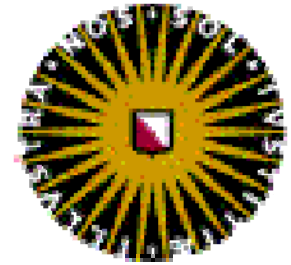




Royal Netherlands Institute for Sea Research



Koolstofcyclus in de zee

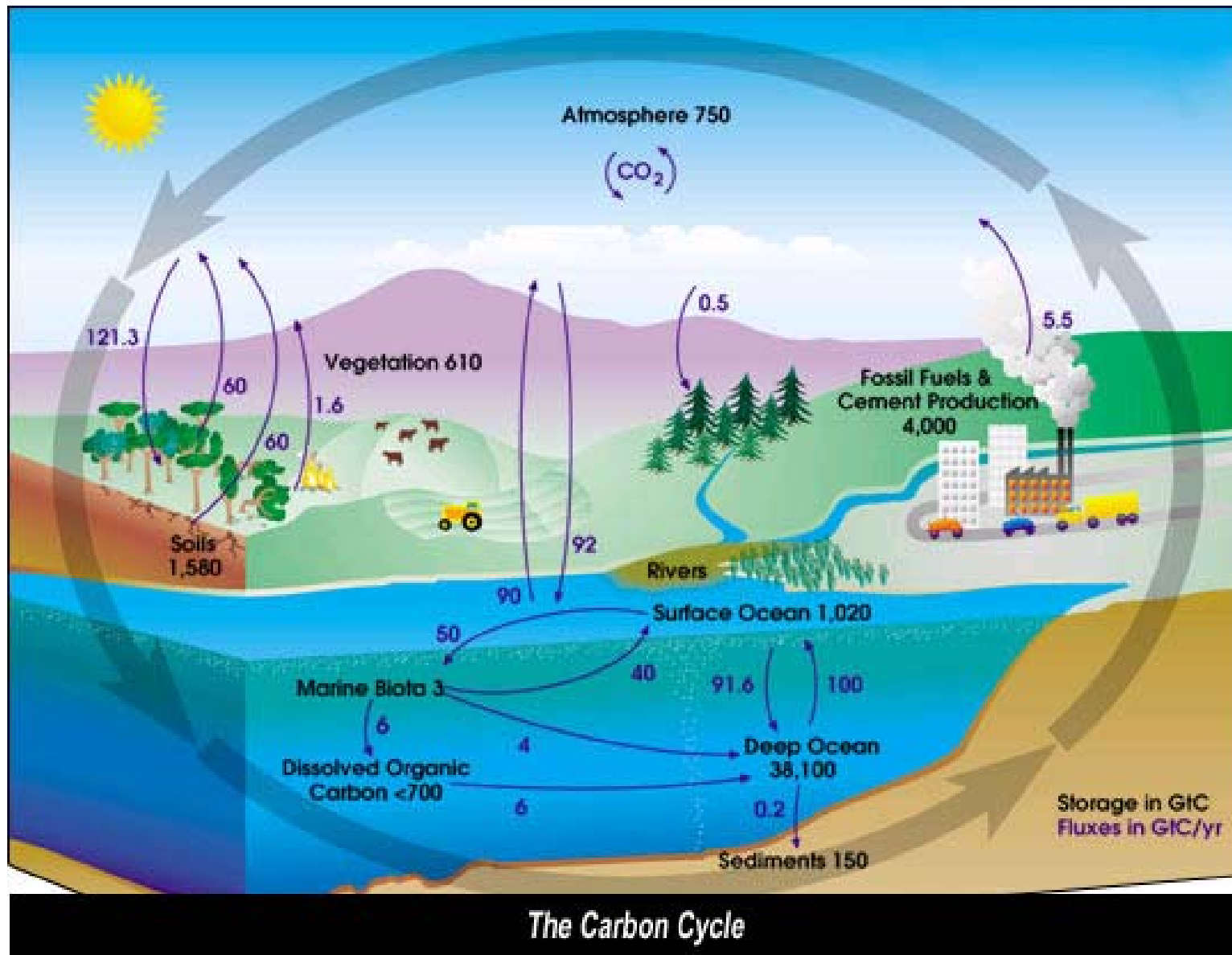
Stefan Schouten



NIOZ is part of the Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO)



Koolstofcyclus op Aarde

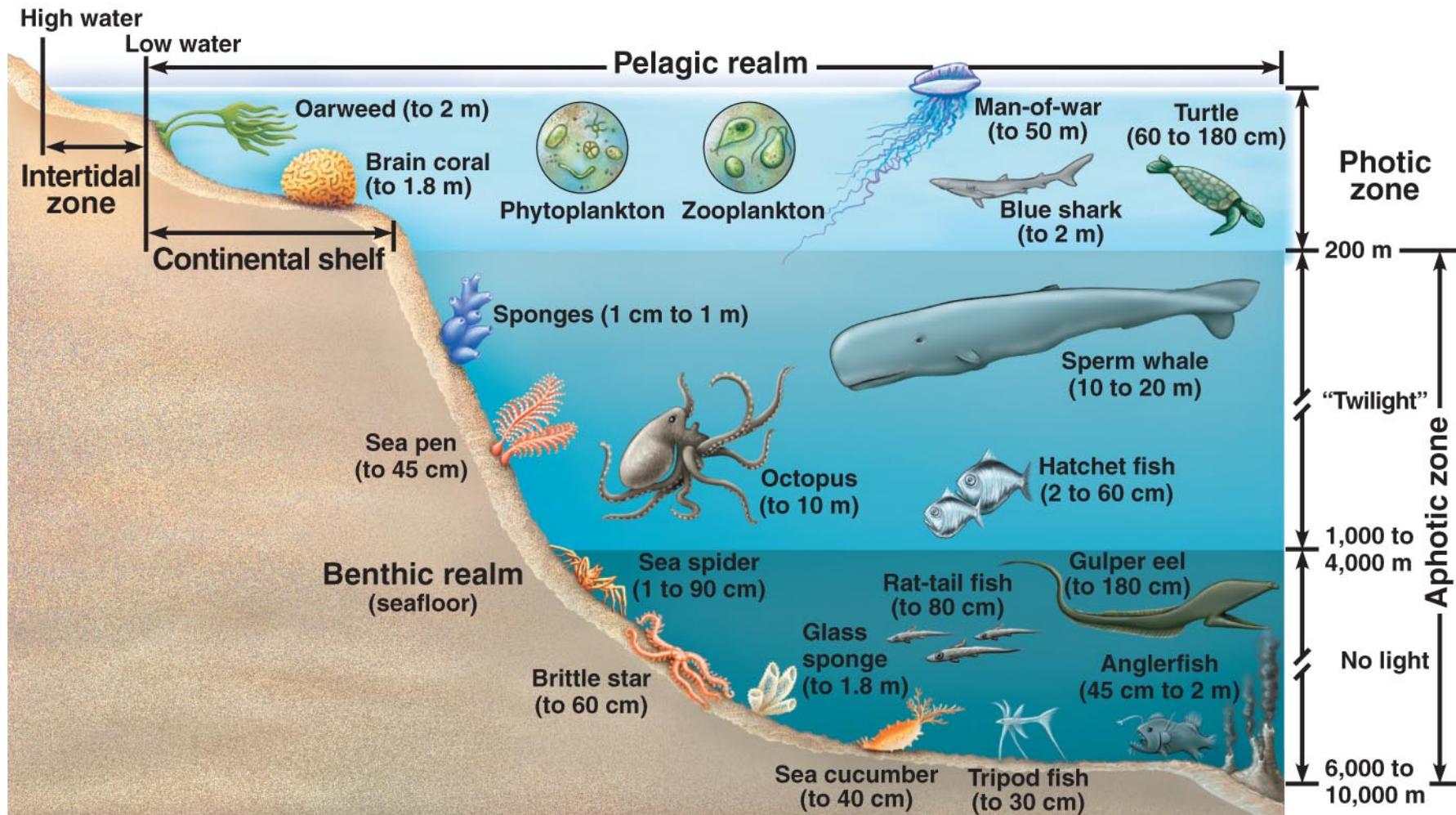


Inhoud:

“Biologisch koolstof”. Wat is de belangrijkste vorm van biologische koolstof in de ocean (=meeste biomassa)

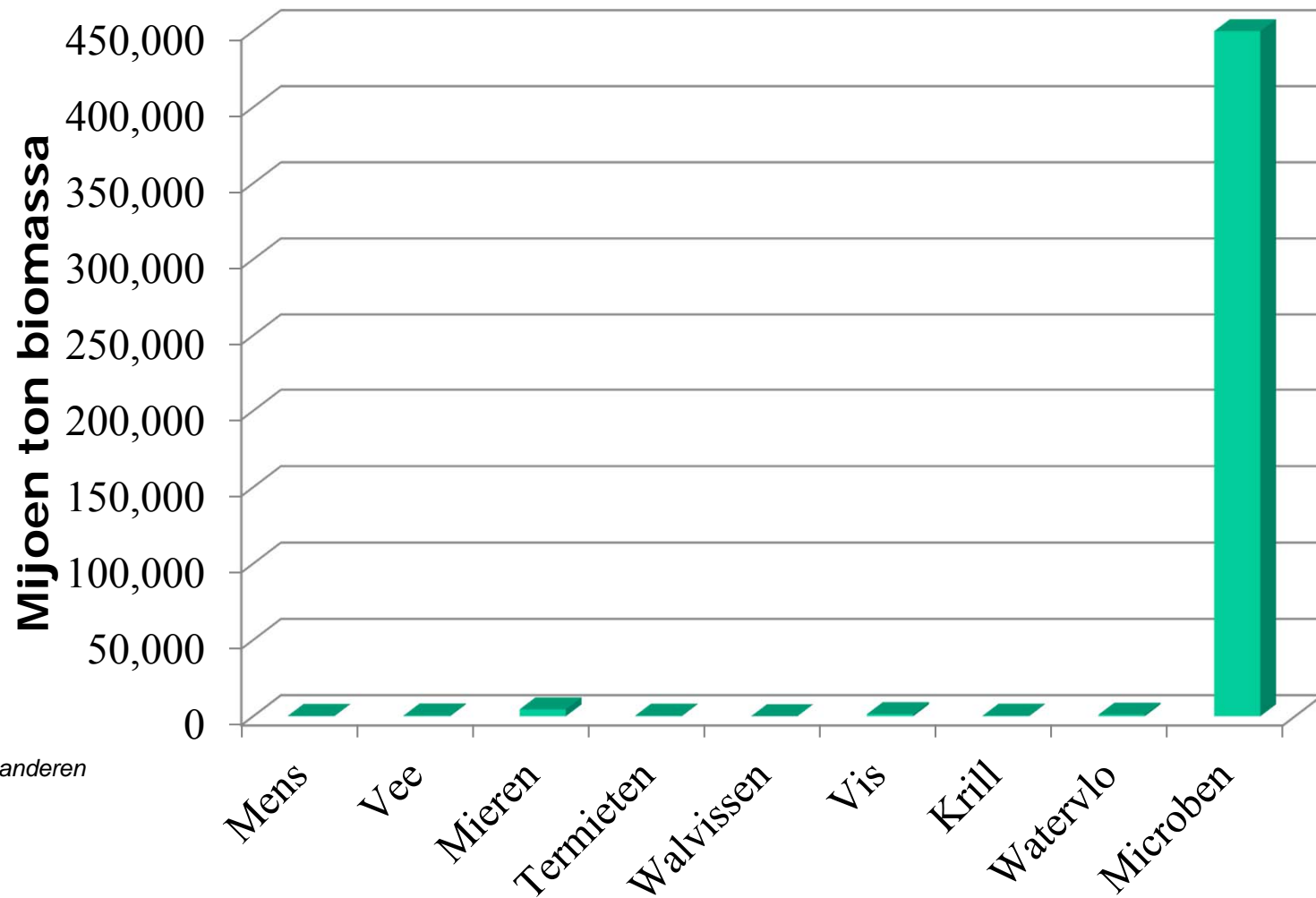
“Abiotisch koolstof”. Wat gebeurt er met het anorganisch koolstof in de ocean.

Leven in de oceaan



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

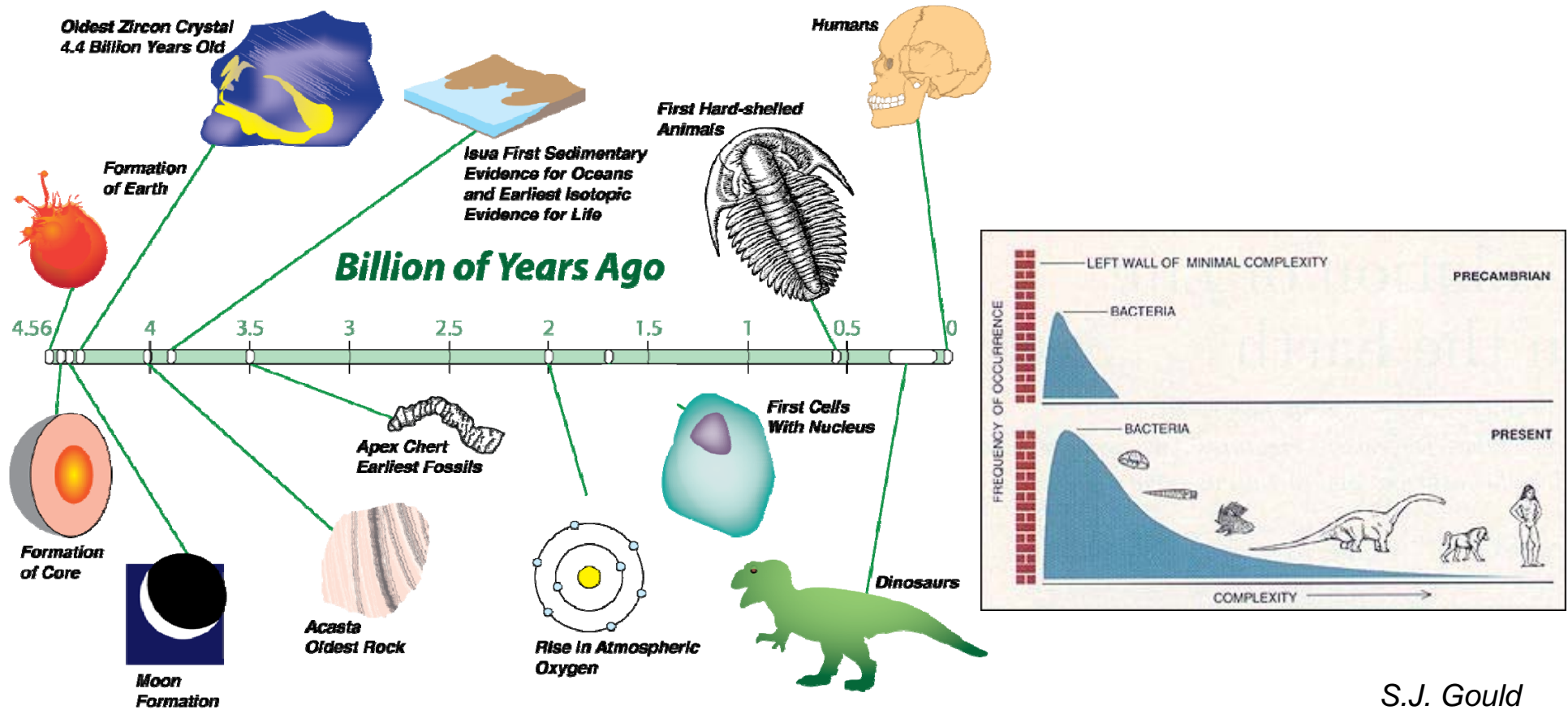
Verdeling van biomassa op Aarde



Bron: Wikipedia en anderen

Er zijn ca. 100,000,000,000,000,000,000,000,000,000 microben in de oceaan

Microben domineren al miljarden jaren de Aarde



Eerste meercelligen pas na ca. 600 miljoen jaar

Demonstratie Evolutie op Aarde

Bekijk ouderdom gesteentes en relateer dit
aan evolutie van organismen

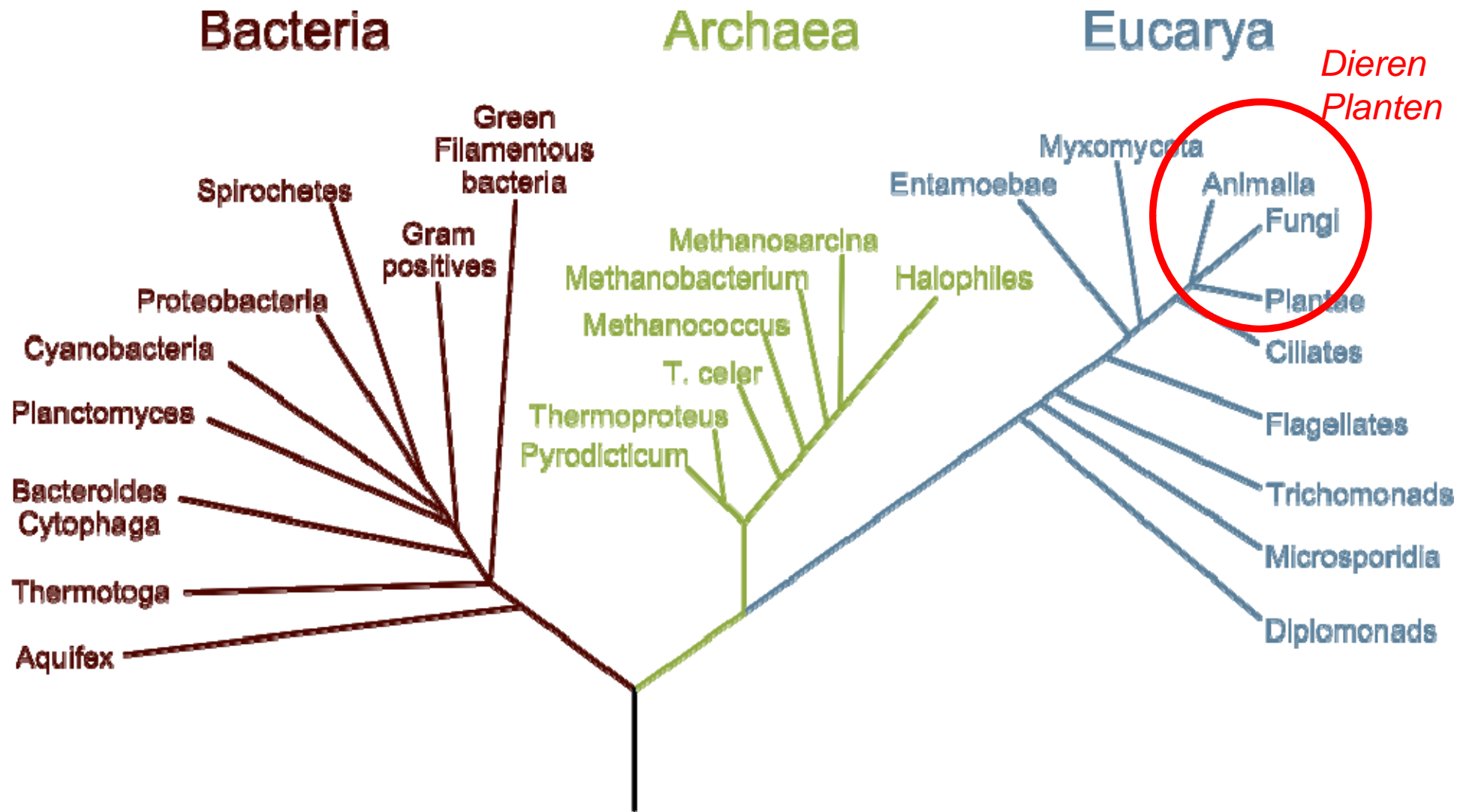
Microben in zeewater onder de microscoop



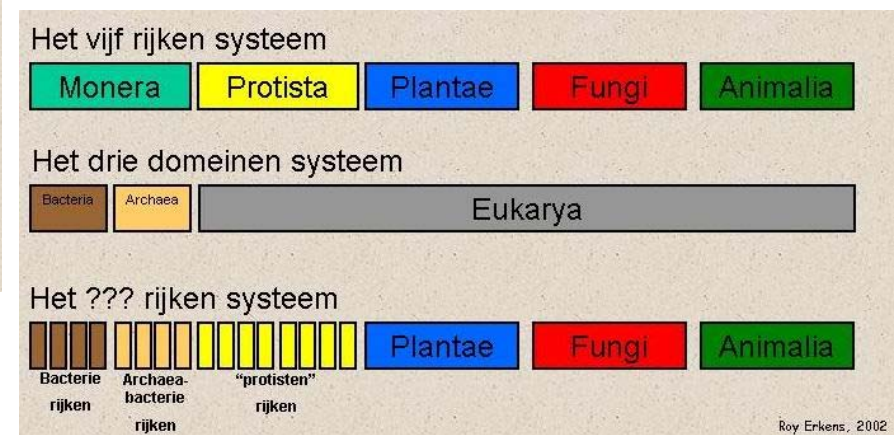
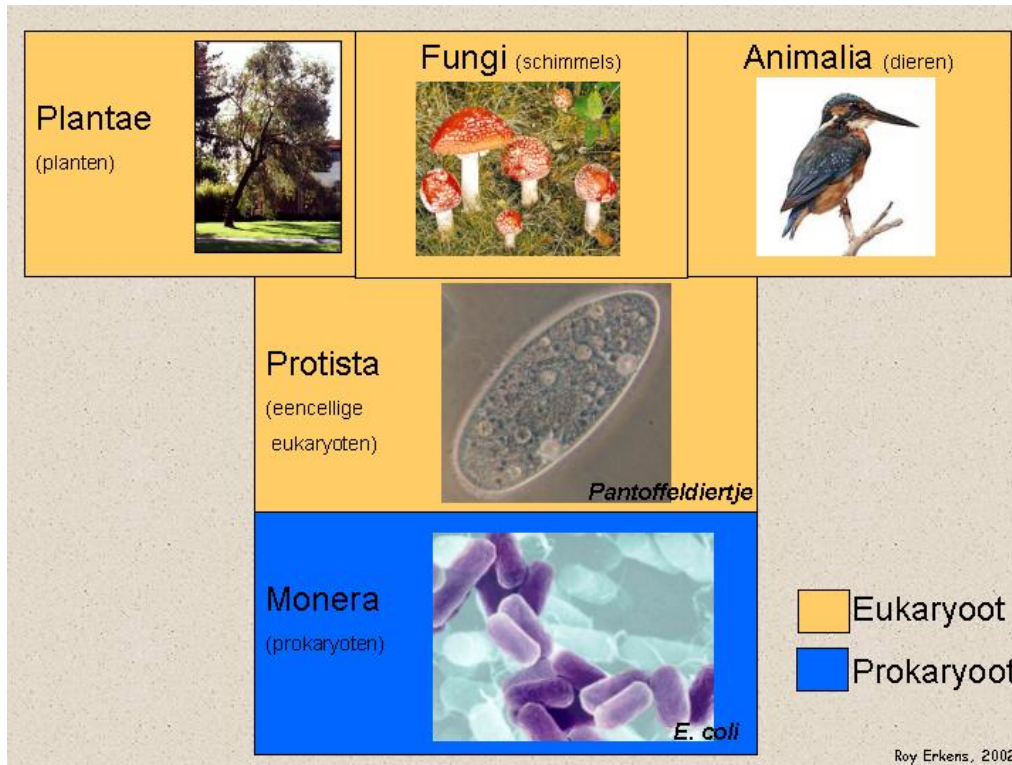
*Foto:
Jed
Fuhrman*

Bacteriesoorten zijn niet herkenbaar onder de microscoop: DNA technieken nodig

Biodiversiteit op Aarde



Simplistische biodiversiteit op Aarde



Demonstratie Microben

Maak je eigen bacteriesoep/microbiele mat

Kijk naar bacteriën onder LCD microscopen
met een algen atlas erbij

Anorganisch koolstof:

Opname van CO₂ in zee en de veranderingen van de chemie van zeewater

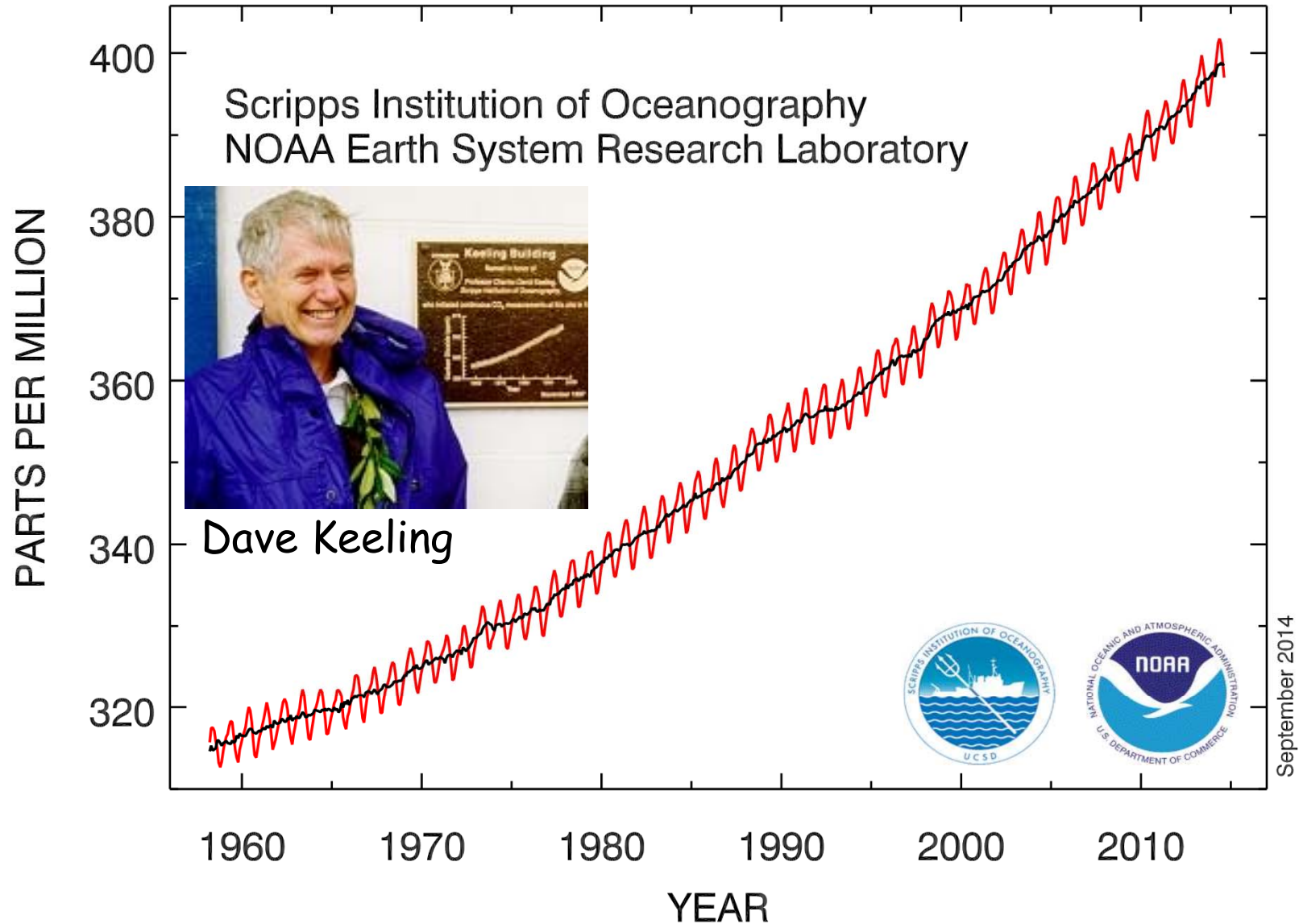
1. Toename van CO₂ in lucht en zee
2. De chemie van zeewater
3. Verschuivingen van chemie van zeewater
4. Voorspelling effecten op de biologie van de zee

Metingen van CO₂ in de lucht sinds 1957 op Mauna Loa, Hawaii



3397 m above sea level

Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



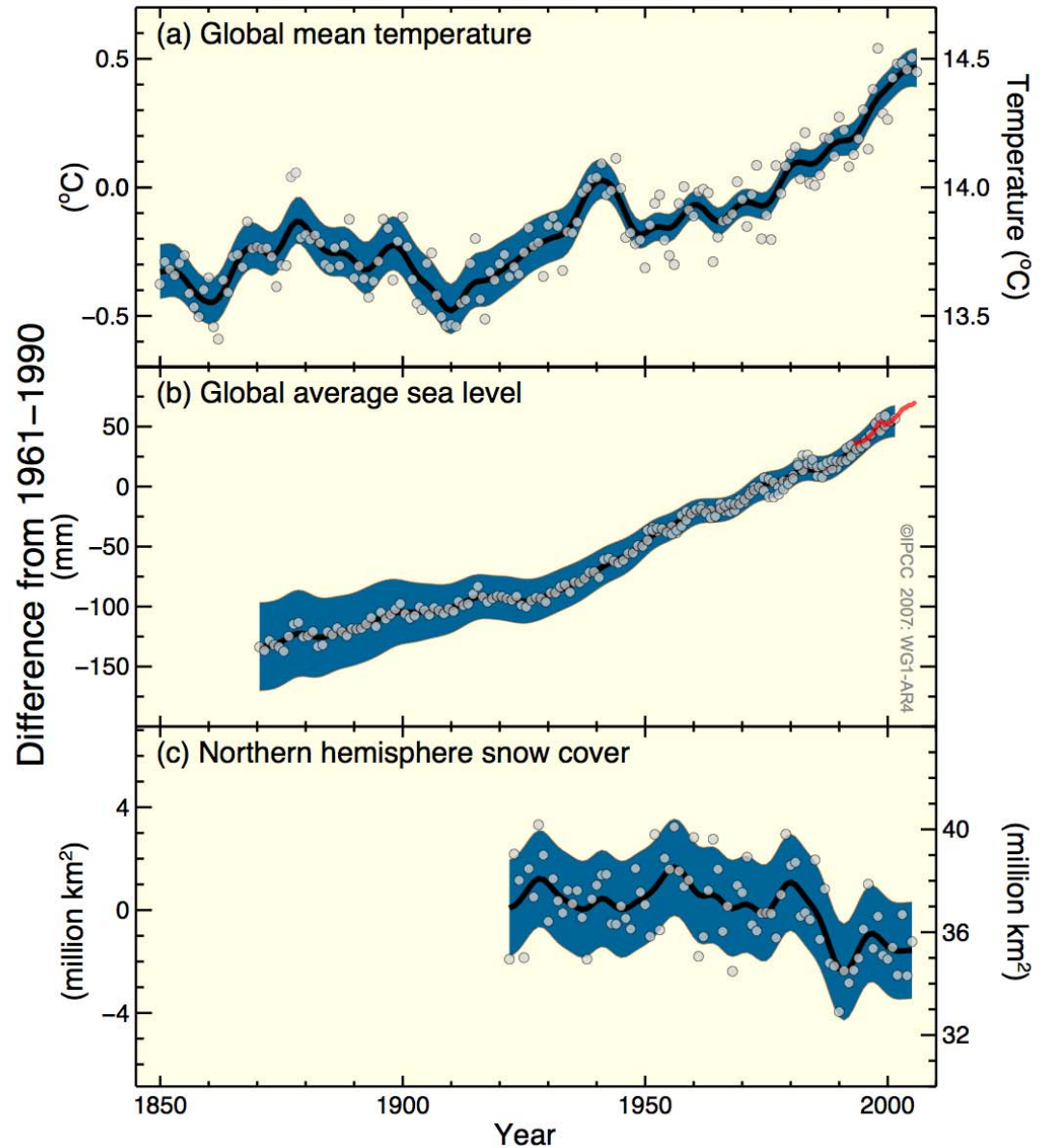
De Aarde warmt op....

de zeespiegel stijgt

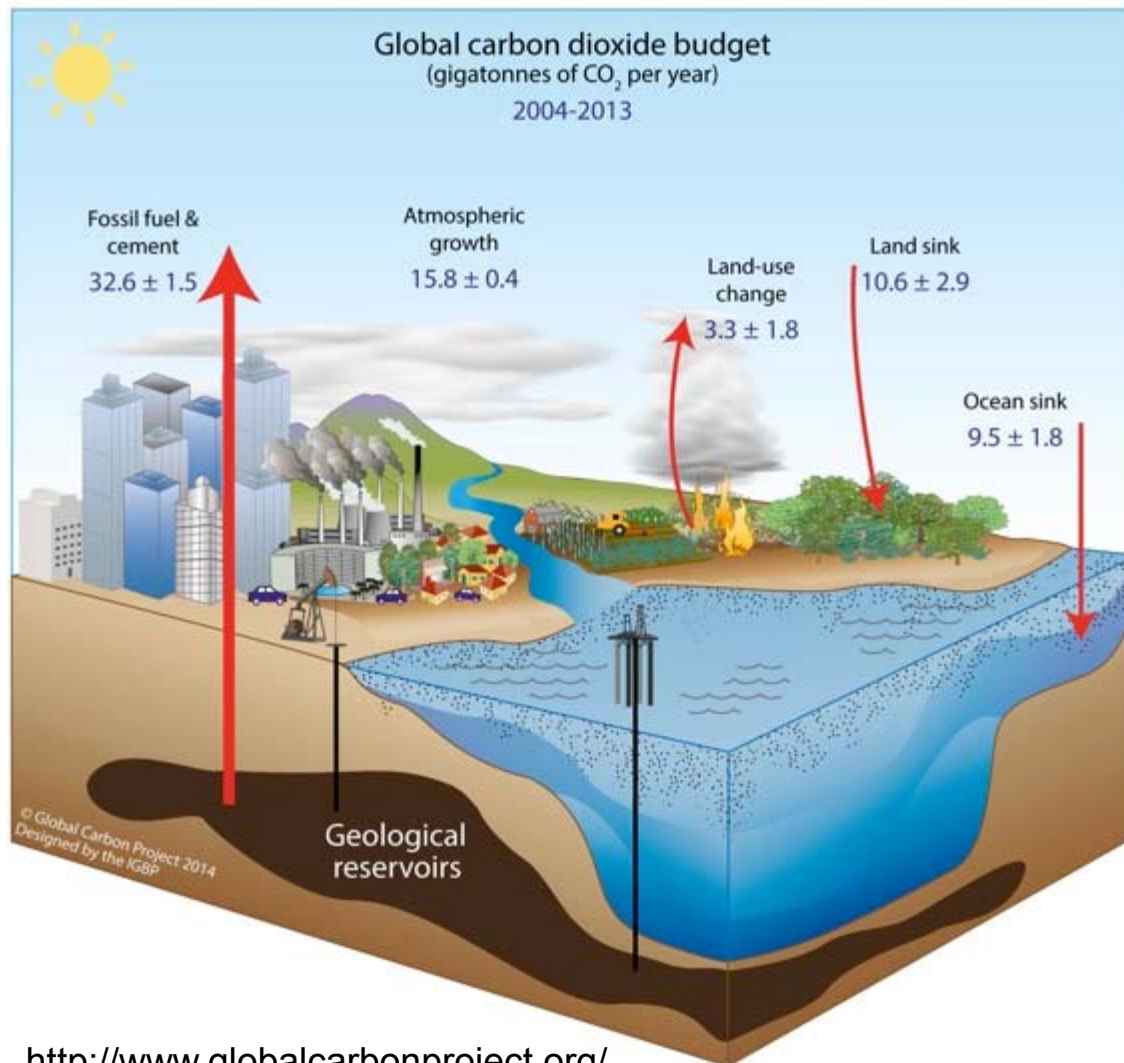
....en sneeuw smelt weg

Bron: IPCC

Changes in Temperature , Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



Verstoring van de Wereldwijde Koolstof Kringloop in decade 2004-2013



<http://www.globalcarbonproject.org/>

GtCO₂ per jaar

Bronnen

| | |
|-------------|------|
| Emissies | 32,6 |
| Landgebruik | 3,3 |

Opslag

| | |
|-----------------|------|
| Toename lucht | 15,8 |
| Land biota etc. | 10,6 |
| Toename Oceanen | 9,5 |

Het ene CO₂ Probleem

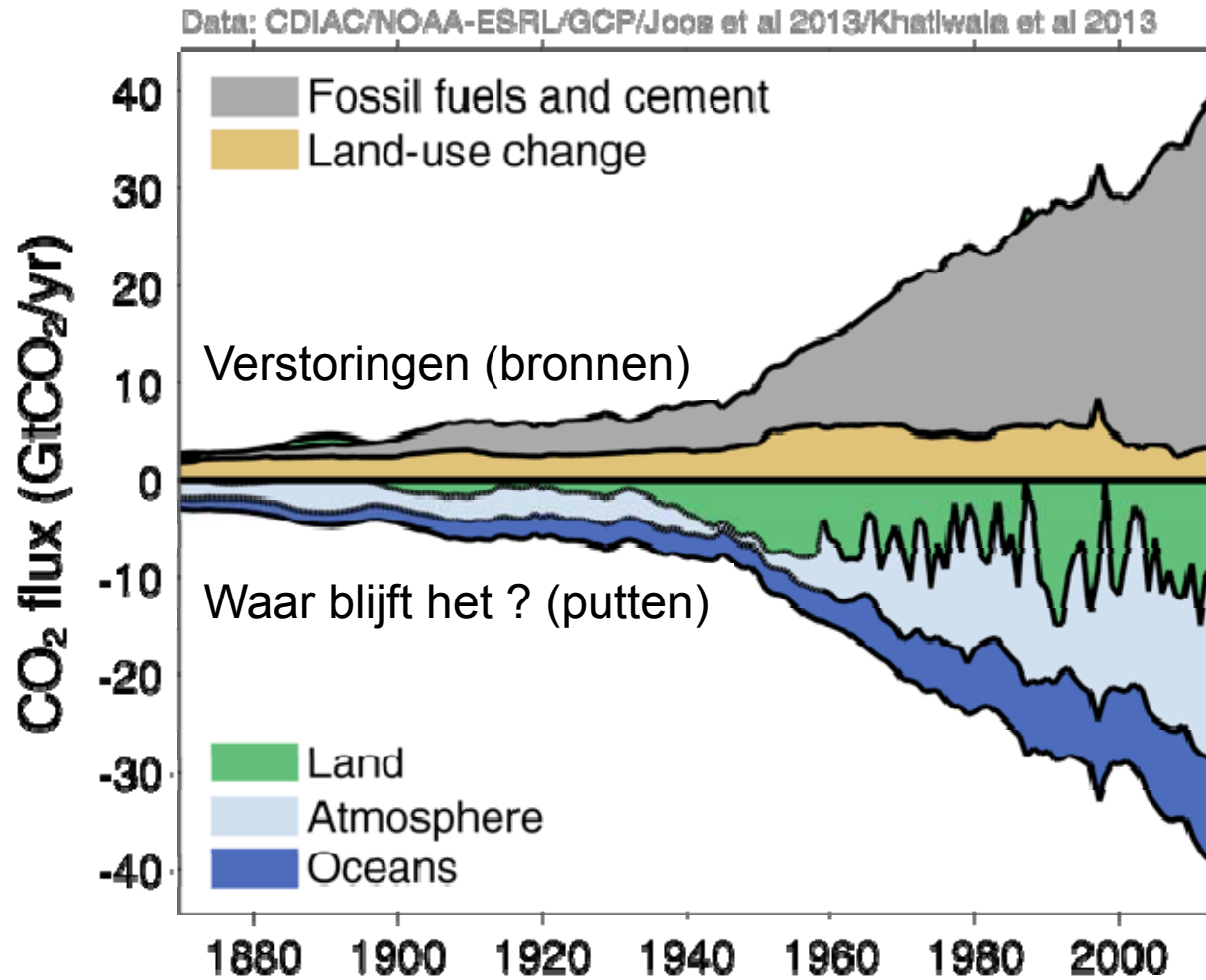
Broeikaseffect in de lucht geeft opwarming oceaan en atmosfeer, netto smelten land-ijs en zee-ijs

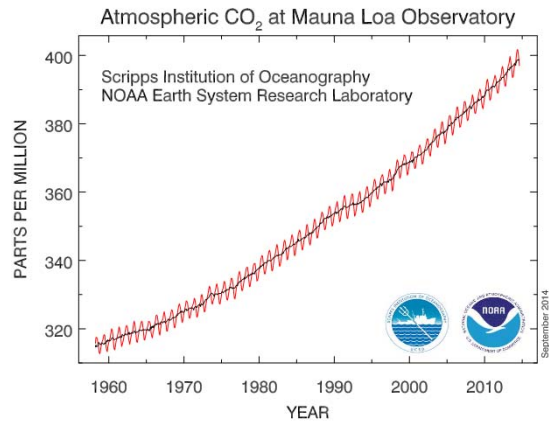
Het andere CO₂ Probleem

Verandering chemie van zeewater

- 1 GtCO₂ = 1 Gigaton CO₂ = 1 Miljard ton CO₂ = 1x10¹⁵gram CO₂
- Vergelijk met 7 miljard mensen totaal lichaamsgewicht = 0.35 Gigaton

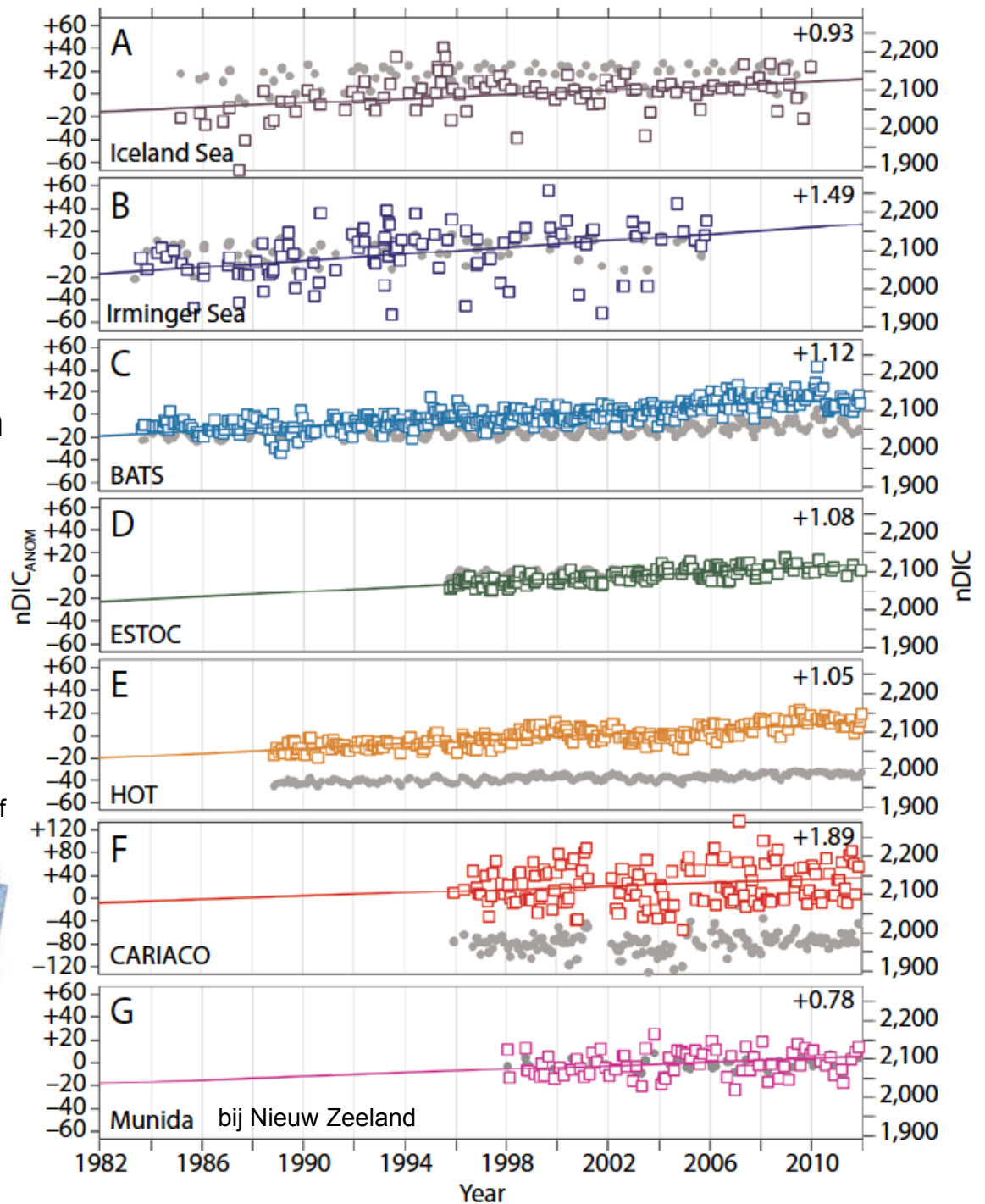
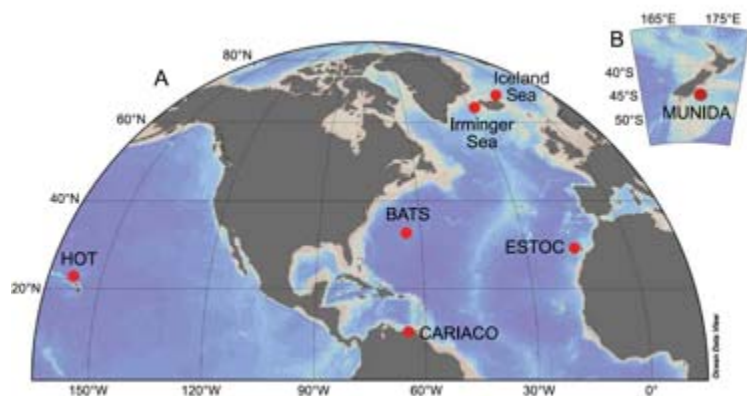
Verstoringen en waar blijft het extra CO₂



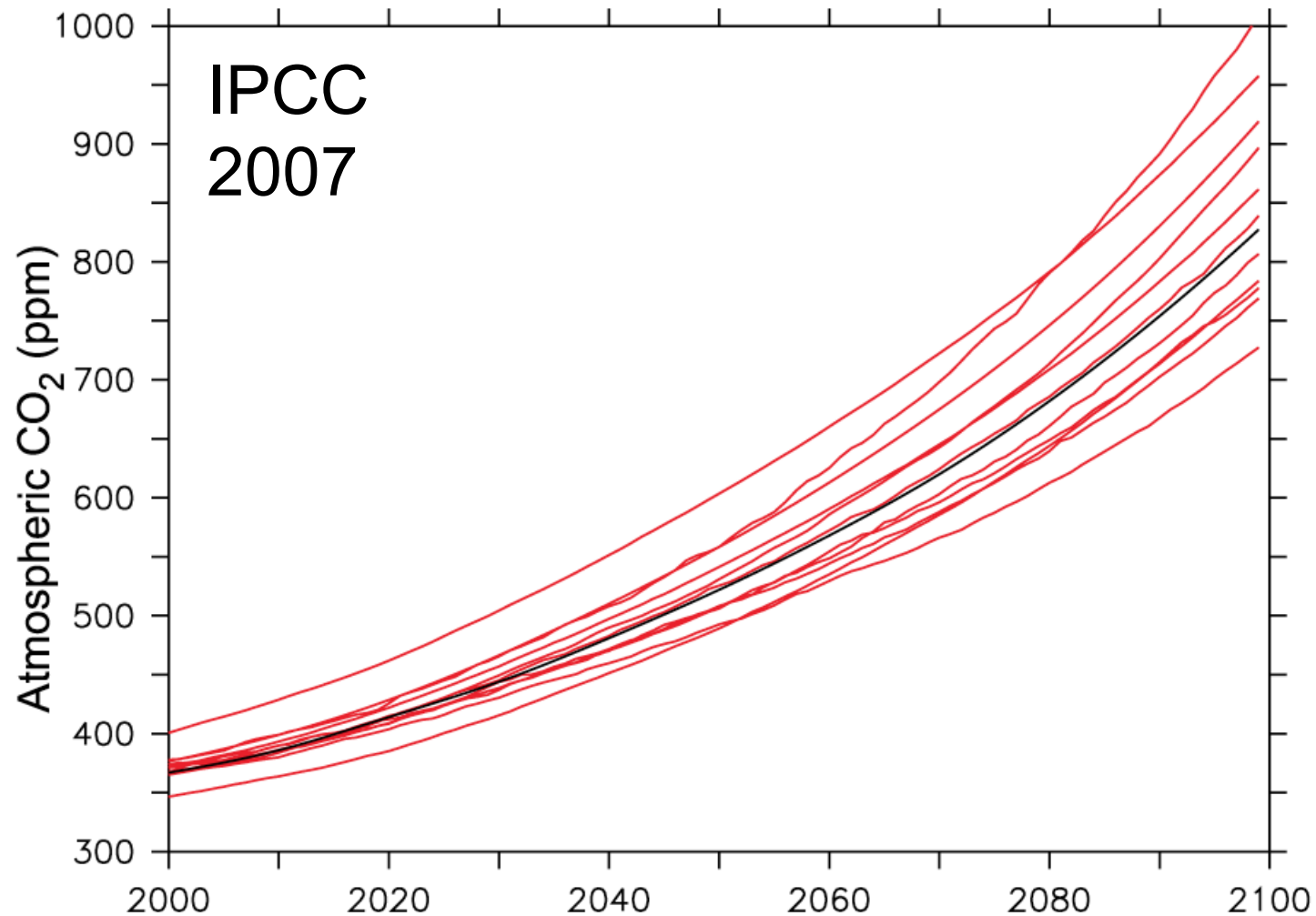


De gemeten toename van $p\text{CO}_2$ in de lucht (zie boven) heeft inderdaad geleid tot gemeten toename van C_{TOTAAL} (DIC) in oppervlaktewater op 7 tijdserie stations in de oceaan

Bates et al. (2014) *Oceanography*, 27, pages 126-141
http://www.tos.org/oceanography/archive/27-1_bates.pdf

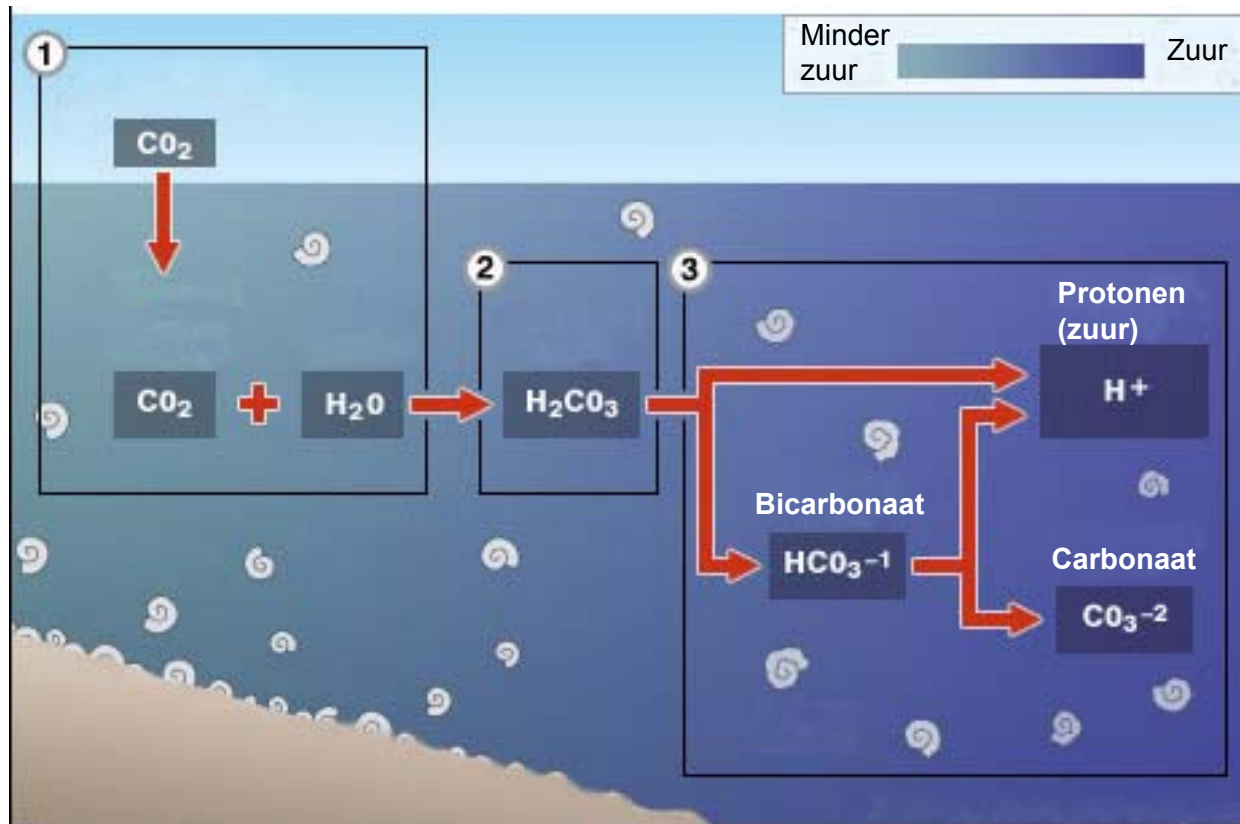


Voorspellingen van toekomstige CO₂ in de lucht tot 2100 voor diverse scenario's bevolkingsgroei en energie verbruik

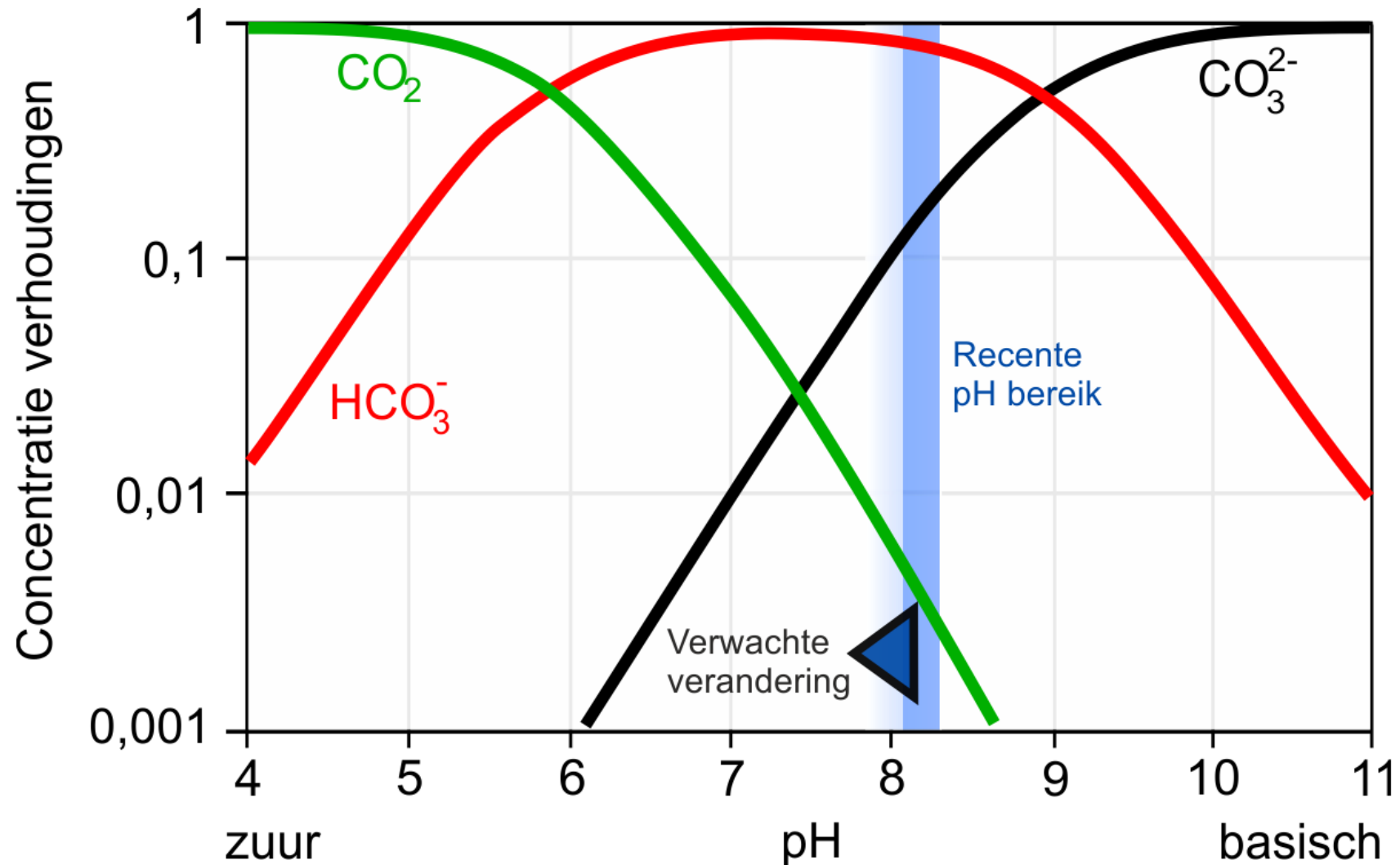


IPCC (2007) Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Verschuivingen van de 3 chemische vormen van CO₂ in zeewater

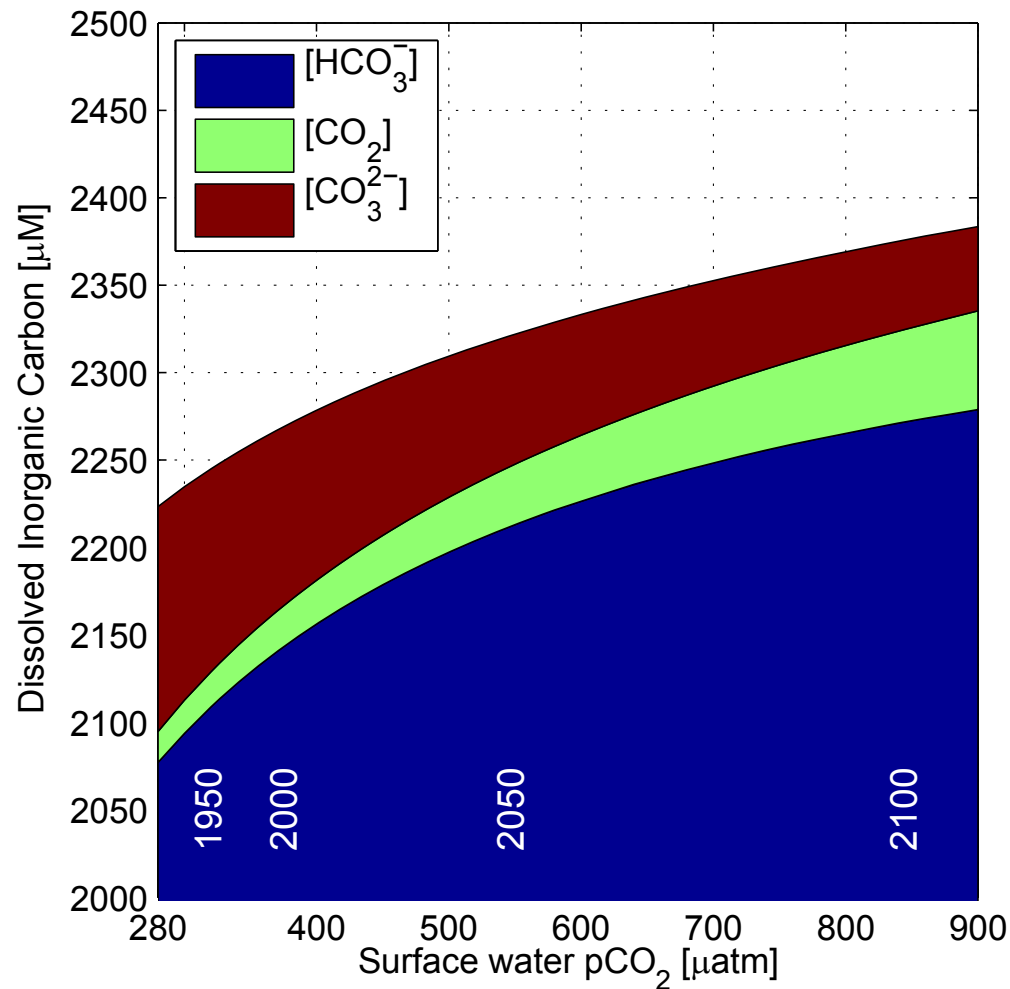


Het andere CO₂ probleem



Verschuiving naar zuur milieu betekent minder carbonaat

Verschuivingen van de 3 chemische vormen van CO₂ in zeewater

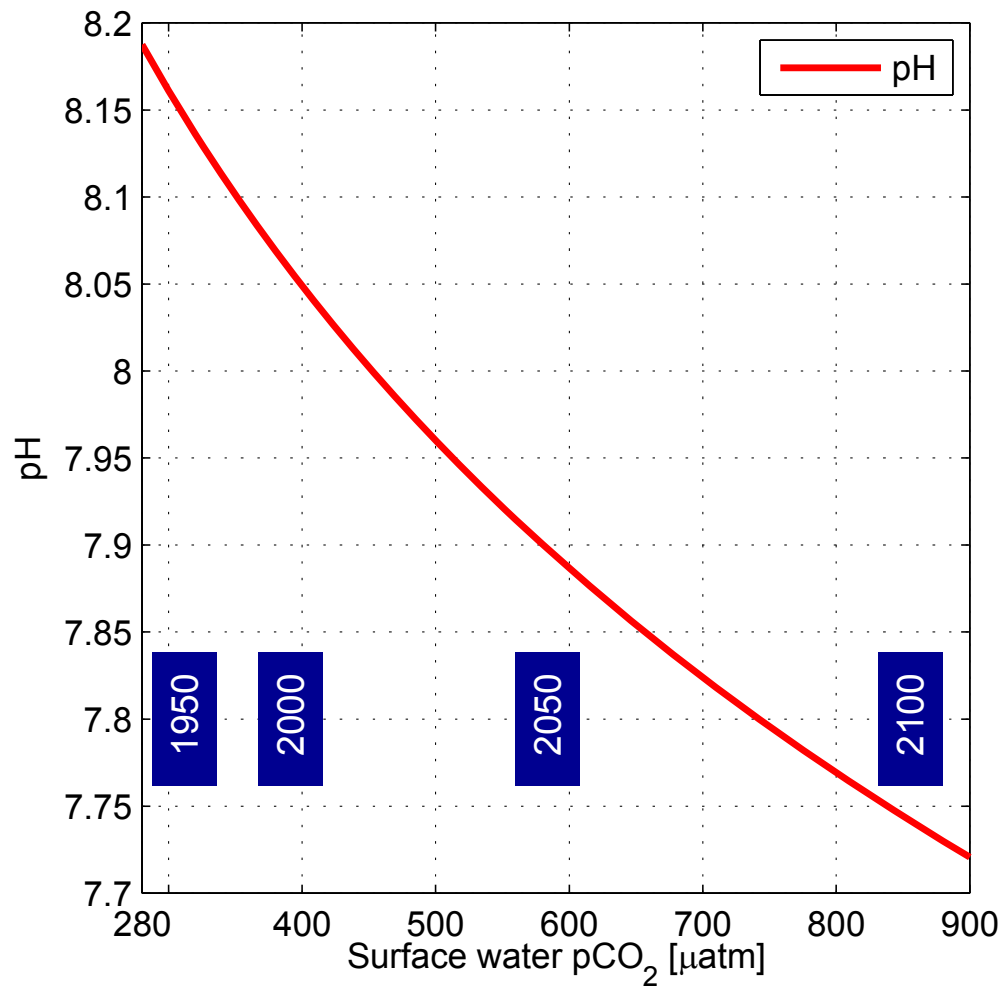


opgelost [CO₂] zal toenemen recht evenredig met de toename van het CO₂ in de lucht

opgelost [HCO₃⁻] zal toenemen

opgelost [CO₃²⁻] zal afnemen

Afname van pH van zeewater



Oceaan wordt minder basisch maar pH blijft hoger dan neutrale pH waarde 7

pH

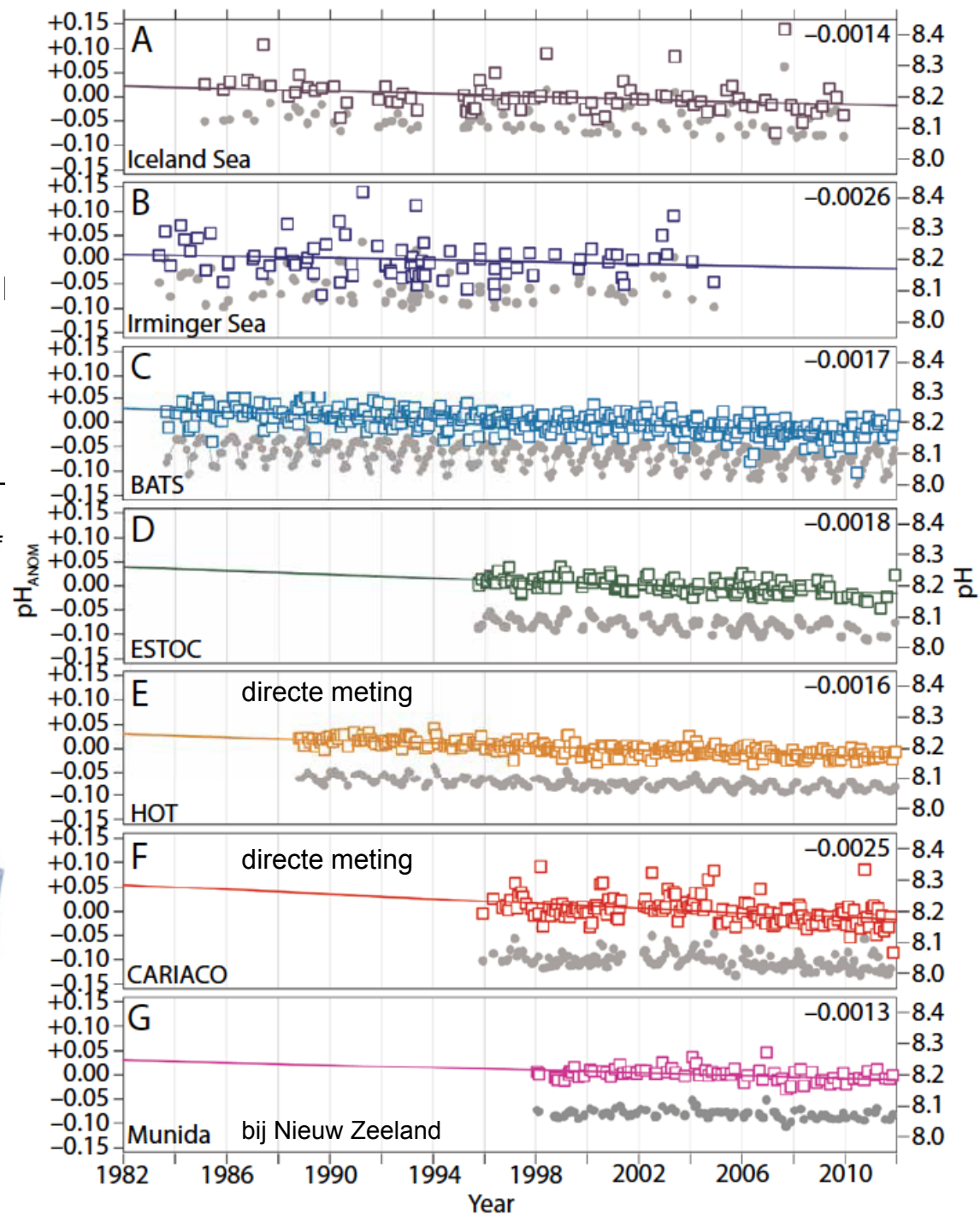
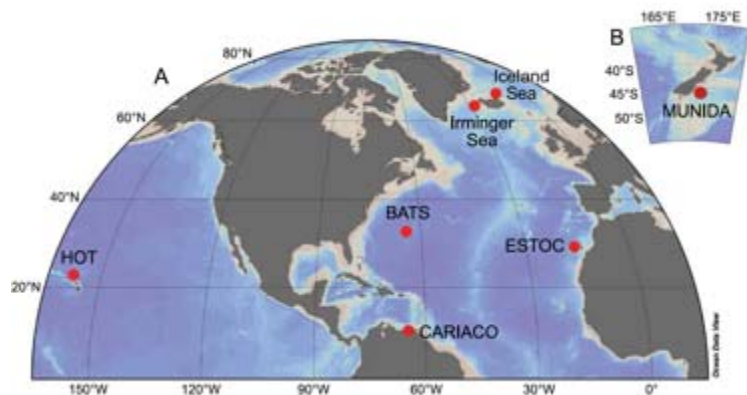


$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

Dus meer zuur is meer [H⁺]
en dus lagere pH waarde

Inderdaad een dalende trend van de pH in oppervlaktewater op 7 tijdserie stations in de oceaan

Bates et al. (2014) Oceanography, 27, pages 126-141
http://www.tos.org/oceanography/archive/27-1_bates.pdf



Biologische Consequenties

- **Toename H^+**
 - Beschikbaarheid essentiële metalen voor algen
 - Demping/voortplanting geluid in oceaan: onderwater geluid
- **Afname CO_3^{2-}**
 - Invloed op $CaCO_3$ evenwichten en dus vorming van kalk door organismen
- **Toename CO_2 & HCO_3^-**
 - Substraat voor primaire producenten (algen, zeegras, etc)

Kalk vorming:

CO₃²⁻ beschikbaarheid is essentieel

Evenwicht: Ca²⁺ + **CO₃²⁻** = CaCO₃

$$\Omega = \frac{[\text{Ca}^{2+}] \times [\text{CO}_3^{2-}]}{K_{\text{oplosbaarheid}}}$$

Ω > 1: kalk neerslag

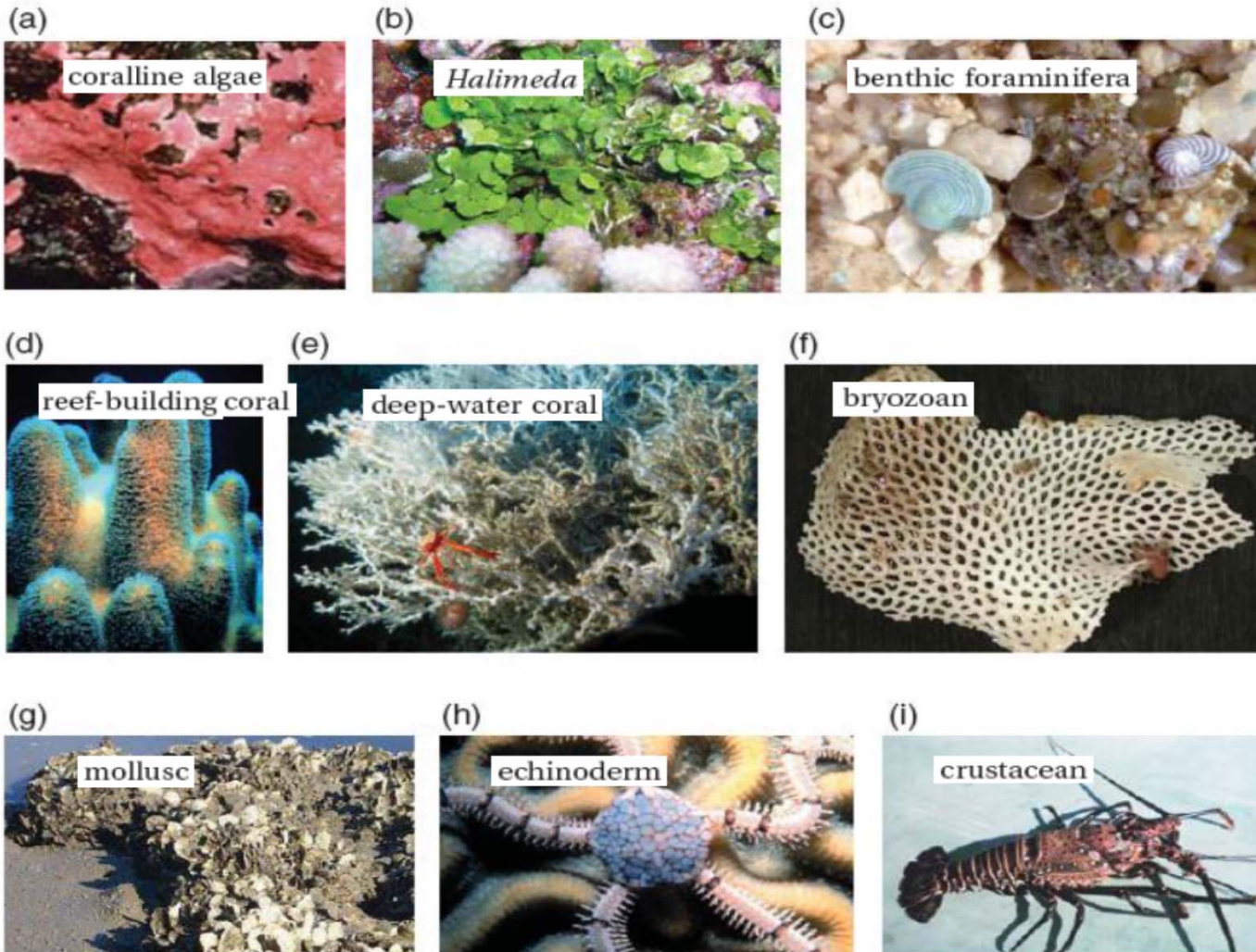
Ω < 1: kalk lost op

Twee soorten kalk:

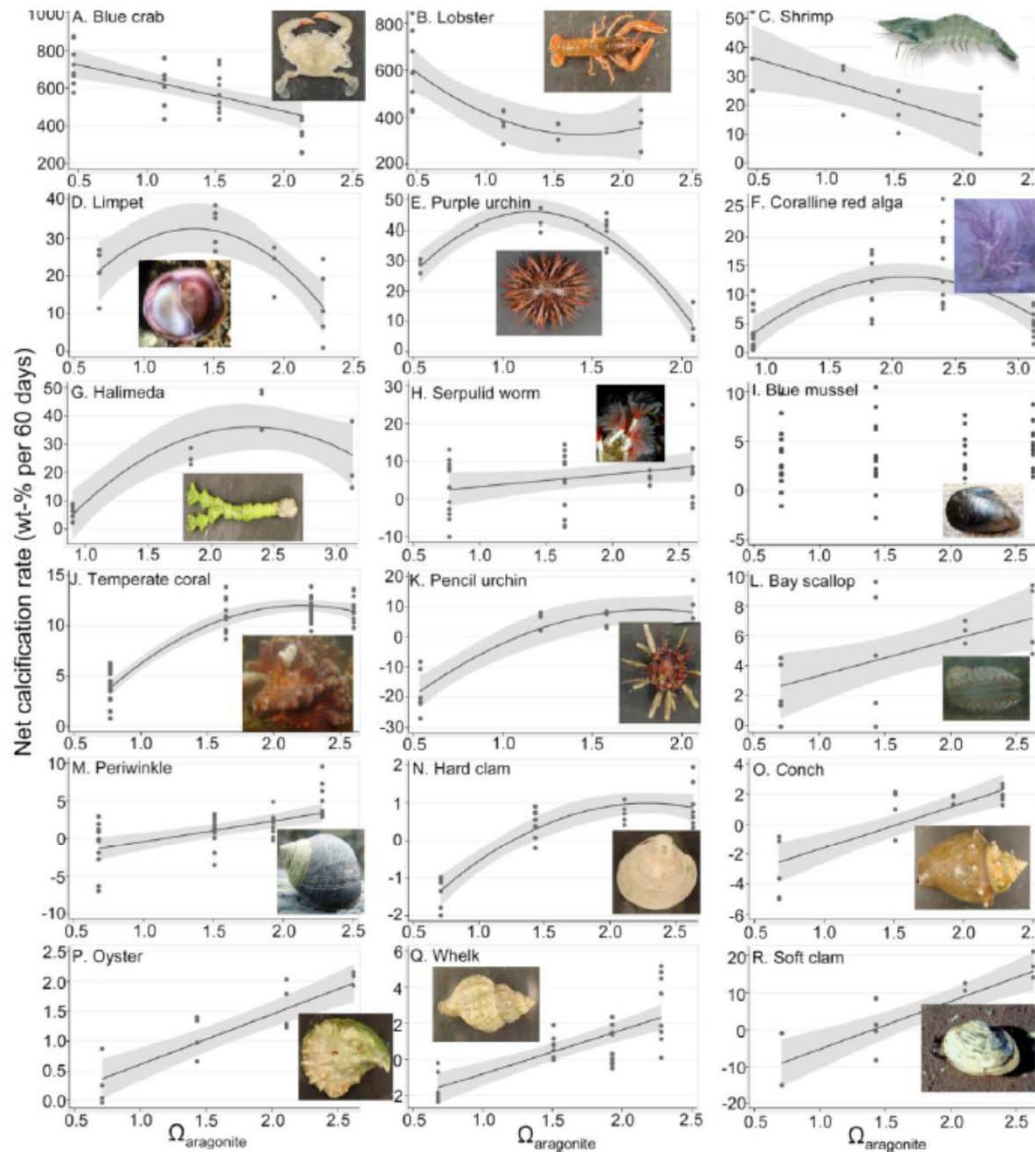
Calciet (minder oplosbaar)

Aragoniet (meer oplosbaar)

Organismen vormen kalk in de zee



kalkvorming



Afname
verzadigingsgraad
 Ω door oceaan
verzuring

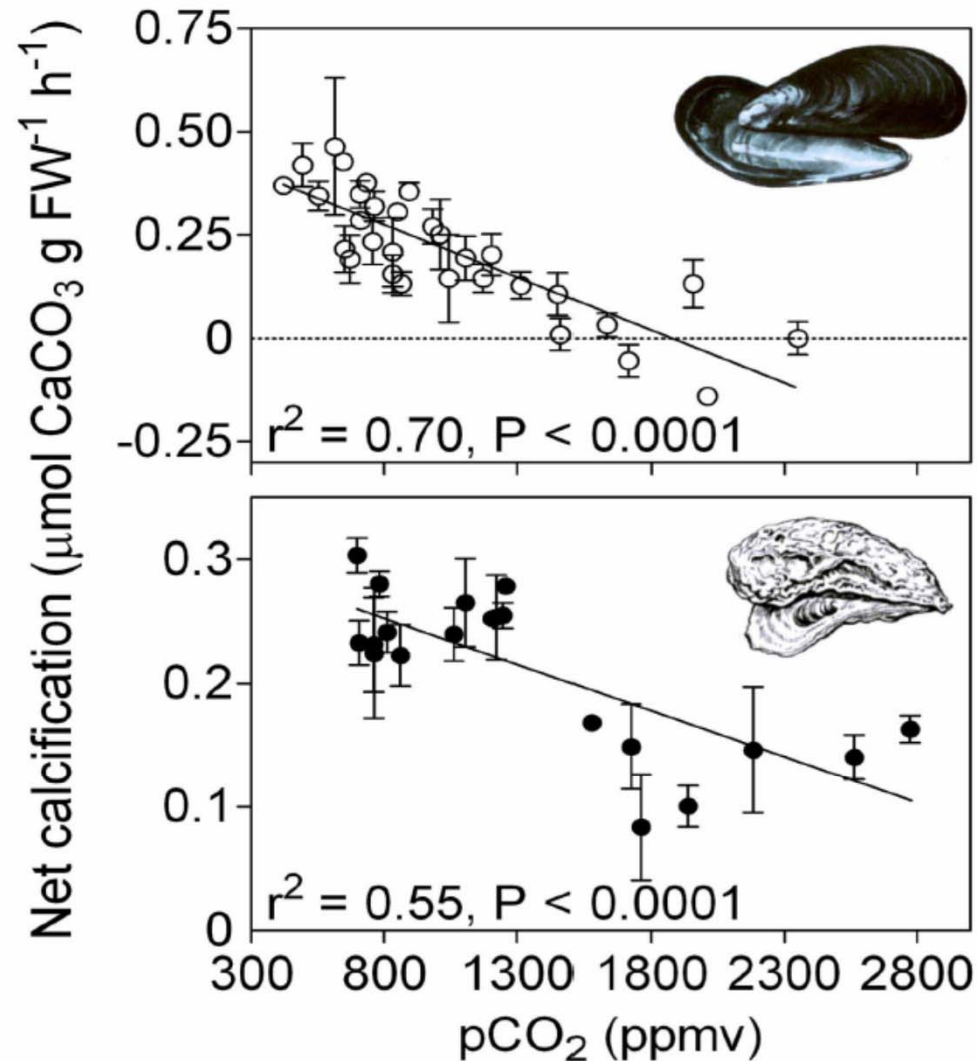
Verwachting
afname
kalkvorming

Observaties
variabel

Verzadigingsgraad zeewater

Ries et al., 2009

Schelpdier productie neemt af



Bij 740 ppmv CO_2 :

- 10 % oester schelp afname
- 25 % mossel schelp afname

10 miljard € omzet wereldwijd

Demonstratie Oceaanverzuring

Dank aan.....

Mariene Organische Biogeochemie groep

