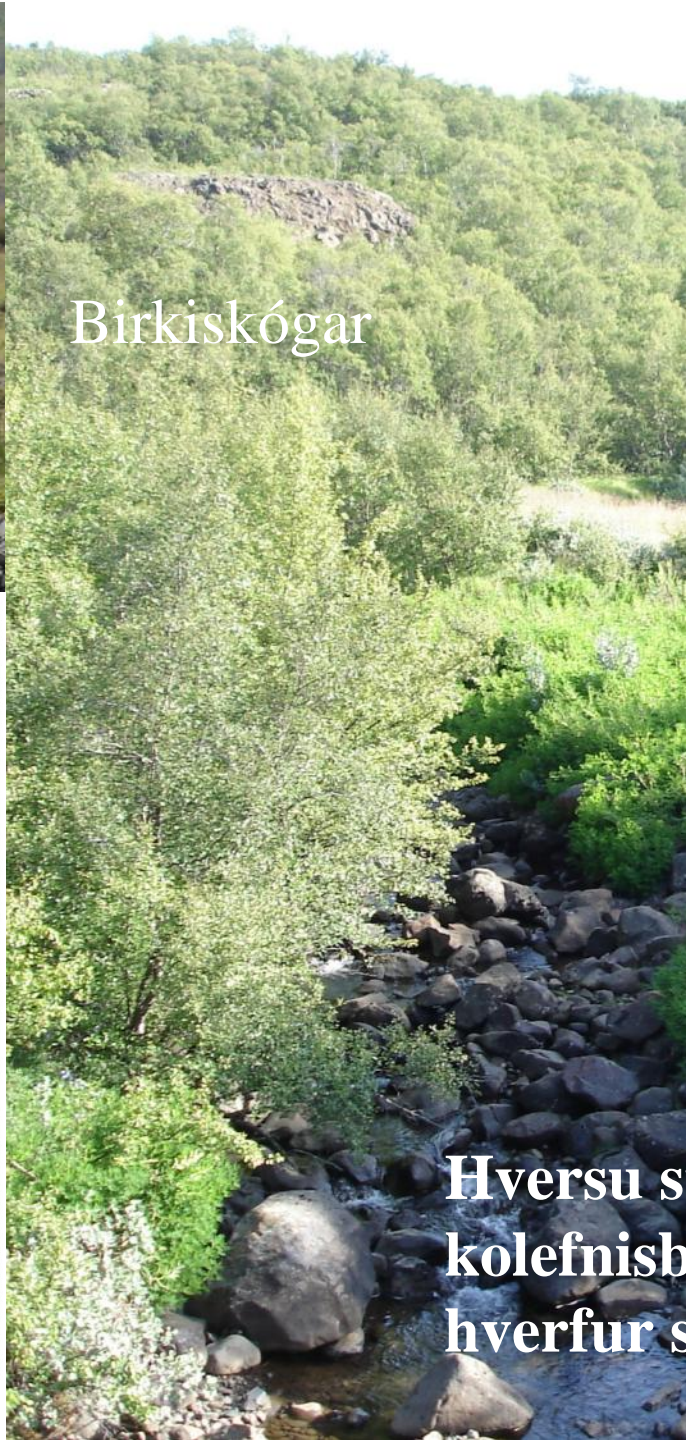
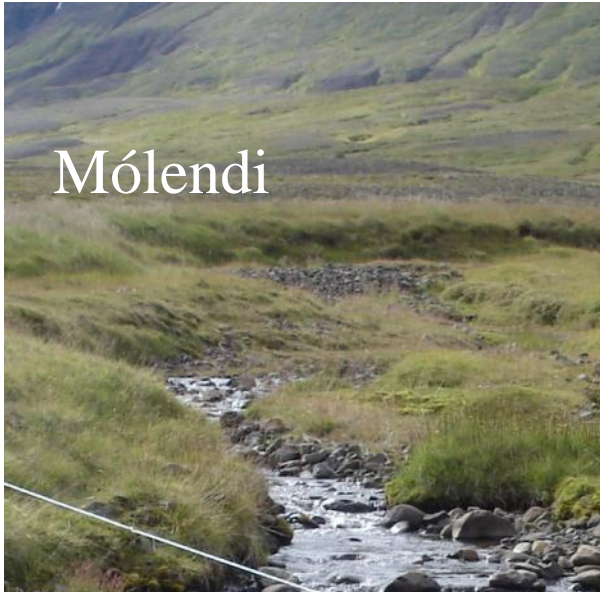


Grisjun dregur auðvitað úr árlegri kolefnisbindingu í byrjun!

**Áburðargjöf jók hraða bindingar um 116% fyrst eftir áburðargjöf...**

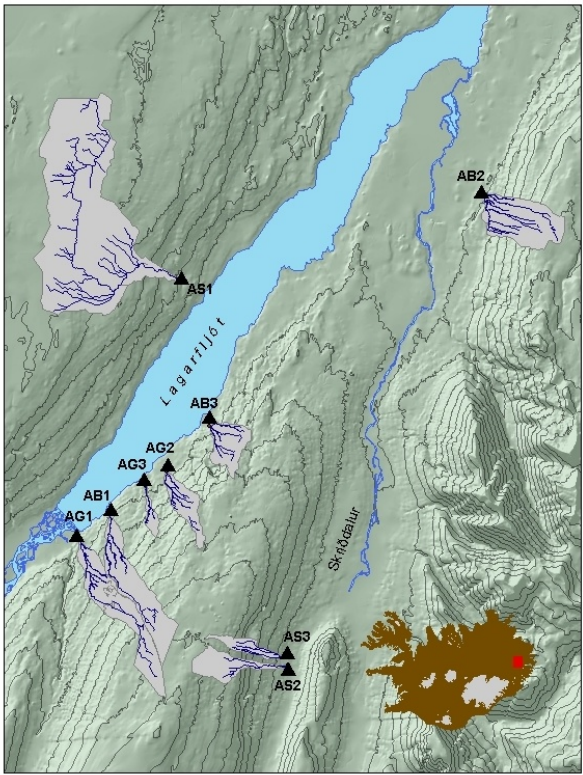
Áætluð losun v. N<sub>2</sub>O frá tilbúnum áburði var 6% af árlegri bindingu.





## Skógvatn á A-landi:

Mólendi, birkiskógar, barrskógar  
Dragalækir á þéttum blágrýtis-  
berggrunni. Úrkoma 700 mm



Hversu stór hluti af  
kolefnisbindingu í jarðvegi  
hverfur sem DOC?



# ÍSÚ: Bein úttekt á standandi kolefnisforða 2005-2009

Arnór Snorrason og félagar

Reiknar (vegið) meðaltal fyrir standandi kolefnisforða allra ræktaðra skóga landsins

1. 2007 kortlagt flatarmál 42.400 ha → samfellt flatarmál = 29.610 ha (30% minna)

2. 2007 aldur = 23.870 ha < 20 ára (80%)  
5.980 ha > 20 ára

**Mjög ungir: því verður standandi kolefnisforði minni en nemur áætlun sem notar:  $4,4 \text{ t CO}_2 \times \text{aldur} \times \text{flatarmál}$**

**Á eftir að aukast mjög hratt þegar veginn meðalaldur skóganna > 20 ár...**

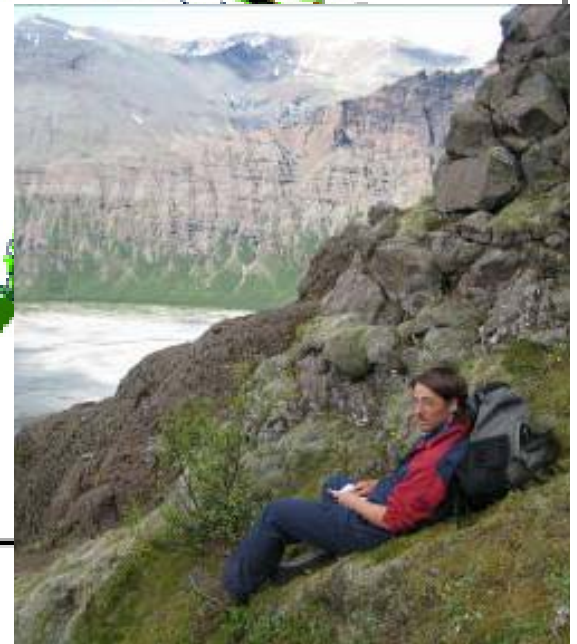
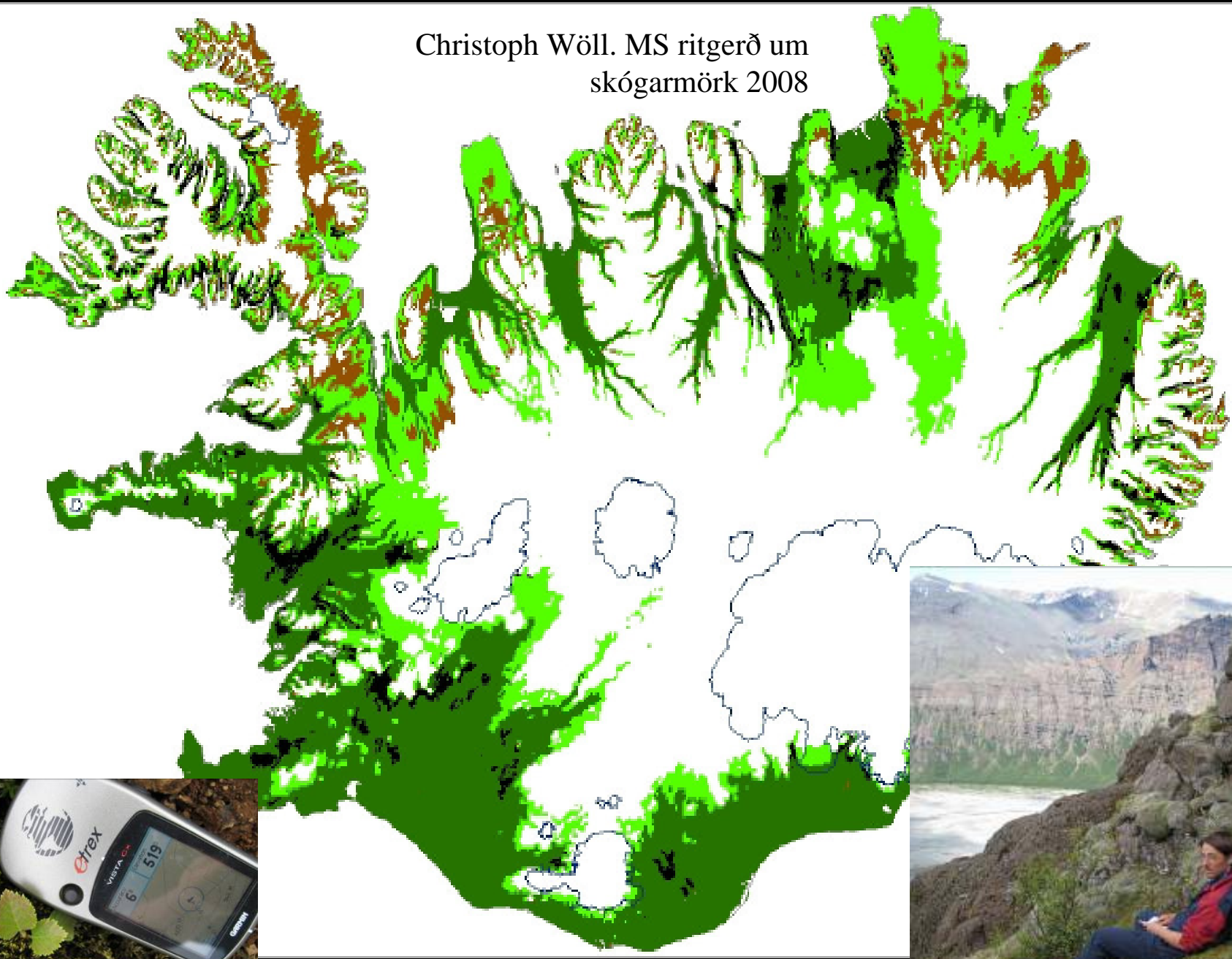
Skýringar



Ræktaðir skógar

Endurmælt 2010-2014

Christoph Wöll. MS ritgerð um  
skógarmörk 2008





# Lokaorð...

Kolefnisbinding með  
skógrækt er vænleg og  
við þekkjum hana orðið  
nokkuð vel...

En!!





# En...



- **Vantar meiri rannsóknir á áhrifum skógræktaraðgerða á kolefnisbindingu í jarðvegi!**
  - Áhrif frjósemi á bindinguna? (muna áhrif lúpínu!)
  - Er hún stöðug yfir lengra tímabil?
- **Vantar meiri rannsóknir á skógrækt á rýru landi**
  - Eitt verkefni í gangi núna: KolBjörk
- **Vantar rannsóknir á skógrækt á framræstu landi**
  - (sem þó er < 3% skógræktar á landsvísu – og innan við 1,5% ræktalands).
- **Önnur áhrif skógræktar á geislunarþvingun?**
  - Endurkastsstuðull (albedo). Nýtt verkefni að hefjast í samstarfi LbhÍ, Sr og Lr að hefjast.

Lykilatriði að spár um kolefnisbindingu byggji á traustum rannsóknum og sé fylgt eftir með **úttektum** sem staðfesta að spáð binding hafi átt sér stað





1996-2000 Governmental Action Plan – Soils;  
Ólafur Arnalds, F. Pálmason, Jón Guðmundsson (2000), Ása L.  
Aradóttir o.fl. (2000)

Meðal kolefnisbinding í  
jarðvegi 30-50 ára  
landgræðslusvæða var 2.2  
t CO<sub>2</sub> / ha ári

**Jarðv + gróður ~ 2.4 t CO<sub>2</sub> /ha  
ári**

Mikill breytileiki milli svæða og  
aðgerðaflokka.







# Áhrif beitarfriðunar og áburðargjafar á kolefnisbindingu

## **Ingvi Þorsteinsson (1991). Auðkúluheiði:**

8 ára beitarfriðun (1981-1989) og áburðargjöf –  
engin marktæk áhrif á kolefnisforða í efstu 10  
cm.

