

# Karbonbalansen i skogsjord

*O. Janne Kjønås*

**NIBIO**



Foto O. Janne Kjønås



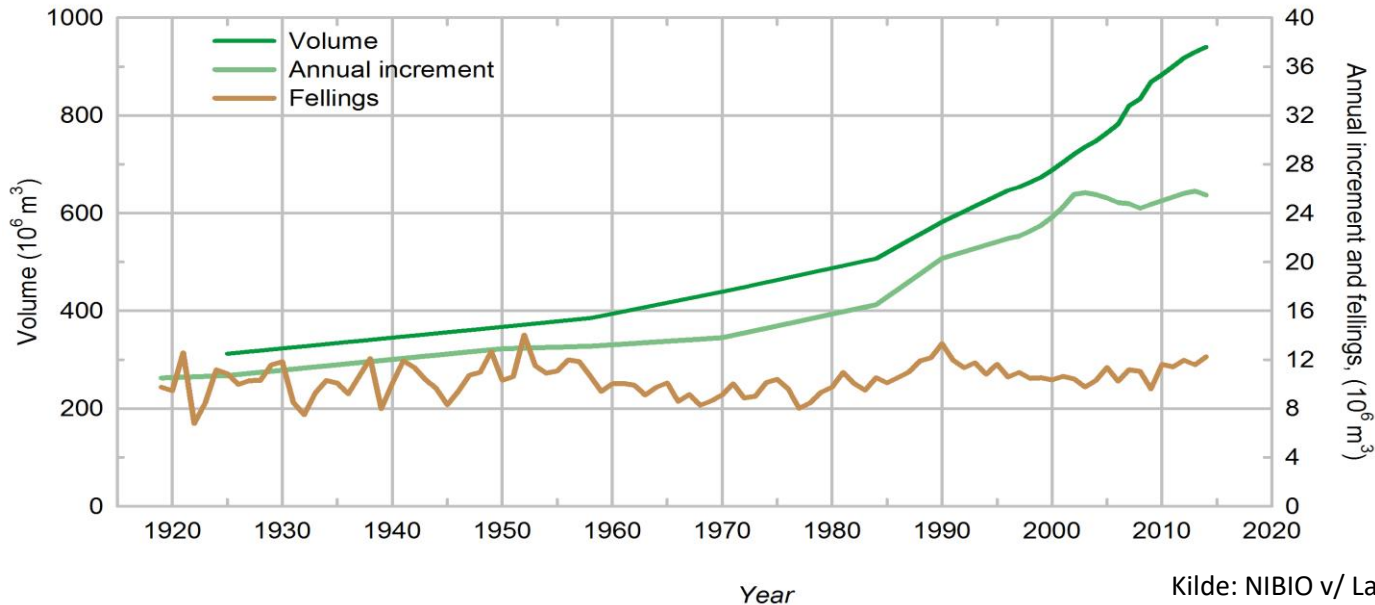
Foto O. Janne Kjønås



## Norsk klimapolitikk - Meld.St.nr 21 2011-2012, :

1. Øke årlig opptak av CO<sub>2</sub> i skog
2. Øke langtidslagringen av C i skog

### Karbonlagring i trær - Landsskogtakseringen



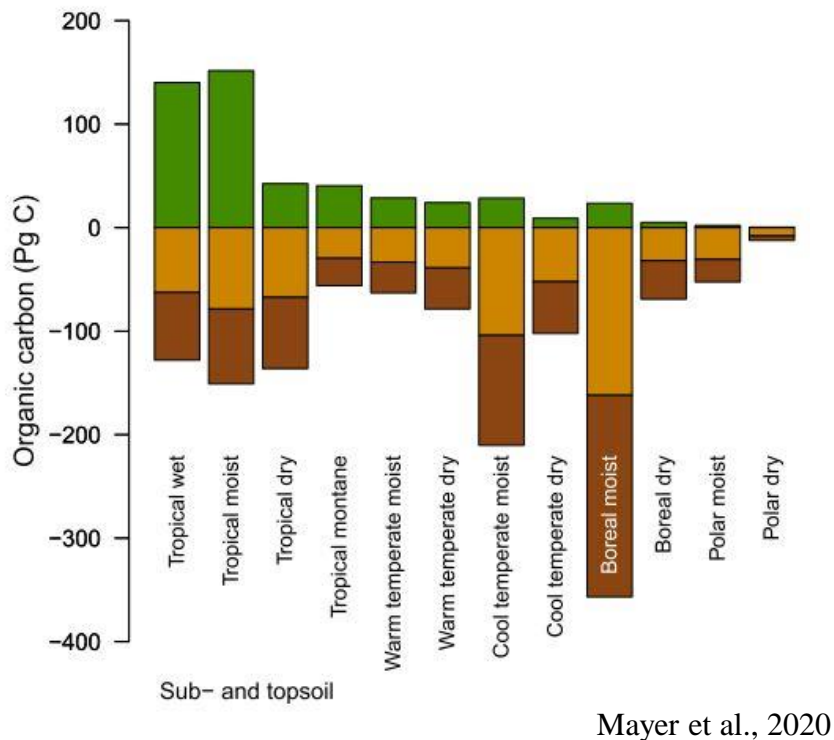
Kilde: NIBIO v/ Landsskogtakseringen og SSB.

### Skog - nøkkeltall:

- dekker ca 12 millioner hektar
- utgjør nesten 38 prosent av Norges landareal.
- Bartredominert skog = 57%
- Lauvtredominert skog = 41%.

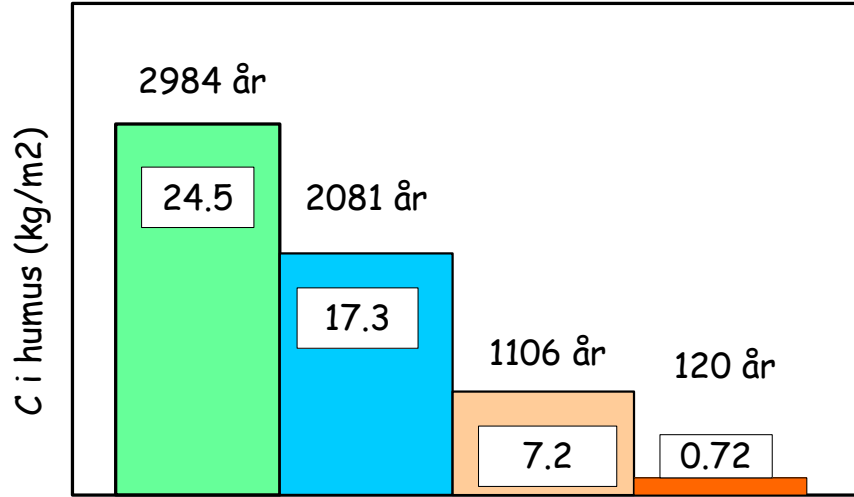
# Hvorfor er karbon (C) i skogsjord viktig?

## Fordeling av terrestrisk karbonlagre



- Globalt er jordsmonnet estimert å inneholde ca 3-4.5 x C i vegetasjon og 2-3 x C i atmosfæren (Cotrufo et al 2011. Lal 2004)
- Ca 30% av klodens terrestriske CO<sub>2</sub> opptak finner sted i boreal skog (Warkentin & Bradshaw 2012)
- Det største C lageret i boreale skogøkosystem er i jord og myr (Bradshaw & Warkentin 2015)
- Norske skogøkosystem: 21% av C lageret i vegetasjonen og 79% i jorda (Grønlund et al 2010)

# C lagre i skogsjord:



Wardle et al. 1997

- potensielt store lagre i uforstyrret jord
- karbon i jord kan bli svært gammelt

Horizon	Stand age			
	12	30	60	130
	C 14 Age	C 14 Age	C 14 Age	C 14 Age
Bf1			319 (26)	
Bf2	1226 (22)	640	1034 (26)	831
BC1	4690 (29)	3169	2809 (24)	4011

Kjønaas and Clarke, unpubl. data

# Jordsmonnsutvikling - karbonlager



Forest floor, LFH

Ae (Aeh, AB)

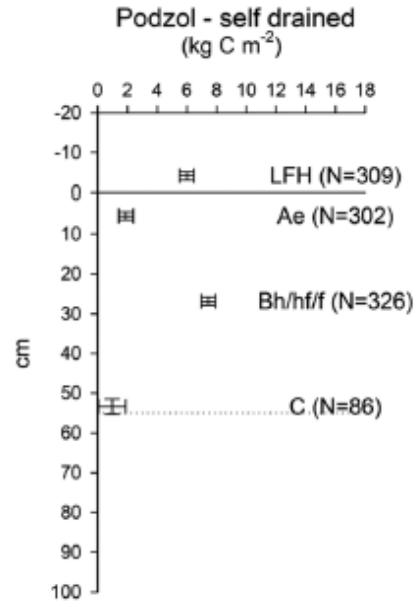
Bhf

Bf

BC

C

Cg

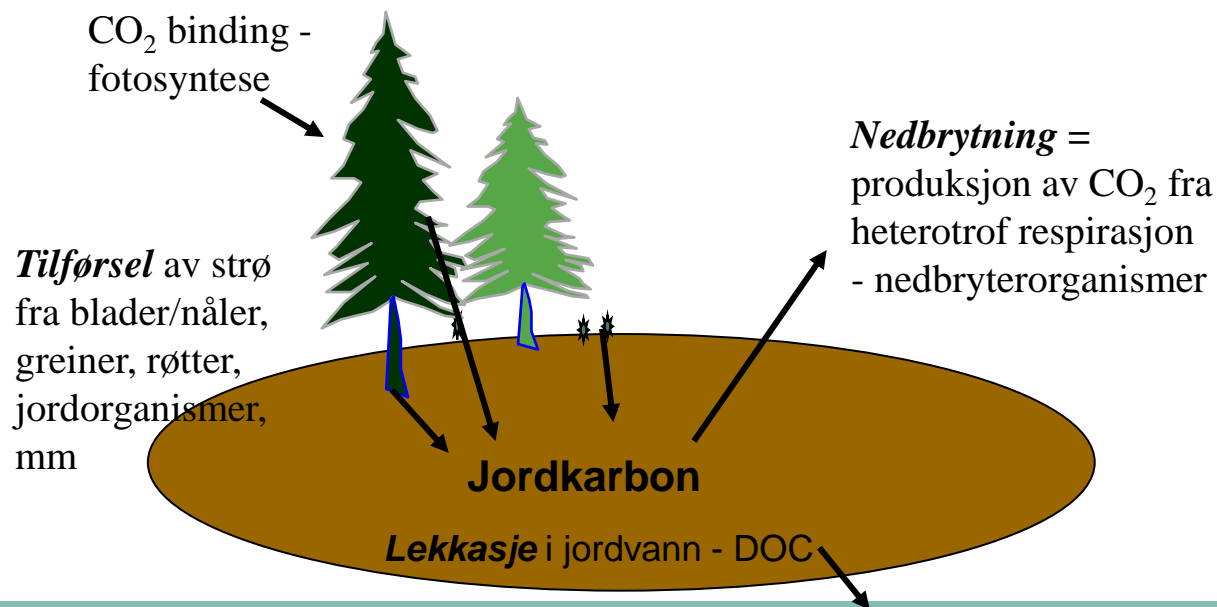


Strand et al 2015

# Grunnleggende prosesser for karbonbalanse i skogsjorda:

Organisk materiale i jord = Tilførsel organisk materiale fra trær, bunnvegetasjon, organismer -  
Nedbrytning av jordas organiske materiale

Skogskjøtsel kan endre C-lageret i jorda gjennom å endre faktorer som påvirker tilførsel og nedbrytning



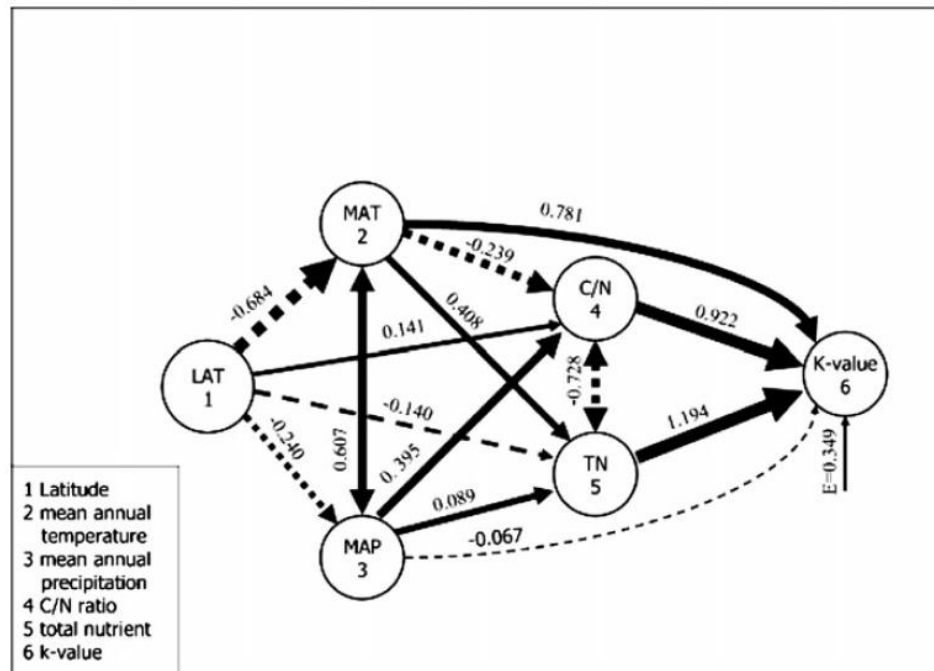
# Faktorer som styrer nedbrytning

## Biologiske og edafiske

- Kvalitet av organisk materiale / Næringstilgjengelighet
- Jordstabilitet
- Jord-organismer

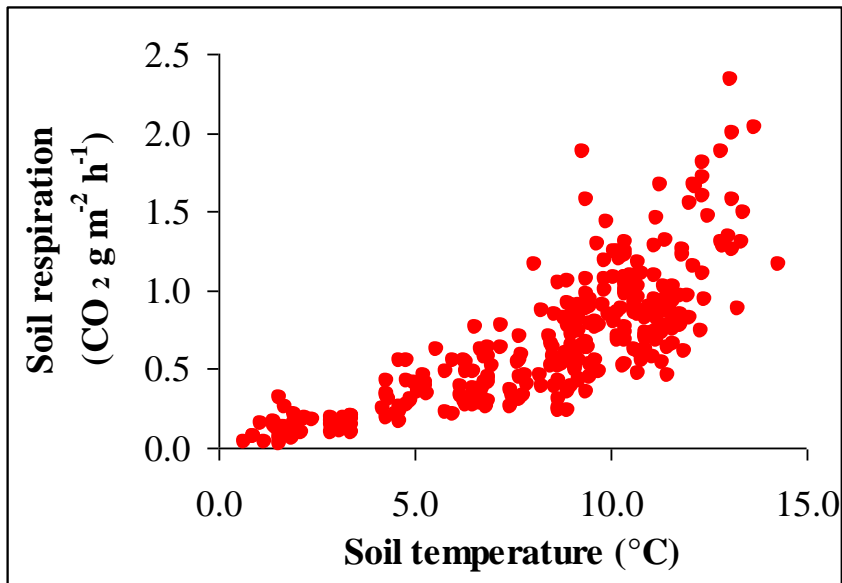
## Klimatiske

- Temperatur
- Fuktighet

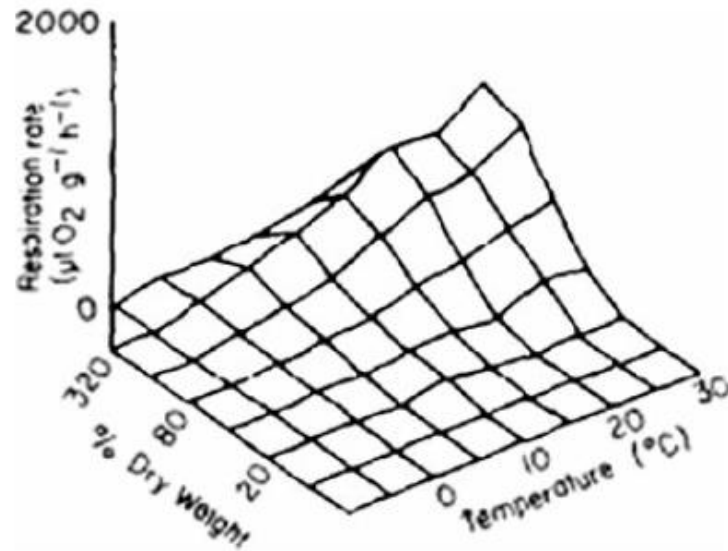


(Zhang et al 2008, Prescott 2010)

# Nedbrytningen: kjemiske og biologiske prosesser styres av temperatur (og fuktighet)



Kjønaas unpubl.

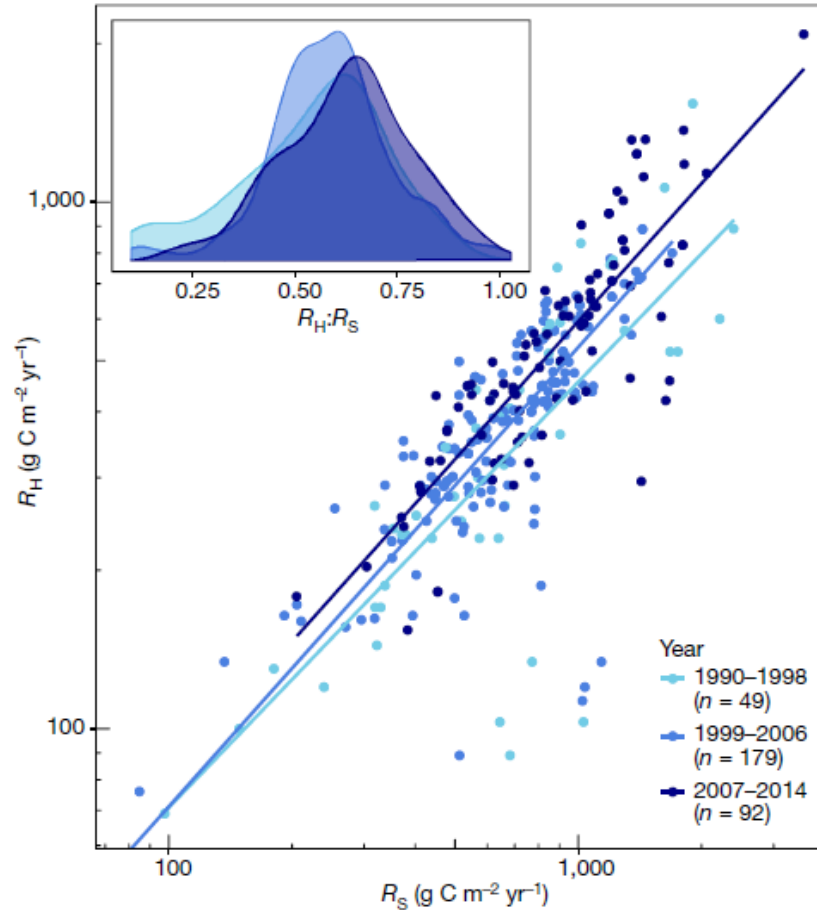


Prescott 2010



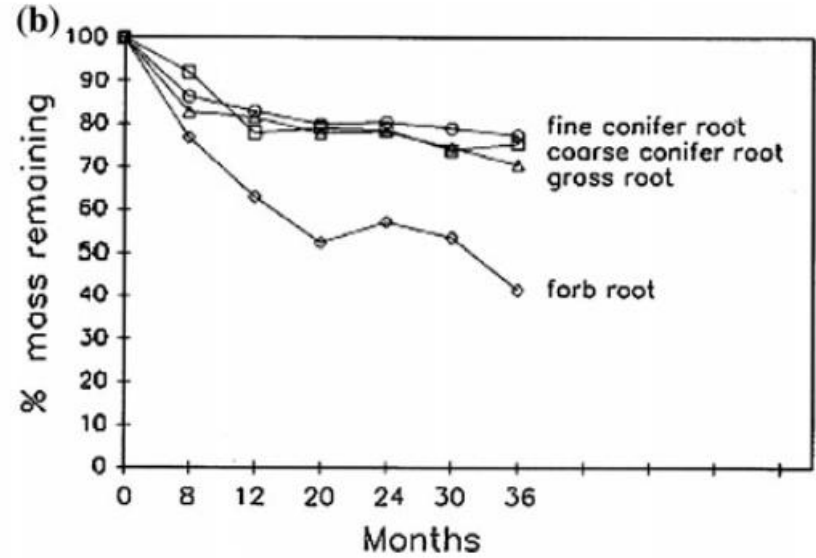
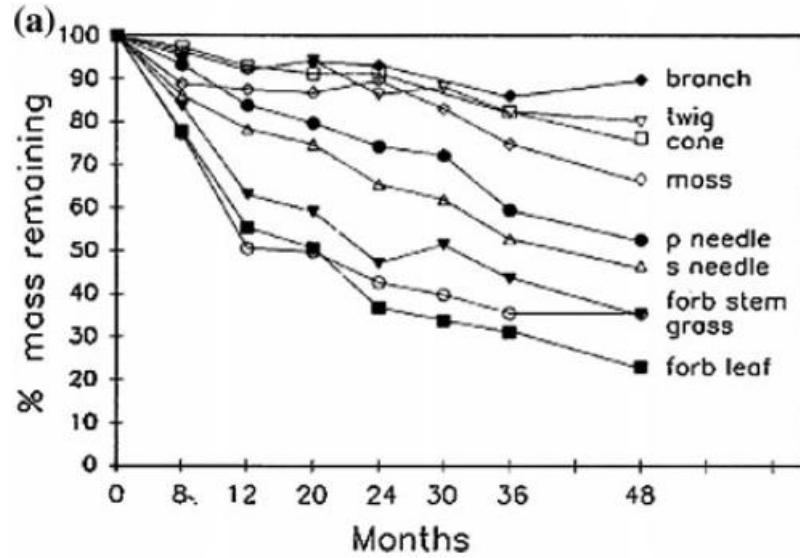
# Global økning i heterotrof respirasjon over tid = økt nedbrytning av jord C

(Bond-Lamberty et al 2018)



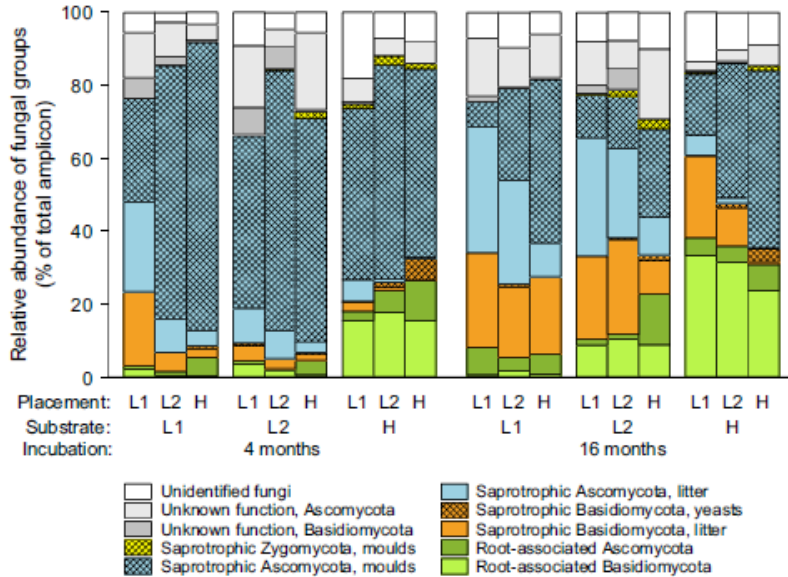
- Analyser basert på 3 uavhengige datasett viser en positive tilbakevirkning mellom redusert lagring av jordkarbon og økende global temperatur
- Jordrespirasjon og heterotrofisk respirasjon øker relative til brutto primærproduksjon
- Resultatene antyder et vedvarende klimadrevet tap av jordkarbon i mange ulike økosystem
- Funnene støttes av globale nedbrytningsstudier og jordvarmingsstudier

# Nedbrytning - Kvalitet av organisk materiale



Prescott 2010

# Nedbrytning – jordorganismer



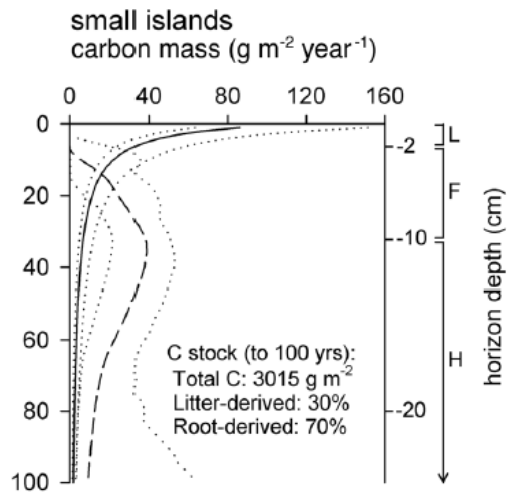
- Mycorrhiza og saprotrofisk sopp konkurrerer om det samme organiske materialet, men påvirker nedbrytningen forskjellig
- Mykorrhiza kan indirekte regulere nedbrytningshastigheten gjennom å redusere aktiviteten til de mer effektive saprotrofiske organismene

Bödeker et al 2016

# Hva er den viktigste tilførselen av organisk materiale?

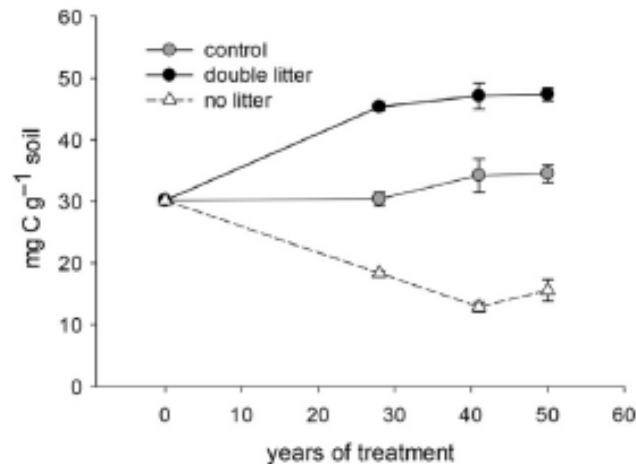
- Røtter og rot-assosierte sopper driver langsiktig C sekvestrering i boreale skogøkosystem
- 50 - 70% of lagret karbon stammer fra røtter og sopp

(Clemmensen et al 2013)



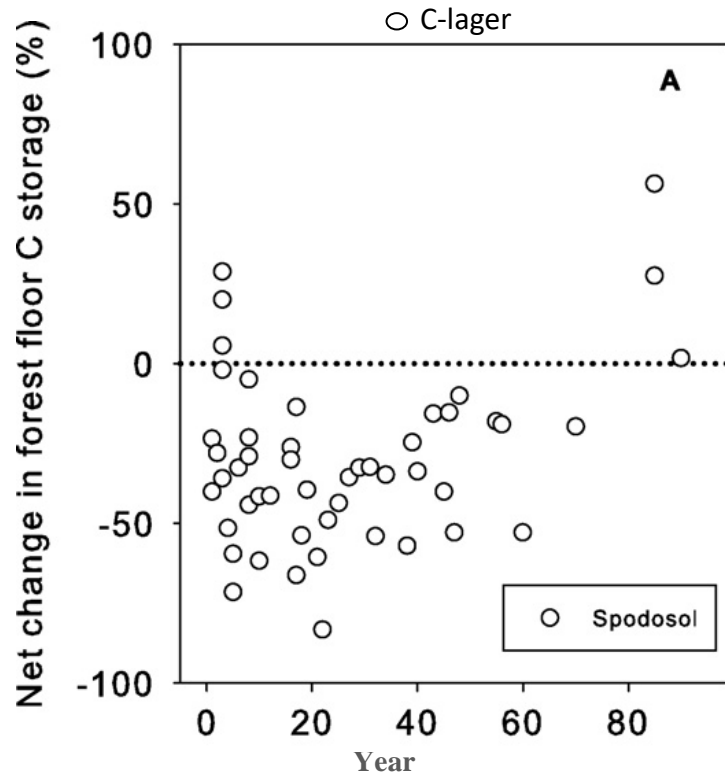
- Lite bevis for underjordisk strø bidro mer til stabilt C lager enn overjordisk strø
- OM viste liten eller ingen respons på kronisk doubling av tilførsel av overjordisk strø

(Lajtha et al 2018)



Økt nedbrytning av nytt strø stimulerer nedbrytning av eldre C

# Skogskjøtsel: Effekter av snauhogst på jordas C lager

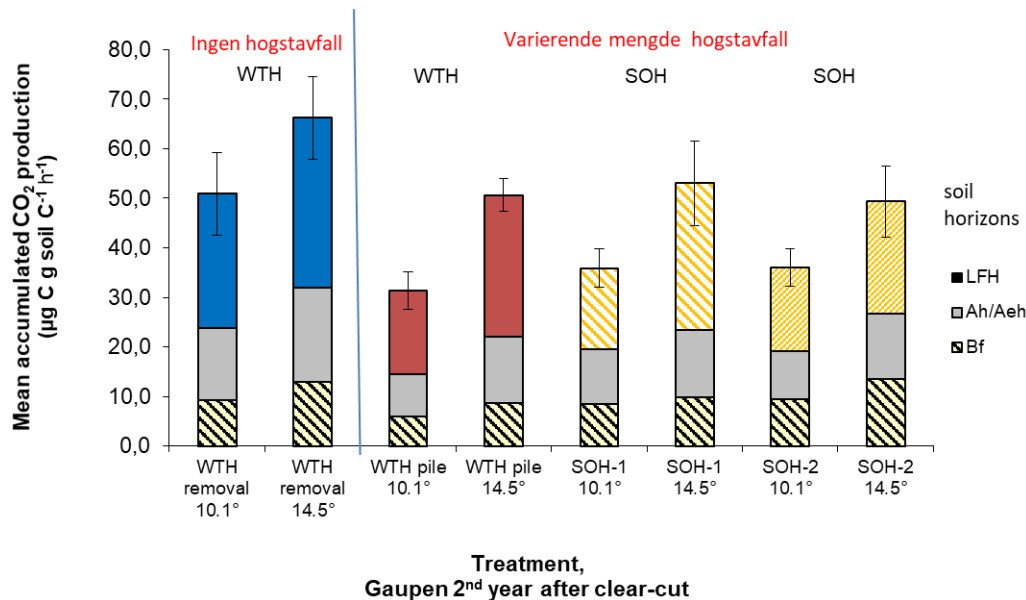


Nave et al, 2010

- **Nave et al., 2010** - Metaanalyse - database med 432 forsøk
- Gjennomsnittlig tap totalt:  $8 \pm 3\%$
- Gjennomsnittlig tap fra humussjikt:  $30 \pm 6\%$
- Størrelse av tap knyttet til
  - Skogtype (humussjikt)
  - Jordtype (mineraljordsjikt)
- **James and Harrison (2016)** (112 publikasjoner)
- Gjennomsnittlig tap totalt: 11.2%
- Gjennomsnittlig tap fra humussjikt: 30.2%
- Signifikante tap i øvre mineraljord (0–15 cm, 3.3%) og dypere jordlagre (60– >100 cm; 17.7%).

# Skogskjøtsel: Effekter av hogstform/hogstavfall på jordkarbon

SOH = uttak kun av stamme, WTH = heltrehogst



– Endringer i soppflora – mer dominans av saprotrofer etter hogst (Hietala et al upubl.)

– Forskjeller i N tilførsel fra hogstavfall (akk. etter 3 år nedbrytning):

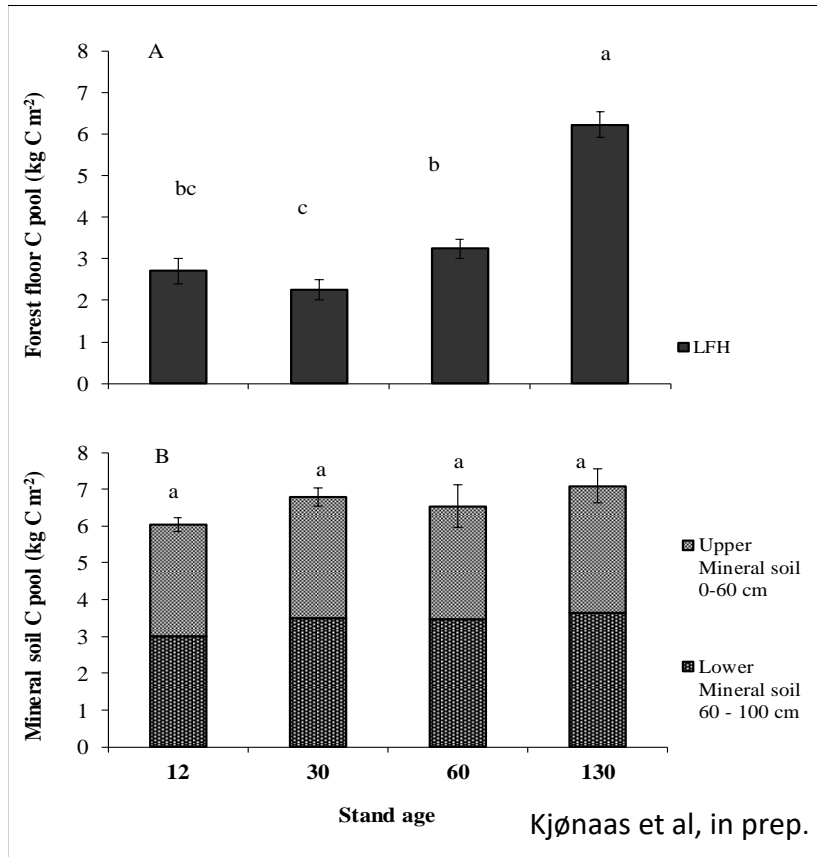
- WTH-removal: 0 kg N ha<sup>-1</sup>,
- WTH-pile: 140 kg N ha<sup>-1</sup>
- SOH: 126 kg N ha<sup>-1</sup>

Økt uorg. N stabiliserer OM og øker humifisering fremfor nedbrytning - via biologiske (ligninolytic enzymes, økt mikrobiell effektivitet) og kjemiske reaksjoner (bl.a. Knorr 2005)

Ecobrem; Kjønaas, in prep.

– I felt - forskjell i mikroklima – temperatur

# Bestandsutvikling - rotasjonslengde

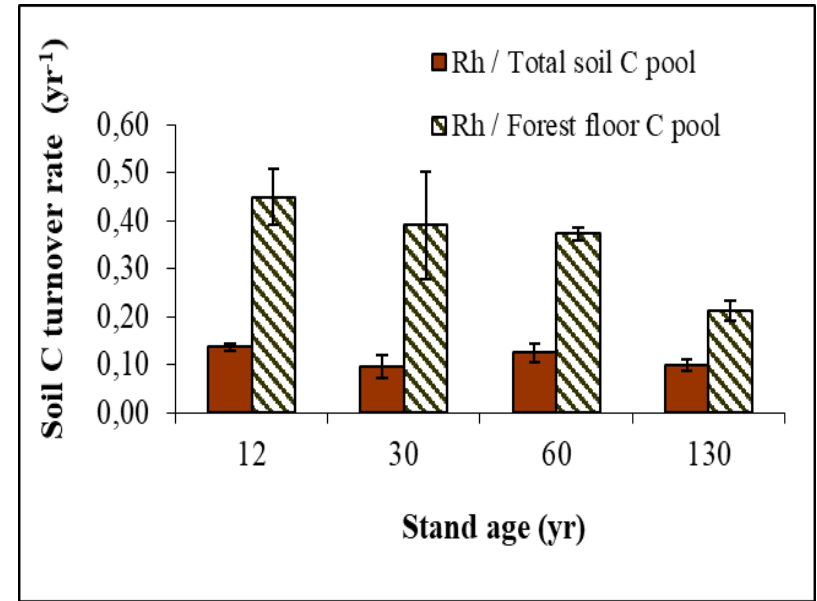
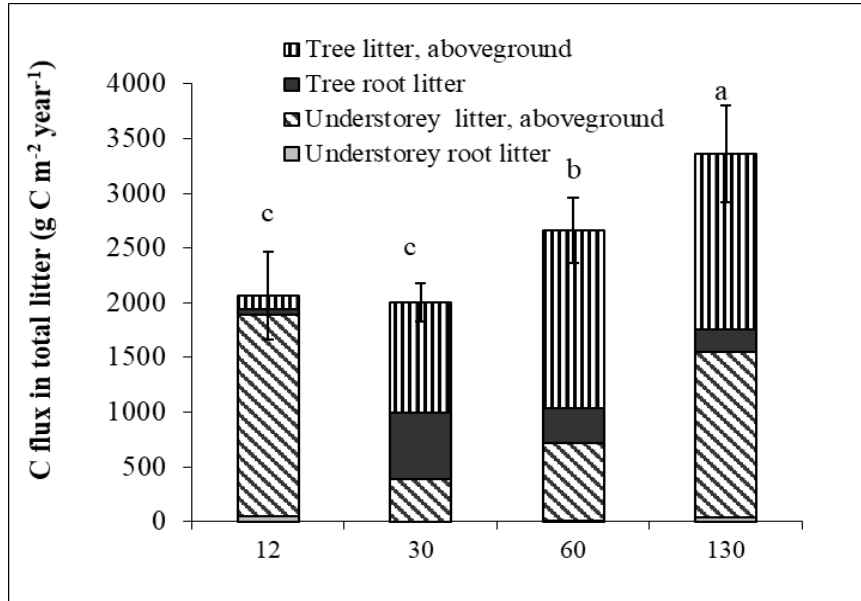


Endringer i jordkarbon gjennom en bestands suksesjon

Alderskronosekvens Nordmoen, bestandsalder 12, 30, 60, 130 år.

# Endringer i C fluks inn og ut med bestandsalder

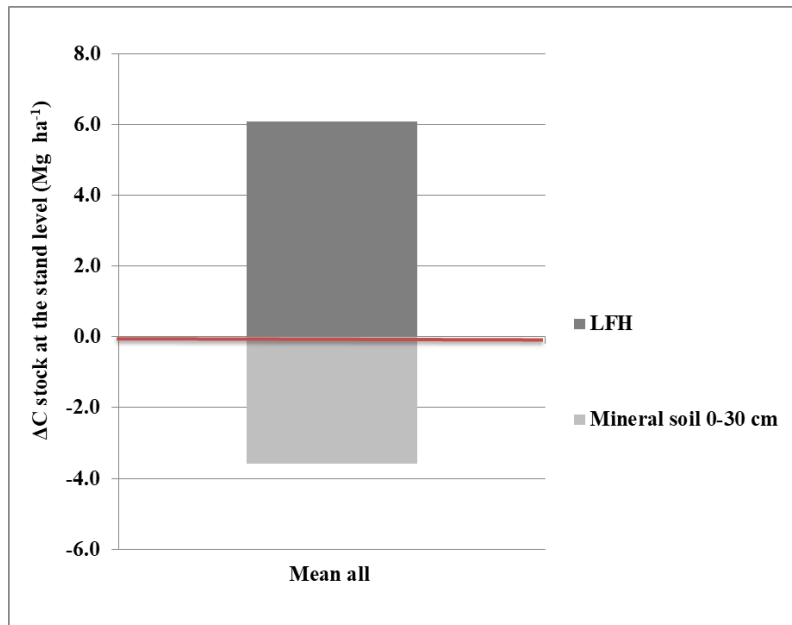
Alerskronosekvens, bestandsalder 12, 30, 60 130 år, Nordmoen, Norway



Kjønaas et al, in prep., Børja et al, in prep



# Treslagsskifte - jordkarbon



- Ingen endring i totale C lagre i jorda
- Tendenser til omfordeling av C fra mineraljorda til humussjiktet (LFH).
- Betydning for langtidslagring av jordkarbon



# Oppsummering skogskjøtselstiltak – NB lokale variasjoner!

- Snauhogst medfører nedgang i C lagre i jorda, spesielt organisk sjikt og øvre mineraljord
- Heltrehogst og stubbefjerning påvirker C lageret i jorda negativt
- Markberedning reduserer jordlagre – økt vekst av småplanter kan binde mer C ( - bruk av trevirke avgjørende for nettoeffekt)
- Nitrogengjødsling vil generelt øke C lageret i skogsjorda – og økt akkumulering skjer under nitrogenfikserende treslag
- Akkumulering av C varierer under ulike treslag – spesielt fordeling i profilet
- Bestandstetthet og tynning har liten effekt på jordas C lager
- Redusert beitetrykk i skog kan øke C lageret i jorda
- Skogbrann reduserer C lageret i jorda – økt tap ved økende intensitet

(Mayer et al 2020)



Effekter under endret klima – varmere, våtere, villere?

Takk for oppmerksomheten!



Foto: O.Janne Kjønås