

# Kaotatud paradiis ja keeruka elu häll:

Hapnik ja päristuumsed 2 miljardit aastat tagasi

Kaarel Mänd



UNIVERSITY OF  
ALBERTA

ARCHIMEDES



ualberta **north**

# Esimesed jäljed päristuumsetest

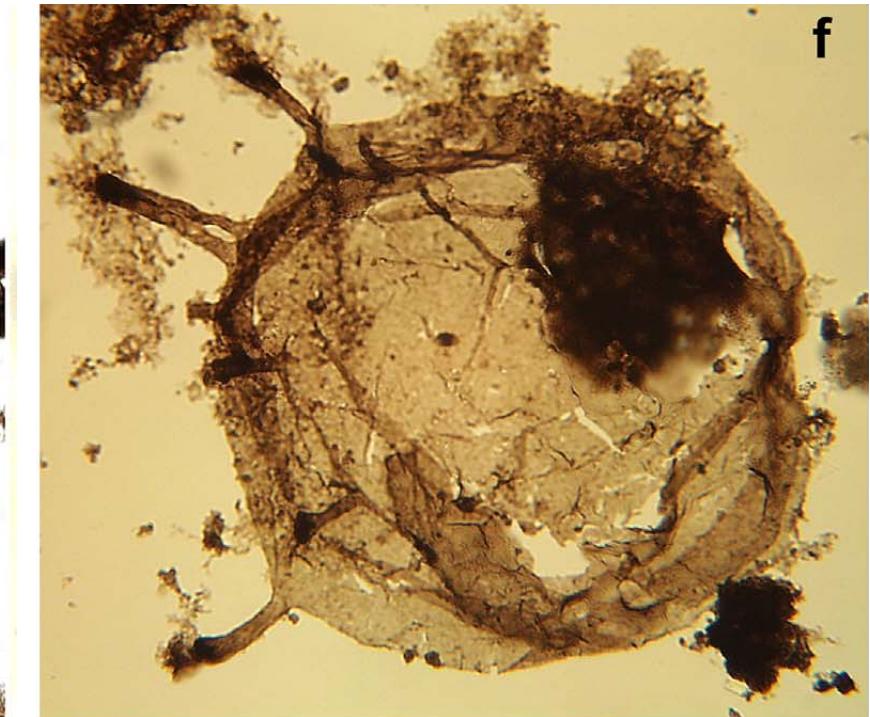
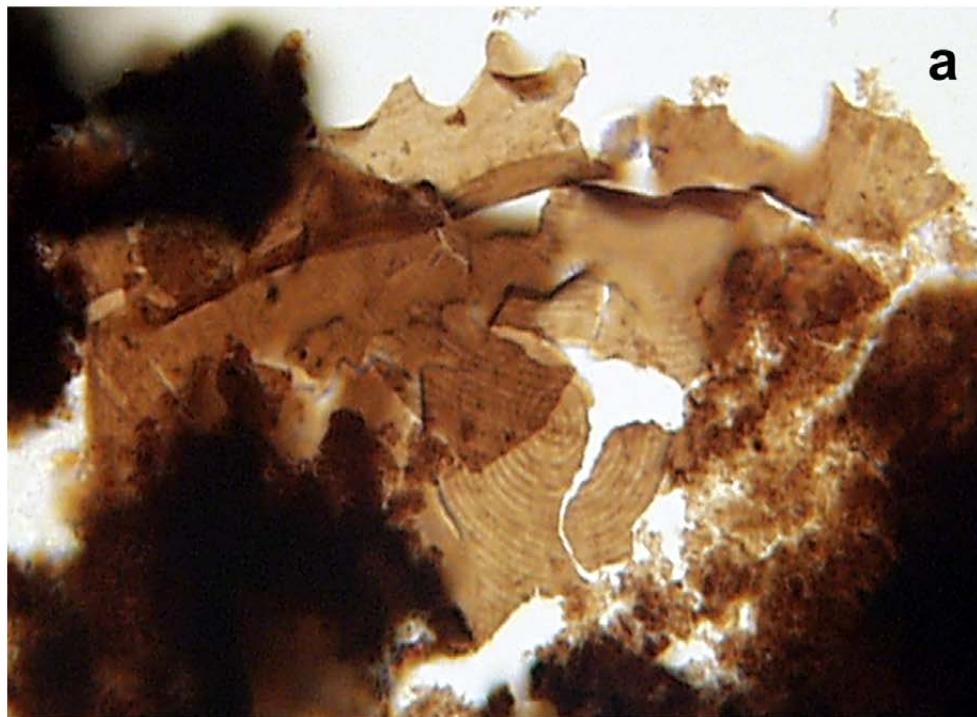
Päristuumsete võidukäik jäab Proterosoikumi lõppu (1,0–0,6 mld. a. tagasi), kuid esimesed jäljed jäavat varasemasse Proterosoikumisse (1,8–1,0 mld a. tagasi).

- *Bangiomorpha pubescens*: esimene punavetikas ~1,1 mld. a. tagasi (Butterfield, 2000)



# Esimesed jäljed päristuumsetest

- *Valeria* ja *Tappania*: keeruka rakuseinaga, mitmesaja  $\mu\text{m}$  diameetriga  $\sim 1,6$  mld. a. vanad eukarüoodid (Javaux et al., 2004, Prasad et al., 2005)



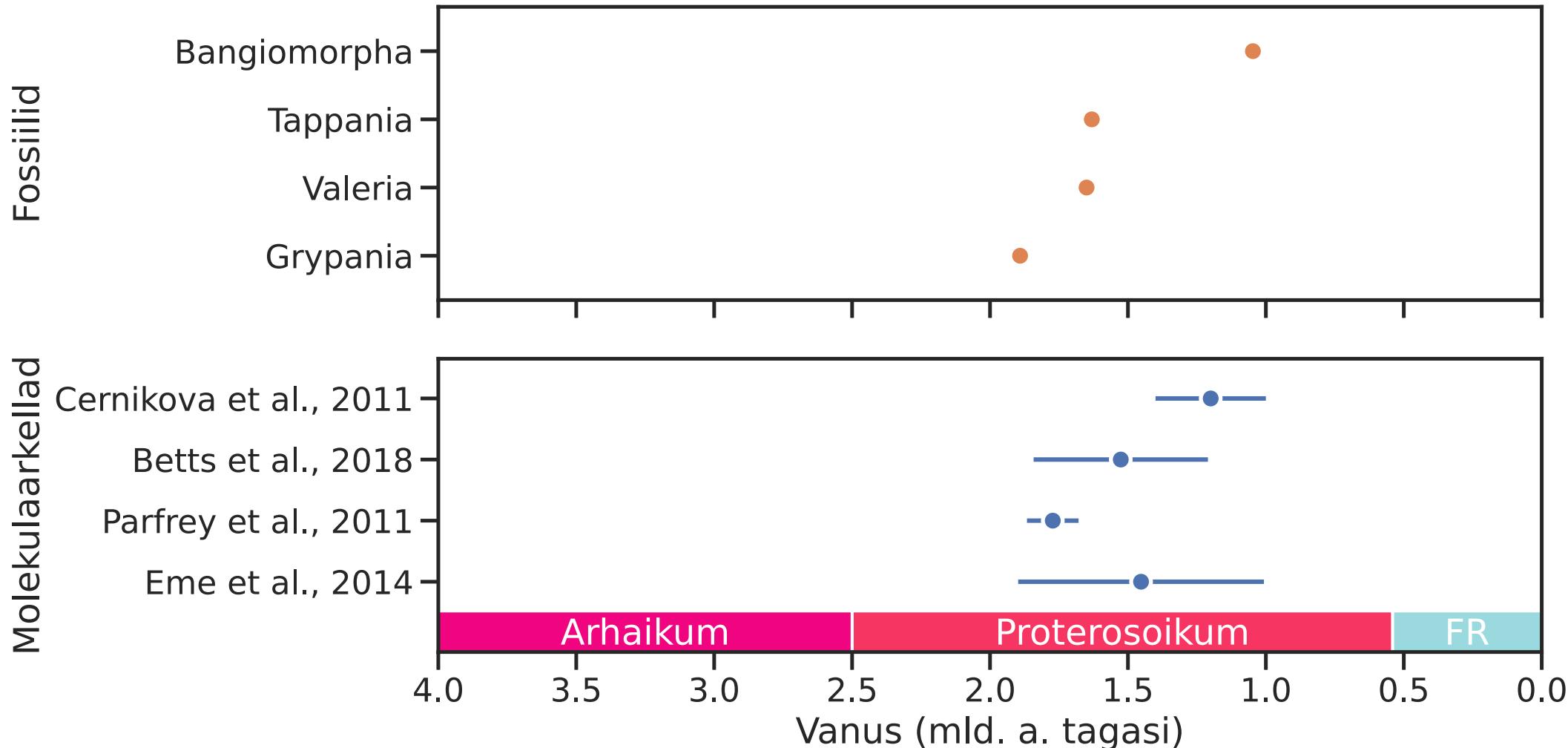
# Esimesed jäljed päristuumsetest

- *Grypania*: spiraalsed ja makroskoopilised problemaatikumid ~1,8 mld. a. tagasi  
(Han & Runnegar, 1992)



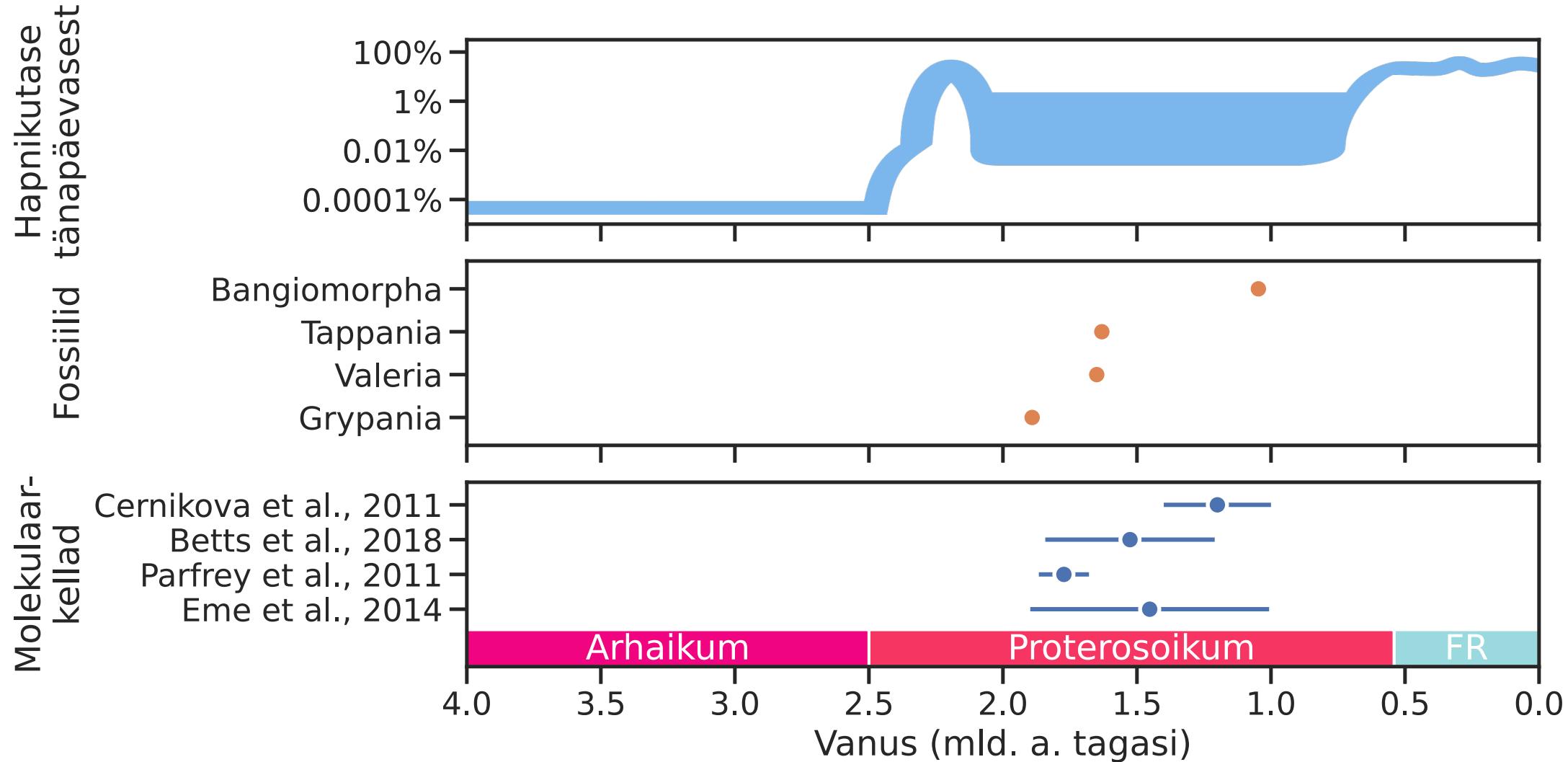
# Päristuumsete tekke ajastus

Laias laastus paigutab tõendmaterjal päristuumsete eristumise 2,0–1,6 mld. a. vanusesse perioodi.



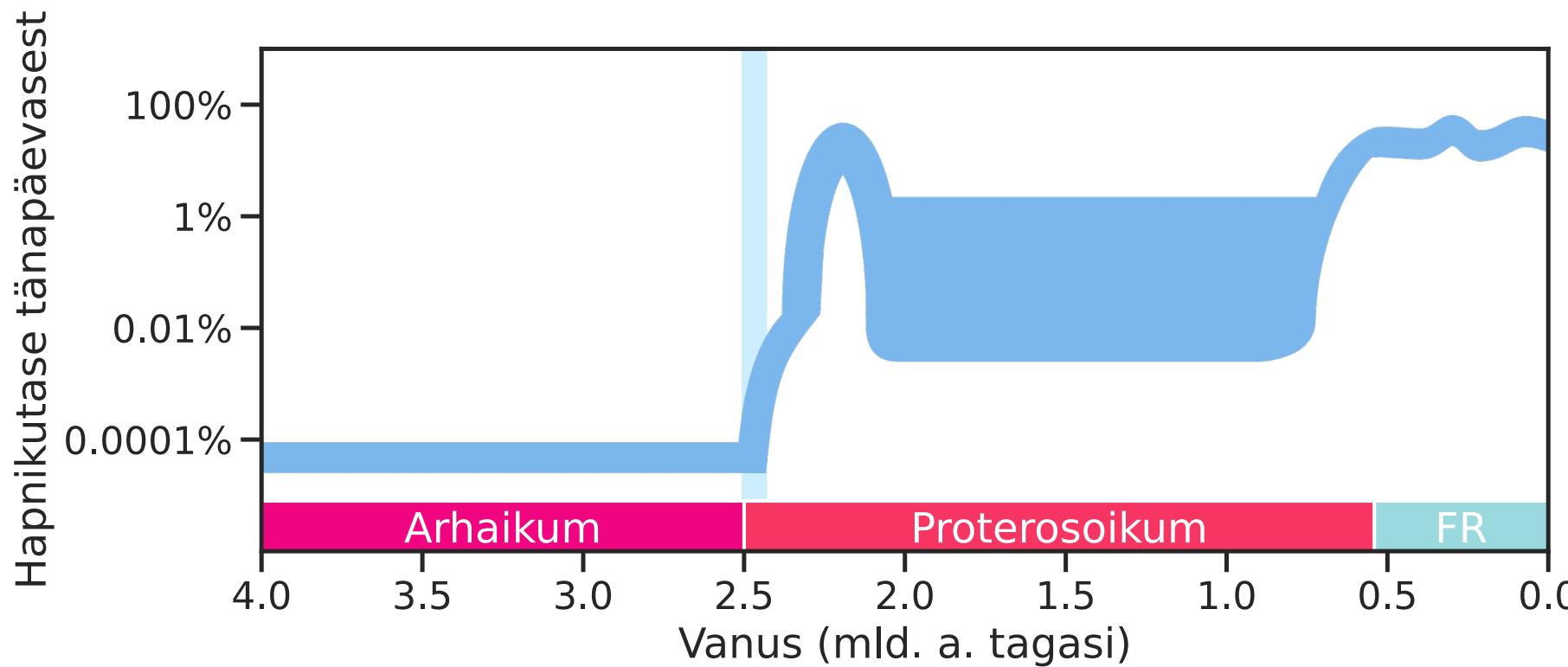
# Päristuumsete tekke ajastus

Kuidas suhtub see innovatsioon Maakera pinnatingimustesse?



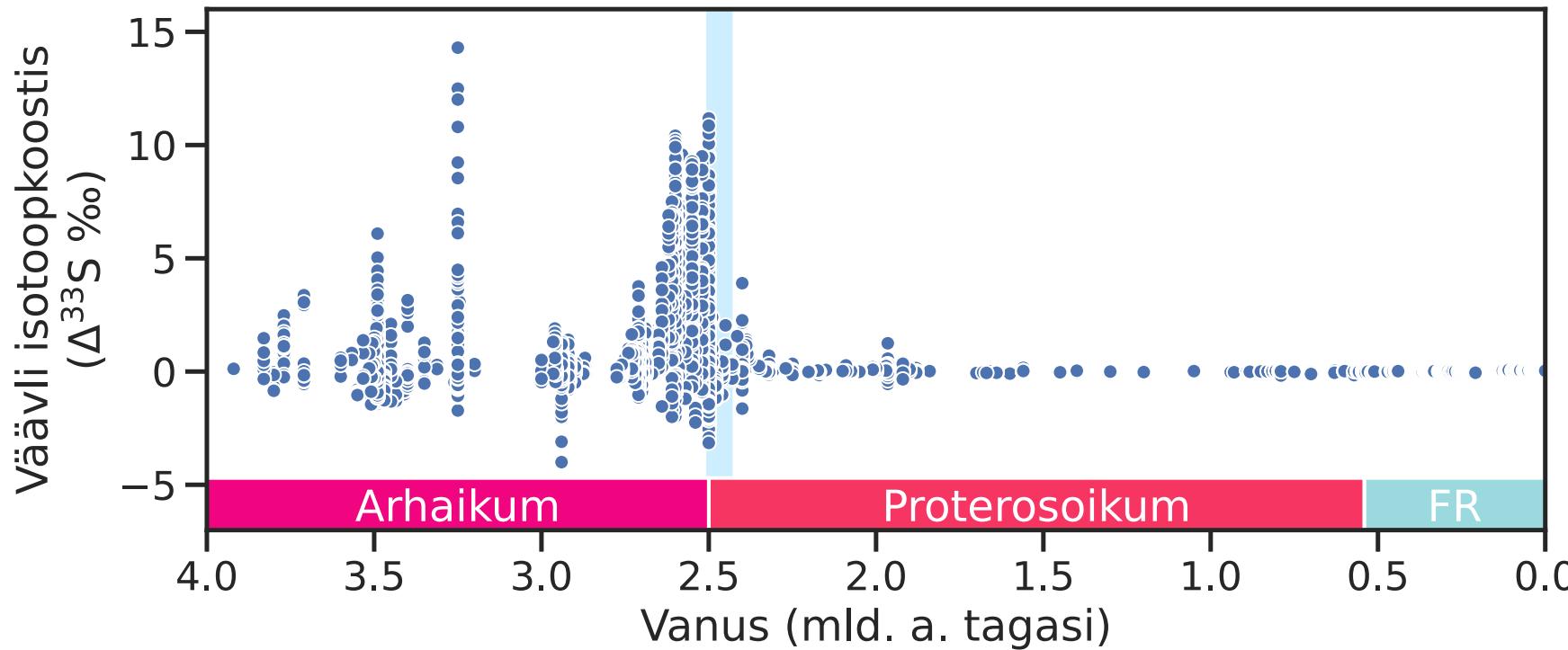
# Hapniku ajalugu

Maakera atmosfääri hapniku esimene tõus toimus Proterosoikumi alguses (2,5–2,0 mld. a. tagasi).



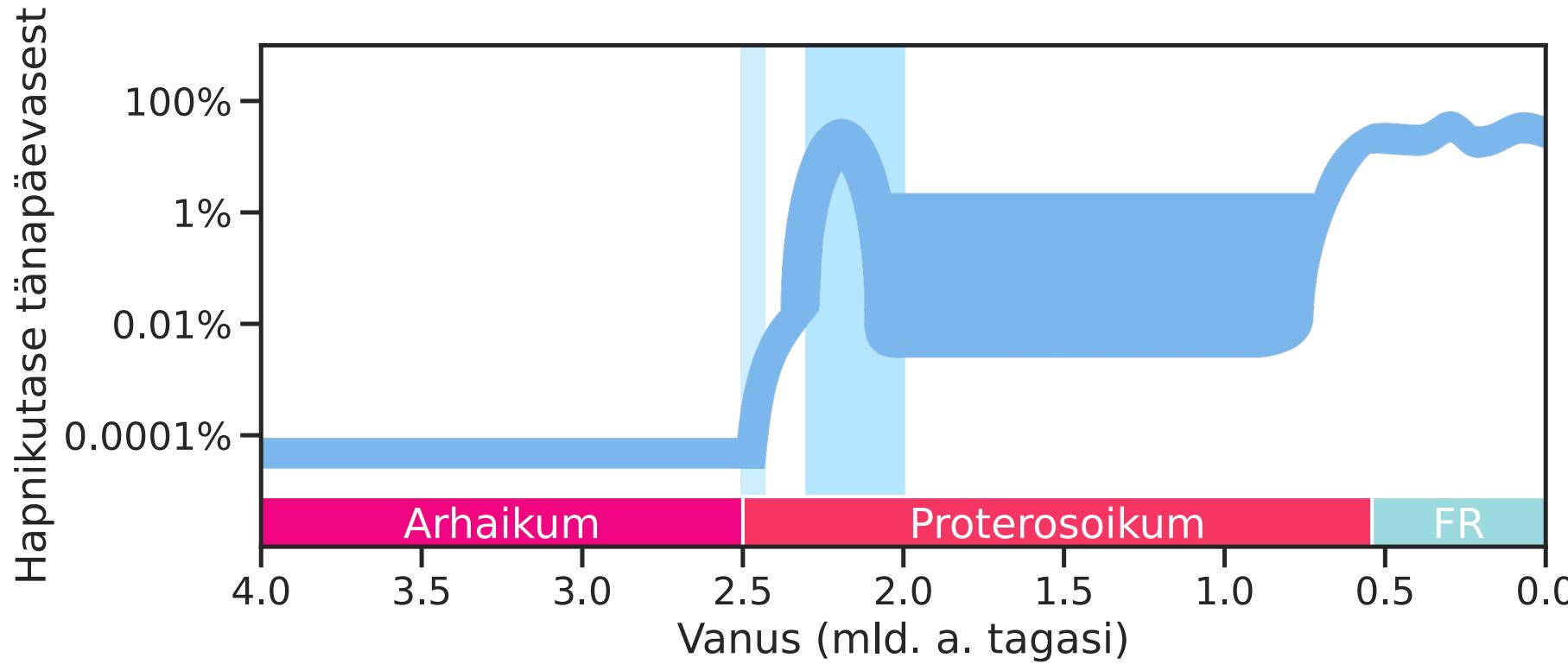
# Suur Hapnikusündmus

Iidsete setete väävli isotoopkoostis näitab hapnikutaseme permanentset kerkimist üle 0,001% tänapäevasest tasemest 2,5–2,4 mld. a. tagasi (Farquhar et al., 2000; Havig et al., 2017).



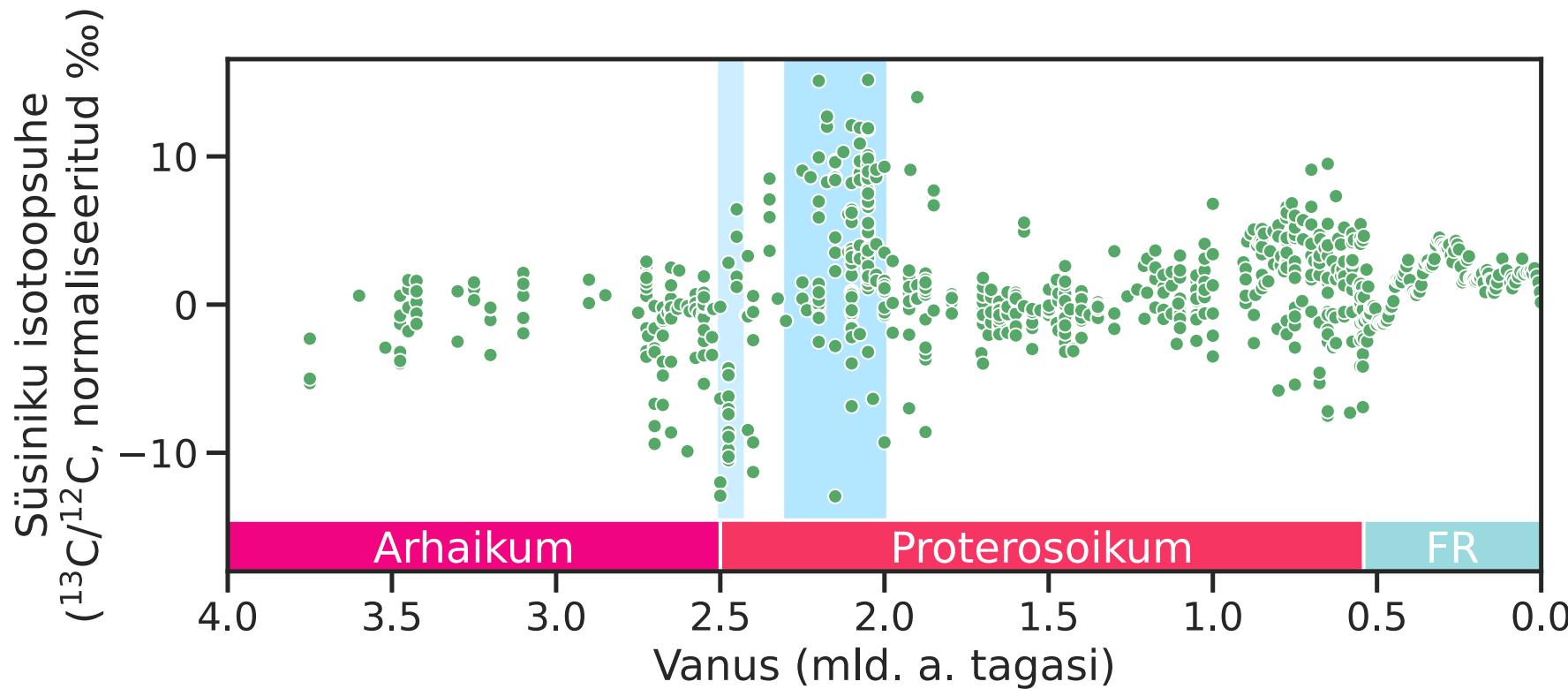
## *Oxygen overshoot*

Proterosoikumi hapnikutõusu teine etapp 2,3—2,0 mld. a. tagasi.



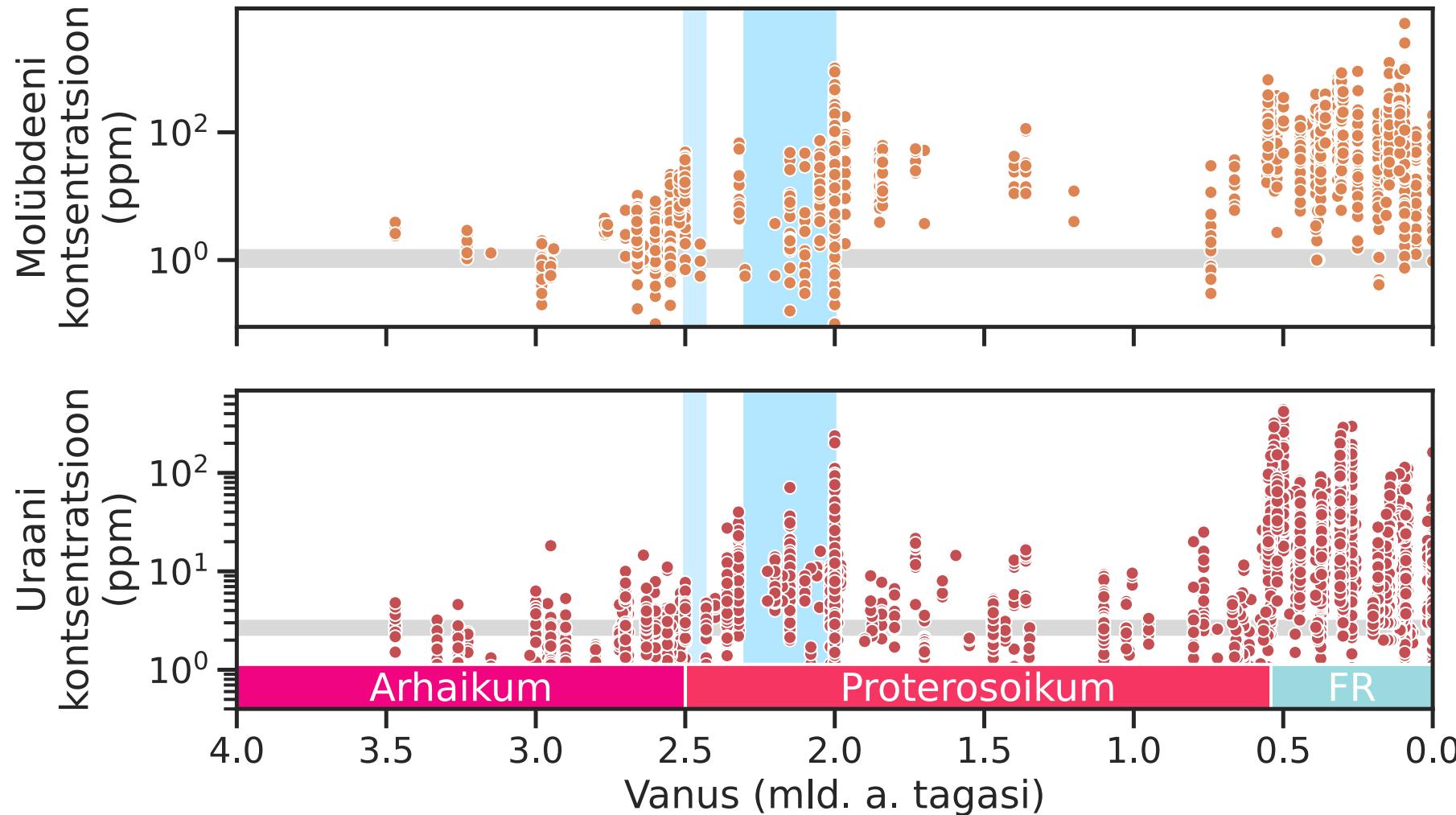
# Lomagundi sündmus

Maakera ajaloo suurim süsinikuringe häiring ( $^{13}\text{C}$  üleküllus  $^{12}\text{C}$  arvelt); 2.2–2.06 mld. a. tagasi (Karhu et al., 1996; Krissansen-Totton et al., 2015).



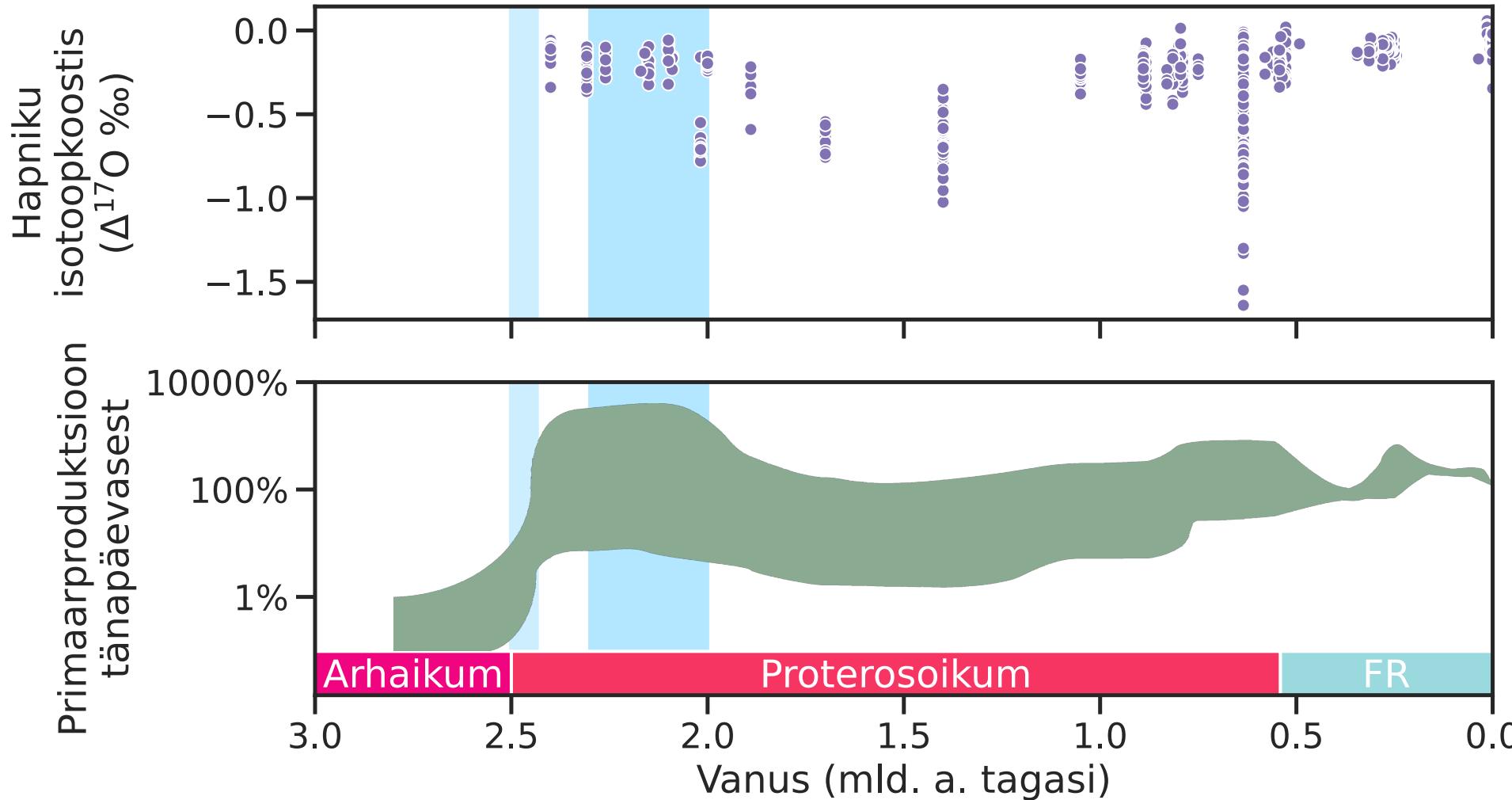
# Hapnikust sõltuvate metallide rohkus

Metallide kõrged kontsentratsioonid 2,4–2,0 mld. a. näitavad hapniku rohkust (nt. Scott et al., 2008; Partin et al., 2013).



# Bioproduktsooni tõus

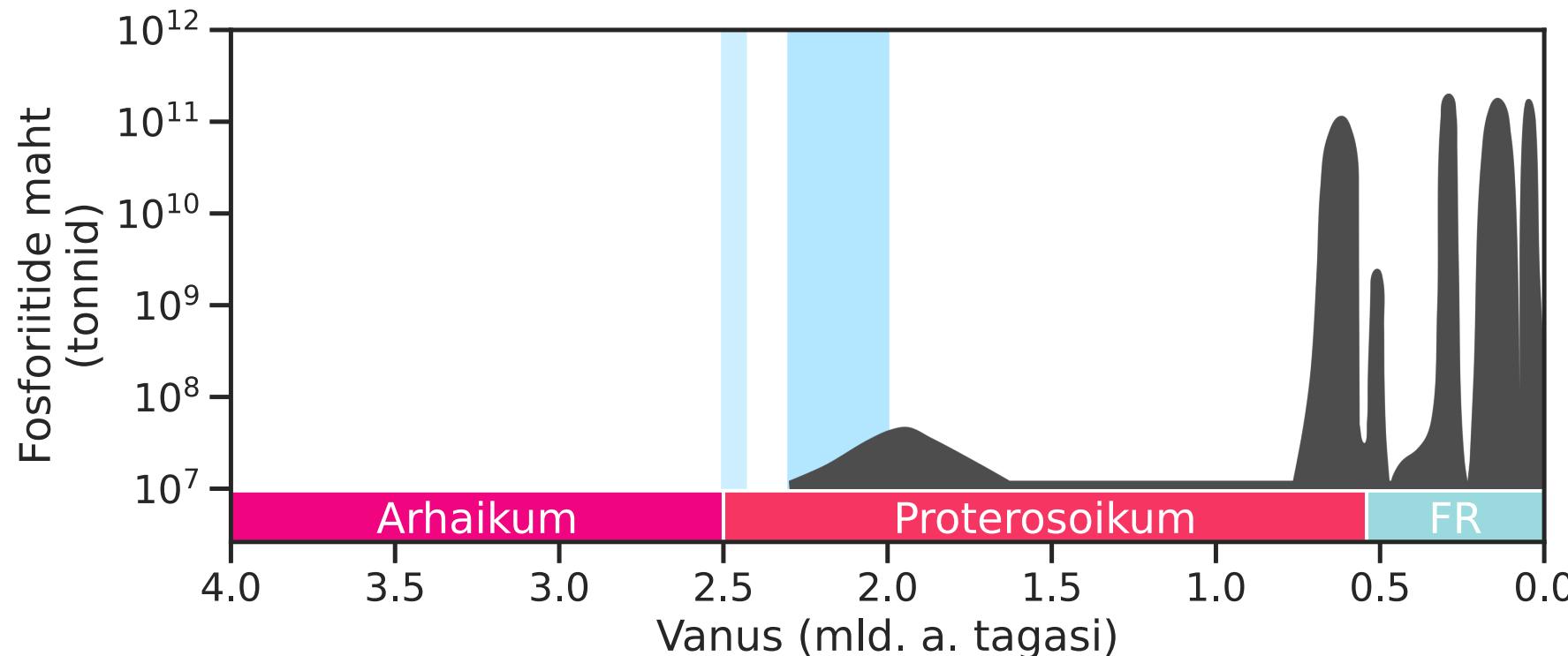
Hapniku isotooppanomaaliad viitavad kõrgenenud primaarproduktsoonile Lomagundi sündmuse paiku (Crockford et al., 2018, 2019; Hodgskiss et al., 2019).



# Mis seda kõike põhjustas?

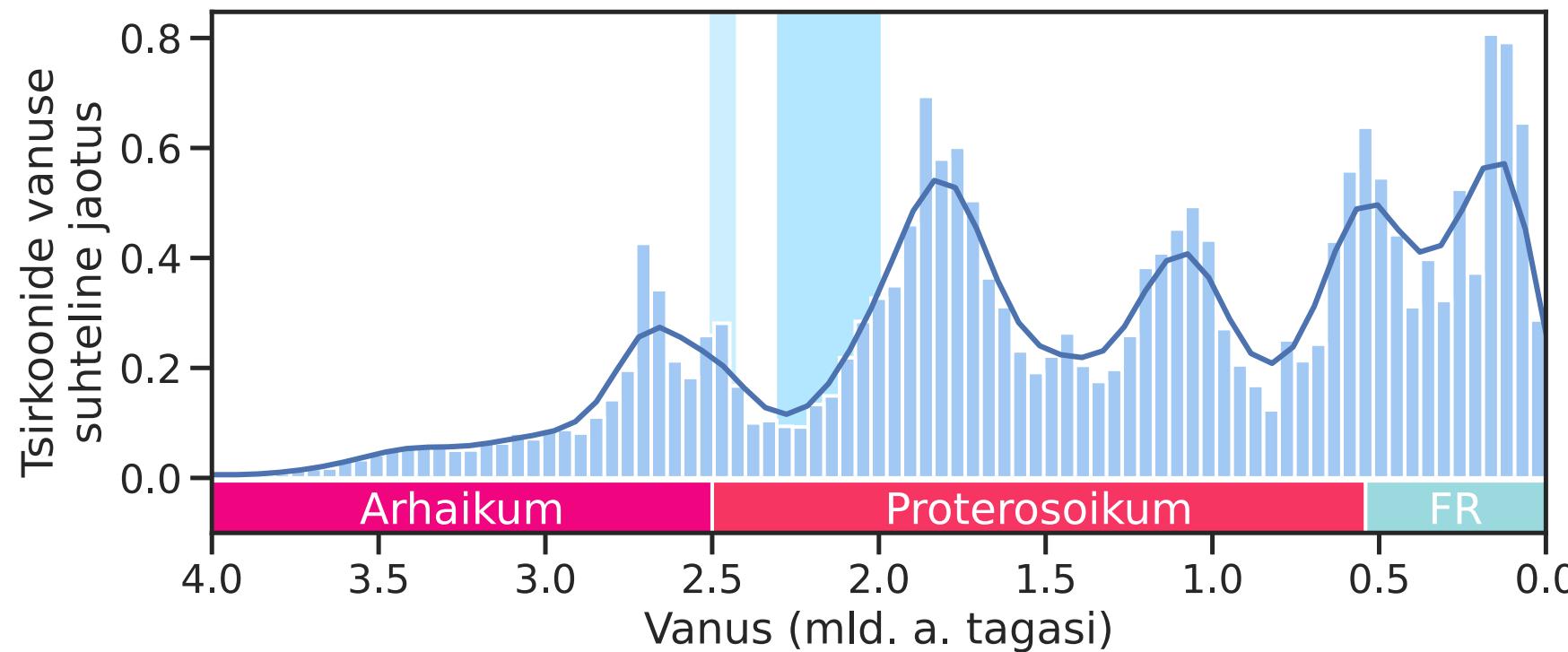
Intensiivne bioproduktsioon seletab süsinikuringe anomaaaliat ja kõrgenenedud hapnikutootlikkust. Päästikuks võis olla:

- Toitainerikaste mineraalide lahustumine varatekkelise hapniku mõjul + vabastatud toitainete transportookeanidesse (Pufahl & Hiatt, 2012)?



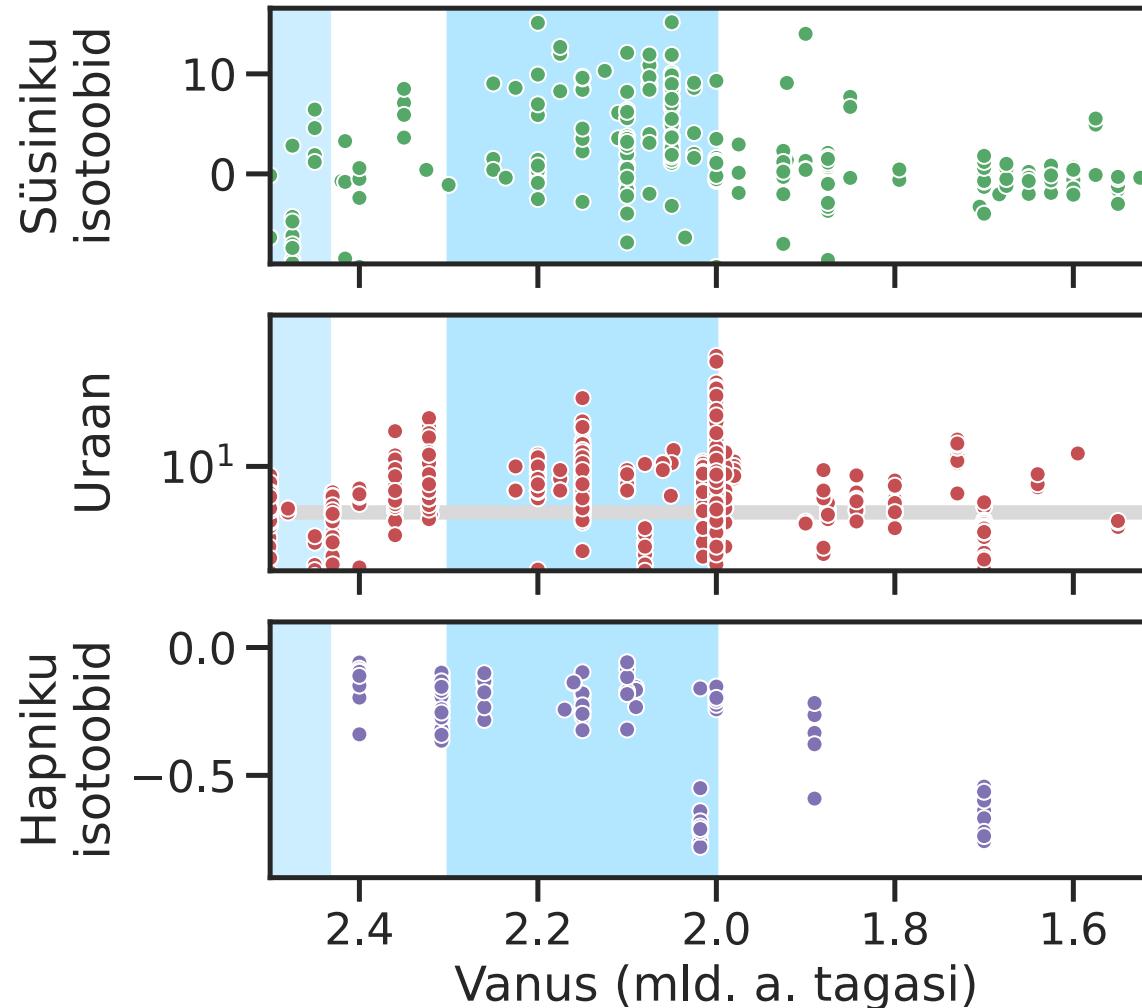
# Mis seda kõike põhjustas?

- Kontinentide paigutuse tõttu leidus bakterimattidele palju madalmerelisi nišše (Voice et al., 2011)?



# Kõik kukub kokku: Kesk-Proterosoikum

Pärast ~2.0 mld. a. hääbus süsinikuringe häiring, langes bioproduksioon ja hapnikutase.



## Hapniku languse põhjused

- Toitainerohked mineraalid lõppesid otsa?
- Tektoonika muutuse tõttu kadusid nišid bakterimattidele?
- Maapõue hapnikuvaeste gaaside ja laavade vood suurennesid?

# Kesk-Proterosoikumi Maa ebastiabiilsus

Üleüldine madal hapnikufoon, aga leidus siiski hapnikurohkeid "ooase" ja globaalseid hapnikurohkeid epohhe.



## Sufficient oxygen for animal respiration 1,400 million years ago

Shuichang Zhang<sup>a,1</sup>, Xiaomei Wang<sup>a</sup>, Huajian Wang<sup>a</sup>, Christian J. Bjerrum<sup>b,c</sup>, Emma U. Hammarlund<sup>d,e</sup>, M. Mafalda Costa<sup>f,g</sup>, James N. Connelly<sup>f,g</sup>, Baomin Zhang<sup>a</sup>, Jin Su<sup>a</sup>, and Donald E. Canfield<sup>d,e,1</sup>

## No evidence for high atmospheric oxygen levels 1,400 million years ago

Noah J. Planavsky<sup>a,1</sup>, Devon B. Cole<sup>a</sup>, Christopher T. Reinhard<sup>b</sup>, Charles Diamond<sup>c</sup>, Gordon D. Love<sup>c</sup>, Genming Luo<sup>d</sup>, Shuang Zhang<sup>a</sup>, Kurt O. Konhauser<sup>e</sup>, and Timothy W. Lyons<sup>c</sup>

Emerging Topics in Life Sciences (2018) 2: 149–159  
https://doi.org/10.1042/ETLS20170161

Review Article

## A case for low atmospheric oxygen levels during Earth's middle history

Noah J. Planavsky<sup>1,2</sup>, Devon B. Cole<sup>1</sup>, Terry T. Isson<sup>1</sup>, Christopher T. Reinhard<sup>2,3</sup>, Peter W. Crockford<sup>4,5</sup>, Nathan D. Sheldon<sup>6</sup> and Timothy W. Lyons<sup>2,7</sup>



ARTICLE

DOI: 10.1038/s41467-018-05263-9

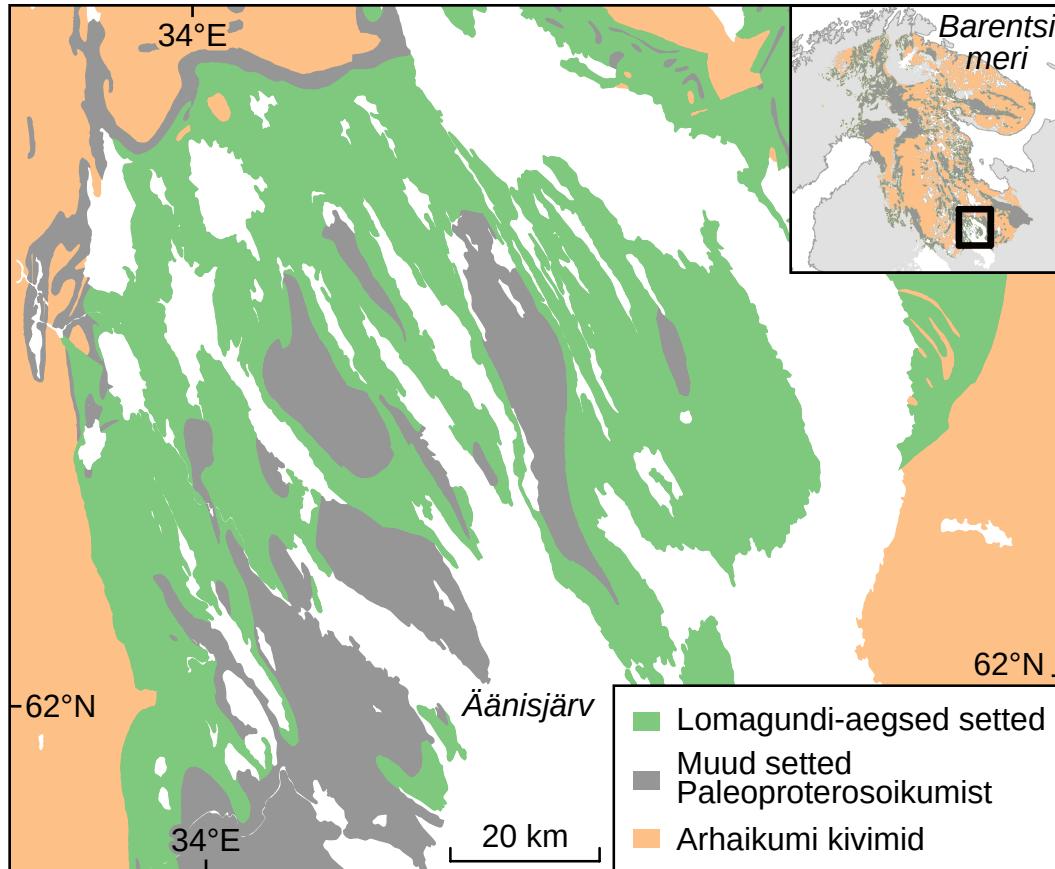
OPEN

## Highly fractionated chromium isotopes in Mesoproterozoic-aged shales and atmospheric oxygen

Donald E. Canfield<sup>1,2</sup>, Shuichang Zhang<sup>1</sup>, Anja B. Frank<sup>3</sup>, Xiaomei Wang<sup>1</sup>, Huajian Wang<sup>1</sup>, Jin Su<sup>1</sup>, Yuntao Ye<sup>1</sup> & Robert Frei<sup>3</sup>

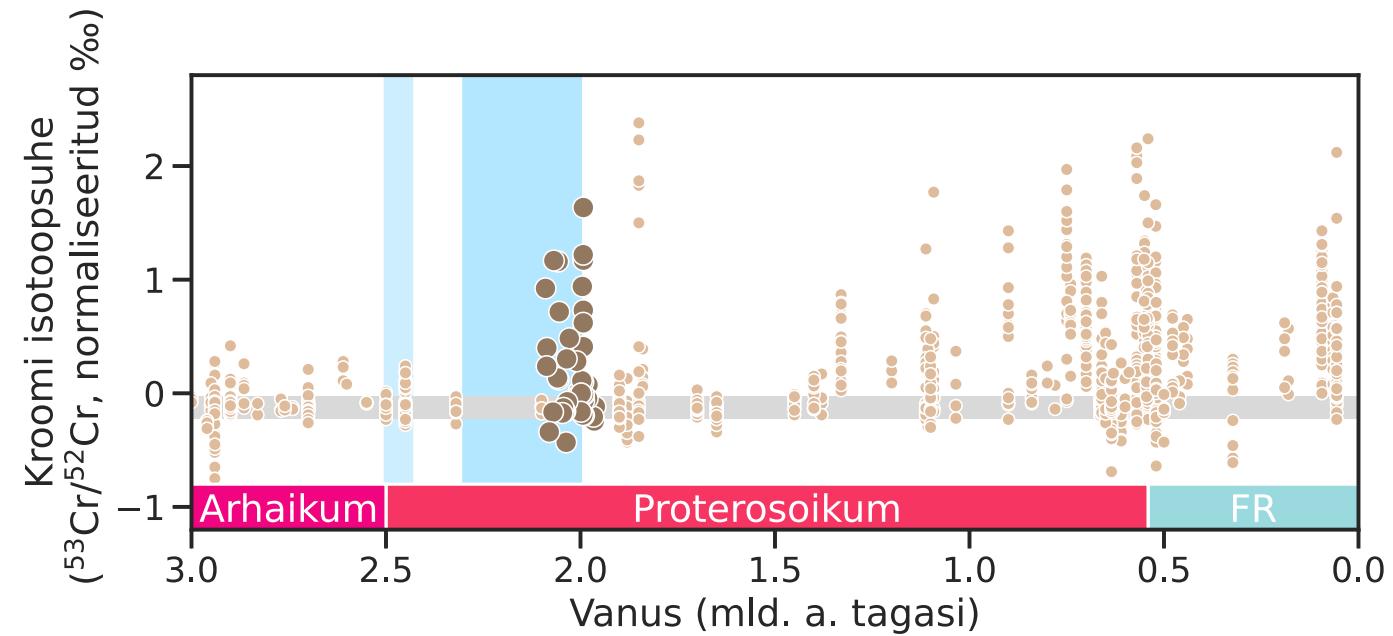
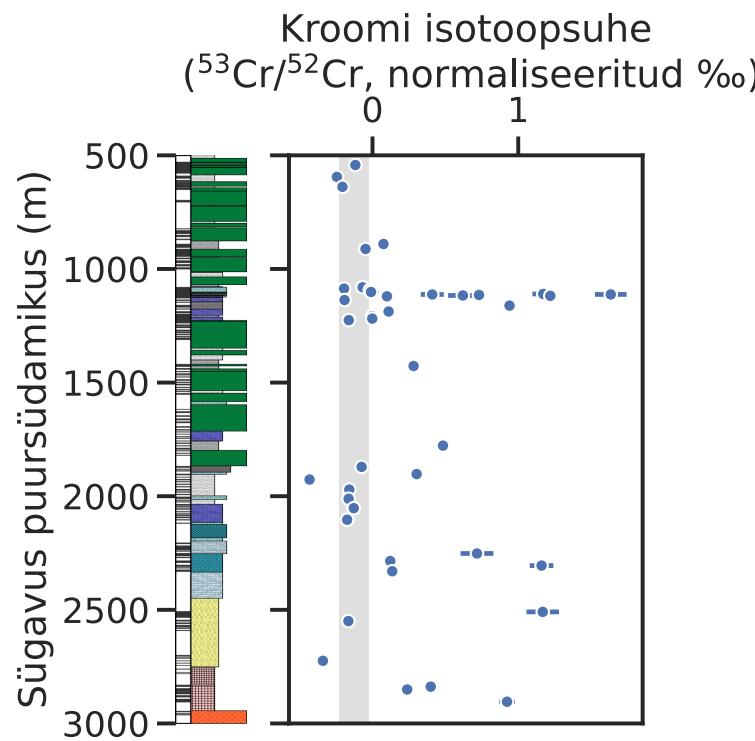
# Täpsem pilt Lomagundi-aegsest hapnikust

Äänisjärve põhjakaldal on ühed kõige täielikumad Lomagundi sündmuse lõppu jäädvustavad settekivimid maailmas.



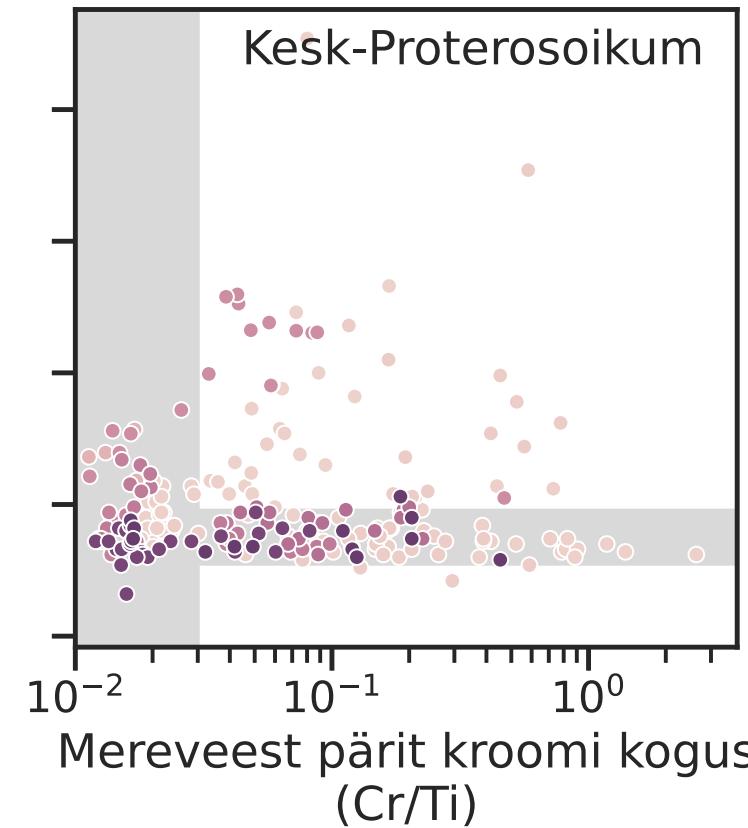
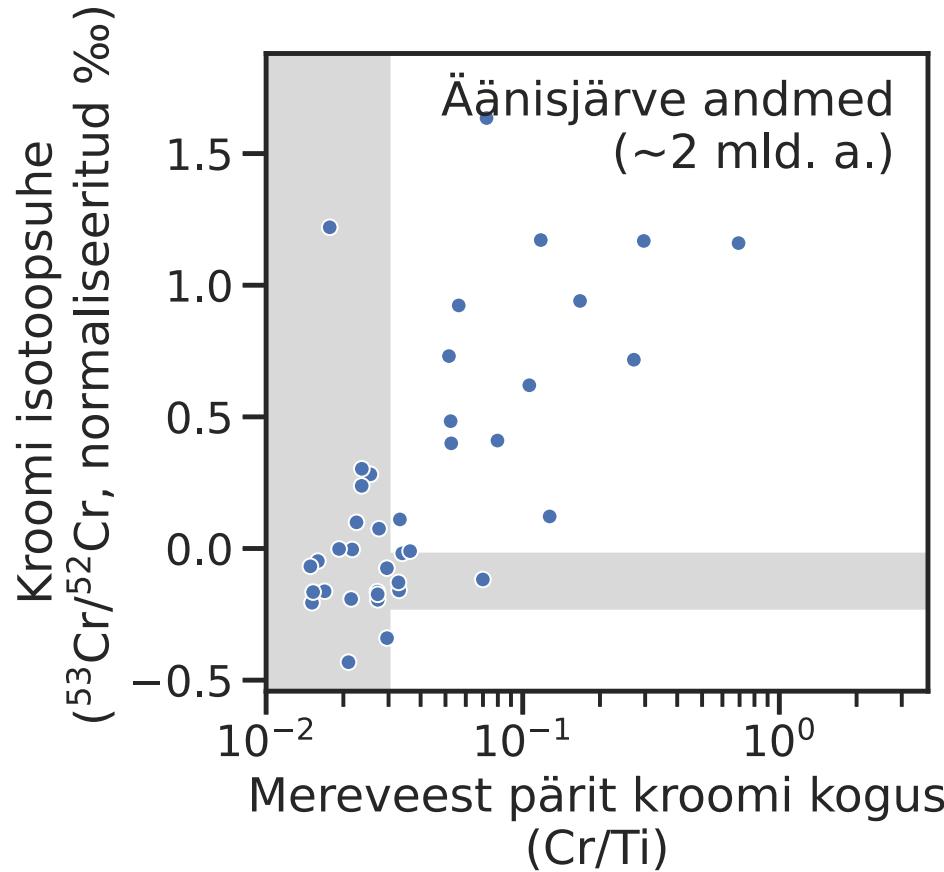
# Järsk kontrast Lomagundi aja ja kesk-Proterosoikumi vahel

Kroomi isotoopkoostised nõuavad püsivalt kõrget atmosfääri hapniku taset >100 miljoni aasta pikkusel perioodil 2,09–1,96 mld. a. tagasi.



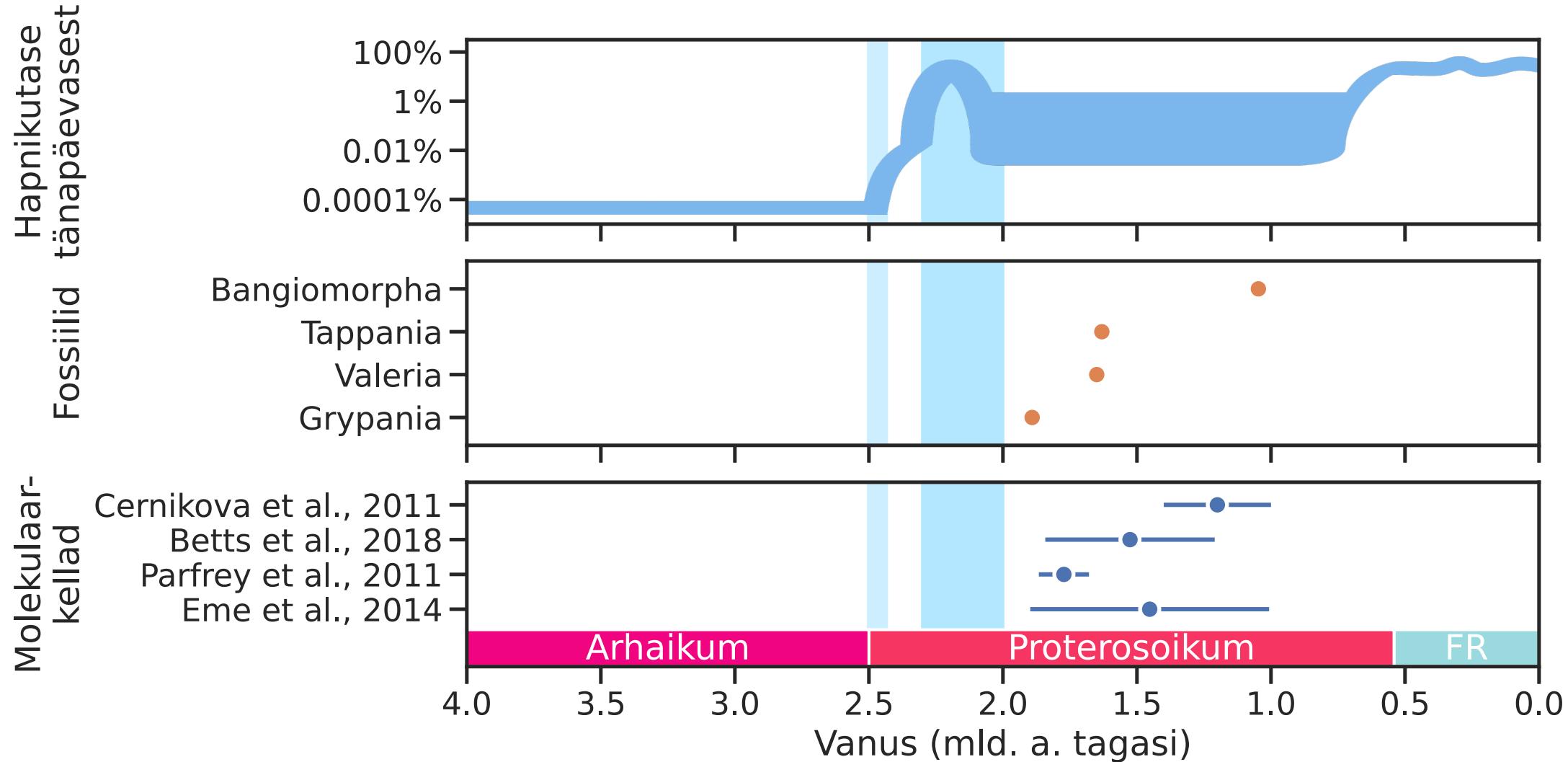
# Järsk kontrast Lomagundi aja ja kesk-Proterosoikumi vahel

Muutus nii keskmise hapniku tase, kui ka pinnatingimuste **stabiilsus**.



# Seos päristuumsete tekkega

Päristuumsed tekkisid kas "kaotatud paradiisis" või vahetult pärast selle kadumist.



# **Milline keskkond sobis päristuumsetele?**

- Stabiilselt hapnikurikas  $O_2$  Overshoot?
  - Tänapäeva päristumsed armastavad hapnikku.
  - Mitmed põhitunnused aitavad hapnikustressi vastu.
- Hapnikuvaene ja kõikuv Igav Miljard?
  - Päristuumsete ühine eellane sai hakkama ilma hapnikuta.
  - Endosümbioosid on soositud (redoksi suhtes) ebastabiilses keskkonnas.

## Kokkuvõte

- Biosfääri hoogustumine 2,5–2,3 mld. a. tagasi pani aluse hapnikurohke Maa esimesele tulekule.
- 2,0 mld. a. järgnes ca. miljardiaastane madala ja ebastabiilse hapnikutaseme aeg.
- Need kõikumised olid taustaks või isegi põhjuseks keeruka tänapäeva-tüüpi biosfääri tekkele.

# Kokkuvõte

