

PRZYCZYNY ZMIAN
ATMOSFERYCZNEJ
KONCENTRACJI RADIOWĘGLA W
PÓŹNYM VISTULIANIE
I HOLOCENIE

Przygotował:
Aleksander Sanetra

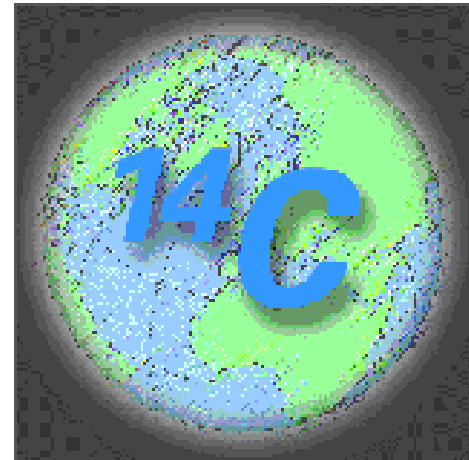


Plan seminarium:

- Wstęp
- Klasyfikacja Blytta-Sernadera - ramy czasowe
- Długookresowe zmiany szybkości produkcji izotopu ^{14}C
 - Dane o zmianach momentu dipolowego ziemskiego pola magnetycznego w przeszłości
 - Zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w ostatnich 15 tysiącach lat spowodowane wahaniami pola geomagnetycznego
- Wpływ zmiennej aktywności Słońca na krótkookresowe zmiany szybkości produkcji izotopu ^{14}C w holocenie
- Zmiany w globalnym obiegu węgla jako przyczyna szybkich zmian atmosferycznej koncentracji radiowęglu na przełomie vistulianu i holocenu
 - Zmiany koncentracji CO_2 w atmosferze
 - Zmiany szybkości wentylacji oceanu światowego jako przyczyna wzrostu atmosferycznej koncentracji ^{14}C w młodszym dryasie

Wstęp:

Największe zmiany $\Delta^{14}\text{C}$ na początku i na końcu młodszego **dryasu** – powiązane z globalnymi zmianami klimatu – tworzy się **Głęboka Woda Północnego Atlantyku**.





Klasyfikacja Blytta-Sernadera - ramy czasowe

- Stadia Plejstocenu :
 - 12000-11600 p.n.e - stadium starszy dryas
 - 11,600-9,900 p.n.e - interstadium allerød (ocieplenie)
 - 10,900-9,500 p.n.e - stadium młodszy dryas (oziębienie, wysuszenie)
- Stadia Holocenu
 - 9500-6900 p.n.e. - okres borealny (zimno sucho, coraz cieplej)
 - 6900-3700 p.n.e. - okres atlantycki (ciepło, wilgotno)
 - 3700-600 p.n.e. - okres subborealny (oziębienie, potem cieplej)
 - od 600 p.n.e do czasów obecnych - okres subatlantycki

http://pl.wikipedia.org/wiki/Klasyfikacja_Blytta-Sernadera



Długookresowe zmiany szybkości produkcji izotopu ^{14}C

- W stanie ustalonym średni stosunek koncentracji $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ to efekt zrównoważenia rozpadu promieniotwórczego i produkcji radiowęglu.
- Szybkość produkcji radiowęglu na Ziemi jest funkcją wielkości strumienia promieniowania kosmicznego docierającego do atmosfery ziemskiej

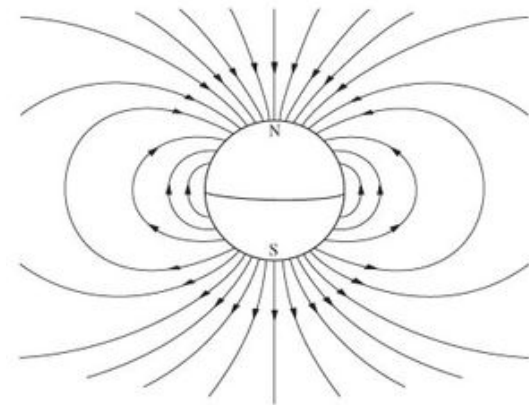


Długookresowe zmiany szybkości produkcji izotopu ^{14}C

- długookresowe wahania $\Delta^{14}\text{C}$ można zadowalająco wyjaśnić zmianami natężenia ziemskiego pola magnetycznego = założenie, że strumień pierwotnego promieniowania kosmicznego w interesującym przedziale stały.

Dane o zmianach momentu dipolowego ziemskiego pola magnetycznego w przeszłości

- Zmiany m.d.z.p.m. - najlepiej poznany czynnik kształtujący koncentrację radiowęгла na Ziemi w ostatnich kilkunastu tysiącach lat.
- Rekonstrukcja przez materiały, których namagnesowanie utrwaliło się podczas stygnięcia od wysokich temperatur
- Utrudnienie - pole niedipolowe o dryfujących biegunach.

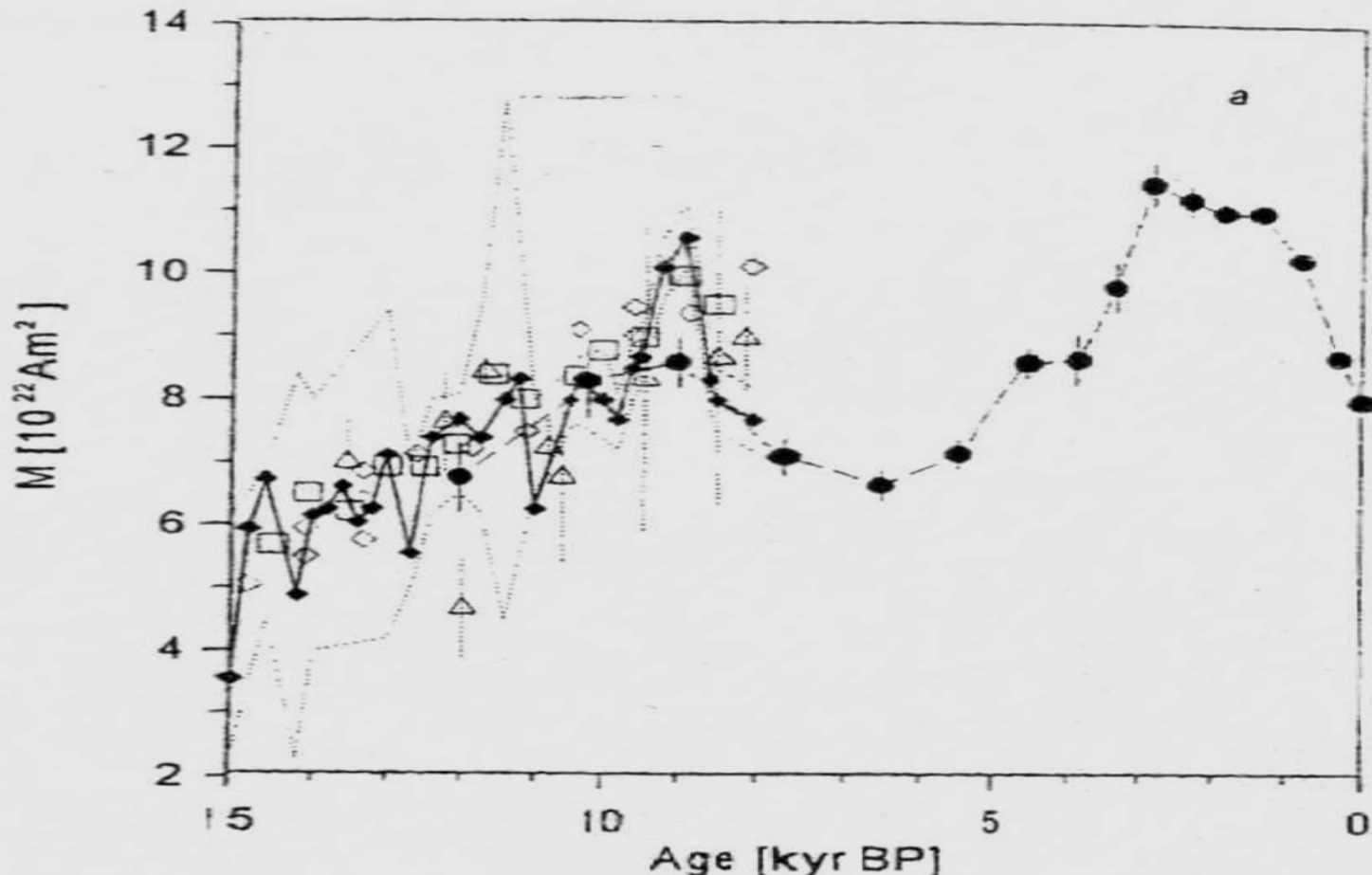




Dane o zmianach momentu dipolowego ziemskiego pola magnetycznego w przeszłości

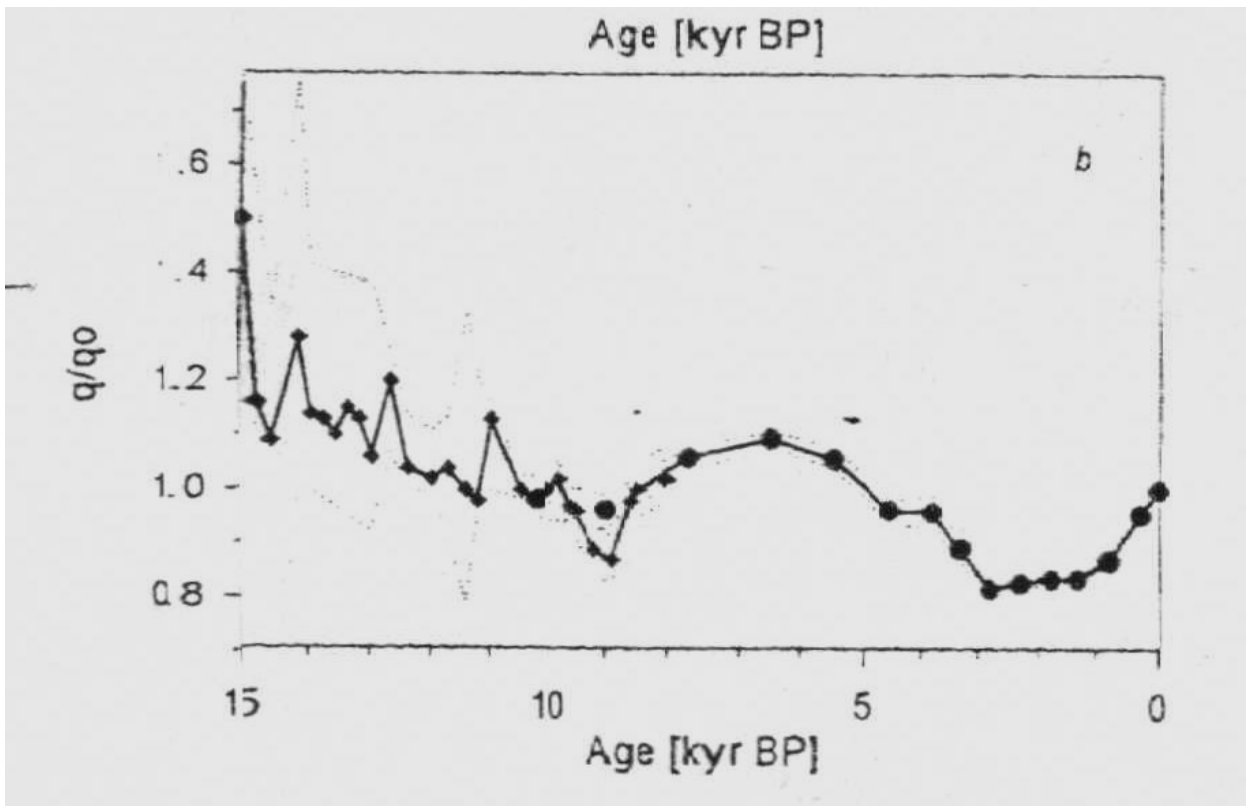
Większość opracowań wskazuje, że w późnym wistulianie pole magnetyczne Ziemi było słabsze niż obecnie, a w okresie 15-10 tys. lat BP moment dipolowy stopniowo wzrasta.

Zestawienie rekonstrukcji momentu magnetycznego Ziemi w ostatnich 15 tysiącach lat. Źródła danych: • = artefakty archeologiczne (przedmioty użytkowe/przedmioty codziennego użytku, ornamenty, o znaczeniu archeologicznym lub historycznym); Δ = lawy wulkaniczne; \blacklozenge = osady Morza Śródziemnego, \square = osady z Pacyfiku; \diamond - osady z Atlantyku. Linią kropkową zaznaczono przedział niepewności rekonstrukcji Trica



Zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w ostatnich 15 tysiącach lat spowodowane wahaniami pola geomagnetycznego

- Stosowane byty modele BD i PANDORA



Zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w ostatnich 15 tysiącach lat spowodowane wahaniami pola geomagnetycznego

o Wyniki:

Porównanie rzeczywistego przebiegu atmosferycznej $\Delta^{14}\text{C}$ w ostatnich 15 tysiącach lat z wynikami obliczeń modelowych. W obliczeniach zakładano zmienność szybkości produkcji ^{14}C w funkcji momentu pola geomagnetycznego.

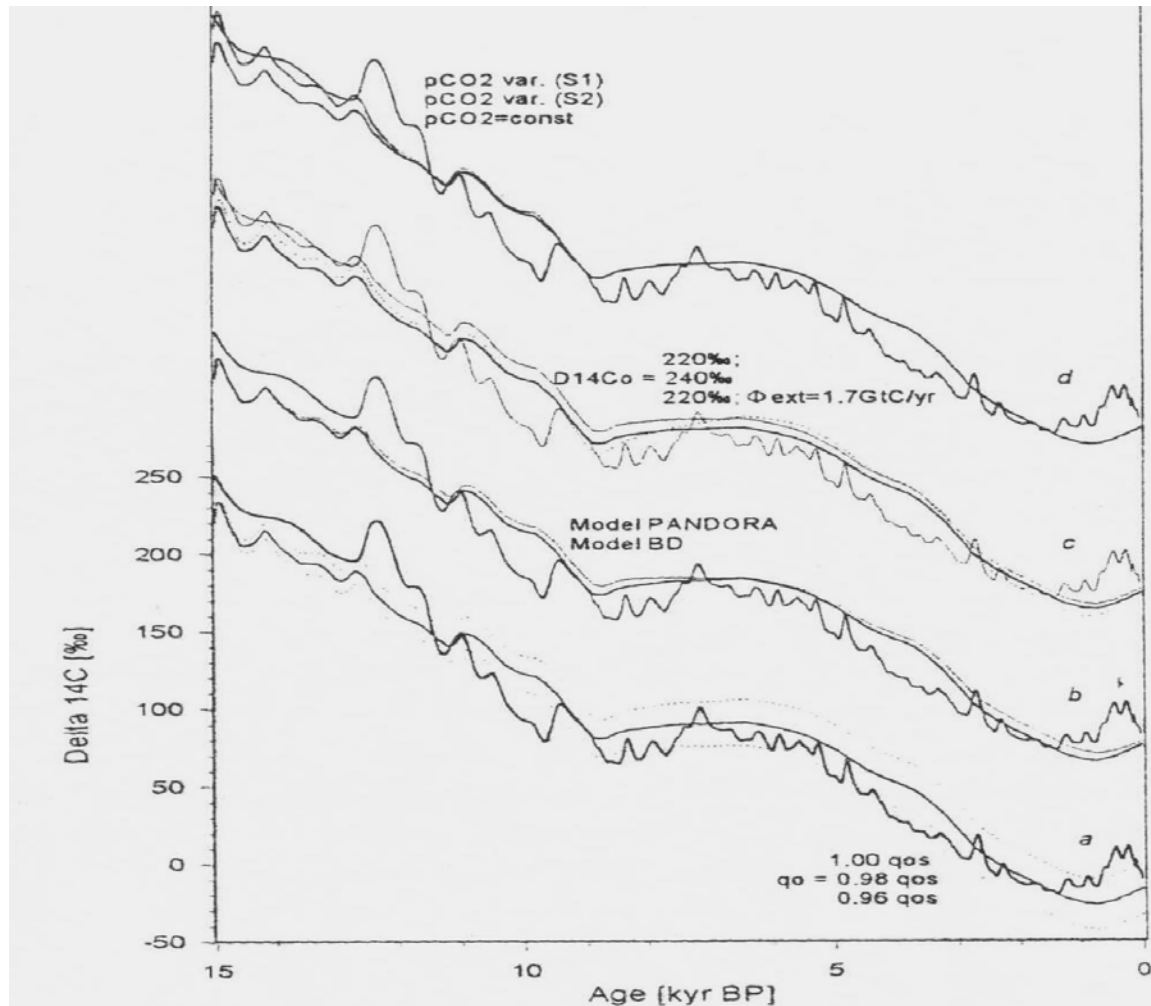
a. Wyniki obliczeń modelem BD dla różnych wartości standardowej szybkości produkcji q_0 .

b. Porównanie wyników obliczeń modelami BD i PANDORA,

c. Wyniki obliczeń dla dwóch wartości początkowej koncentracji ^{14}C :
 $\Delta^{14}\text{C}_0 = 220\text{‰}$, $\Delta^{14}\text{C}_0 = 240\text{‰}$,

d. Porównanie wyników obliczeń przy założeniu stałej koncentracji i z uwzględnieniem zmian koncentracji CO_2 w powietrzu.

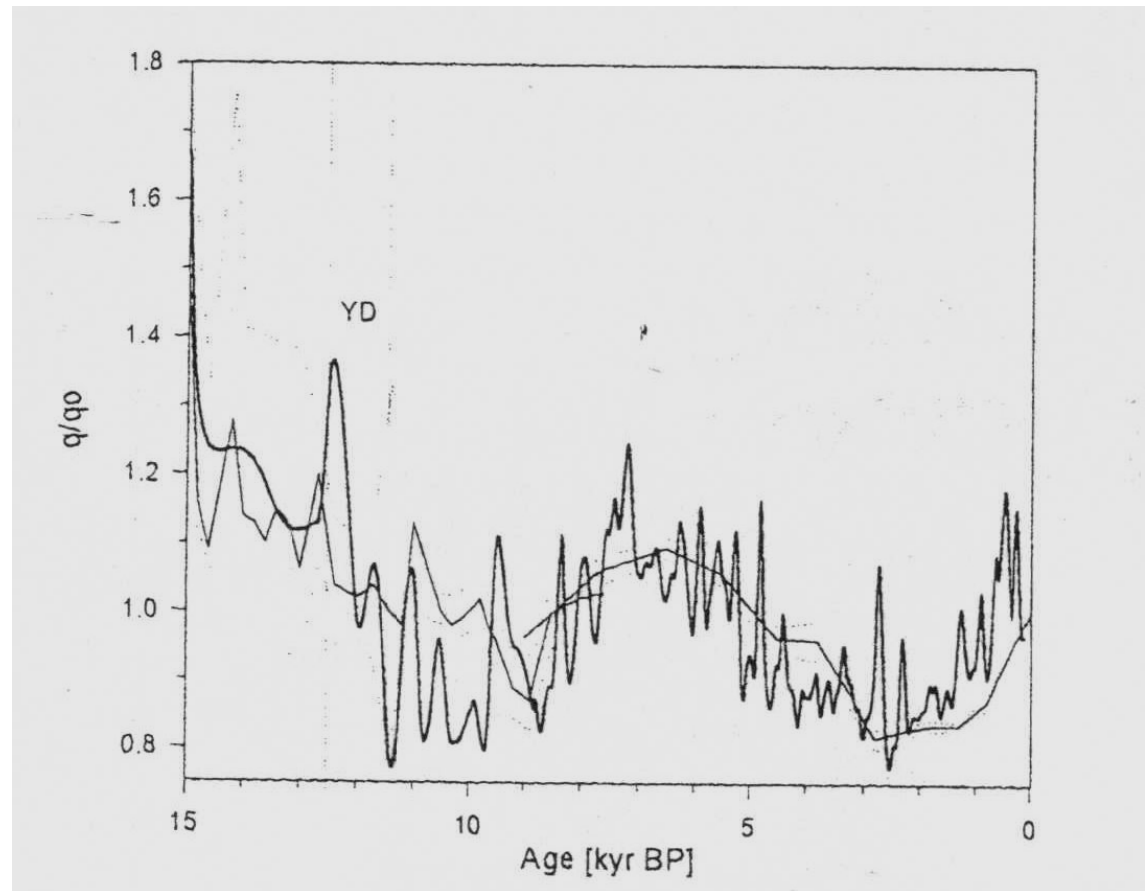
wykresy są przesunięte względem skali pionowej



Zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w ostatnich 15 tysiącach lat spowodowane wahaniami pola geomagnetycznego

- o przeprowadzono eksperyment ze zmodyfikowanym modelem BD,

Hipotetyczne zmiany szybkości produkcji radiowęglu w przypadku, gdyby były one wyłączną przyczyną zmian atmosferycznej koncentracji ^{14}C obserwowanych w ostatnich 15 tysiącach lat



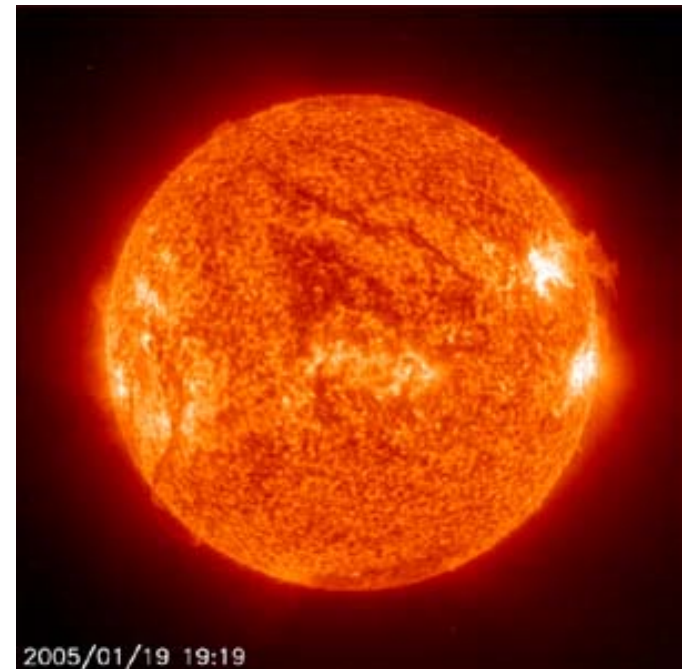


Zmiany atmosferycznej koncentracji radiowęglu w ostatnich 15 tysiącach lat spowodowane wahaniami pola geomagnetycznego

Szybkie wahania atmosferycznej koncentracji radiowęglu na granicach młodszego dryasu i w holocenie są spowodowane innymi przyczynami niż zmiany pola magnetycznego Ziemi.

Wpływ zmiennej aktywności Słońca na krótkookresowe zmiany szybkości produkcji izotopu ^{14}C w holocenie

- Słońce oddziałuje na szybkość produkcji radiowęglą przez modulację strumienia protonów polem magnetycznym
- Amplituda 11-letnich cyklicznych wahań mała i trudna do określenia
- Zmiany koncentracji o okresowości 200 letniej, ich maksima 1300(Wolf), 1500(Sporer) i 1700(Maunder) AD są związane z minimami aktywności Słońca



www.noaanews.noaa.gov/stories2005/s2372.htm

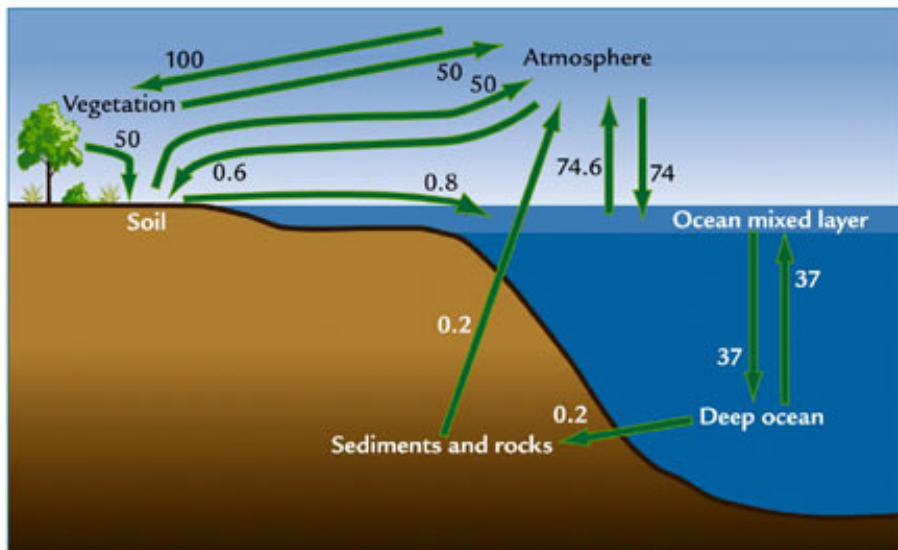
Wpływ zmiennej aktywności Słońca na krótkookresowe zmiany szybkości produkcji izotopu ^{14}C w holocenie

- Związek między 200-letnimi wahaniami koncentracji radiowęglu a zmianami strumienia promieniowania kosmicznego jest potwierdzony badaniami koncentracji izotopu ^{10}Be .



Zmiany w globalnym obiegu węgla jako przyczyna szybkich zmian atmosferycznej koncentracji radiowęgla na przełomie wistulianu i holocenu

Ogólną własnością globalnego obiegu węgla jest, że izotop ^{14}C jest niemal w całości produkowany w atmosferze, podczas gdy zdecydowana większość jego atomów rozpada się w oceanie. Z tego względu koncentracja radiowęgla w atmosferze jest wyższa niż w oceanie i zależy od wielkości rezerwuarów węgla oraz od szybkości wymiany węgla z oceanem. Im słabsza jest wymiana węgla z oceanem, tym wyższa jest koncentracja radiowęgla w atmosferze.

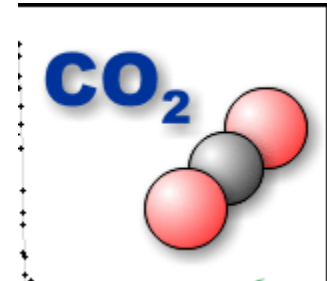


B Carbon exchange rates (gigatons/year)

http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/ctl/images/figure02_32b.jpg

Zmiany koncentracji CO₂ w atmosferze

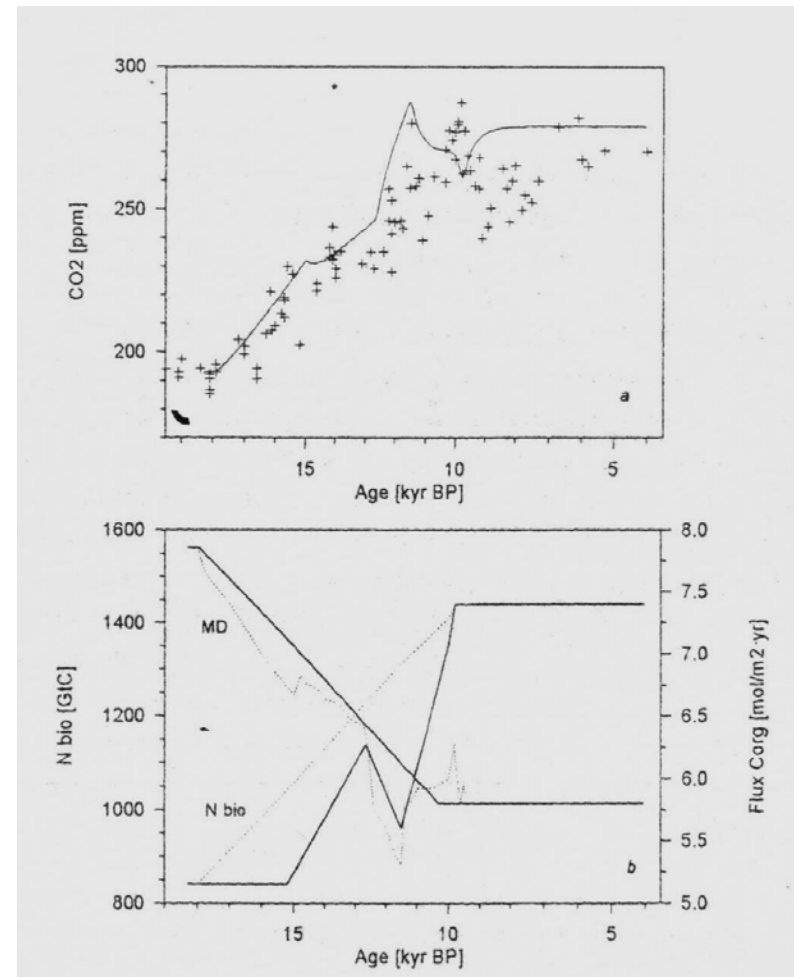
- Ogólnie wzrostowi koncentracji CO₂ o 80ppm towarzyszyło zmniejszenie $\Delta^{14}\text{C}$ o 25-35‰.
- Istotne - jaki udział w obserwowanym wzroście koncentracji CO₂ miały zmiany masy żyjącej biosfery,



Zmiany koncentracji CO₂ w atmosferze

a: Przebieg koncentracji CO₂ w atmosferze na przełomie vistulianu i holocenu zrekonstruowany w badaniach rdzeni lodowych i obliczony modelem BD dla dwóch scenariuszy zmian parametrów modelu,

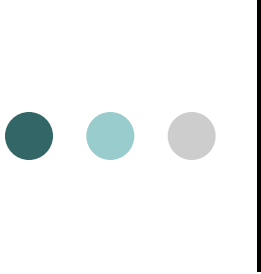
b: Dwa scenariusze zmian parametrów modelu BD (masy biosfery i wydajności "pompy biologicznej") dające wzrost atmosferycznej koncentracji CO₂, pokazany w części a, *linia ciągła* – scenariusz 1, *przerywana* - 2





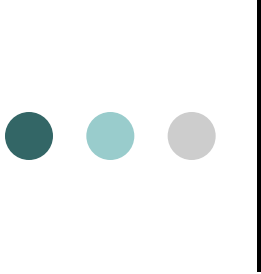
Zmiany szybkości wymiany węgla między rezerwuarami

- niekontrolowaną potencjalną przyczyną zmian atmosferycznej $\Delta^{14}\text{C}$ są wahania strumieni węgla uciekającego i dostarczanego do obiegu, zwłaszcza w przypadku, gdy oba strumienie są zrównoważone.
- wzrost $\Delta^{14}\text{C}$ tak szybki jak na początku młodszego dryasu wymagałby trudnego do wyobrażenia całkowitego zaniku obu strumieni



Zmiany szybkości wentylacji oceanu światowego jako przyczyna wzrostu atmosferycznej koncentracji ^{14}C w młodszym dryasie

- Przyczyną silnych wahań $\Delta^{14}\text{C}$ w młodszym dryasie i na początku holocenu mogły być zmiany tempa wentylacji głębokiego oceanu.
- Obliczenie – model Pandora dla trzech scenariuszy:
 - Pierwszy – zał.: strumień NADW i koncentracja CO_2 – stałe, zmiany szybkości produkcji radiowęglą dobrano tak, aby uzyskać rzeczywisty przebieg.

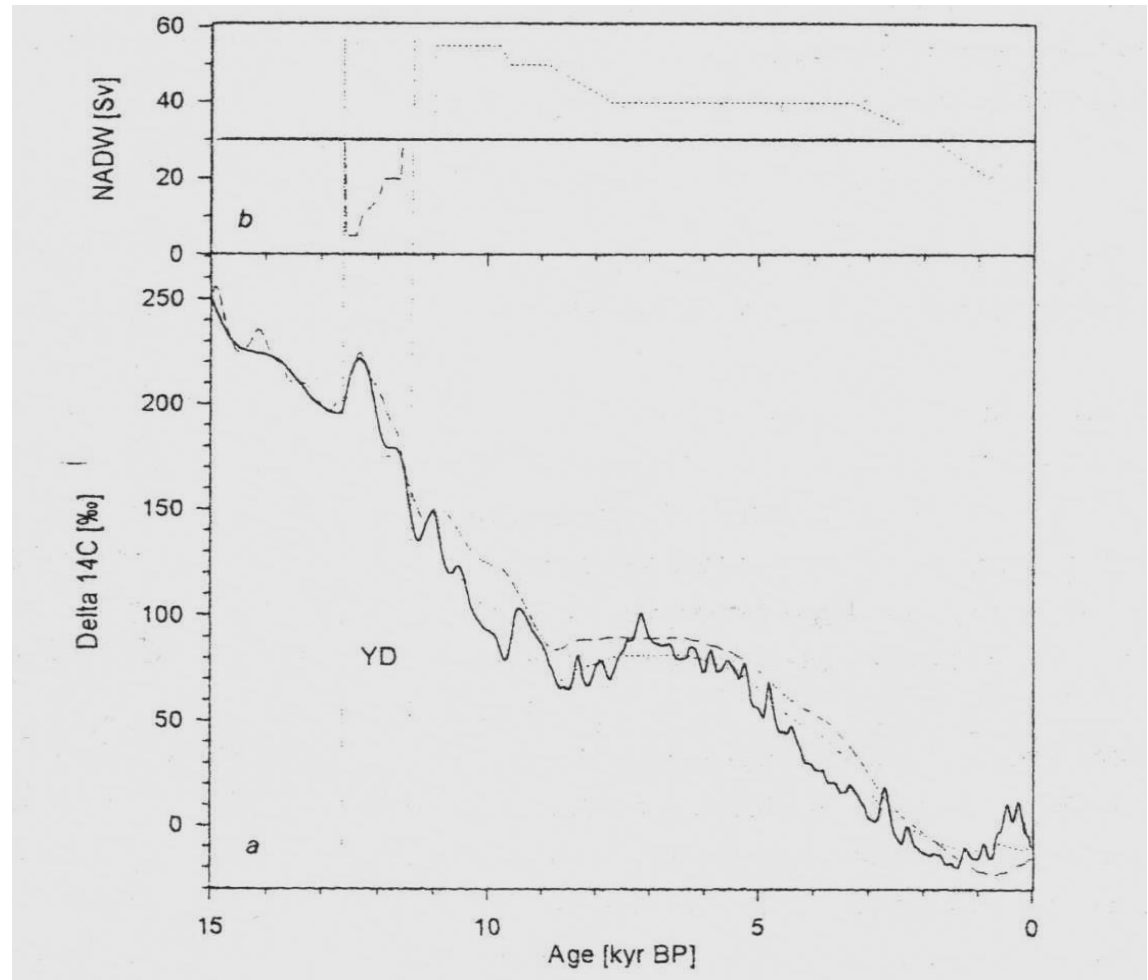


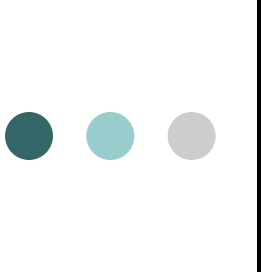
Zmiany szybkości wentylacji oceanu światowego jako przyczyna wzrostu atmosferycznej koncentracji ^{14}C w młodszym dryasie

- Pozostałe dwa: przyjęto zmiany szybkości produkcji i koncentracji CO_2 zgodne z danymi doświadczalnymi, a przybliżone dopasowanie wyników obliczeń do obserwowanego przebiegu ^{14}C uzyskano dobierając odpowiednie zmiany strumienia NADW. W scenariuszu drugim zmiany strumienia NADW ograniczono do młodszego dryasu, a w trzecim dopuszczono możliwość zmian tempa wentylacji w całym okresie 15 tys. lat.

Zmiany szybkości wentylacji oceanu światowego jako przyczyna wzrostu atmosferycznej koncentracji ^{14}C w młodszym dryasie

Porównanie przebiegów ^{14}C oraz zmian czasowych strumienia NADW dla wszystkich trzech scenariuszy. Maksimum $\Delta^{14}\text{C}$ w młodszym dryasie wymaga znaczącego zmniejszenia tempa wentylacji, przy czym szczególnie drastyczne zahamowanie cyrkulacji nastąpiłoby w początkowym okresie młodszego dryasu.





Zmiany szybkości wentylacji oceanu światowego jako przyczyna wzrostu atmosferycznej koncentracji ^{14}C w młodszym dryasie

- Zmiany klimatu opóźnione w stosunku do zmian tempa wentylacji oceanu (kilka do kilkudziesięciu lat).
- Ochłodzenie na początku młodszego dryasu nastąpiło prawie natychmiast po zmniejszeniu cyrkulacji oceanicznej, natomiast ocieplenie (początek holocenu) nastąpiło ok. 200 lat po zapoczątkowaniu spadku koncentracji $\Delta^{14}\text{C}$ w atmosferze.
- Spadek atmosferycznej koncentracji radiowęglu na granicy młodszy dryas/holocen nie jest spowodowany wyłącznie zwiększeniem cyrkulacji oceanicznej.