



Klimatŝanĝo kaj la oceano

Marco van Hulten

31 julio, 2012

¹

¹Klimatŝanĝo kaj la oceano fare de Marco van Hulten estas disponebla laŭ la permesilo Krea Komunaĵo Atribuite-Samkondiĉe 3.0 Neadaptita. Bazita sur verko je <http://marcovan.hulten.org/pub/prezentoj/>.

- Klimatŝanĝo
- La oceano
- Fero-fekundigo
- Acidiĝo de oceano
- Konkludo

■ Klimatŝanĝo

Forceja efiko

Kresko de forcejaj gasoj

Amplifiko de la forceja efiko

Solv-strategioj

■ La oceano

Ĝeneralaj ecoj

Fotosintezo

Spirado

■ Fero-fekundigo

Ebla solvo

■ Acidiĝo de oceano

Enkonduko

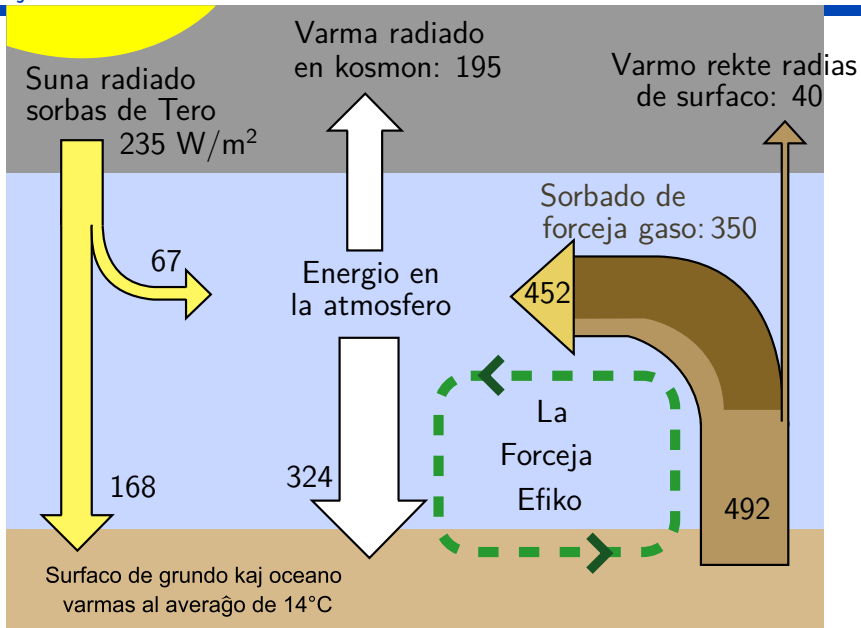
Kemikaj formuloj: karbondioksido

Kemikaj formuloj: kalcio

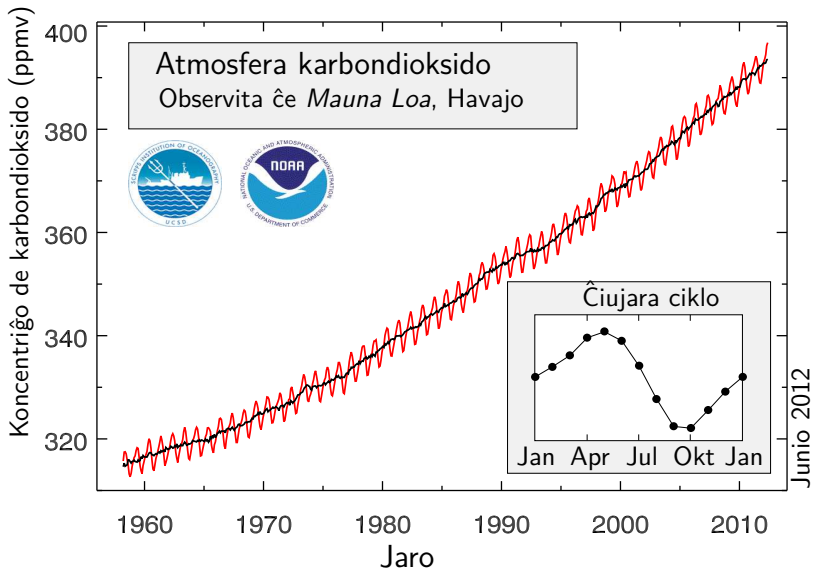
■ Konkludo

Konkludo

Forceja efiko



Kresko de forcejaj gasoj



Amplifiko de la forceja efiko

- ▶ atmosfera altiĝo de $[CO_2]$



monda varmiĝo



Amplifiko de la forceja efiko

- ▶ atmosfera altiĝo de $[CO_2]$

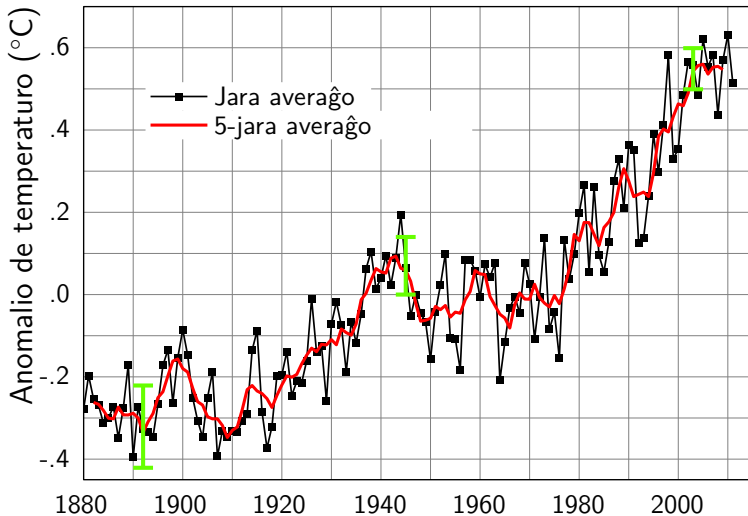


monda varmiĝo



- ▶ oceana $[CO_2]$ -altiĝo → acidiĝo de la oceano

Amplifiko de la forceja efiko



Ekzistas tri strategioj por trakti la altiĝon de CO₂:

- ▶ malintensigi/ĉesi la brulaĵon de fosiliaj gasoj (*mitigation*)
- ▶ adaptiĝo (*adaptation*)
- ▶ aktive kompanse redukti CO₂ aŭ temperaturon (*geoengineering*)

Ekzistas tri strategioj por trakti la altiĝon de CO₂:

- ▶ malintensigi/ĉesi la brulaĵon de fosiliaj gasoj (*mitigation*)
- ▶ adaptiĝo (*adaptation*)
- ▶ aktive kompanse redukti CO₂ aŭ temperaturon (*geoengineering*)

Ekzemplo de *kompensa redukto*:

- ▶ Fero-fekundigo de oceano.

Ekzistas tri strategioj por trakti la altiĝon de CO₂:

- ▶ malintensigi/ĉesi la brulaĵon de fosiliaj gasoj (*mitigation*)
- ▶ adaptiĝo (*adaptation*)
- ▶ aktive kompanse redukti CO₂ aŭ temperaturon (*geoengineering*)

Ekzemplo de *kompensa redukto*:

- ▶ Fero-fekundigo de oceano.

Ĉu tio estas bona ideo?

■ Klimatŝanĝo

Forceja efiko

Kresko de forcejaj gasoj

Amplifiko de la forceja efiko

Solv-strategioj

■ La oceano

Ĝeneralaj ecoj

Fotosintezo

Spirado

■ Fero-fekundigo

Ebla solvo

■ Acidiĝo de oceano

Enkonduko

Kemikaj formuloj: karbondioksido

Kemikaj formuloj: kalcio

■ Konkludo

Konkludo

Generalaj ecoj

- ▶ Ĝi estas granda (71% de surfaco / 1,3 miliardo kubika kilometro)

Generalaj ecoj

- ▶ Ĝi estas granda (71% de surfaco / 1,3 miliardo kubika kilometro)
- ▶ Ĉirkulado (profunda) daŭras longe (pli ol mil jaroj)

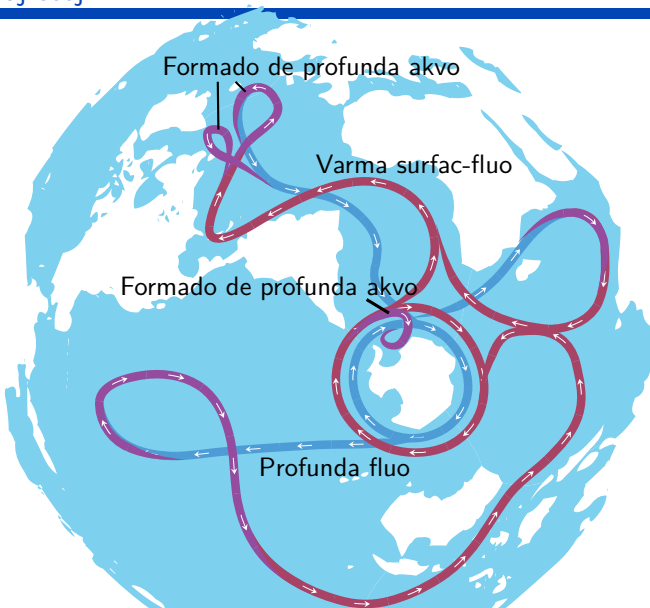
Generalaj ecoj

- ▶ Ĝi estas granda (71% de surfaco / 1,3 miliardo kubika kilometro)
- ▶ Ĉirkulado (profunda) daŭras longe (pli ol mil jaroj)
- ▶ Ĝi interagis kun la aliaj partoj de la klimato:
 - riveroj (lando)
 - atmosfero (gas-interago, polvo de dezertoj)
 - sedimento

Generalaj ecoj

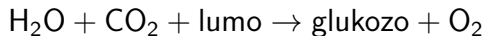
- ▶ Ĝi estas granda (71% de surfaco / 1,3 miliardo kubika kilometro)
- ▶ Ĉirkulado (profunda) daŭras longe (pli ol mil jaroj)
- ▶ Ĝi interagas kun la aliaj partoj de la klimato:
 - riveroj (lando)
 - atmosfero (gas-interago, polvo de dezertoj)
 - sedimento
- ▶ Ĝi estas viv-riĉa!

Generalaj ecoj



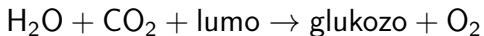
CO₂ eniras la surfacon de oceano.

Tiam povas okazi fotosintezon per fitoplanktono (kie estas sufiĉe da lumo):



CO₂ eniras la surfacon de oceano.

Tiam povas okazi fotosintezon per fitoplanktono (kie estas sufiĉe da lumo):



Tamen ĝi ankaŭ bezonas (aliajn) nutraĵojn!

Grandkvantaj nutraĵoj:

- ▶ nitrato
- ▶ fosfato
- ▶ silicio²

²en la formo de solvita siliciata acido; nur por diatomeoj

Grandkvantaj nutraĵoj:

- ▶ nitrato
- ▶ fosfato
- ▶ silicio²

Malgrandkvantaj nutraĵoj:

- ▶ sulfato
- ▶ fero
- ▶ magnezio
- ▶ mangano
- ▶ zinko
- ▶ ...

²en la formo de solvita siliciata acido; nur por diatomeoj

Zooplankton uzas la organaĵon por energio per la renverso de fotosintezo:



Zooplankton uzas la organaĵon por energio per la renverso de fotosintezo:



Nutraĵoj, fitoplanktono, zooplanktono kaj karnovoroj \Rightarrow
komplikan manĝreton \Rightarrow malfacile prognozi tian sistemon

■ Klimatŝanĝo

- Forceja efiko
- Kresko de forcejaj gasoj
- Amplifiko de la forceja efiko
- Solv-strategioj

■ La oceano

- Ĝeneralaj ecoj
- Fotosintezo
- Spirado

■ Fero-fekundigo

- Ebla solvo

■ Acidiĝo de oceano

- Enkonduko
- Kemikaj formuloj: karbondioksido
- Kemikaj formuloj: kalcio

■ Konkludo

- Konkludo

Ebla solvo

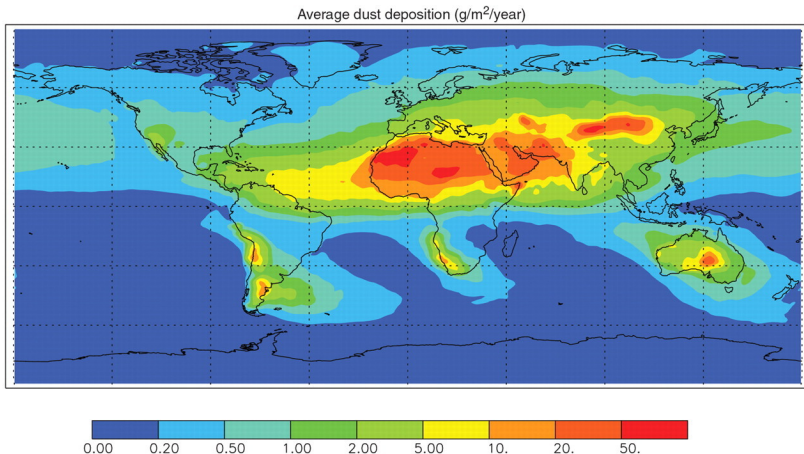
Pli rapide kreskigi fitoplanktonon → kompenso de CO₂-kresko?

Ebla solvo

Pli rapide kreskigi fitoplanktonon → kompenso de CO₂-kresko?
Unu maniero: fekundigi la oceanon kie estas tro malmulte da fero.

Ebla solvo

Pli rapide kreskigi fitoplanktonon → kompenso de CO₂-kresko?
 Unu maniero: fekundigi la oceanon kie estas tro malmulte da
 fero.



Problemoj:

- ▶ ne praktika (granda skalo)

Problemoj:

- ▶ ne praktika (granda skalo)
- ▶ aliaj nutraĵoj

Problemoj:

- ▶ ne praktika (granda skalo)
- ▶ aliaj nutraĵoj
- ▶ neefika

Problemoj:

- ▶ ne praktika (granda skalo)
- ▶ aliaj nutraĵoj
- ▶ neefika
- ▶ kromefikoj nekonataj (kaj sur granda skalo)

Problemoj:

- ▶ ne praktika (granda skalo)
- ▶ aliaj nutraĵoj
- ▶ neefika
- ▶ kromefikoj nekonataj (kaj sur granda skalo)
- ▶ Kio okazus se ni ĉesus?

■ Klimatŝanĝo

Forceja efiko

Kresko de forcejaj gasoj

Amplifiko de la forceja efiko

Solv-strategioj

■ La oceano

Ĝeneralaj ecoj

Fotosintezo

Spirado

■ Fero-fekundigo

Ebla solvo

■ Acidiĝo de oceano

Enkonduko

Kemikaj formuloj: karbondioksido

Kemikaj formuloj: kalcio

■ Konkludo

Konkludo

Kresko de $[CO_2]$ en la atmosfero

Kresko de $[\text{CO}_2]$ en la atmosfero

→ pli granda $\Delta p\text{CO}_2$

Kresko de $[\text{CO}_2]$ en la atmosfero

→ pli granda $\Delta p\text{CO}_2$

→ pli da CO_2 solvata en la oceano

Kresko de $[\text{CO}_2]$ en la atmosfero

→ pli granda $\Delta p\text{CO}_2$

→ pli da CO_2 solvata en la oceano

→ malkresko de pH .

Kresko de $[\text{CO}_2]$ en la atmosfero

→ pli granda $\Delta p\text{CO}_2$

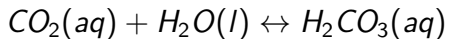
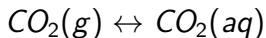
→ pli da CO_2 solvata en la oceano

→ malkresko de pH .

La nomo de tiu procezo estas la *acidiĝo de oceano*.

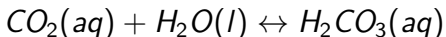
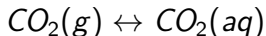
Kemikaj formuloj: karbondioksido

Solvado de CO₂ en akvo:



Kemikaj formuloj: karbondioksido

Solvado de CO_2 en akvo:

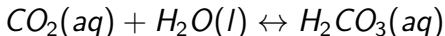
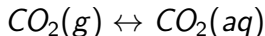


La rezulta solvaĵo estas malforta acido. Ĝi disocias al hidrogena karbonato:



Kemikaj formuloj: karbondioksido

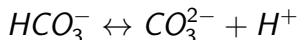
Solvado de CO_2 en akvo:



La rezulta solvaĵo estas malforta acido. Ĝi disocias al hidrogena karbonato:

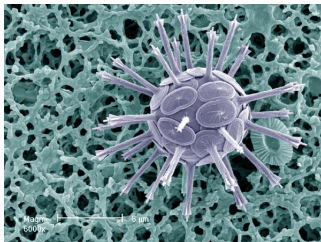
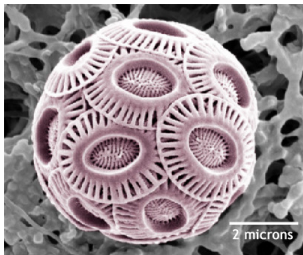
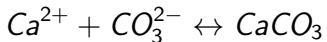


La hidrogen-karbonata jono estas eĉ pli malforta acido, sed povas disocii plu al la karbonata jono:



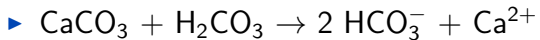
Kemikaj formuloj: kalcio

Solvaĵa ekvilibro de karbonato kun kalcio al *calcito* kaj *aragonito*:



Kemikaj formuloj: kalcio

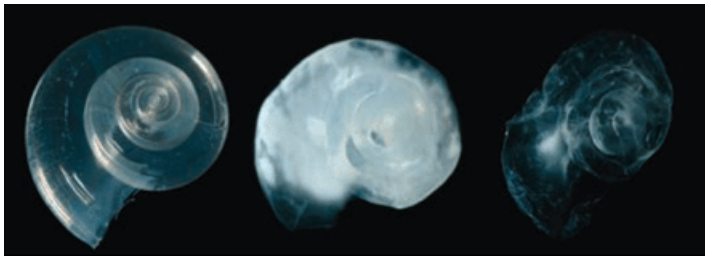
Konsekvencoj de acidiĝo:



Kemikaj formuloj: kalcio

Konsekvencoj de acidiĝo:

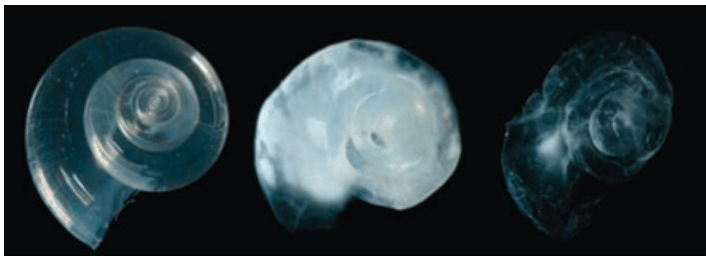
- ▶ $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$
- ▶ kalcifigaj pteropodoj (*Thekosomatoj*) formortas:



Kemikaj formuloj: kalcio

Konsekvencoj de acidiĝo:

- ▶ $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$
- ▶ kalcifigaj pteropodoj (*Thekosomatoj*) formortas:



- ▶ ĝiaj predadoj (ekz. *Gimnosomatoj*) eble formortas
- ▶ mangĝretoj signife ĝeniĝas.

■ Klimatŝanĝo

Forceja efiko

Kresko de forcejaj gasoj

Amplifiko de la forceja efiko

Solv-strategioj

■ La oceano

Ĝeneralaj ecoj

Fotosintezo

Spirado

■ Fero-fekundigo

Ebla solvo

■ Acidiĝo de oceano

Enkonduko

Kemikaj formuloj: karbondioksido

Kemikaj formuloj: kalcio

■ Konkludo

Konkludo

Prepozicioj

- ▶ Homfarita altiĝo de CO₂ estas problemo

³Ankaŭ aliaj metodoj de kompensa redukto estas potencie danĝera.

Konkludo

Prepozicioj

- ▶ Homfarita altiĝo de CO₂ estas problemo, ĉar
 - ĝi altigas la tutmonda temperaturo kaj
 - ĝi acidigas la oceanon.

³Ankaŭ aliaj metodoj de kompensa redukto estas potencie danĝera.

Prepozicioj

- ▶ Homfarita altiĝo de CO₂ estas problemo, ĉar
 - ĝi altigas la tutmonda temperaturo kaj
 - ĝi acidigas la oceanon.
- ▶ Fero-fekundigo ŝajnas neefika kaj eĉ potencie danĝera.³

³Ankaŭ aliaj metodoj de kompensa redukto estas potencie danĝera.

Prepozicioj

- ▶ Homfarita altiĝo de CO₂ estas problemo, ĉar
 - ĝi altigas la tutmonda temperaturo kaj
 - ĝi acidigas la oceanon.
- ▶ Fero-fekundigo ŝajnas neefika kaj eĉ potencie danĝera.³
- ▶ Ni devas malaltigi elpuŝon de forcejaj gasoj.

³Ankaŭ aliaj metodoj de kompensa redukto estas potencie danĝera.

Dankon por via atento!

Demandoj?