

RÓŻNORODNOŚĆ BIOSFERY

WBNZ 845

(Biogeografia ekologiczna i ewolucyjna)



WYKŁAD 5

BIOMY MORSKIE 1



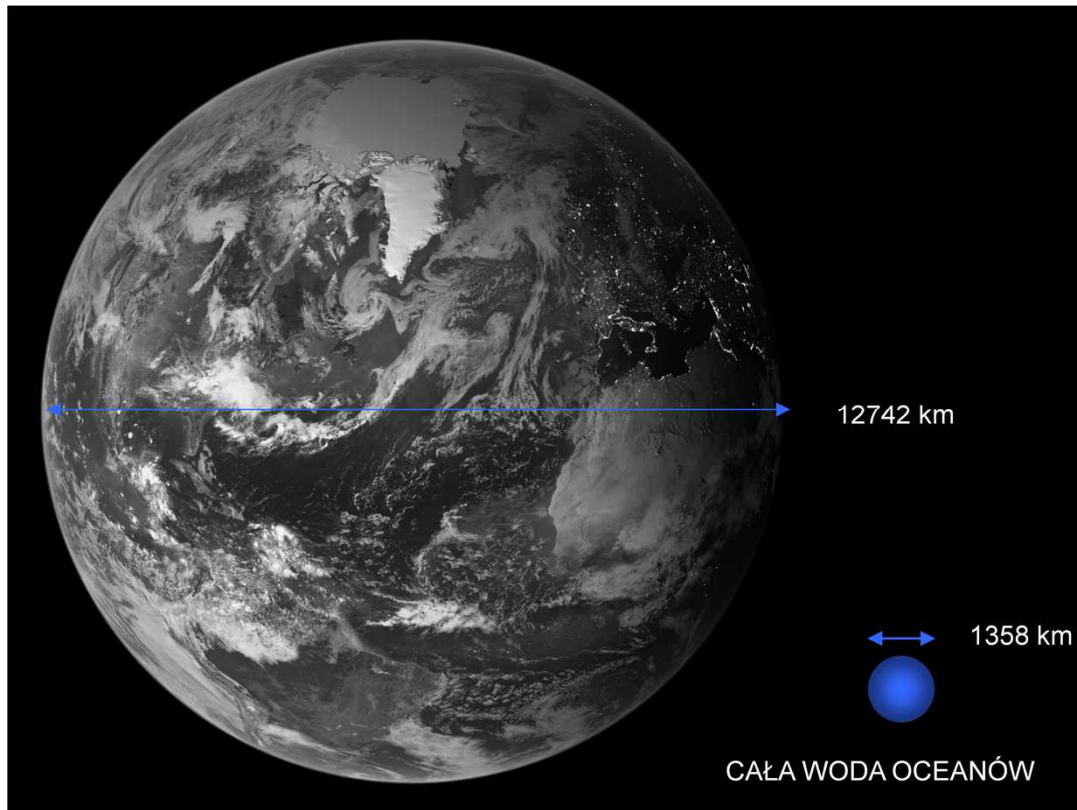
OCEAN



[Morze Karaibskie, Wenezuela]



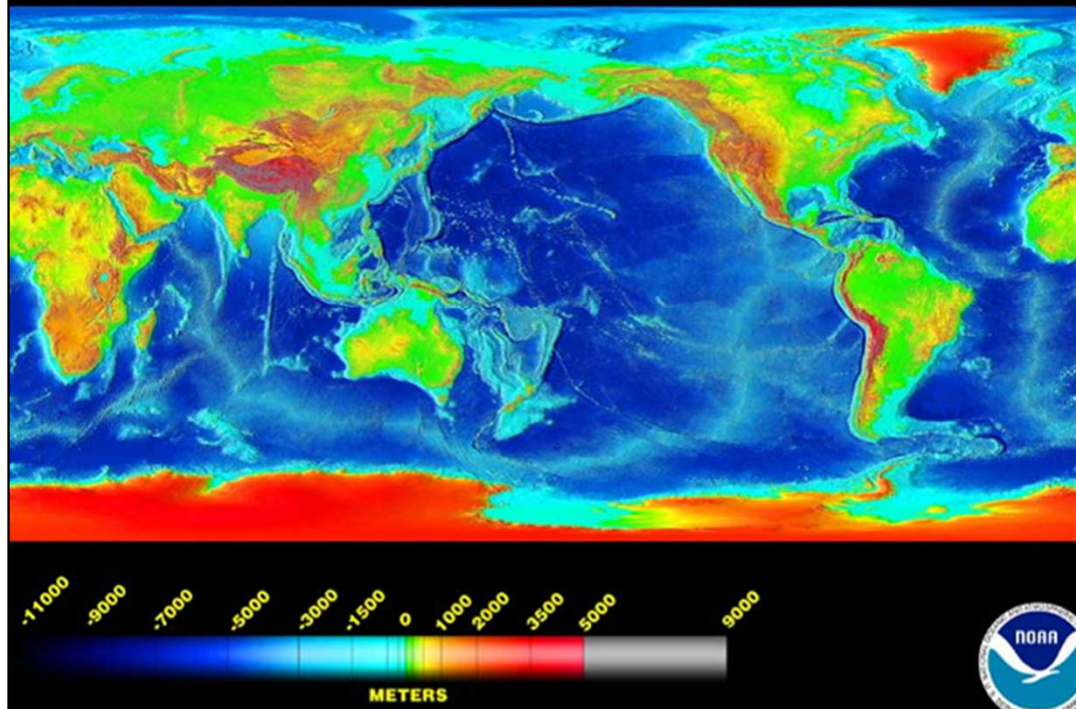
2/3 powierzchni globu pokrywają oceany, wydaje się, że to bardzo dużo wody.



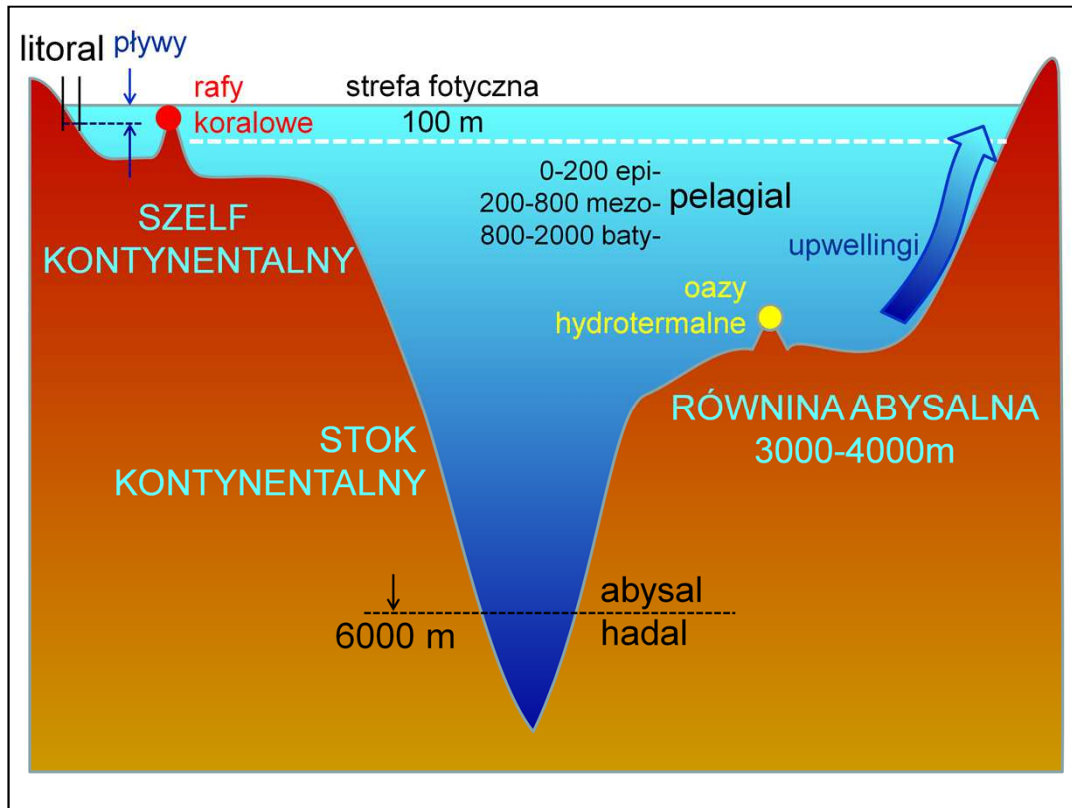
Ale gdyby zlać tę wodę w jedno miejsce, byłaby kulką 10 x mniejsza od globusa (objętość 830 x mniejsza od globu). Warstwa wody w najgłębszym miejscu ma ok. 10 km, tj 600 x mniej od promienia Ziemi. Inaczej mówiąc, na szkolnym globusie o średnicy 13 cm, najgłębszy rów oceaniczny byłby rysą o głębokości 0,2 mm – grubość 2 kartek papieru. A średnia głębokość – ok. 4 km – to zaledwie grubość jednej kartki.

Ukształtowanie oceanu

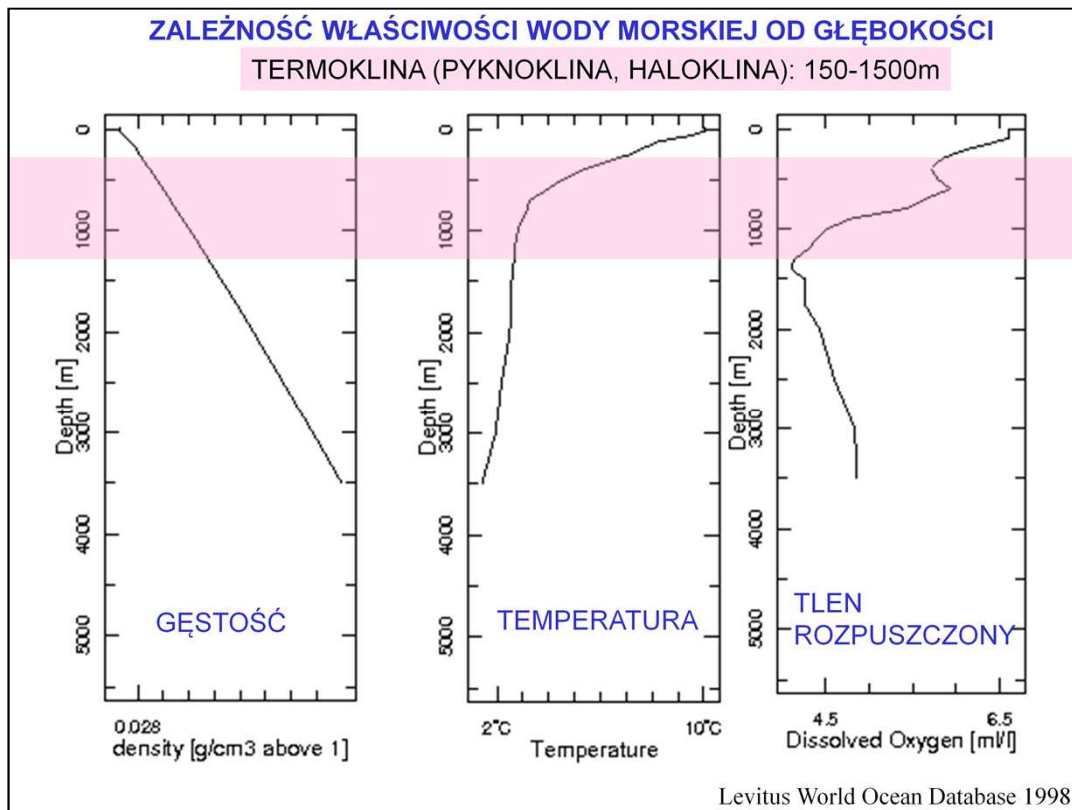
MAPA GŁĘBOKOŚCI OCEANÓW ZASIĘG SZELFÓW KONTYMENTALNYCH



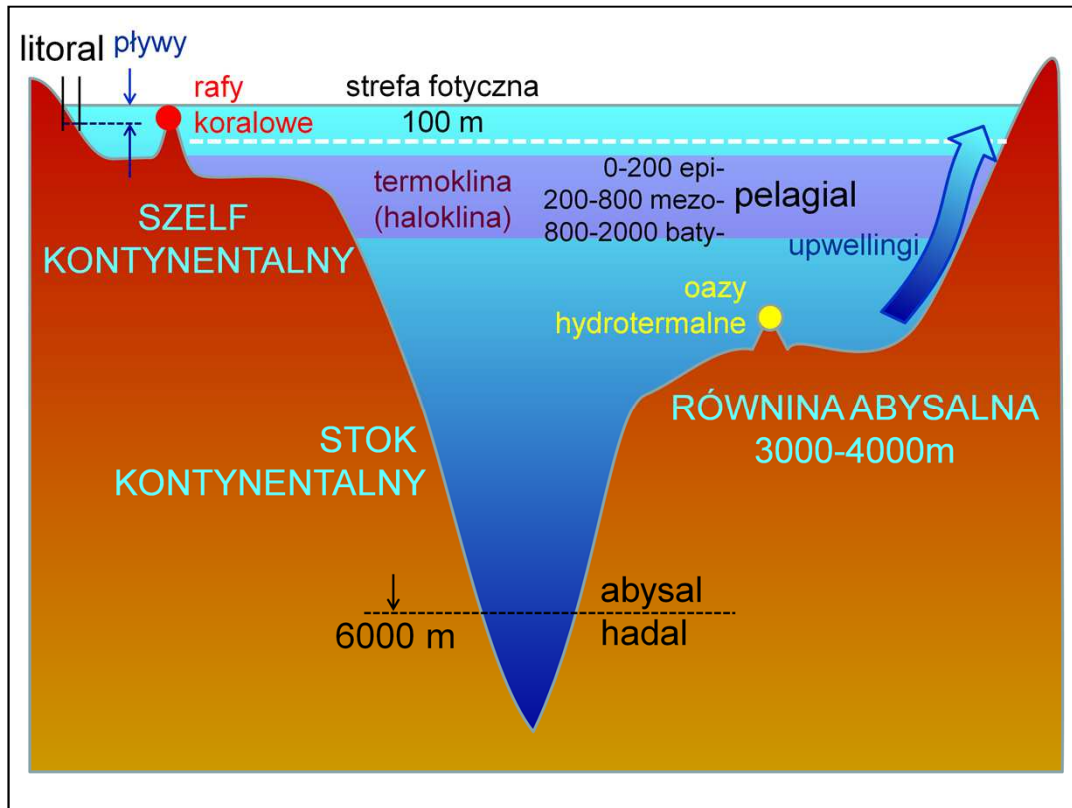
Obszar płytkich mórz szelfowych jest stosunkowo niewielki, rowy i grzbiety oceaniczne też stanowią niewielką część, większość stanowi tzw. równina abysalna – stosunkowo płaskie dno na głębokości 3 – 4 km (średnio 3790 m). – olbrzymi obszar, ok. 94% całkowitej powierzchni oceanów



Na schemacie pionowego przekroju oceanu można wyróżnić najważniejsze biomy: pelagial otwartego oceanu, płytkowodne obszary szelfów kontynentalnych (a na nich – w gorącym klimacie – rafy koralowe), przybrzeżne strefy prądów wstępujących, i oazy hydrotermalne na głębokości równiny abysalnej.

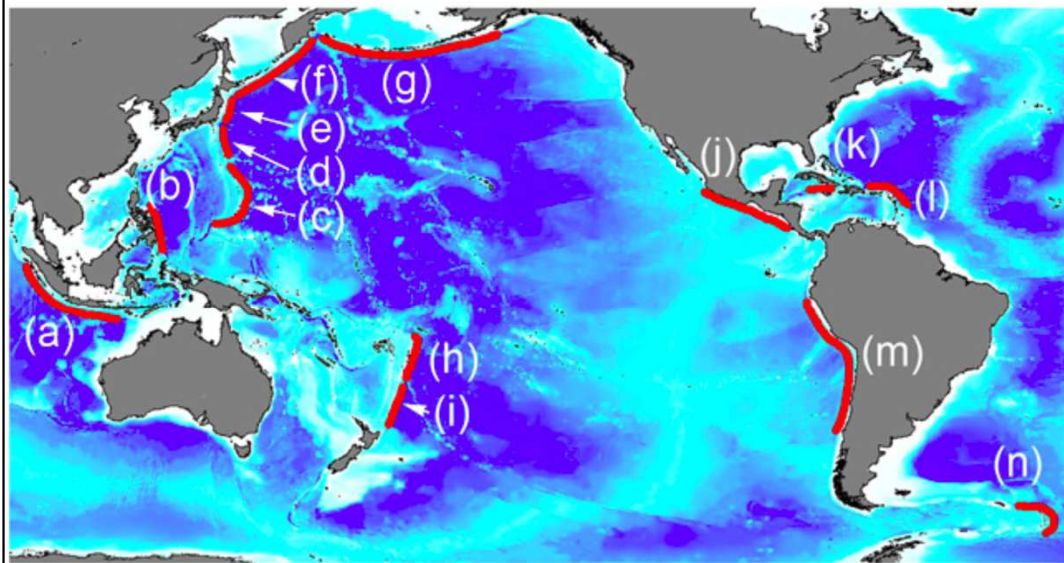


Wraz z głębokością zmieniają się warunki życia w oceanie. Na głębokości kilkudziesięciu – kilkuset metrów następuje dość szybki spadek temperatury, spadek stężenie rozpuszczonego w wodzie tlenu, zmiana gęstości wody morskiej – roztworu soli. Zakres głębokości, w który, przebiegają te zmiany nazywany jest termokliną, pyknokliną lub halokliną – w zależności od tego, o którym parametrze jest mowa. W rejonach tropikalnych pyknoklina położona jest płycej i jest bardziej stabilna, oraz bardziej nieprzenikalna.



Warstwa termo-(halo-)kliny stanowi barierę, utrudniającą mieszanie wód powierzchniowych i głębinowych.

ROWY GŁĘBINOWE



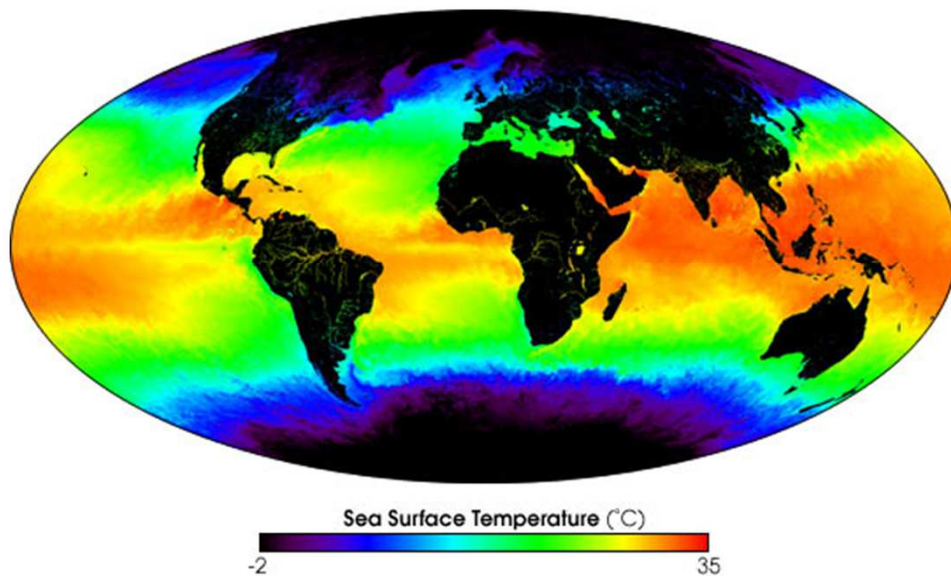
(strefy subdukcji)

TRENDS in Ecology & Evolution

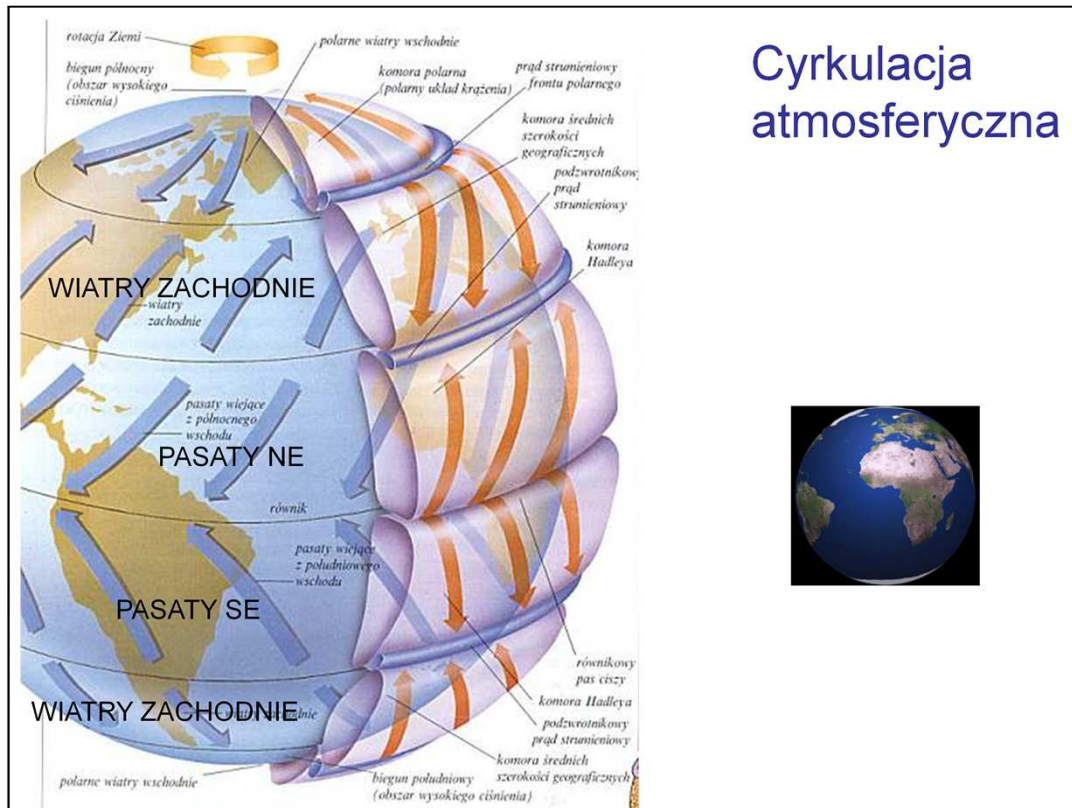
Najgłębsze miejsca w oceanie - rowy głębinowe, sięgające 10 km - są tam, gdzie następuje subdukcja tektonicznych płyt oceanicznych.

KLIMAT, WIATRY, PRĄDY MORSKIE

STREFOWOŚĆ TEMPERATUR NA POWIERZCHNI OCEANÓW

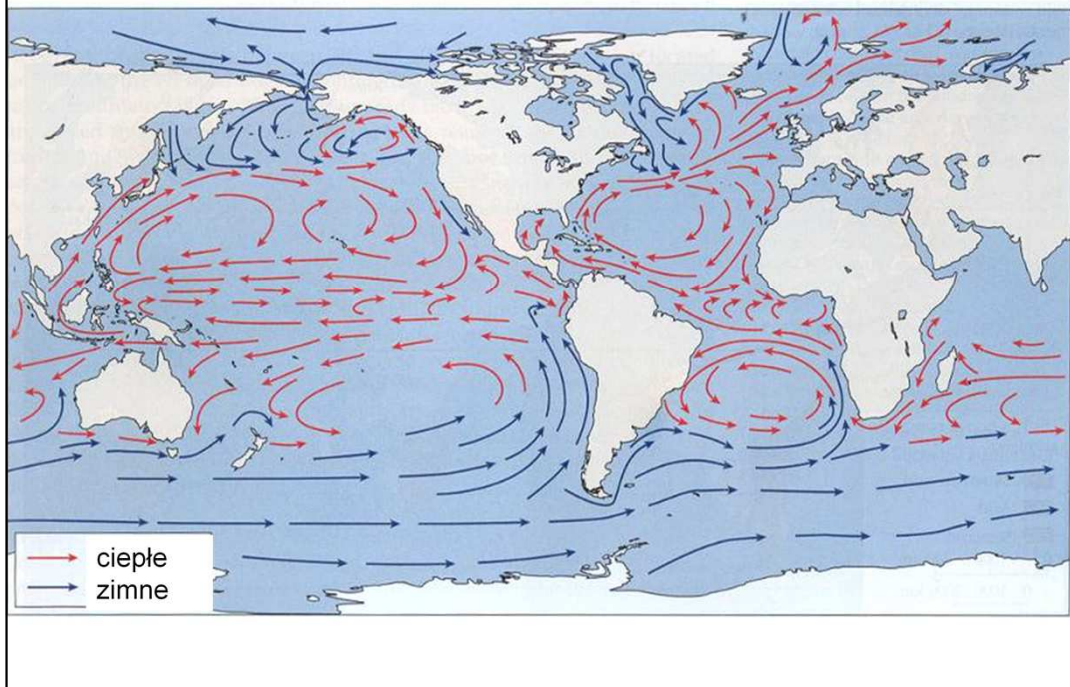


Temperatura powierzchni oceanów układa się strefowo, z maksimum wokół równika, ale symetria nie jest doskonała (zauważ chłodniejsze wody w strefie równikowej u zach. wybrzeża Ameryki Południowej i jezior ciepłego prądu od Antyli w kierunku Europy).

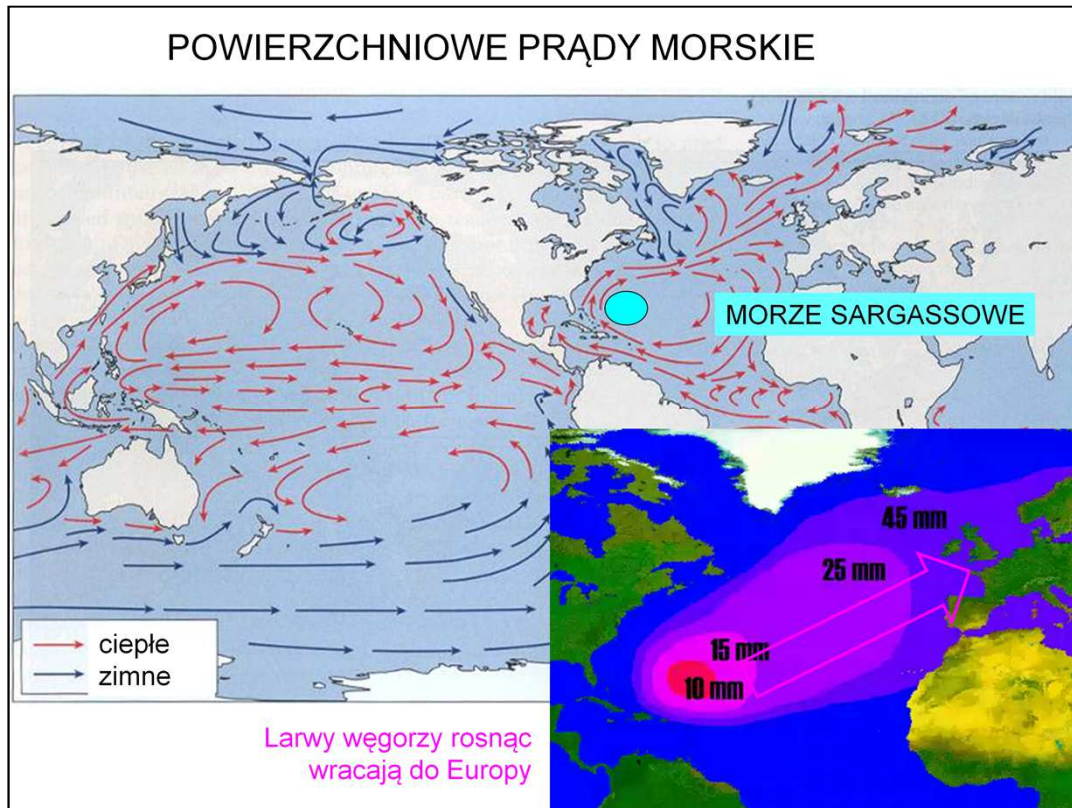


Dla przypomnienia: warunki fizyczne determinują wzorec cyrkulacji atmosferycznej, z prądami wznoszącymi i wysokimi opadami nad równikiem, opadającym suchym powietrzem w strefie zwrotnikowej, wiatrami wiejącymi od zwrotników ku biegunom z odchyleniem ku wschodowi (wiatry zachodnie - antypasaty), i od zwrotników ku równikowi, z odchyleniem ku zachodowi (pasaty).

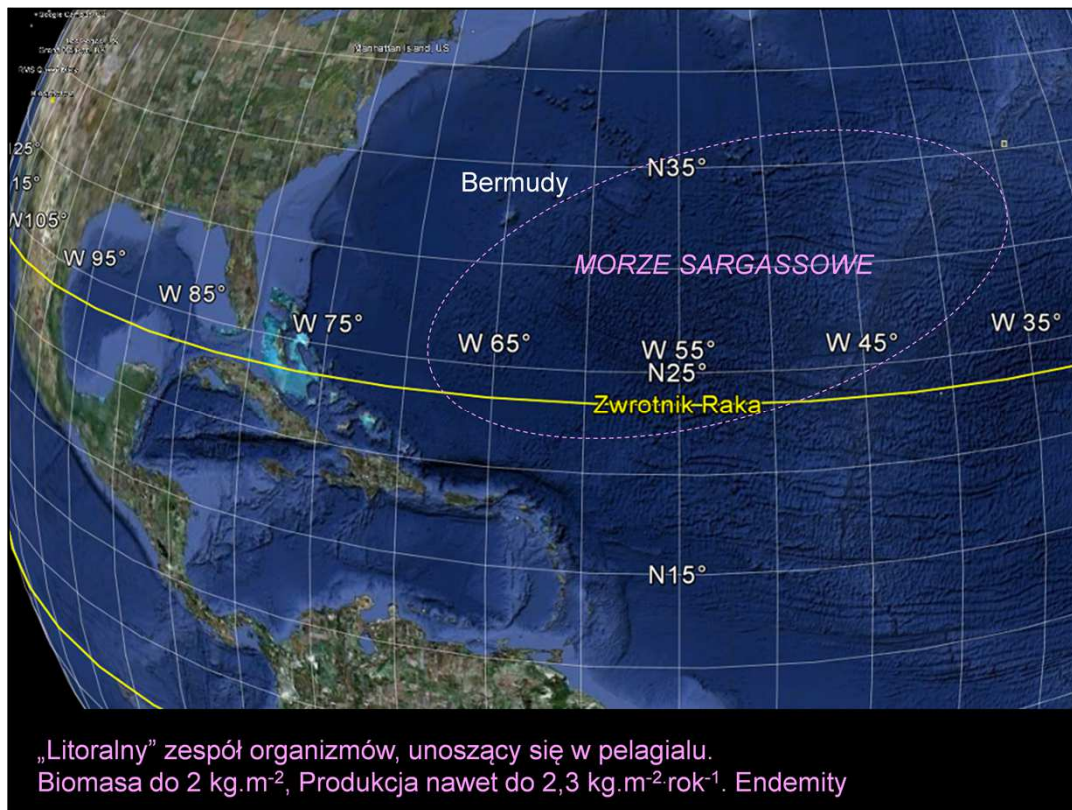
POWIERZCHNIOWE PRĄDY MORSKIE



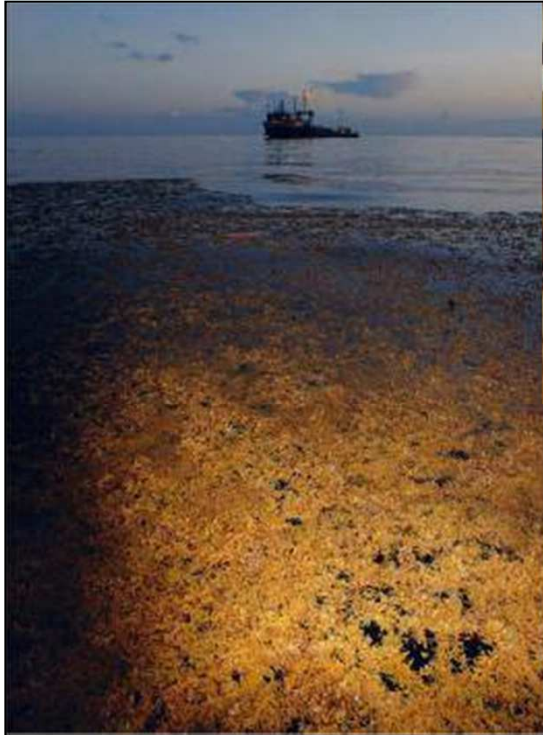
Kierunki wiatrów wspomagane przez efekt Coriolisa determinują kierunek powierzchniowych prądów morskich. W strefie między równikiem a zwrotnikiem Raka, na Atlantyku i na Pacyfiku prądy morskie układają się w wir obracający się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, zatem przenoszą ciepło od równika ku północy wzdłuż wschodnich wybrzeży kontynentów, i chłodną wodę z północy na południe wzdłuż zachodnich wybrzeży.



Obszar Oceanu Atlantyckiego na wschód od Antyli nosi nazwę Morza Sargassowego, od występującego tam masowo gromorostu *Sargassum* (z gromady brunatnic). Tworzy on gęste ławice, w których żyje specyficzna fauna. Wody Morza Sargassowego są poza tym jałowe, dzięki temu przezroczyste, a przez to wydają się ciemne. Morze Sargassowe jest miejscem tarła węgorzy, które tu przyplývają w tym celu z rzek Europy. Larwy węgorzy wędrują z powrotem do Europy, rosnąc po drodze (mapa na wcięciu pokazuje wielkość larw węgorzy).



Zespół organizmów żyjący w glonach sargassowych przypomina te, które żyją przy brzegu (w litoralu). Jest wiele sargassowych endemitów. Biomasa i produkcja pierwotna są stosunkowo wysokie. Jest to wyjątkowy przypadek wysoce produktywnego ekosystemu na otwartym, głębokim oceanie.



MORZE SARGASSOWE



Sargassum sp

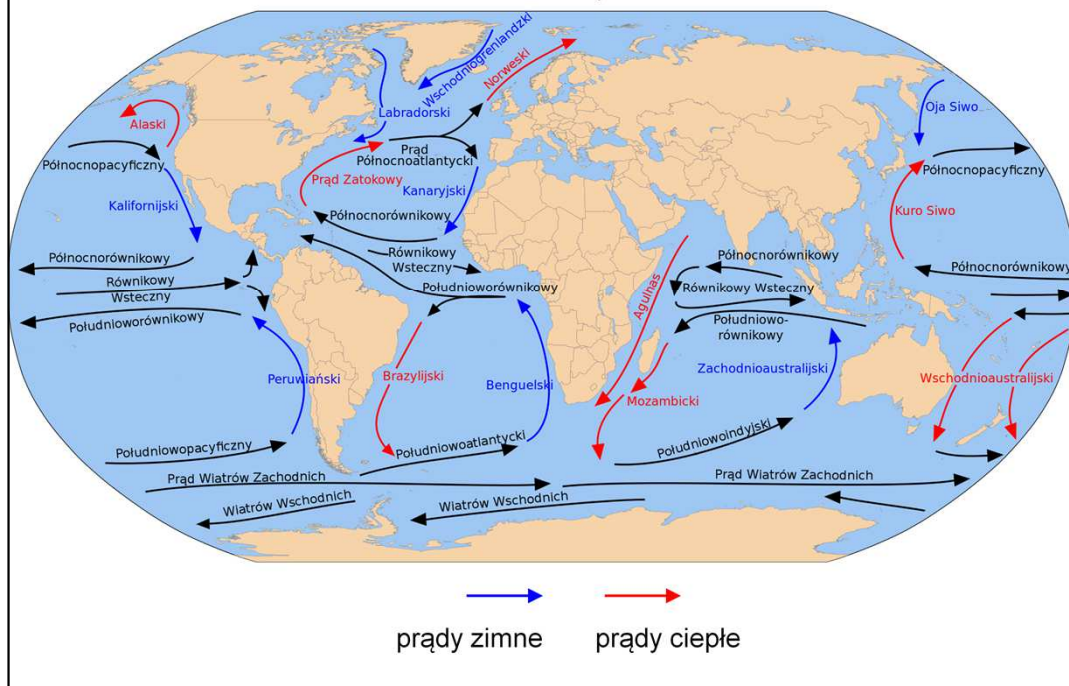


Histrio histrio

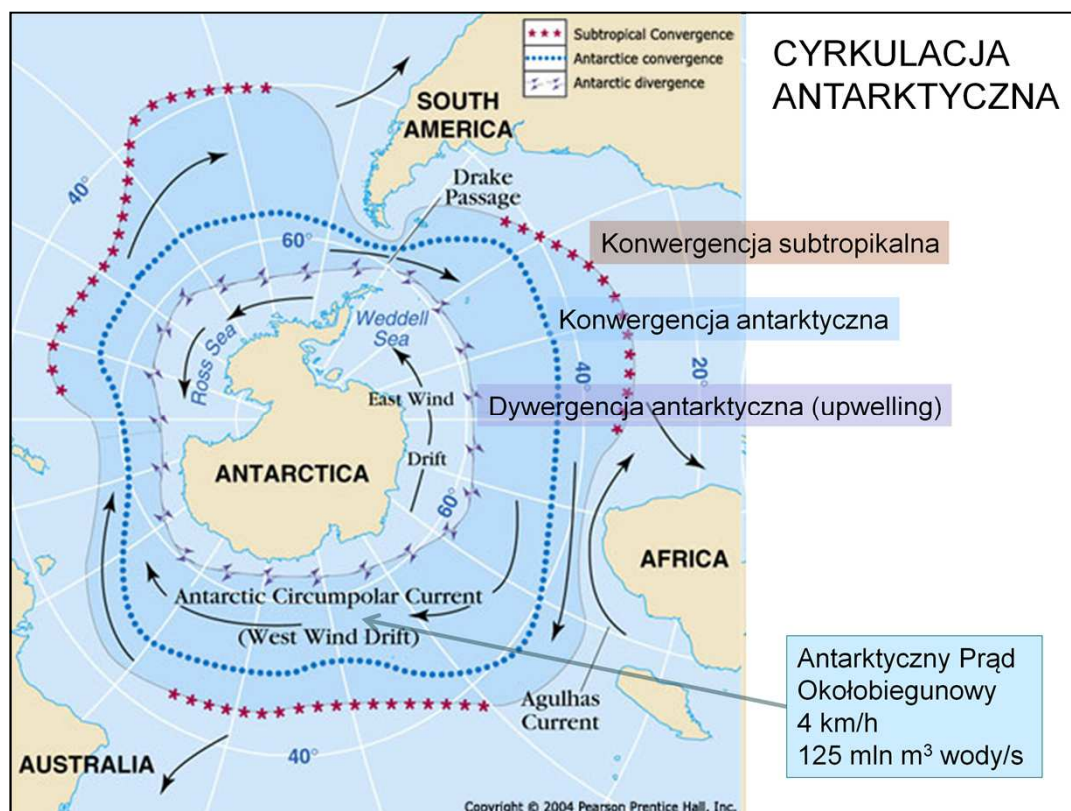


Sargassum anglerfish *Histrio histrio*

GLOBALNY SCHEMAT POWIERZCHNIOWYCH PRĄDÓW MORSKICH

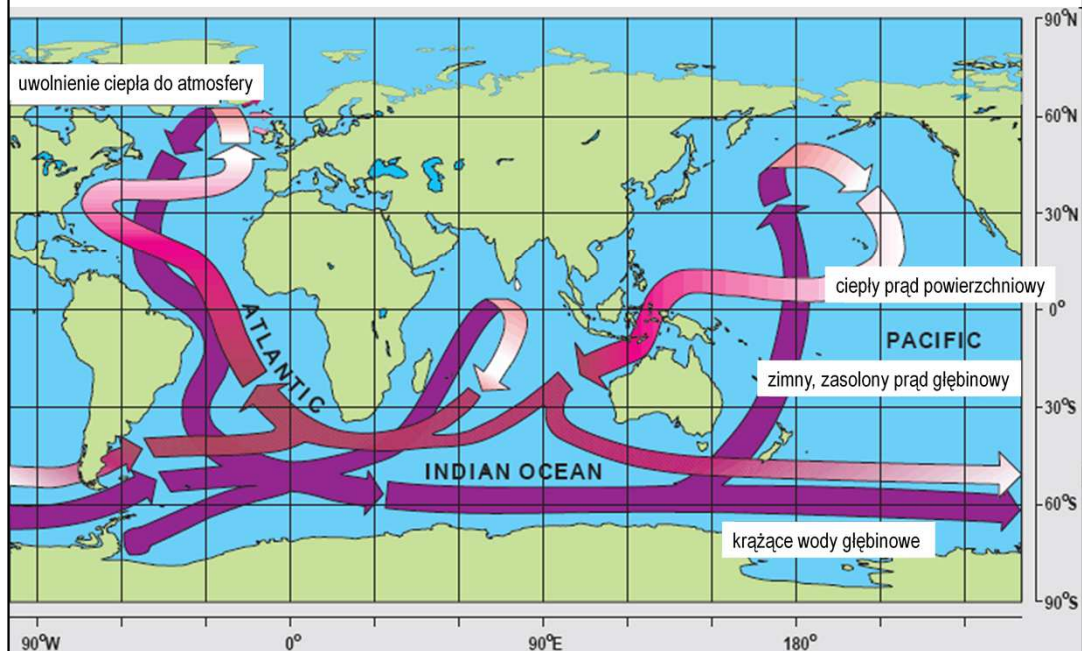


Wiry oceaniczne (ocean gyres) – stała cyrkulacja o okresie rzędu 19-20 lat. Poszczególne części tych wirów mają nazwy własne – np. Prąd Zatokowy (Golfstrom), Prąd Humboldta (albo Peruwiański), Prąd Benguela czy Prąd Kalifornijski.



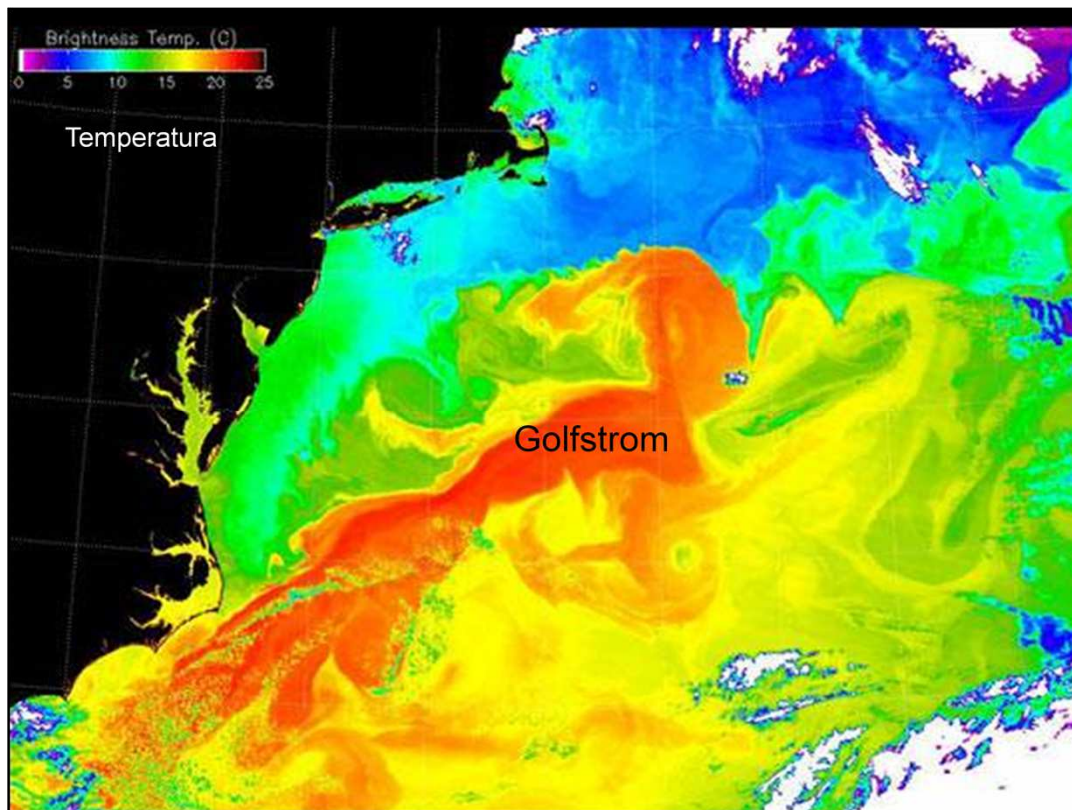
Ciekawa sytuacja utworzyła się wokół Antarktydy, gdzie kontynenty nie przerywają ciągłości obiegu wód dookoła Ziemi. Dzięki temu Antarktyczny Prąd Okołobiegunowy (inna nazwa: Dryf Wiatrów Zachodnich) może okrążyć Ziemię ciągłym nurtem, płynąc z zachodu na wschód z szybkością ok. 4 km/h. Jest to największy prąd oceaniczny świata, niesie 125 mln m³ wody na sekundę, odcinając przy tym kontynent Antarktydy od ciepłych prądów z północy, przez to stabilizując zimny klimat. Blisko kontynentu Antarktydy kierunek prądów (Dryf wiatrów Wschodnich) jest odwrotny (ze wschodu na zachód – por. z cyrkulacją atmosferyczną). Efekt Coriolisa na południowej półkuli powoduje, że wody Dryfu Wiatrów Wschodnich kierują się w lewo, w kierunku do kontynentu, a wody Prądu Antarktycznego ku północy. Na granicy dwóch prądów powierzchniowe wody rozbiegają się w przeciwnych kierunkach (dywergencja antarktyczna), a na ich miejsce wznoszą się wody głębinowe (upwelling) bogate w pierwiastki odżywcze. W rejonie konwergencji antarktycznej kierunek ruchu wód powierzchniowych jest zbieżny, następuje downwelling (zagłębienie) zimnych i gęściejszych wód antarktycznych, a cieplejsze i żyźniejsze głębinowe wody z północy wypchnięte zostają ku powierzchni, co użycia warstwę fotyczną oceanu.

CYRKULACJA TERMOHALINOWA („PAS TRANSMISYJNY”)



System prądów powierzchniowych wraz z systemem prądów głębinowych tworzy w oceanie światowym zintegrowany układ, transportujący ogromne masy wody, a wraz z nią rozpuszczonych soli, gazów i pochłoniętego ciepła. Jest to gigantyczny „pas transmisyjny” (*conveyor belt*). Kierunki pionowe wyznaczają warunki termohalinowe: wody bardziej zasolone i chłodniejsze mają większą gęstość i mają tendencję do zagłębiania się, zasilając prądy głębinowe.

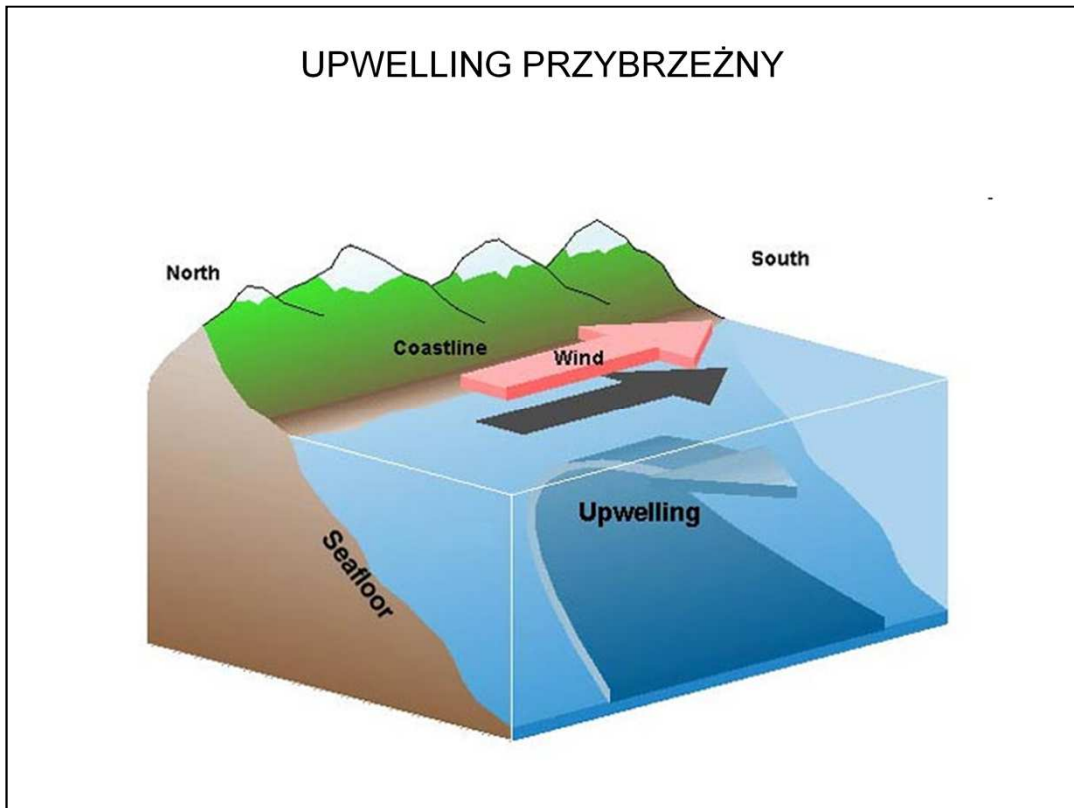
Przenoszenie ciepła przez pas transmisyjny silnie wpływa na klimat, np. ocieplając klimat Europy.



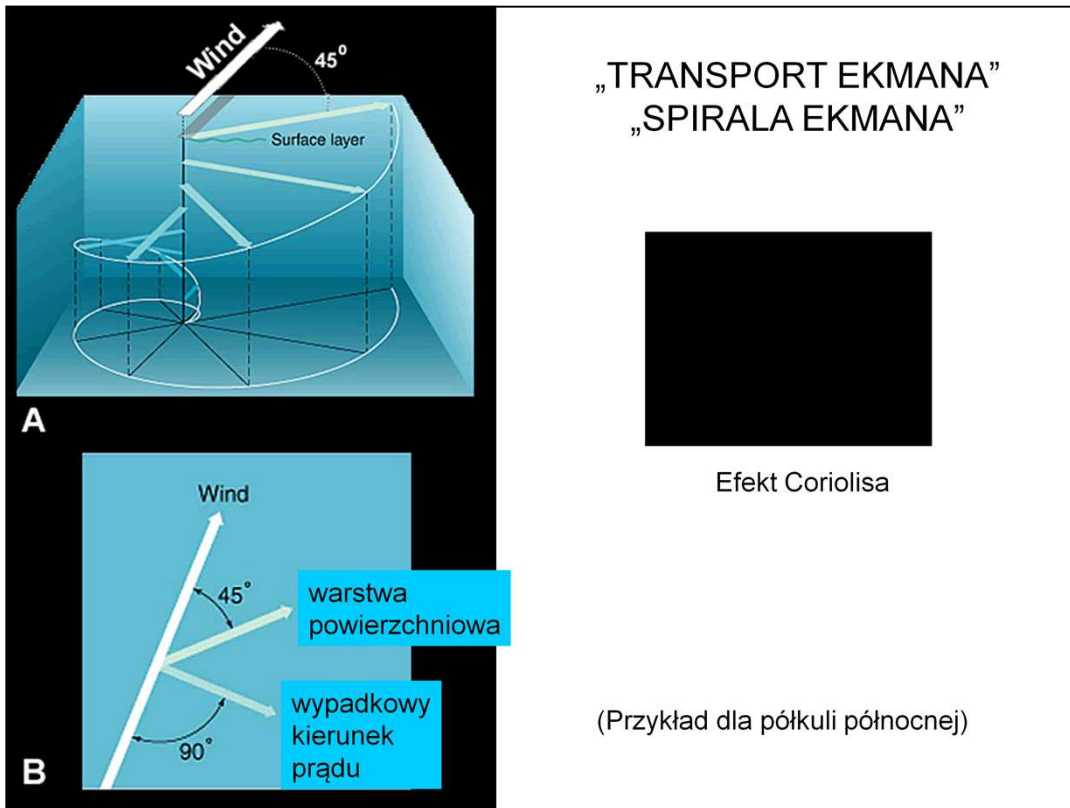
Ciepły prąd powierzchniowy (część wiru północnego Atlantyku) nosi nazwę Prądu Zatokowego (Golfstrom). Ładunek ciepła niesionego przez ten prąd z tropikalnych wód Karaibów ku zachodnim wybrzeżom Europy dobrze ilustruje obraz satelitarny, którego barwy oddają temperaturę powierzchni oceanu.

Upwellingi

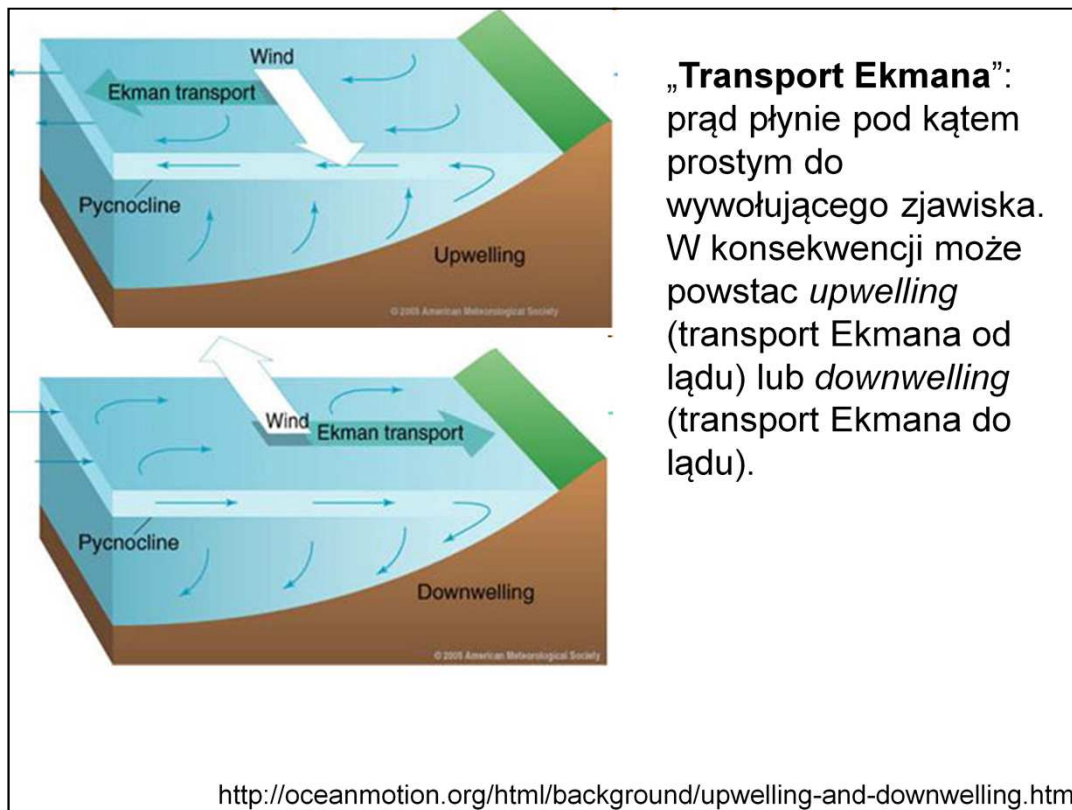
UPWELLING PRZYBRZEŻNY



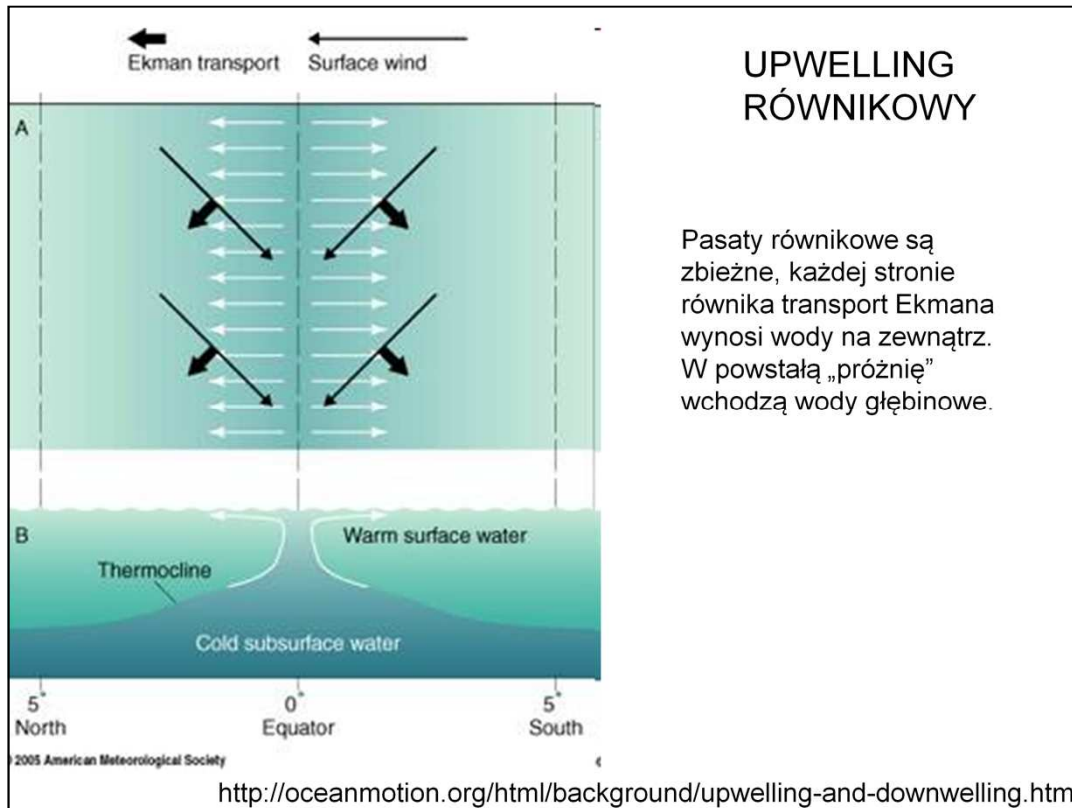
Ogromne znaczenie dla kształtowania warunków życia w oceanie mają prądy wstępujące (upwellingi) wynoszące żyzne wody z ciemnych głębin ku warstwie powierzchniowej (eufotycznej), gdzie mogą zasilić produkcję pierwotną. Prądy wznoszące pojawiają się tam, gdzie na powierzchni dochodzi do dywergencji (rozbiegania się wód powierzchniowych w przeciwnych kierunkach, na skutek działania wiatru i efektu Coriolisa) i także w pobliżu stoków kontynentalnych, gdzie wiejące wiatry odpychają wody powierzchniowe od lądu, a na ich miejsce podchodzą wody głębinowe. Aby nastąpił taki efekt wiatr może wiać wzdłuż wybrzeża, odchylenia spowodowane efektem Coriolisa spowodują, iż kierunek powierzchniowego prądu będzie do linii brzegowej prostopadły.



Zjawisko to nosi nazwę „transportu Ekmana” albo „Spirali Ekmana” i polega na tym, że wskutek działania efektu Coriolisa, kierunek prądu powierzchniowego wody jest odchylony od kierunku wiatru, ponieważ jest wolniejszy (na półkuli północnej w prawo, na południowej w lewo). Powierzchniowa warstwa wody pociąga za sobą warstwę nieco głębszą, ale ta również porusza się wolniej, i jest jeszcze bardziej odchylona od kierunku wiatru. Na głębokości 100-150 m kierunek przepływu wody jest dokładnie odwrotny niż na powierzchni, ale natężenie prądu jest znacznie mniejsze. Wypadkowy kierunek przepływu wody (transport Ekmana) okazuje się prostopadły do kierunku wiatru, na półkuli północnej odchylony w prawo (jak na tym schemacie), na południowej – w lewo.



W zależności od kierunku wiatru wiejącego wzdłuż wybrzeża, transport Ekmana może być skierowany od lądu (wówczas występuje upwelling), lub do lądu, powodując downwelling. Konkretnie kierunki zależą od tego na której półkuli ma to miejsce [zgadnij, do której półkuli pasuje ten schemat?]

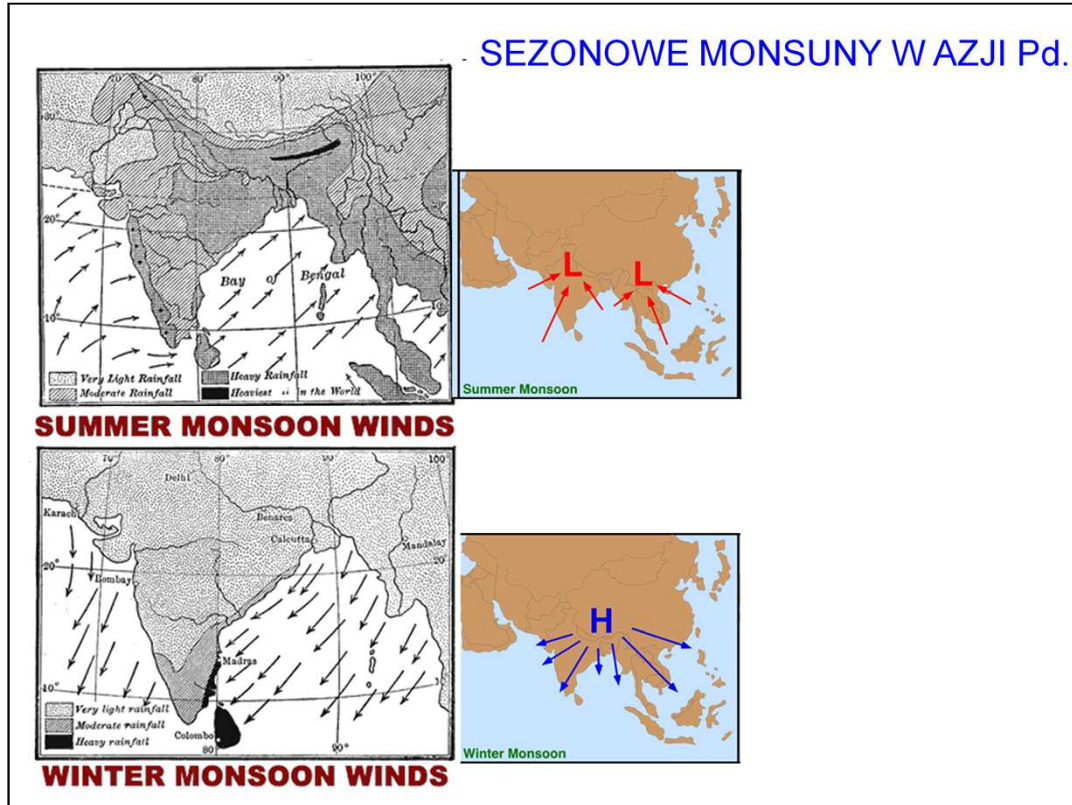


UPWELLING RÓWNIKOWY

Pasaty równikowe są zbieżne, każdej stronie równika transport Ekmana wynosi wody na zewnątrz. W powstałą „próżnię” wchodzi woda głębinowa.

Wzdłuż równika również występuje upwelling, wskutek konwergencji wiatrów (pasatów), które nad równikiem pod kątem zbiegają się więcej w kierunku pd- i pn-zachodnim. Efekt Coriolisa powoduje transport Ekmana, skierowując wody powierzchniowe w rozbieżnych kierunkach (dywergencja równikowa) i lokalny upwelling. Dalej na północ i na południe ma miejsce zjawisko odwrotne – dwie równoległe strefy konwergencji tropikalnych (downwelling).

SEZONOWE MONSUNY W AZJI Pd.



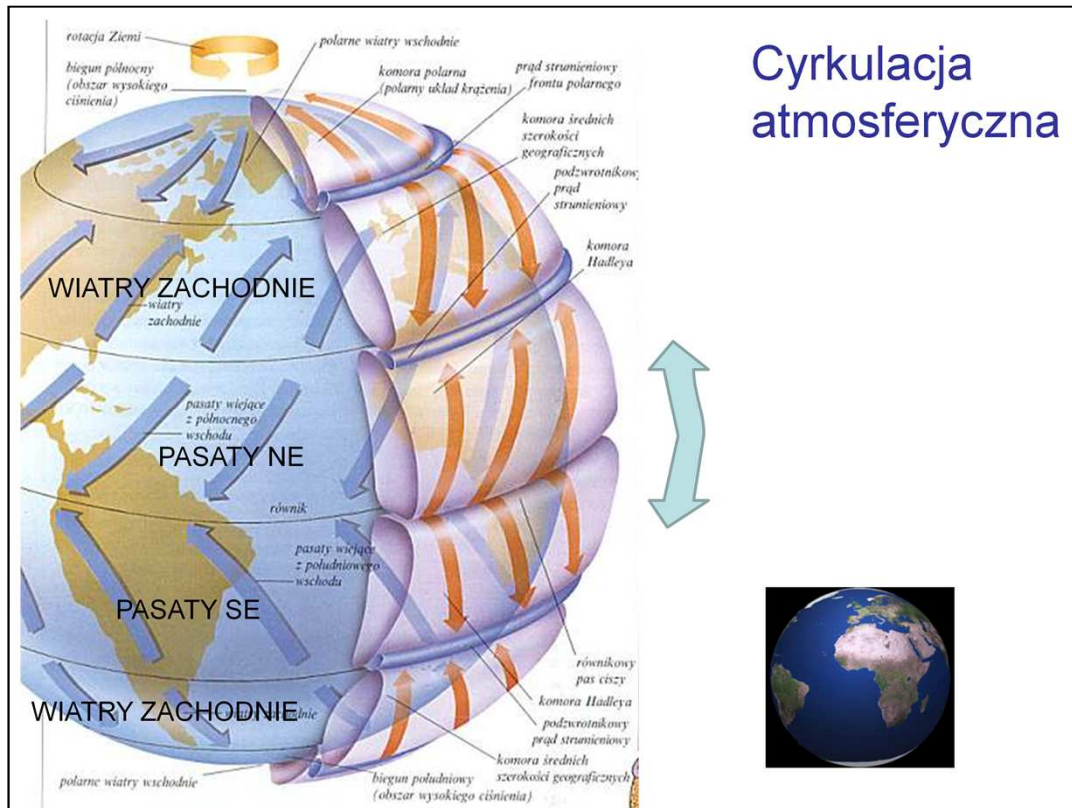
W rejonie Oceanu Indyjskiego występują sezonowe wiatry – monsuny – wiejące do lądu (latem) i od lądu (zimą). Jest to wynik niejednakowego tempa oddawania ciepła przez ląd i ocean, ląd nagrzewa się latem znacznie szybciej niż ocean, rozgrzane powietrze unosi się i na jego miejsce dopływa powietrze znad oceanu (monsun letni). Zimą odwrotnie. Podobne zjawisko występuje również w innych miejscach na Ziemi, czasem na tamte wiatry również rozszerza się nazwę „monsun”, a ekosystemy lądowe, zależne od sezonowo zmiennych opadów, nazywa się „monsunowymi” (np. „lasz monsunowe”).



GHATY ZACHODNIE (INDIE) W SUCHEJ I DESZCZOWEJ PORZE ROKU

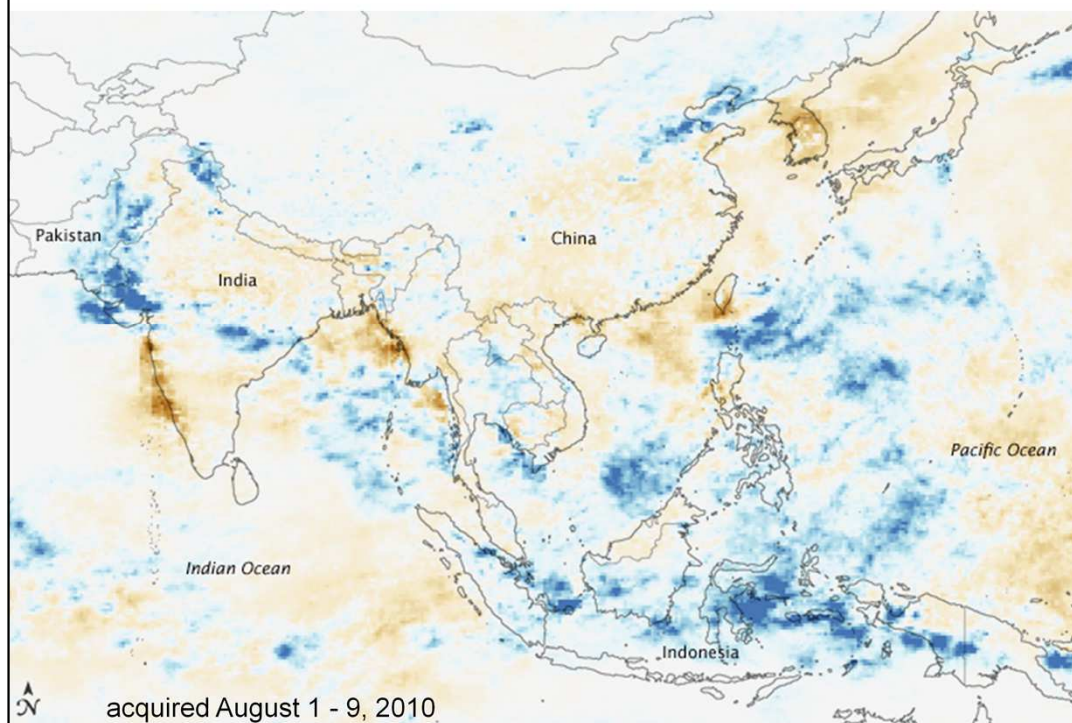


By Arne Hückelheim - Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23415406>



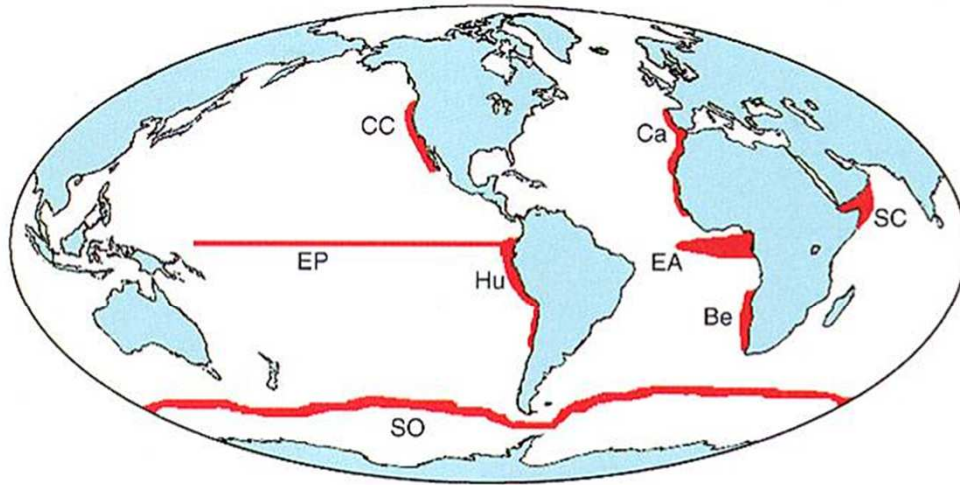
Dla przypomnienia: warunki fizyczne determinują wzorec cyrkulacji atmosferycznej, z prądami wznoszącymi i wysokimi opadami nad równikiem, opadającym suchym powietrzem w strefie zwrotnikowej, wiatrami wiejącymi od zwrotników ku biegunom z odchyleniem ku wschodowi (wiatry zachodnie - antypasaty), i od zwrotników ku równikowi, z odchyleniem ku zachodowi (pasaty).

NADZWYCZAJNIE INTENSYWNE DESZCZE MONSUNOWE LATEM 2010



Powietrze napływające z oceanu jest nasycone parą wodną. Kiedy ogrzeje się nad lądem i uniesie, wskutek rozprężenia następuje kondensacja pary wodnej i silne opady, charakterystyczne dla klimatu monsunowego. Na tym obrazie satelitarnym niebieskim kolorem zaznaczono katastrofalnie silne opady (o 24 mm/d większe od średniej wieloletniej), które latem 2010 nawiedziły Pakistan i inne rejony Azji, powodując powodzie i zsuwy.

GLÓWNE STREFY UPWELLINGÓW



Be – Benguela

Ca – Kanaryjski

CC – Prąd Kalifornijski

EA – Atlantycki Równikowy

EP – Pacyficzny Równikowy

Hu – Prąd Humboldta

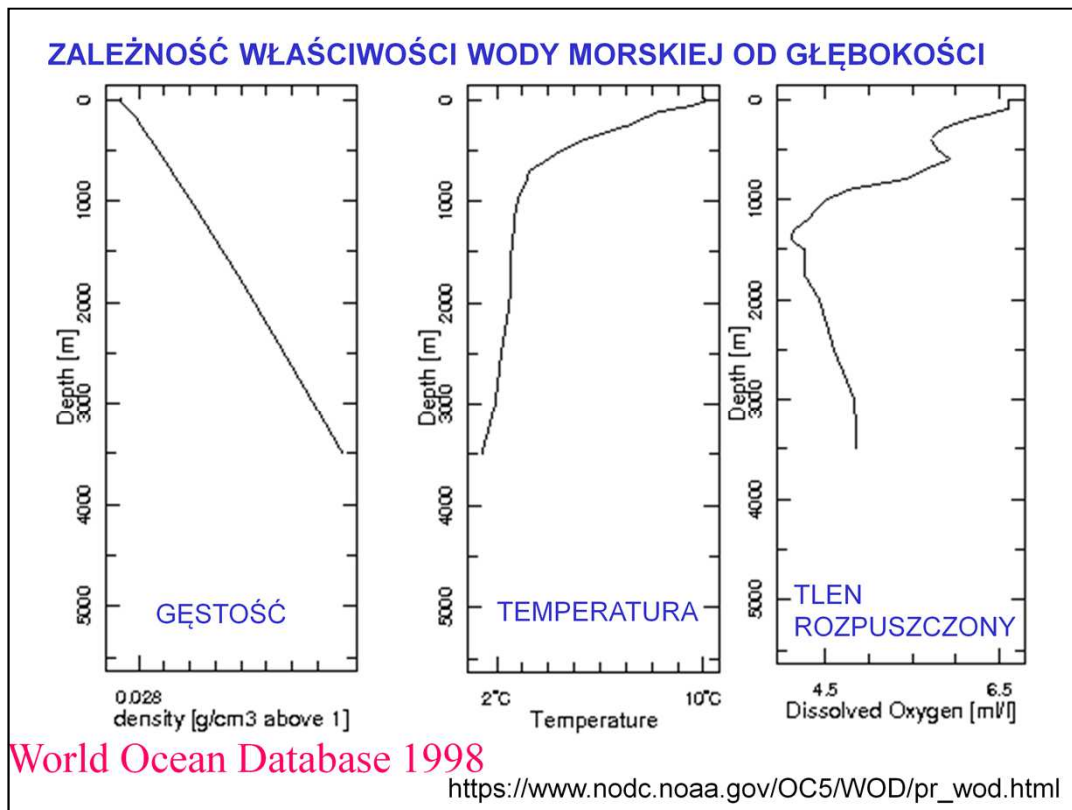
SC – Prąd Somalijski

SO – Ocean południowy

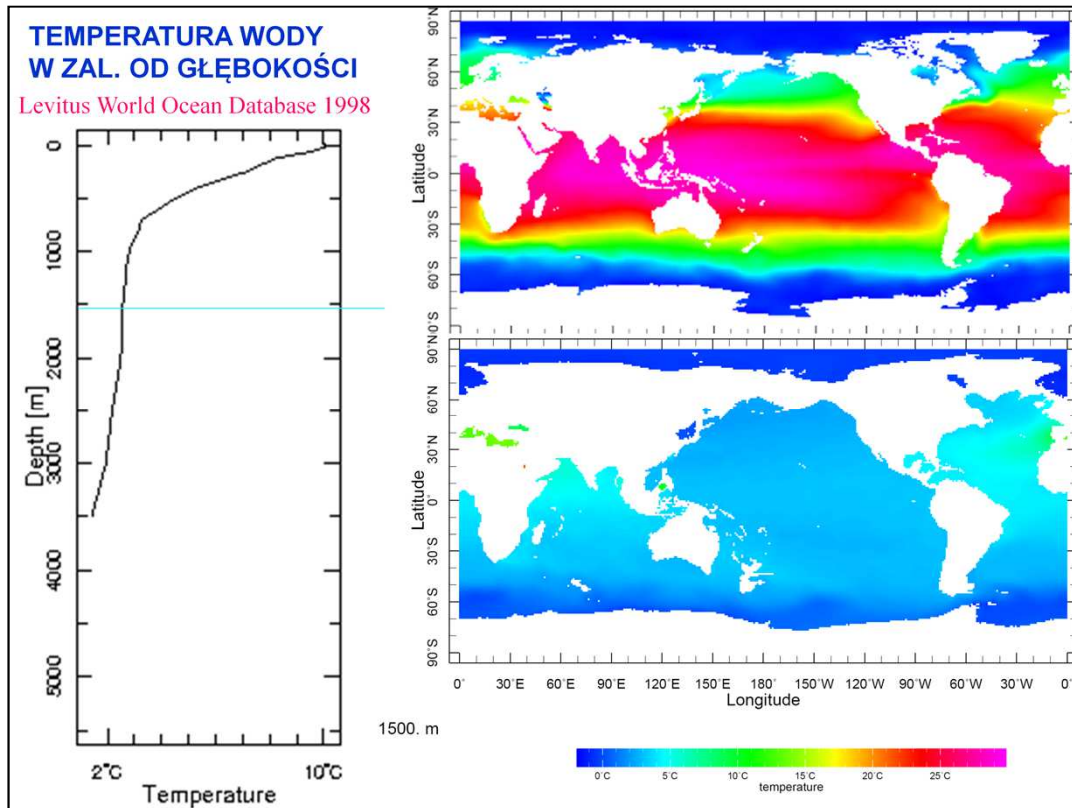
Anderson & Lucas 2009

W oceanie światowym jest obecnie kilka stref intensywnych upwellingów (stałych, albo sezonowo zmiennych), które wyznaczają miejsca o wysokiej produktywności pierwotnej, a tym samym determinują charakter lokalnych biomów.

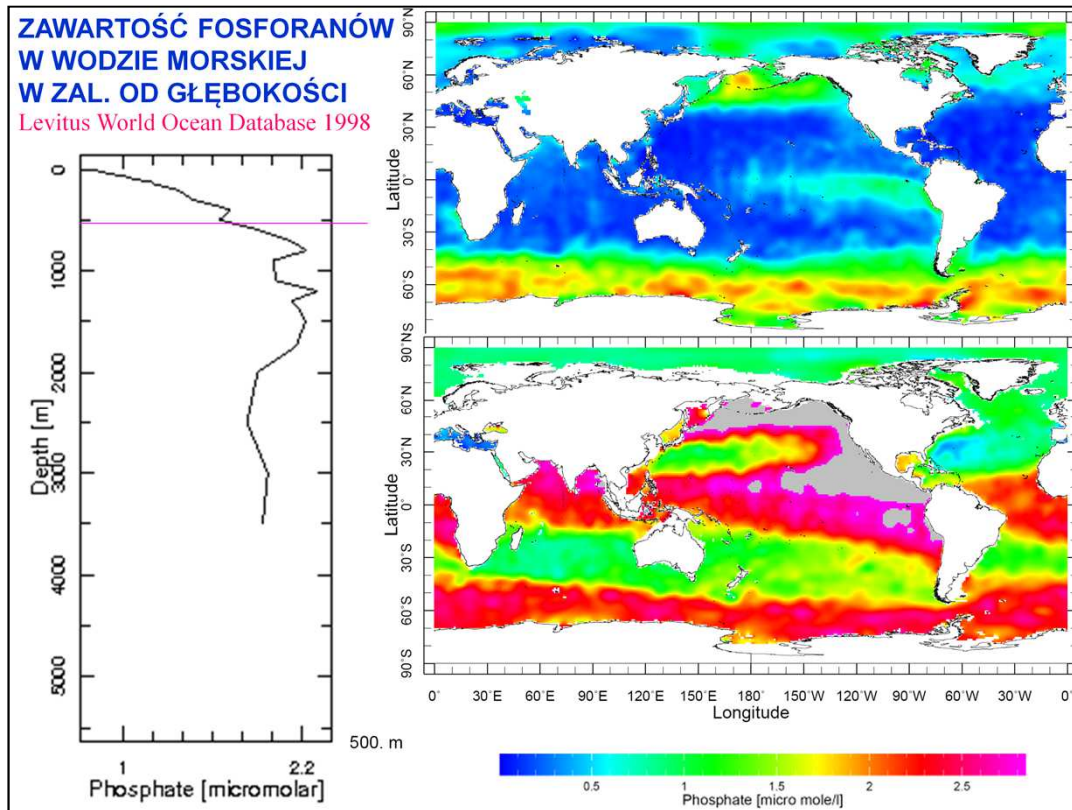
**ZNACZENIE UPWELLINGÓW:
ŻYZNOŚĆ WÓD OCEANÓW**



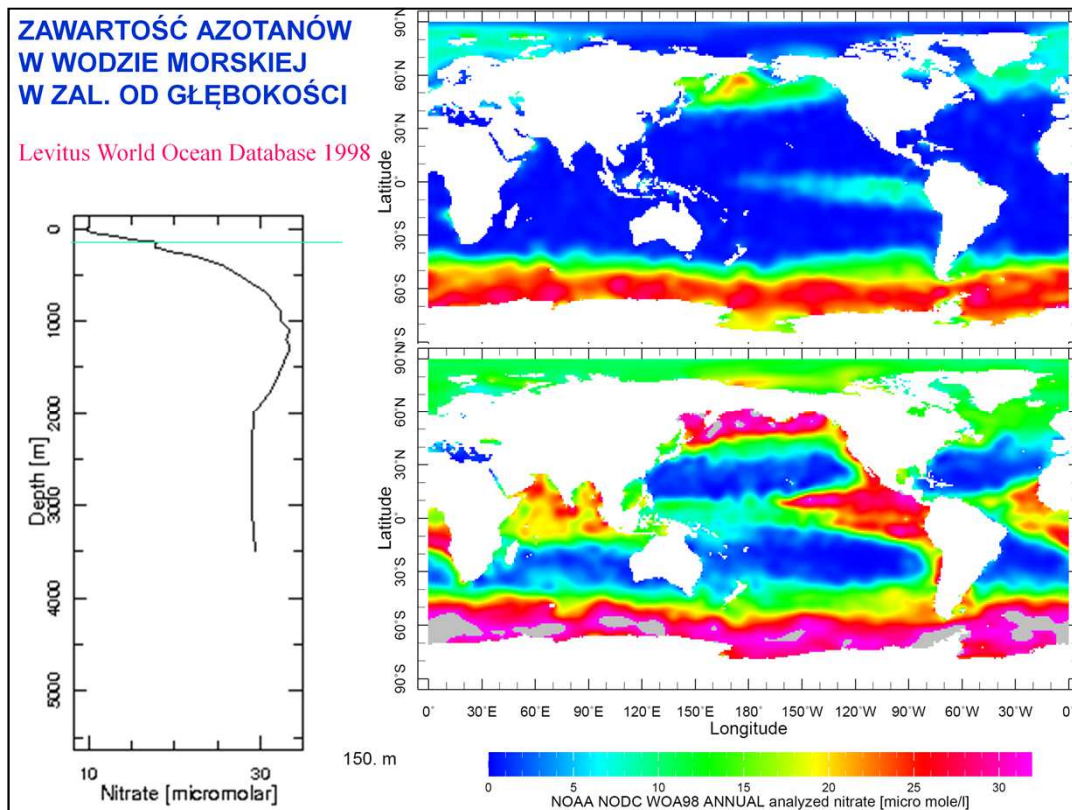
Portal „World Ocean Database” (w wolnym dostępie przez internet) umożliwia uzyskanie bieżących informacji na temat rozkładu temperatur, gęstości i stężenia związków rozpuszczonych w dowolnym miejscu w oceanie światowym.



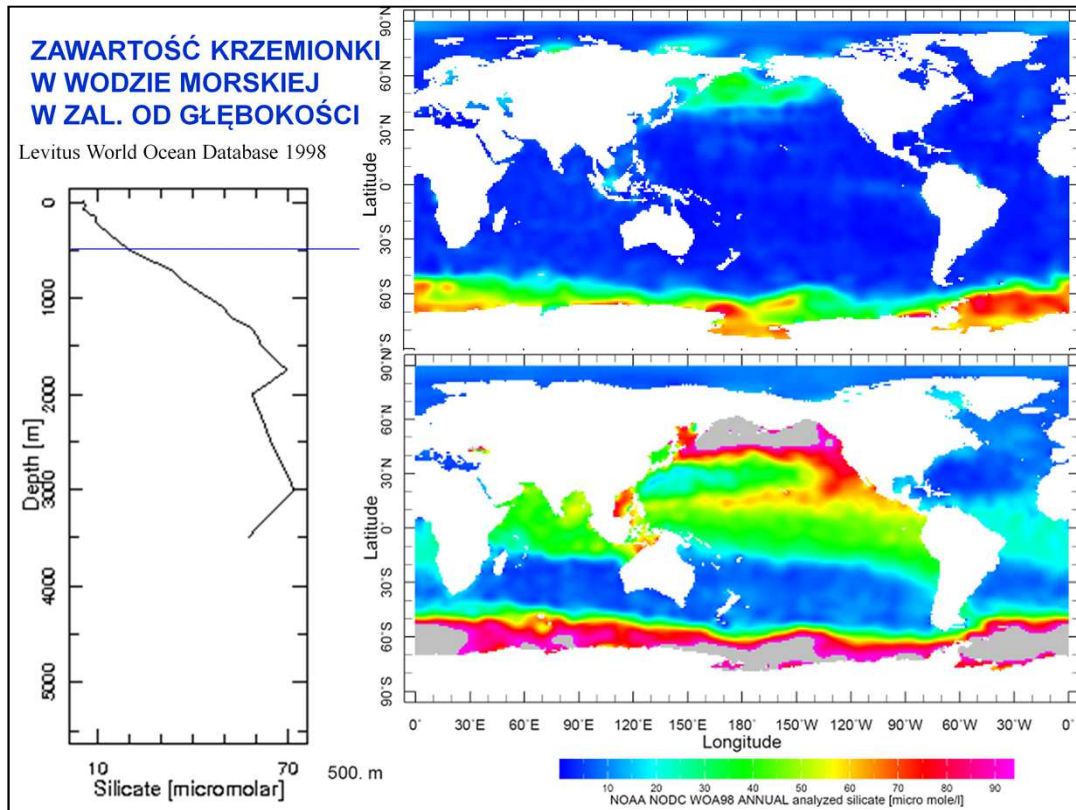
Ten sam portal pozwala wygenerować mapy dla dowolnego parametru, na dowolnej głębokości. Tu: temperatura wody (średnia roczna) na powierzchni i na gł. 1500 m. Widać strefowość temperatury wód powierzchniowych i ich jednolitą temperaturę ok. 4 stopni w całym oceanie na głębokości 1500 m



Zawartość fosforanów (średnia roczna) w wodach powierzchniowych i na głęb. 500 m; na powierzchni niższe wody występują tylko w rejonie upwellingów antarktycznych.



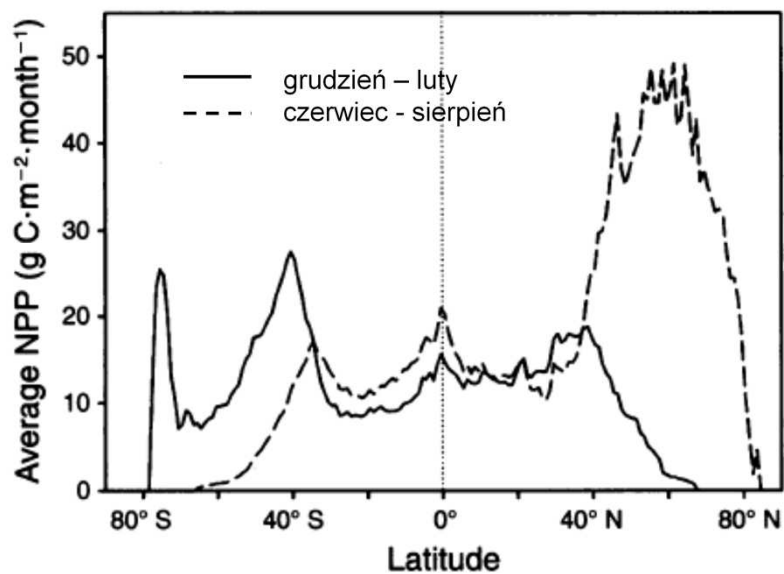
Zawartość azotanów (średnia roczna) przy powierzchni i na głębokości 150 m. Podobnie jak fosforany, azotany występują w większych stężeniach przy powierzchni tylko w rejonie upwellingów, ale sytuacja jest odmienna już na głębokości 150 m



To samo z krzemionką, niezbędną dla planktonu okrzemkowego.

PRODUKCJA PIERWOTNA
OCEANÓW

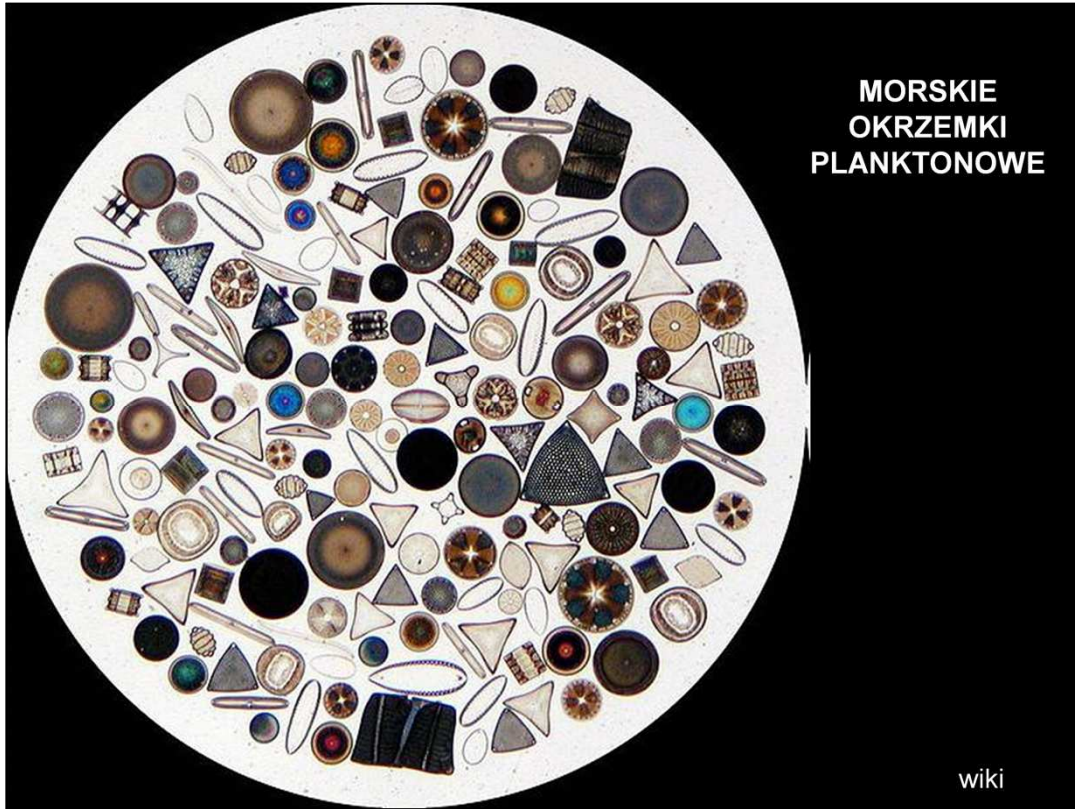
SEZONOWE ZMIANY PRODUKTYWNOŚCI OCEANÓW W GRADIENTCIE SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ



Huston & Wolverton 2009

Strategia producenta w oceanie

Zakwity (*algal blooms*)



Jedyną możliwą strategią producenta w otwartym oceanie, jest strategia swobodnie unoszącego się w wodzie planktonu, jednokomórkowych (czasem kolonijnych) glonów i bakterii (sinic). Jedną z najliczniejszych grup (zarówno pod względem biomasy, produkcji jak gatunkowej różnorodności) są okrzemki



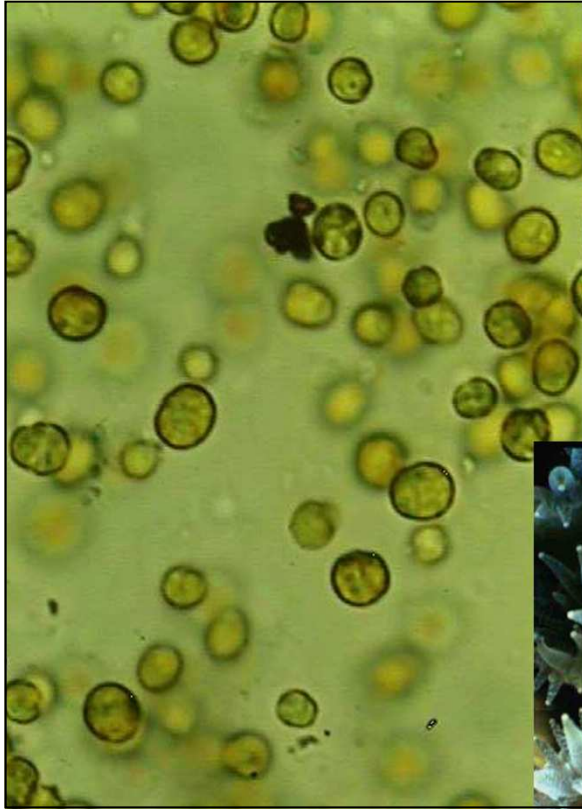
Okrzemki często występują w agregatach złożonych z wielu osobników.



PLANKTONOWE BRUZDNICE Dinoflagellata



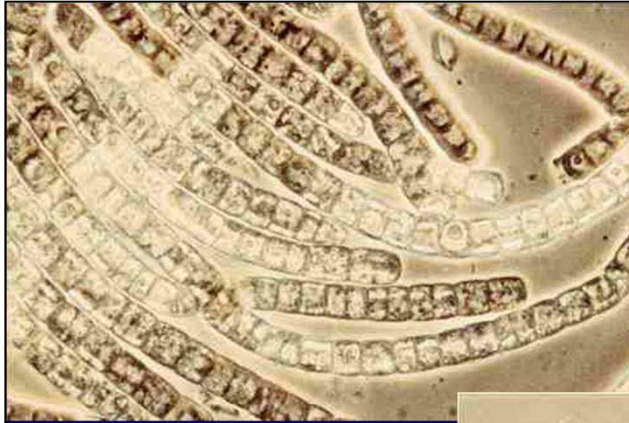
Druga co do znaczenia grupą są planktonowe bruzdnice (Dinoflagellata).



Zooxantellae
(Dinoflagellata)
symbiotyczne
z Coelenterata
(np. koralowcami)



Ten sam takson, a mianowicie należące do bruzdnic zooksantelle, stanowią kluczowy element rozwoju raf koralowych, gdzie realizują większość produkcji pierwotnej, będąc symbiontami koralowców.

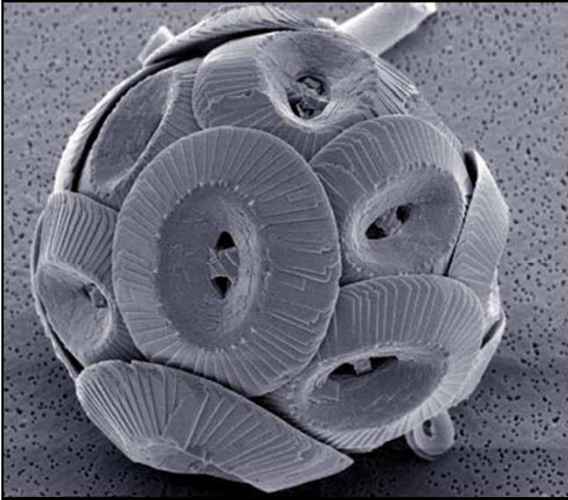


Trichodesmium sp.
Wolnożyjąca
sinica morska
wiążąca azot

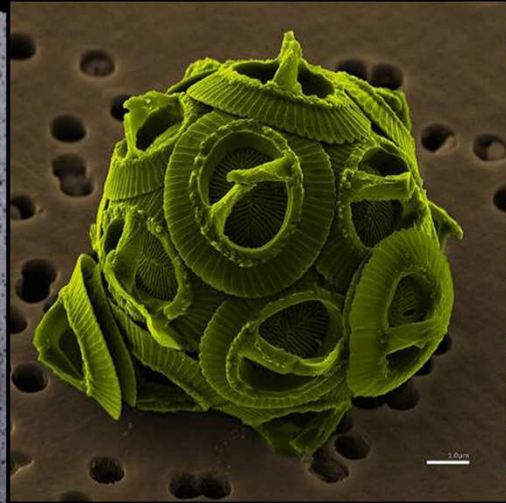


Z sinic największe znaczenie ma planktonowa sinica *Trichodesmium*, o wielkich komórkach tworzących w włókniste kolonie, która jest zdolna do wiązania atmosferycznego azotu.

Planktonowe Coccolithophora



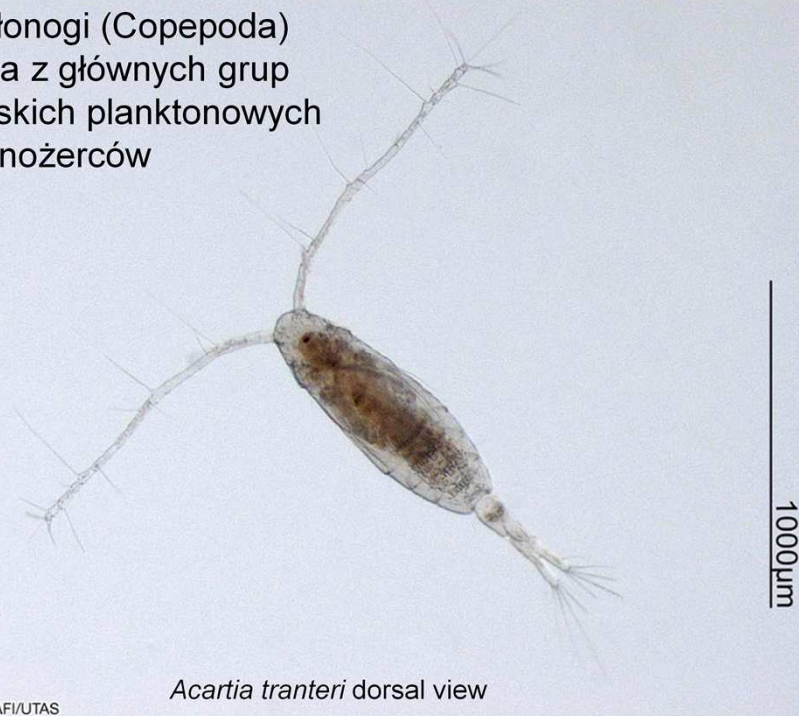
Coccolithus pelagicus



Gephyrocapsa oceanica

Mniej liczne, ale mające szczególne znaczenie są kokolity (Coccolithophora) – glony o szkielecikach wapiennych; są odpowiedzialne za wydzielanie DMS i efekty klimatyczne.

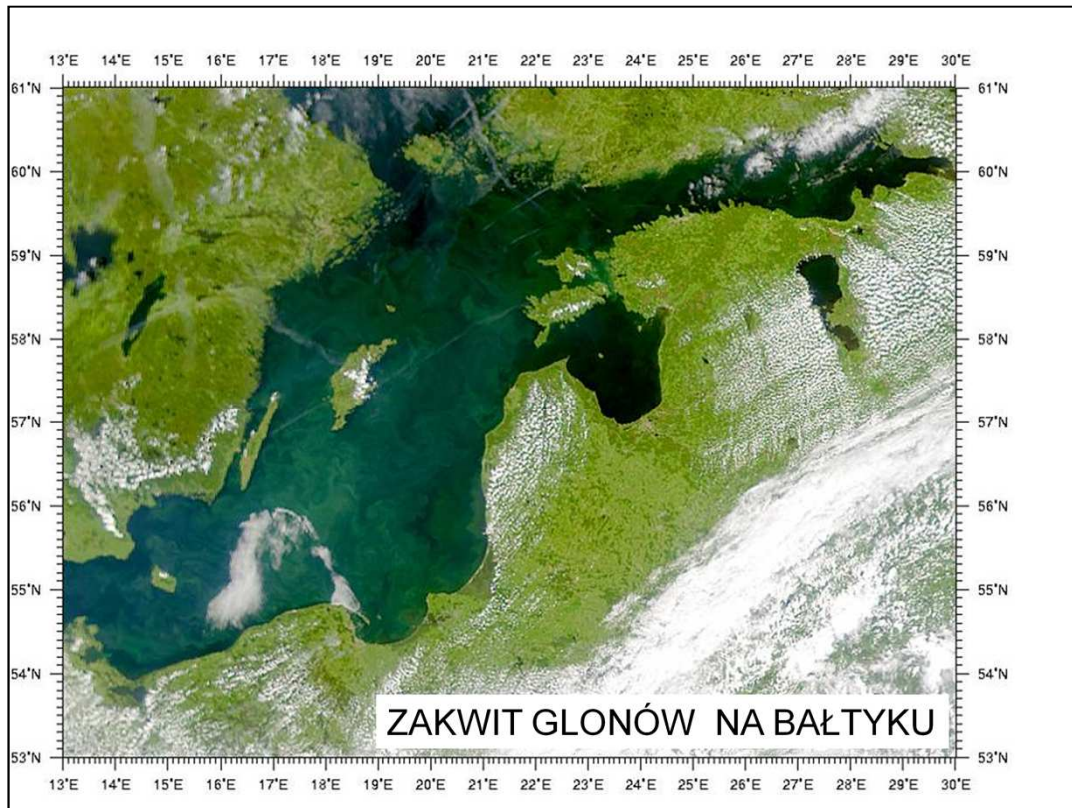
Widłonogi (Copepoda)
jedna z głównych grup
morskich planktonowych
roślinojerców



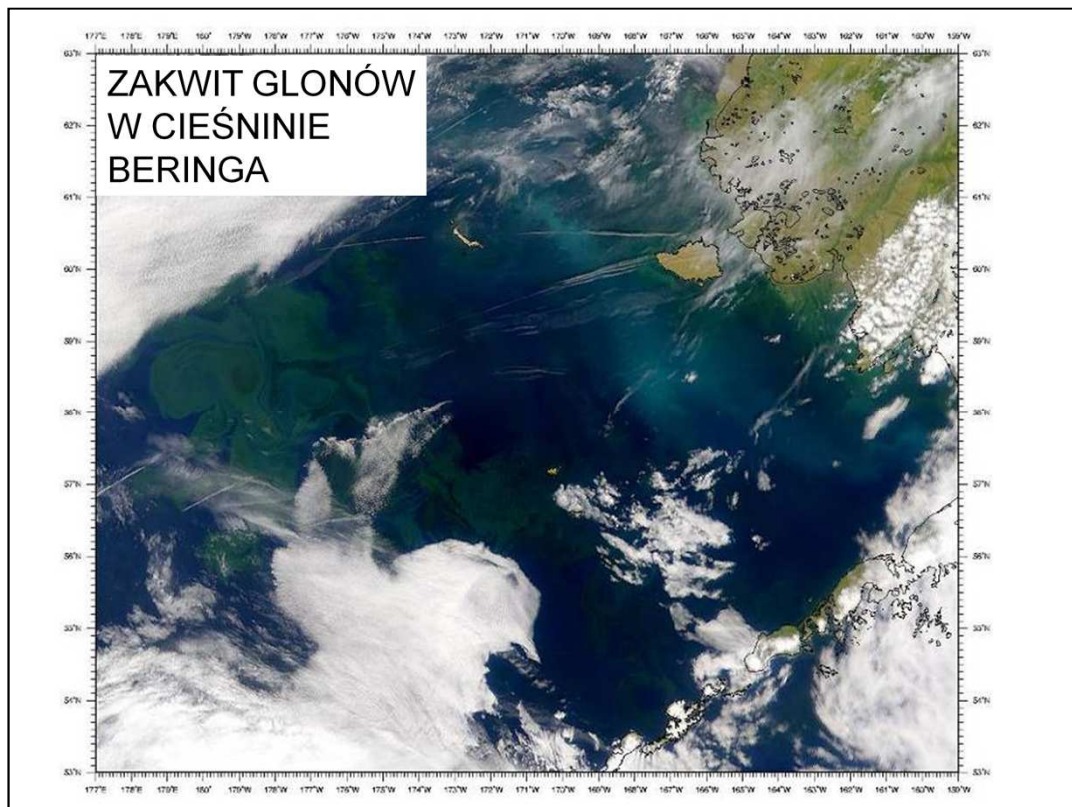
A.Slotwinski/TAFI/UTAS

Acartia tranteri dorsal view

Na planktonowych producentach zerują różne grupy planktonowych konsumentów. Jeden z głównych morskich roślinojerców planktonowych: widłonóg.



Produkcja pierwotna planktonu morskiego może być sezonowo bardzo wysoka. Przejawia się to zakwitami wód powierzchniowych, widocznymi z orbity. Przykład – Bałtyk.



Cieśnina Beringa – płytkie morze szelfowe, odznacza się silną sezonowością produkcji pierwotnej.



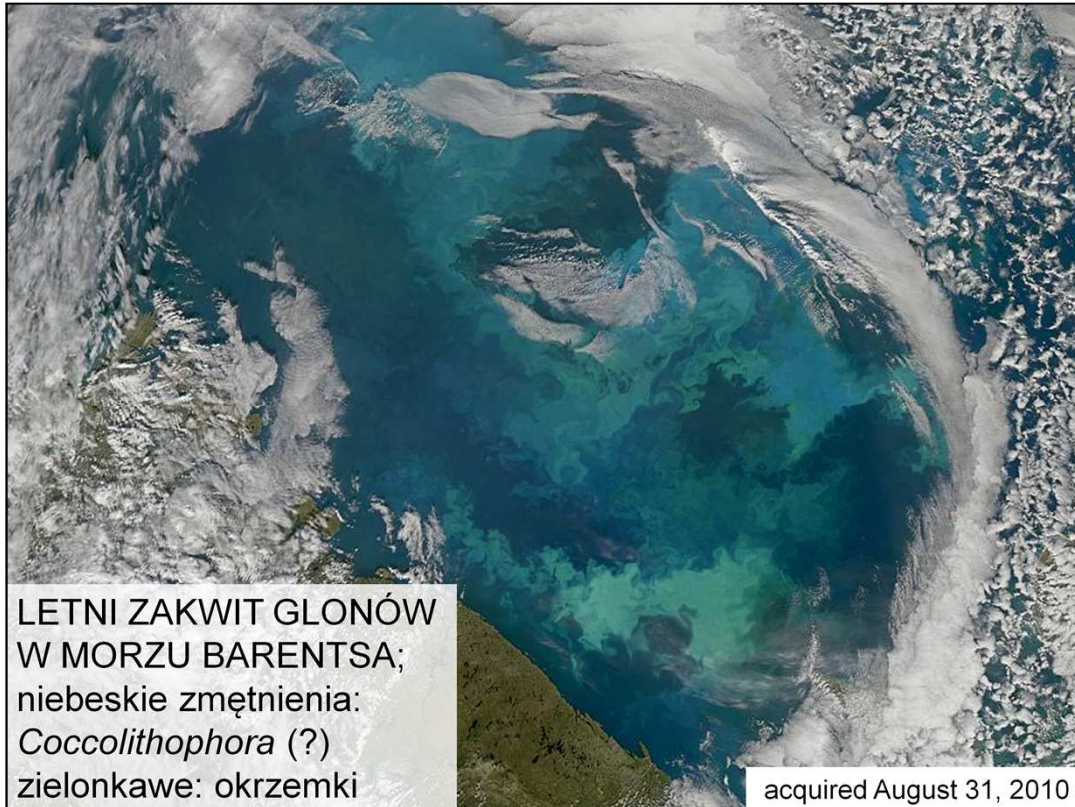
Zakwit północnego Atlantyku w drugiej połowie maja 2010 (zdjęcie panchromatyczne, MODIS, NASA).



Zakwit północnego Atlantyku w końcu czerwca 2010 (MODIS, NASA), na zachód od Islandii. Sezonowe (wiosenne) zakwity płn. Atlantyku występują co roku.

ZAKWIT GLONÓW U WSCH. WYBRZEŻA GRENLANDII

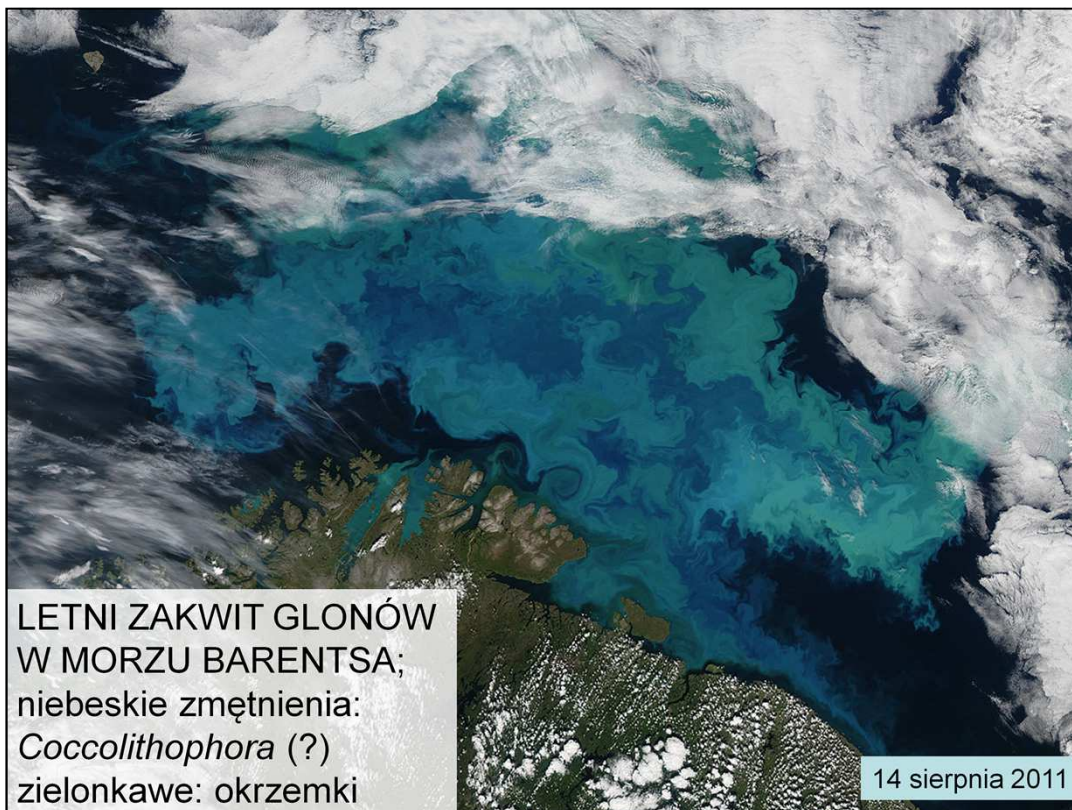




LETNI ZAKWIT GLONÓW
W MORZU BARENTSA;
niebieskie zmętnienia:
Coccolithophora (?)
zielonkawe: okrzemki

acquired August 31, 2010

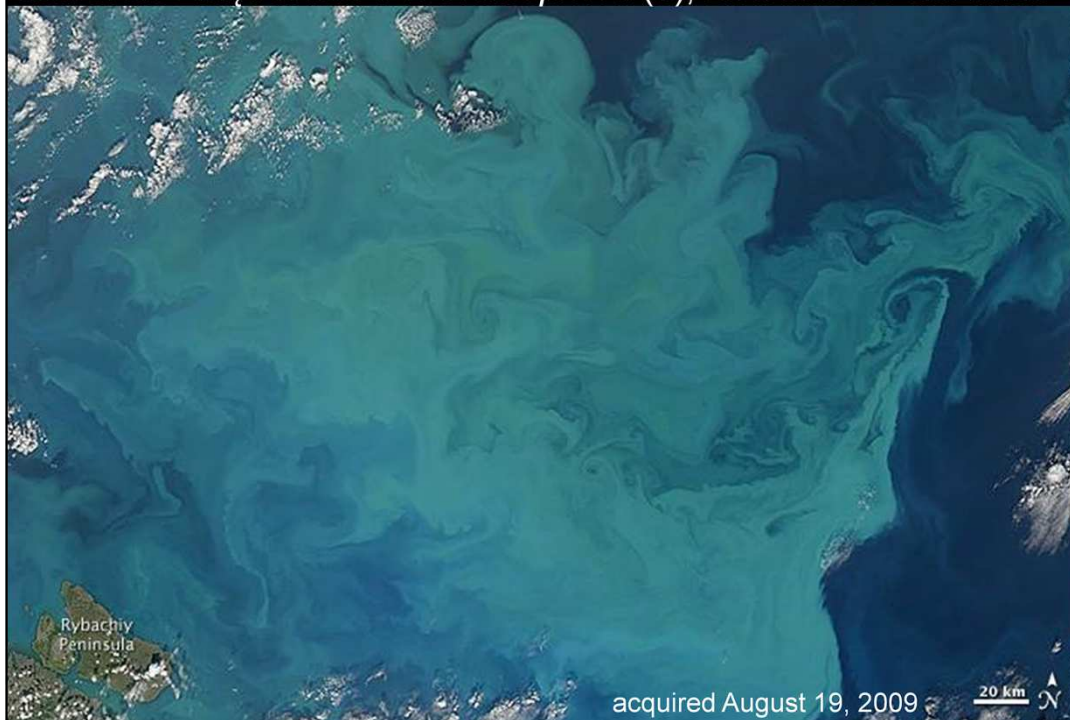
Potężny zakwit Morza Barentsa zawsze osiąga szczyt w sierpniu. Różne kolory pochodzą od różnych grup glonów: jasnoniebieskie (mlecznoturkusowe) – kokolity (*Coccolithophora*) z wapiennymi szkielecikami, zwykle dominują w sierpniu. Zielonkawe cienie prawdopodobnie pochodzą z zakwitu okrzemek, które zwykle dominują wcześniej, potem ustępują kokolitom, które lepiej sobie radzą w wodach w międzyczasie nieco ogrzanych i zubożonych przez okrzemki.



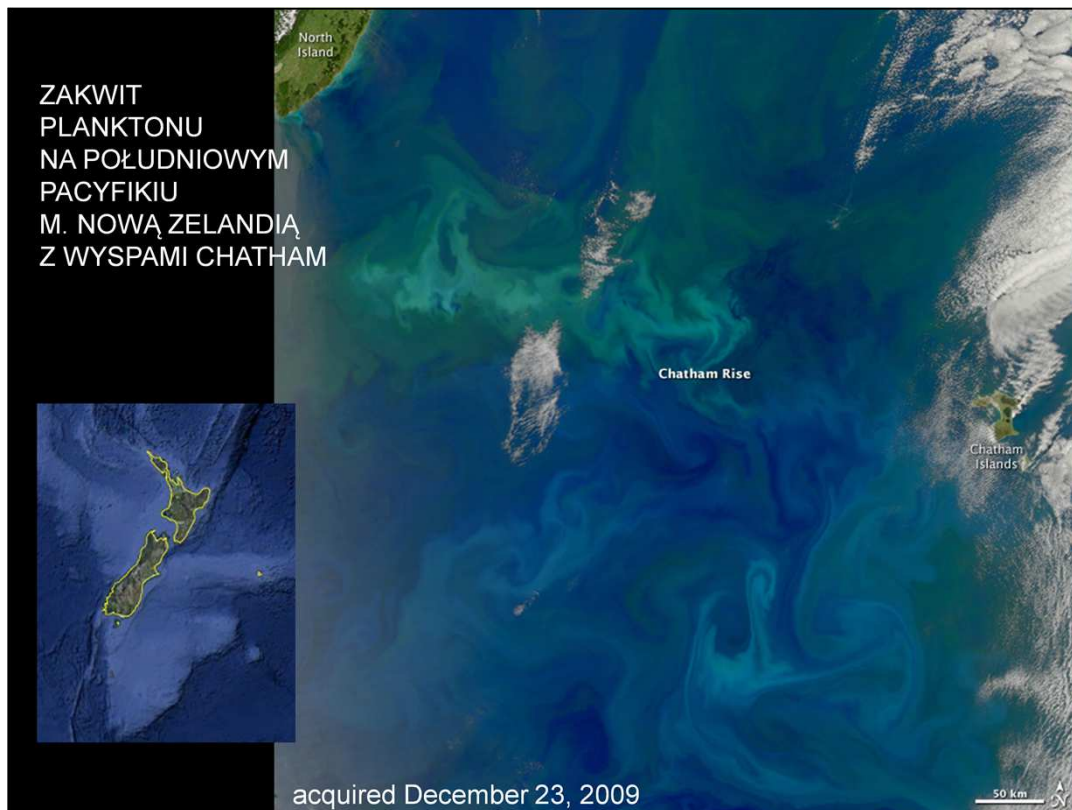
LETNI ZAKWIT GLONÓW
W MORZU BARENTSA;
niebeskie zmętnienia:
Coccolithophora (?)
zielonkawe: okrzemki

14 sierpnia 2011

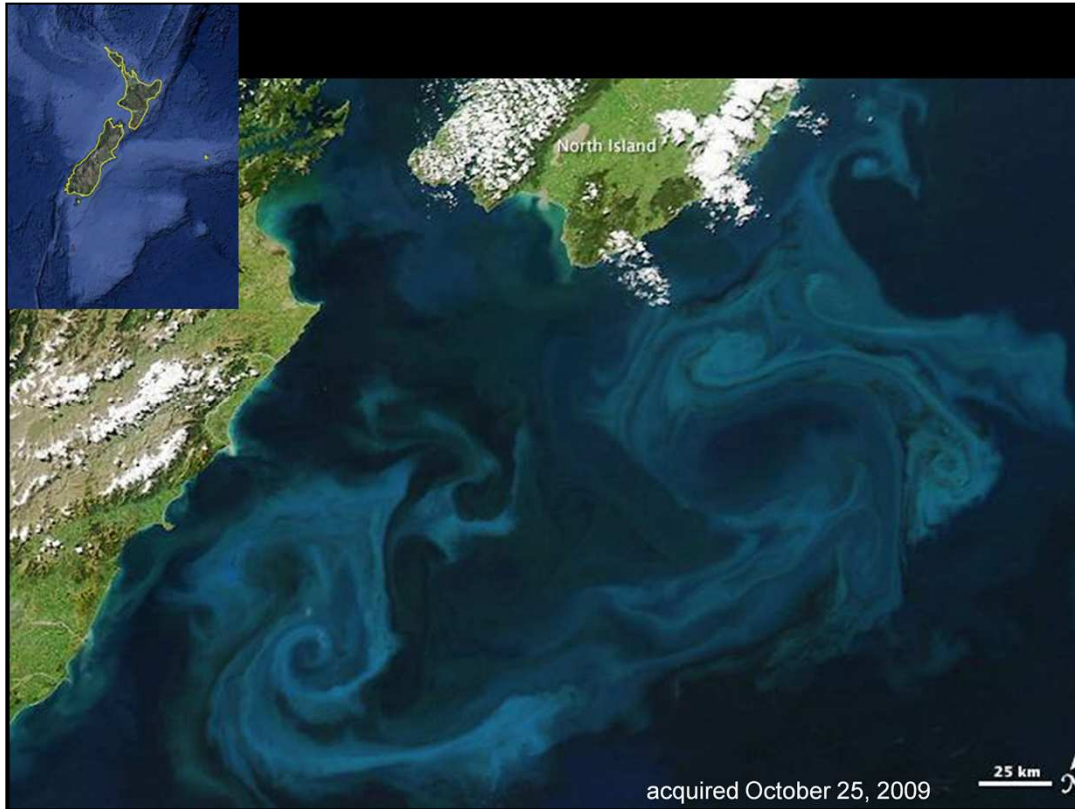
LETNI ZAKWIT GLONÓW W MORZU BARENTSA;
niebieskie zmętnienia: *Coccolithophora* (?); zielonkawe: okrzemki



To samo, rok wcześniej. Mleczno-turkusowy kolor wskazuje na dominację *Coccolithophora*. Te organizmy pobierają węgiel z atmosfery nie tylko do fotosyntezy, ale też do budowy swoich płytek szkieletowych z węgla wapnia (kokolitów – ich kopalne pokłady eksploatuje się m.in. jako kredę pisać). Kokolity wraz z kałem planktonu roślinożernego szybko osiadają na dnie, tworząc nieraz pokłady kilkukilometrowej grubości (z których biorą się skały wapienne – zwłaszcza kreda – i rezerwuár węgla).



Zakwity występują też na południowej półkuli, w okresie tamtejszej wiosny i lata. Tu również niebieskawy kolor pochodzi od Coccolithophora, zielony – od okrzemków. W miejscu zrobienia zdjęcia (por. mapka) przechodzi front podzwrotnikowy, a dodatkowo dno jest stosunkowo płytko, co ułatwia mieszanie wody i sprzyja wysokiej produktywności.

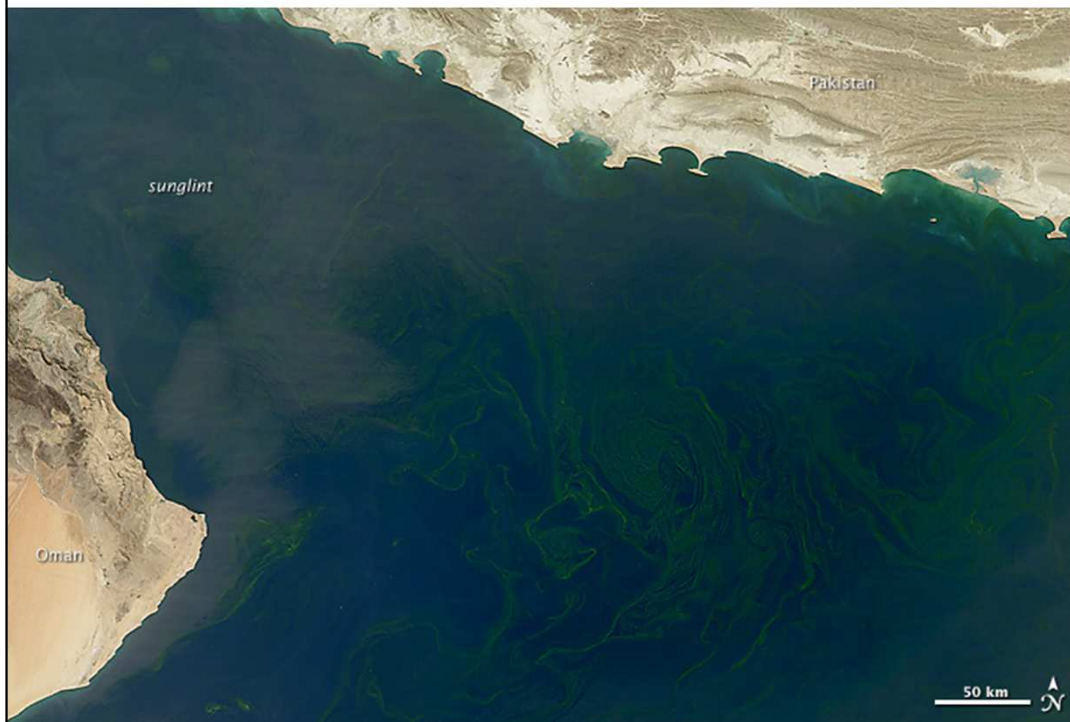


W pobliżu Nowej Zelandii nurt odgałęziony od zimnego Antarktycznego Prądu Okołobiegunowego miesza się z ciepłymi wodami płynącymi z północy, tworząc wysoko produktywne środowisko morskie. Niebieskawe – Coccolithophora, zielonawe – okrzemki. MODIS, NASA (Aqua).

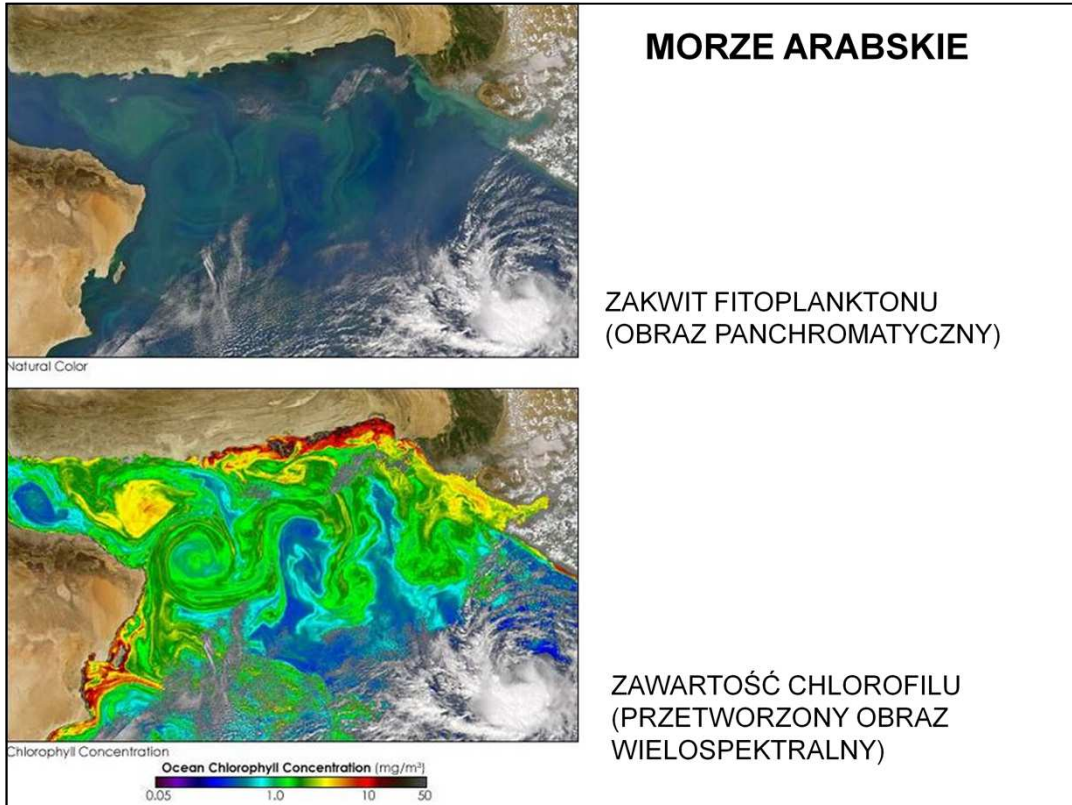


Zakwit u wybrzeży Namibii powstaje dzięki zimnemu, głębinowemu prądowi płynącemu od Antarktydy. Pasat wiejący od lądu odpycha wody powierzchniowe, powodując upwelling. Umożliwia to wysoką produkcję pierwotną, za którą nie nadąża lokalna (planktonowa) dekompozycja, biomasa opadająca w dół jest dekomponowana przez bakterie, aż do wyczerpania tlenu. Wtedy zaczynają dominować bakterie beztlenowe (desulfuryzacyjne, redukujące siarczan); w efekcie dalszych przemian chemicznych wytrąca się siarka w postaci zawiesiny, powstaje też siarkowodór, który jest silnie toksyczny. Zakwity siarki są czasami rozpoznawalne na zdjęciach satelitarnych. (MODIS, NASA - Aqua)

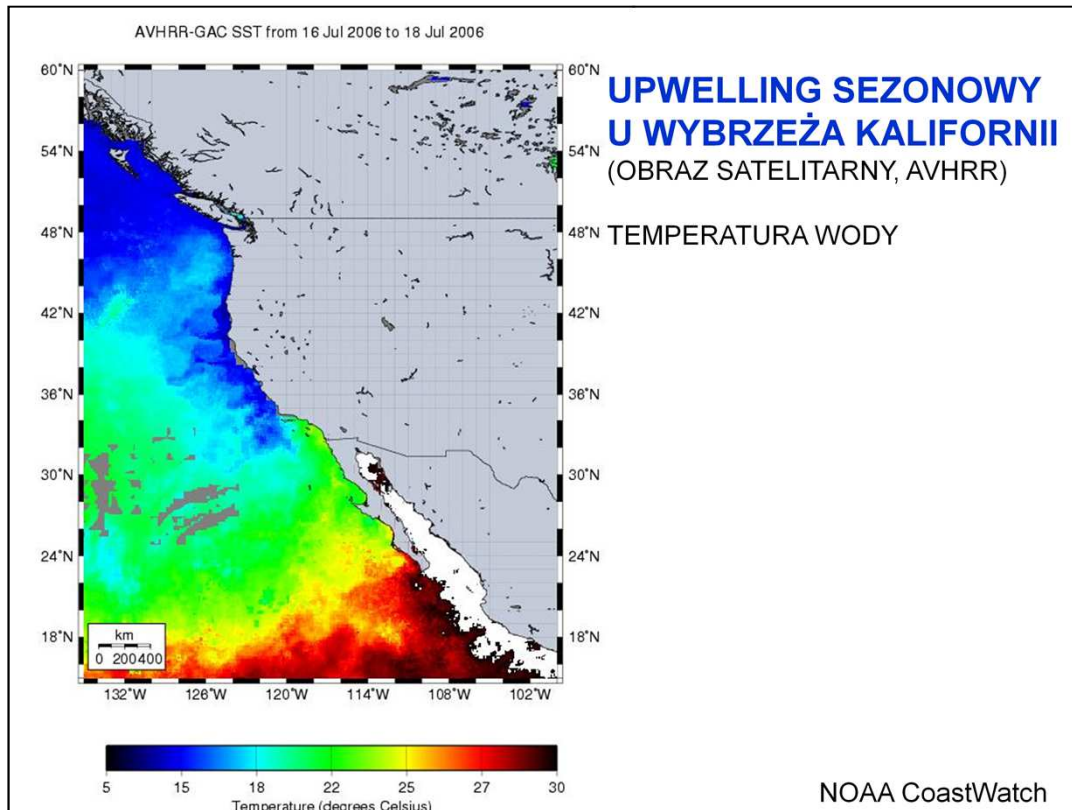
ZAKWIT GLONÓW W MORZU ARABSKIM, WSKUTEK LETNICH MONSUNÓW



Zakwit rozciąga się od wybrzeży Pakistanu (górną część obrazu) po Oman (z lewej u dołu). Zakwity w Morzu Arabskim są silnie sezonowe, zależnie od monsunów. Zakwity występują latem, kiedy monsun wieje od morza i powoduje mieszanie, także zimą, kiedy wiatr od lądu wywołuje upwelling.



Skutkiem sezonowego użyznienia warstwy fotycznej jest też zakwit glonów w morzu Arabskim. Ten sam obraz w formie zdjęcia panchromatycznego (u góry) i przetworzonego obrazu wielospektralnego, który pokazuje stężenie chlorofilu w wodzie morskiej.

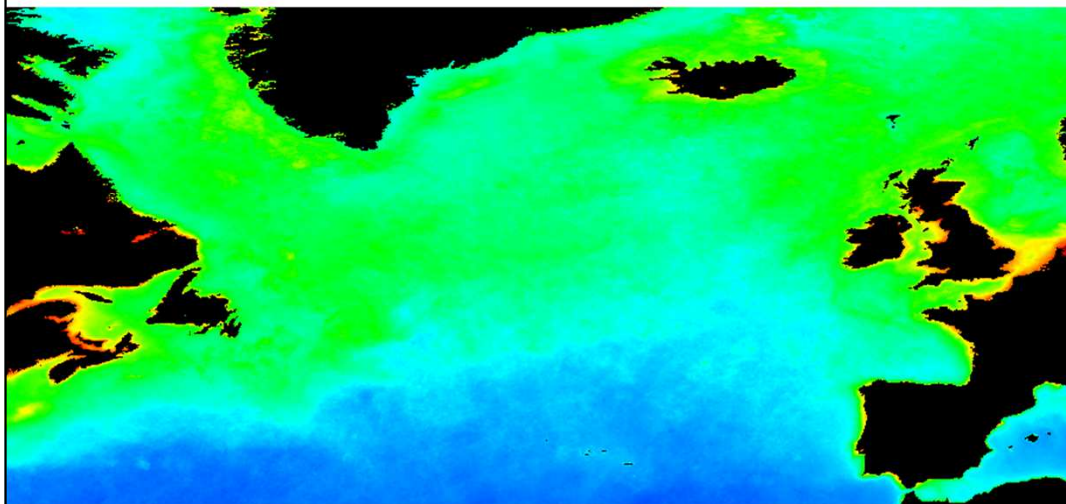


Sezonowy upwelling u wybrzeża Kalifornii jest widoczny na mapie temperatury powierzchniowej wód: woda pochodząca z upwellingu jest zimna (kolor niebieski).

WYSOKIE STĘŻENIE CHLOROFILU NA PN. ATLANTYKU

(UŚREDNIONE DANE 2002-2008; satelita AQUA, MODIS)

Zakwity wiosną (mieszanie wód przez zimowe sztormy);
latem biogeny warstwy fotycznej wyczerpane



Chlorofil od 0.01 mg/m³ (fioletowy)
do 60 mg/m³ (czerwone)



Department of Oceanography, Texas A&M University
All contents copyright © 2005, Robert R Stewart, All rights reserved
URL: <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/contents2.htm>
Web page design by Don Johnson, godojo@yahoo.com

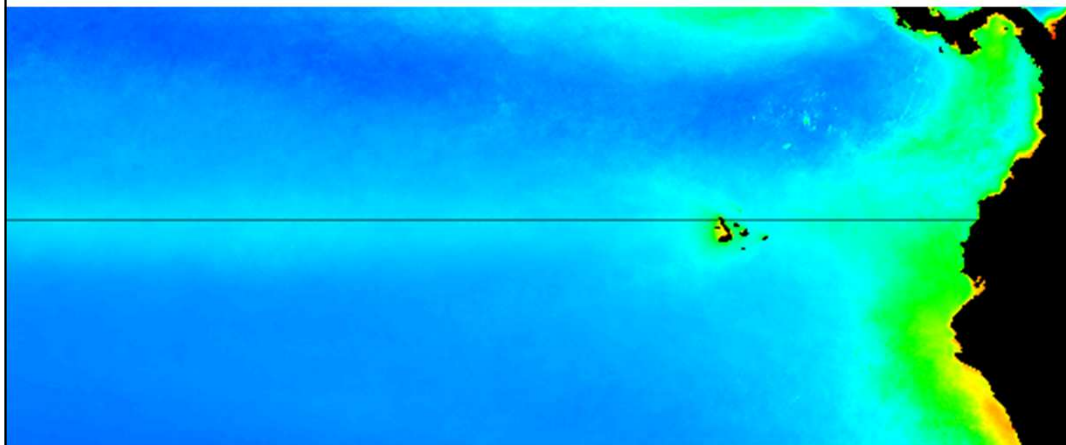
W płytkich morzach szelfowych półn. Atlantyku plankton unosi się blisko powierzchni; martwa materia organiczna zostaje w większości zdekomponowana, zanim opadnie na dno, ale warstwa fotyczna zostaje w sezonie wegetacyjnym mocno wyjałowiona. Uwolnione przez dekompozycję biogeny gromadzą się w głębszych warstwach, skąd wydostają się dopiero wtedy, gdy silne jesienne i zimowe wiatry spowodują mieszanie wody, czemu sprzyja też ochłodzenie warstwy powierzchniowej. Gwałtowny wzrost produkcji następuje wiosną, kiedy wystarczająco wzrośnie intensywność promieniowania słonecznego i długość dnia, stąd zakwit.

(Obraz przedstawia w sztucznych barwach koncentracje chlorofilu i jest uśrednieniem danych 2002-2008, MODIS, Aqua)

WYSOKIE STĘŻENIE CHLOROFILU NA RÓWNIKU (PACYFIK)

(UŚRĘDNONE DANE 2002-2008; satelita AQUA, MODIS)

ŻYZNOŚĆ WÓD WSKUTEK DYWERCENCJI RÓWNIKOWEJ
UPWELLING PRZY WYBRZEŻU AMERYKI Pd.



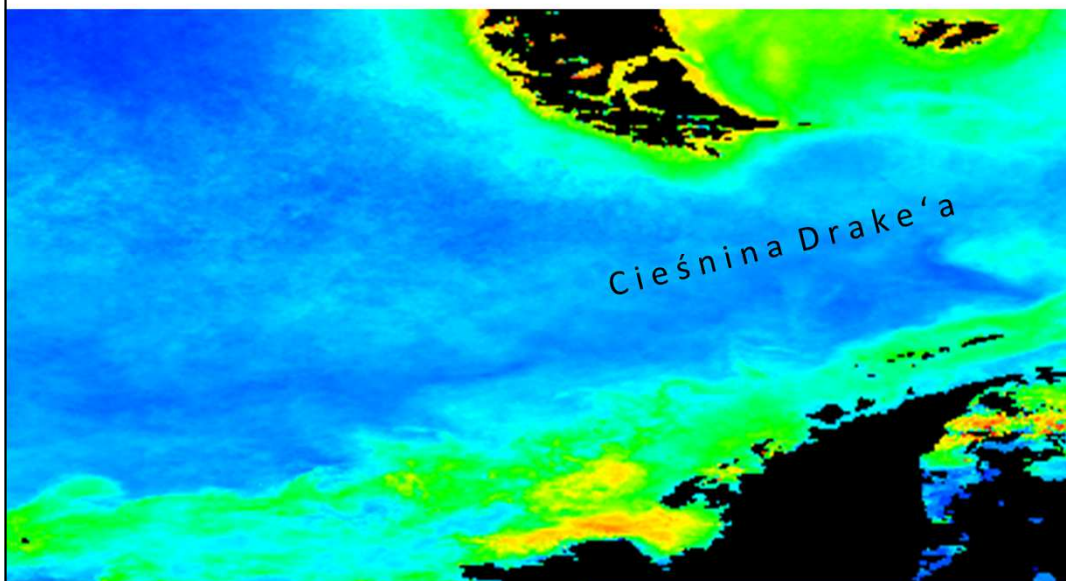
Chlorofil od 0.01 mg/m³ (fioletowy)
do 60 mg/m³ (czerwone)



Department of Oceanography, Texas A&M University
All contents copyright © 2005, Robert R Stewart, All rights reserved
URL: <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/contents2.htm>
Web page design by Don Johnson, godojo@yahoo.com

Na równiku pasaty wiejące od wschodu, spirala Ekmana powoduje dywergencję – odpływ wód powierzchniowych, na północ od równika ku północy, a po południowej stronie – ku południowi. Upwelling wznosi żyźniejsze wody ku światłu, stąd wyraźny zakwit dokładnie wzdłuż równika na Pacyfiku. Upwelling wznoszący się po zachodnim stoku kontynentu południowoamerykańskiego generuje szeroką strefę wysokiej produktywności.

**NISKIE STĘŻENIE CHLOROFILU MIMO DOSTĘPNOŚCI BIOGENÓW
W PASIE WOKÓŁ ANTARKTYDY – SKUTEK BRAKU ŻELAZA**
(UŚREDNONE DANE 2002-2008; satelita AQUA, MODIS)



Chlorofil od 0.01 mg/m³ (fioletowy)
do 60 mg/m³ (czerwone)



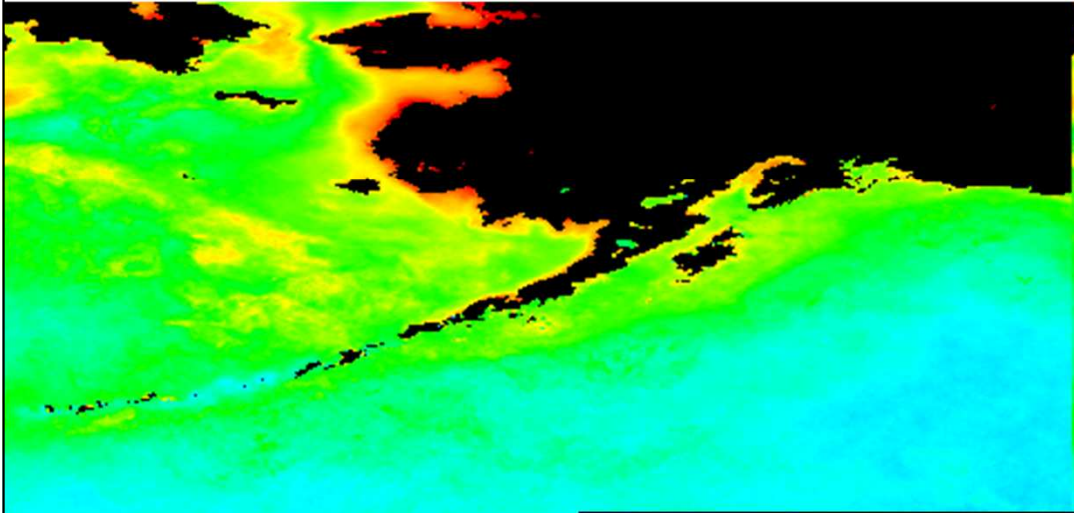
Department of Oceanography, Texas A&M University
All contents copyright © 2005, Robert R Stewart. All rights reserved
URL: <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/contents2.htm>
Web page design by Don Johnson, godojo@yahoo.com

Obraz przedstawia Cieśninę Drake'a, pomiędzy Ameryką Pd. a Antarktydą. Cieśniną przeciska się od zachodu Okołobiegunowy Prąd Antarktyczny. Mimo względnej żyzności wód, ilość chlorofilu (a więc produktywność) jest niezbyt wysoka. Wynika to z deficytu żelaza, który jest krytycznym mikroelementem. Do tych rejonów nie docierają pyły nawiewane z lądu, które w innych rejonach dostarczają nadmiaru żelaza.

WYSOKIE STĘŻENIE CHLOROFILU NA SZELFIE

(UŚREDNIONE DANE 2002-2008; satelita AQUA, MODIS)

Płytke wody, stale mieszane (recykling)+dopływ z lądu



Chlorofil od 0.01 mg/m³ (fioletowy)
do 60 mg/m³ (czerwone)



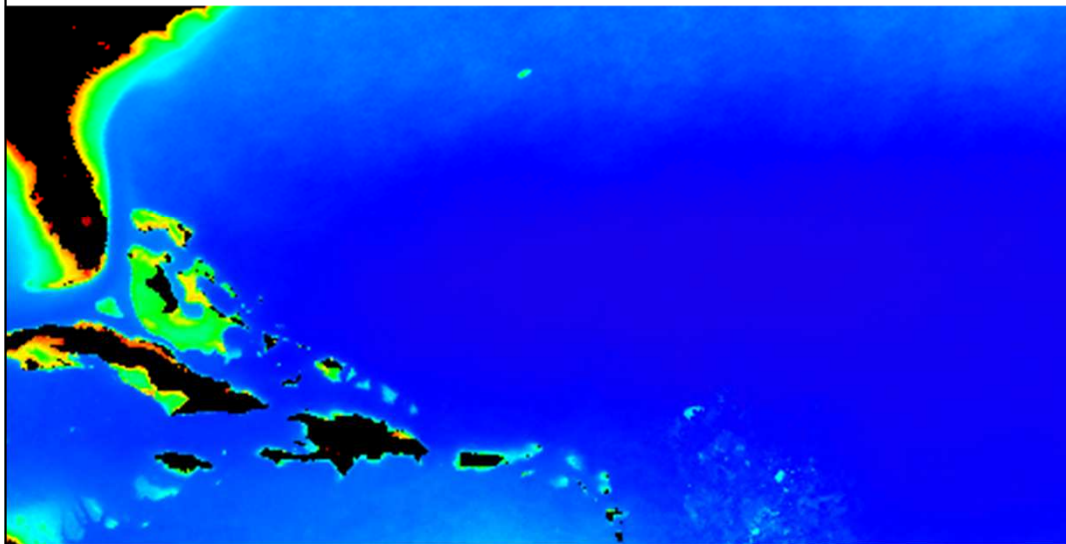
Department of Oceanography, Texas A&M University
All contents copyright © 2005, Robert R Stewart. All rights reserved
URL: <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/contents2.htm>
Web page design by Don Johnson, godojo@yahoo.com

W płytkich morzach szelfowych dekompozycja odbywa się w toni, woda jest stale mieszana, więc nie zachodzi eksport biogenów do niedostępnych głębin. Co więcej, do mórz szelfowych północnego Pacyfiku uchodzą wielkie rzeki syberyjskie i alaskańskie, niosąc wielkie ładunki pierwiastków odżywczych, również w formie nierozłożonej jeszcze materii organicznej.

NISKIE STĘŻENIE CHLOROFILU W OTWARTYM OCEANIE W ŚREDNICH SZEROKOŚCIACH

(UŚREDNIONE DANE 2002-2008; satelita AQUA, MODIS)

Obszar konwergencji (downwellingu)

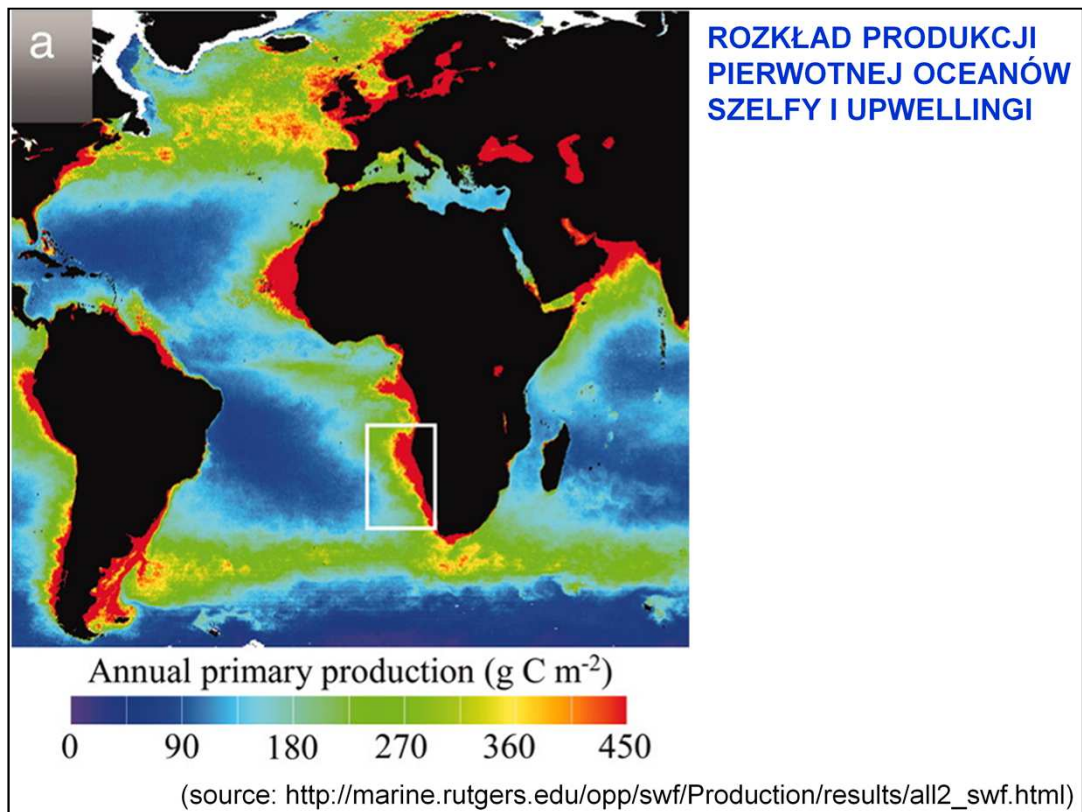


Chlorofil od 0.01 mg/m^3 (fioletowy)
do 60 mg/m^3 (czerwone)



Department of Oceanography, Texas A&M University
All contents copyright © 2005, Robert R Stewart. All rights reserved
URL: <http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/contents2.htm>
Web page design by Don Johnson, godojo@yahoo.com

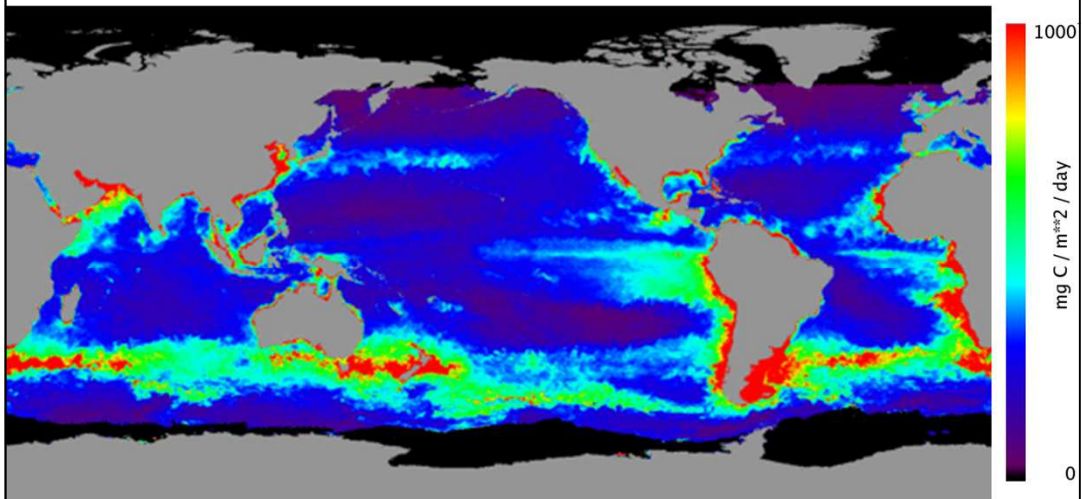
Otwarty ocean na średnich szerokościach jest pustynią o bardzo niskiej produktywności. Nie dochodzą tam biogeny ani z dna oceanicznego (występują tu raczej downwellingi niż upwellingi), ani z lądów – z wiatrem lub rzekami.



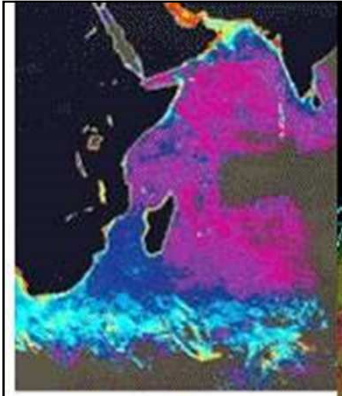
Rozmieszczenie obszarów wysokiej produkcji pierwotnej (ramka obejmuje obszar wpływu Prądu Benguelskiego)

MIESIĘCZNA PRODUKCJA PIERWOTNA NETTO

Grudzień 2002

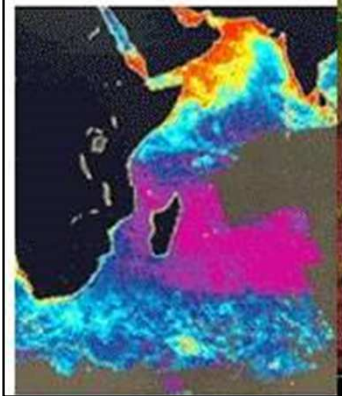


Net Primary Production using MODIS CHL and SST,
SeaWiFS PAR, and $z_{eu} = f(\text{CHL})$ as inputs to the VGPM



WPŁYW MONSUNU NA UPWELLING SOMALIJSKI (sezonowy)

Maj – czerwiec: Cisza przed
nadejściem monsunu.

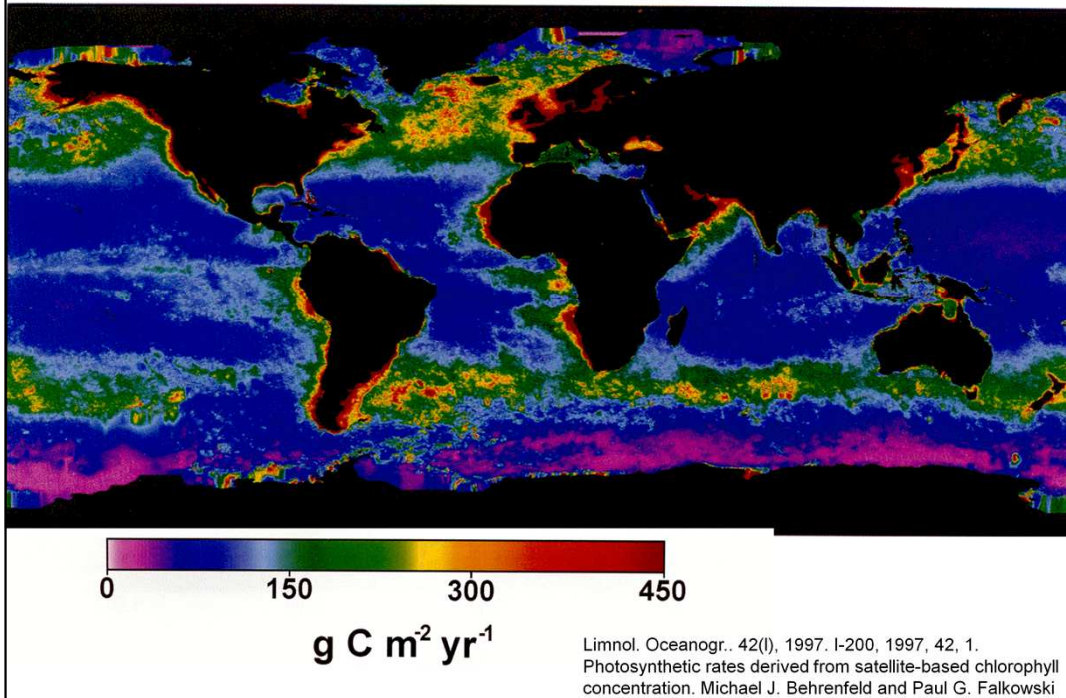


Wrzesień-październik: po silnych
letnich monsunach nastąpił upwelling
żywnych wód głębinowych i zakwit
fitoplanktonu

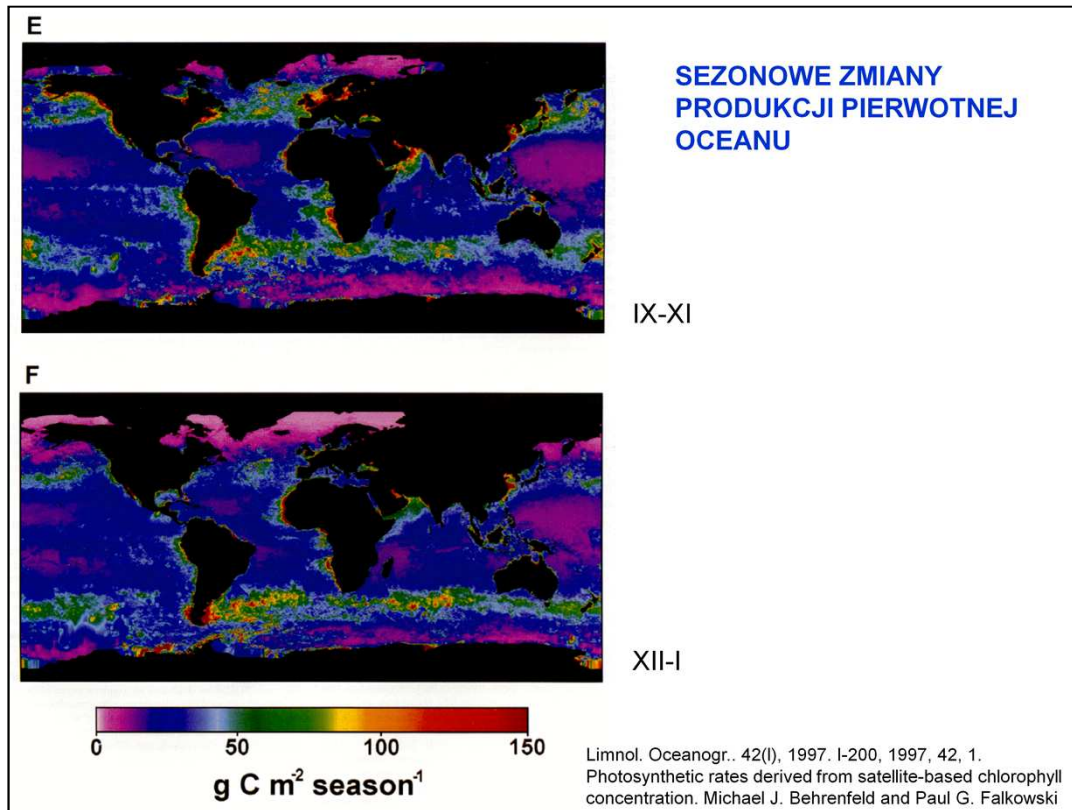
Na obrazach satelitarnych widać sezonowy zakwit w Morzu Arabskim po letnich monsunach.

[źródło?!]

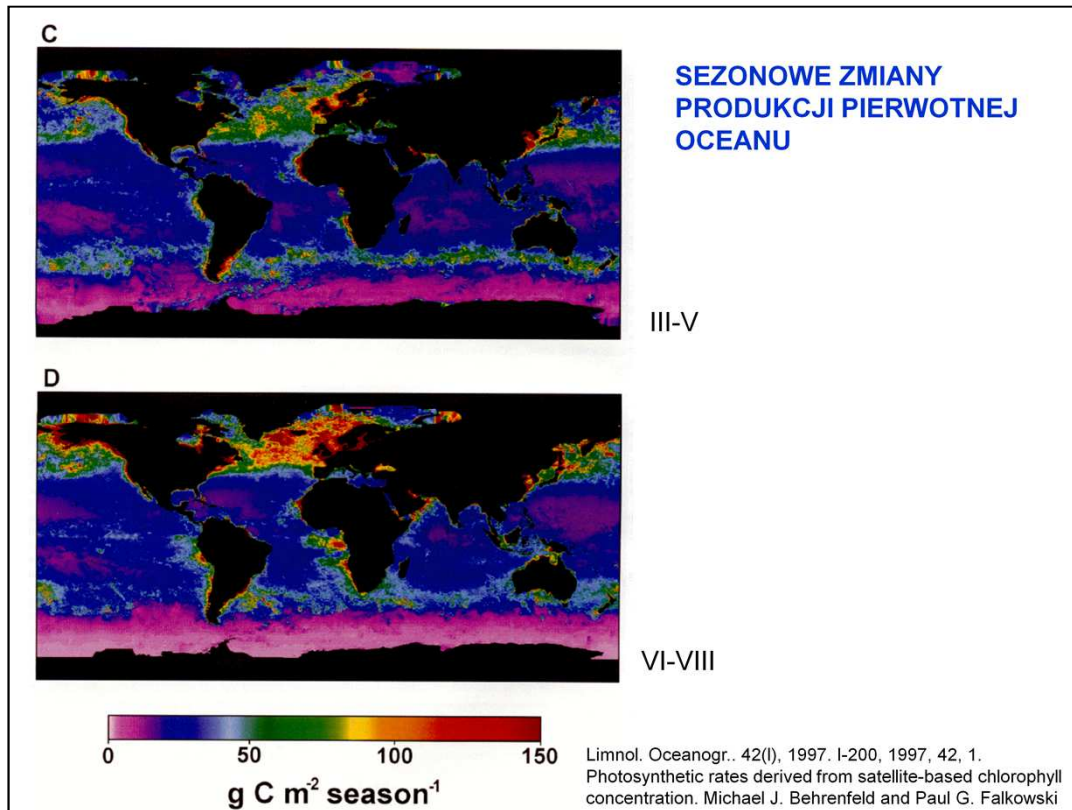
ROCZNA PRODUKCJA PIERWOTNA OCEANU
(na podstawie danych satelitarnych)



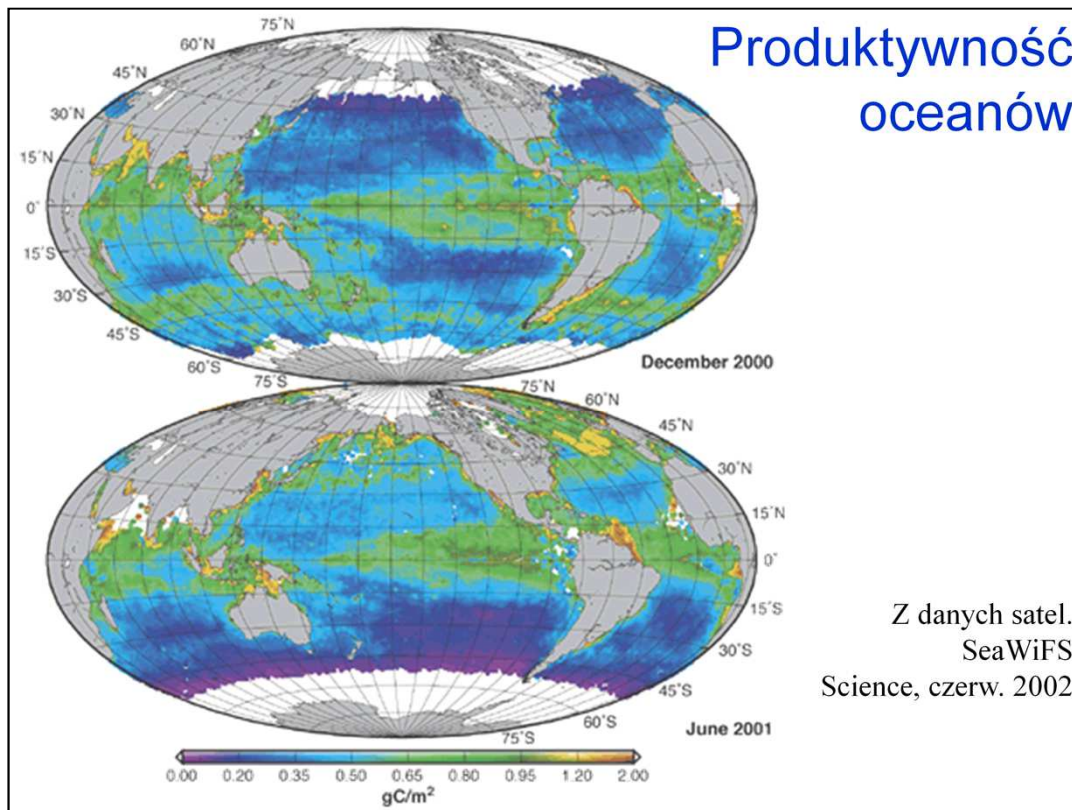
Seria obrazów satelitarnych pokazuje rozkład przestrzenny produkcji pierwotnej oceanów (wyrażony w ilości asymilowanego węgla) – suma roczna;



Produkcja pierwotna oceanów – trzymiesięczne sumy: od września do listopada, od grudnia do lutego (przewaga produkcji na półkuli południowej).

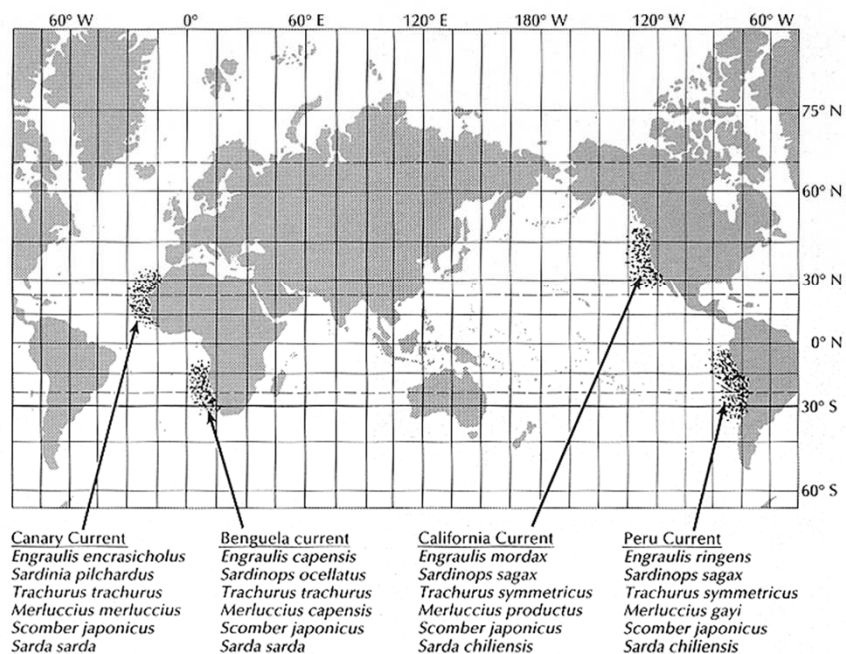


Produkcja pierwotna oceanów – trzymiesięczne sumy: od marca do maja, od czerwca do sierpnia (przewaga produkcji na półkuli północnej).



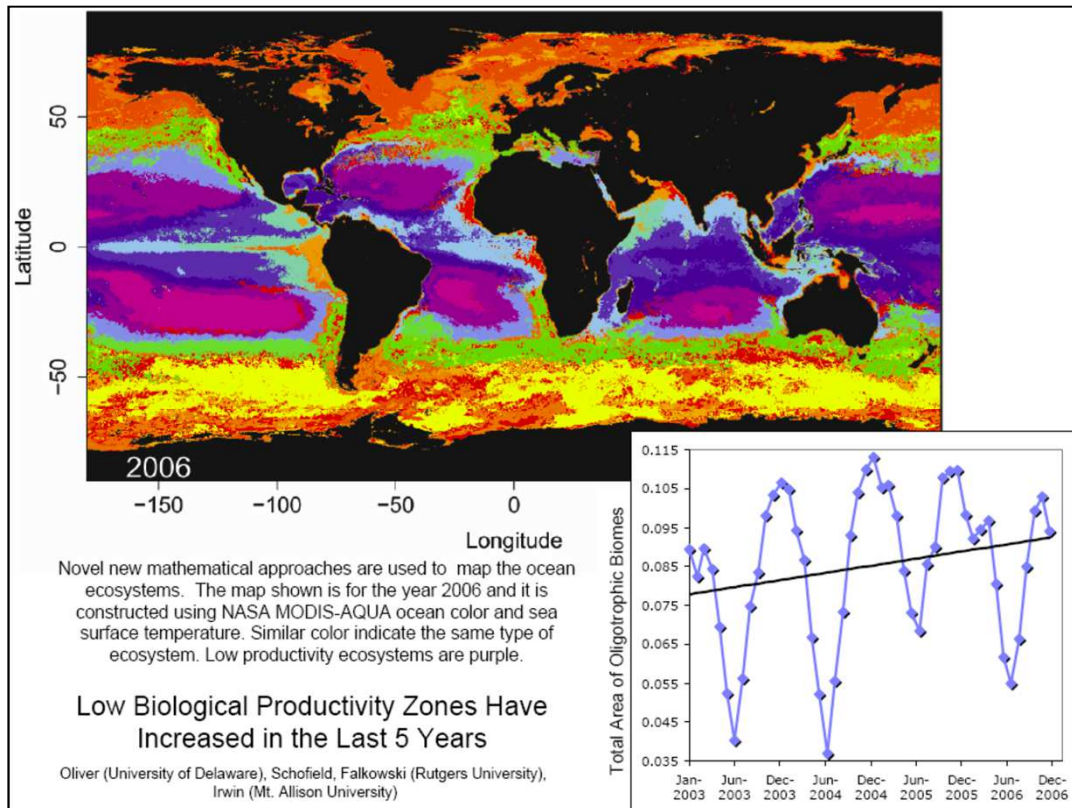
Analogiczne dane dla grudnia 2000 i czerwca 2001.

GLÓWNE ŁOWISKA W STREFACH UPWELLINGÓW



Neshyba 87

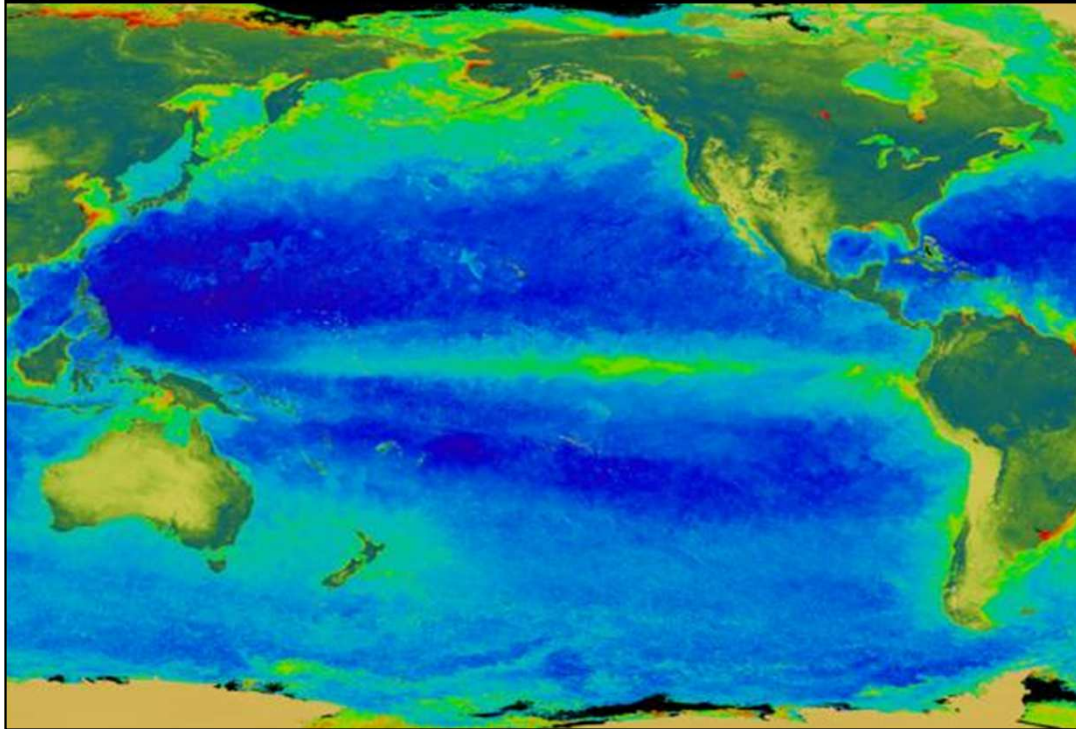
Strefy upwellingów stanowią najbogatsze łowiska, intensywnie eksploatowane (na mapie podano główne gatunki ryb łowionych w tych rejonach; większość stanowią małe rybki ławicowe – jak sardela (*Engraulis* sp.) i sardynka (*Sardinia* sp., *Sardinops* sp.) łowione głównie na pasze (mączkę rybną); prócz nich łowione są ostroboki (*Trachurus* sp.), morszczuki (*Merluccius* sp.), makrele (*Scomber* sp.) i pelamidy (*Sarda* sp.)



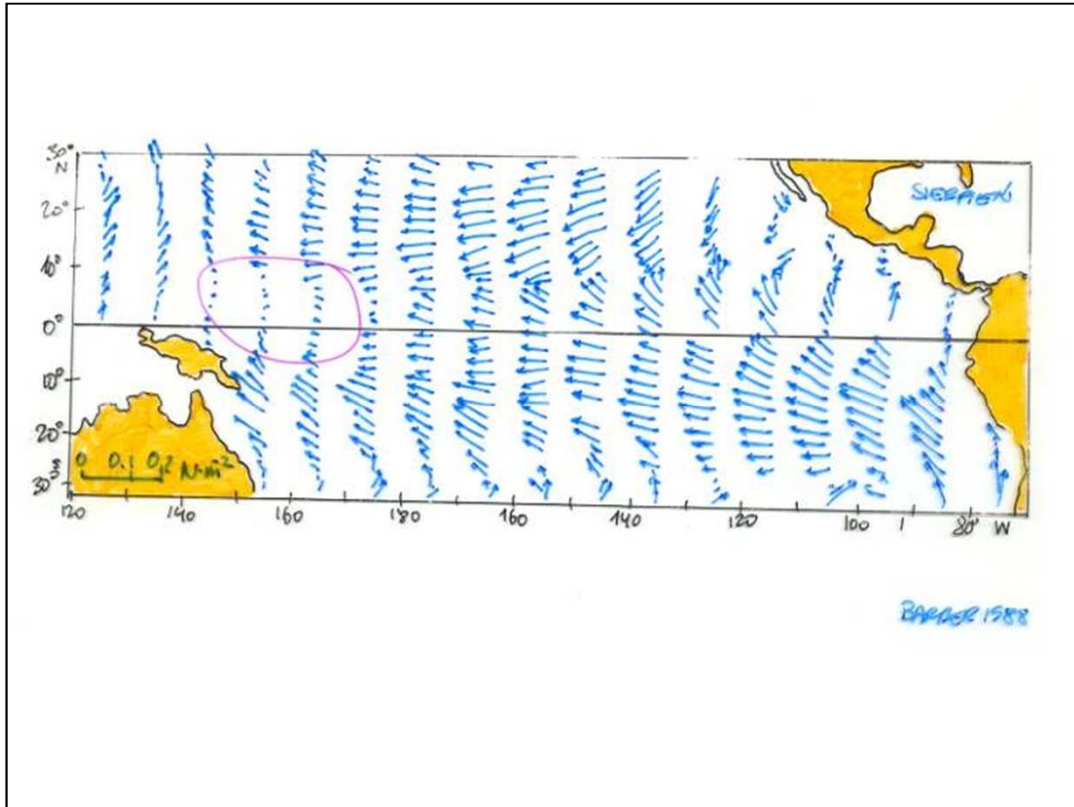
Wieloletnie obserwacje NPP oceanu (satelitarne) i inne dane (chemizm) pozwalają dostrzec tendencję długotrwałą do powiększania zasięgu obszarów oligotroficznych.

EL NIÑO

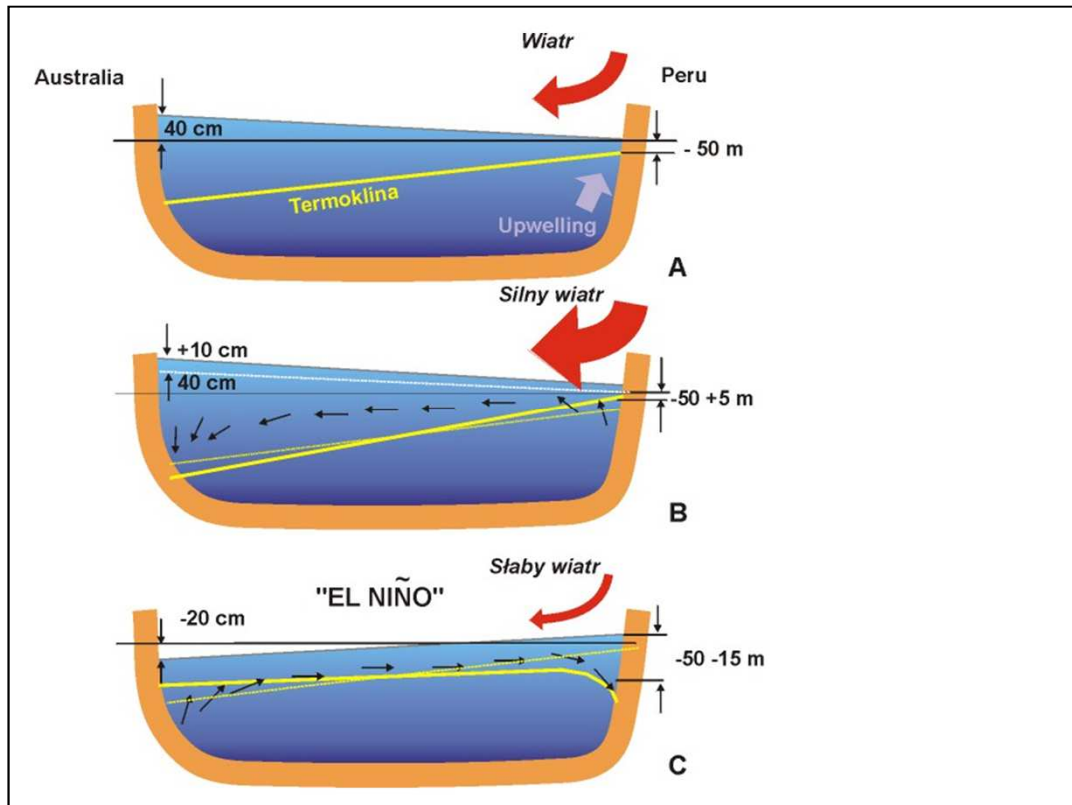
EL NIÑO



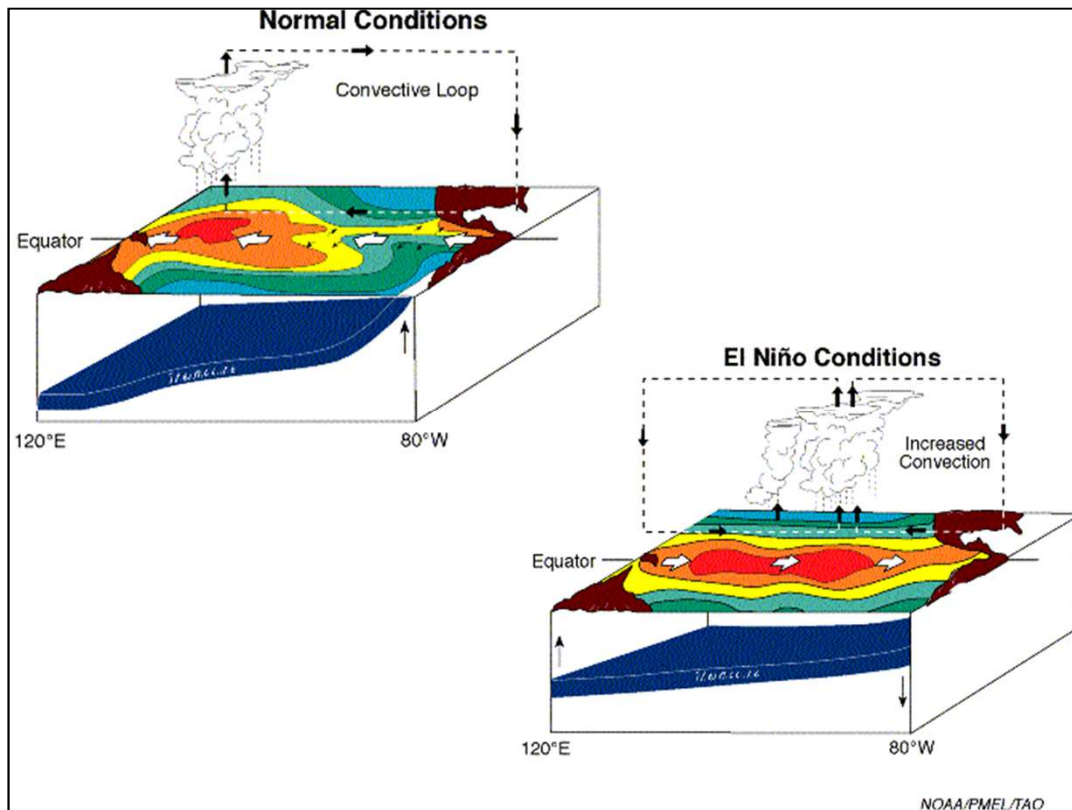
El Niño jest nieregularnie występującym wydarzeniem klimatycznym, które odgrywa się w tropikalnym rejonie Pacyfiku.



W zwykłych warunkach wiejące pasaty spychają wody oceanu w kierunku zachodnim, ku Nowej Gwinei i Australii, gdzie nieco spiętrzone mają wyższy poziom niż średni poziom morza.

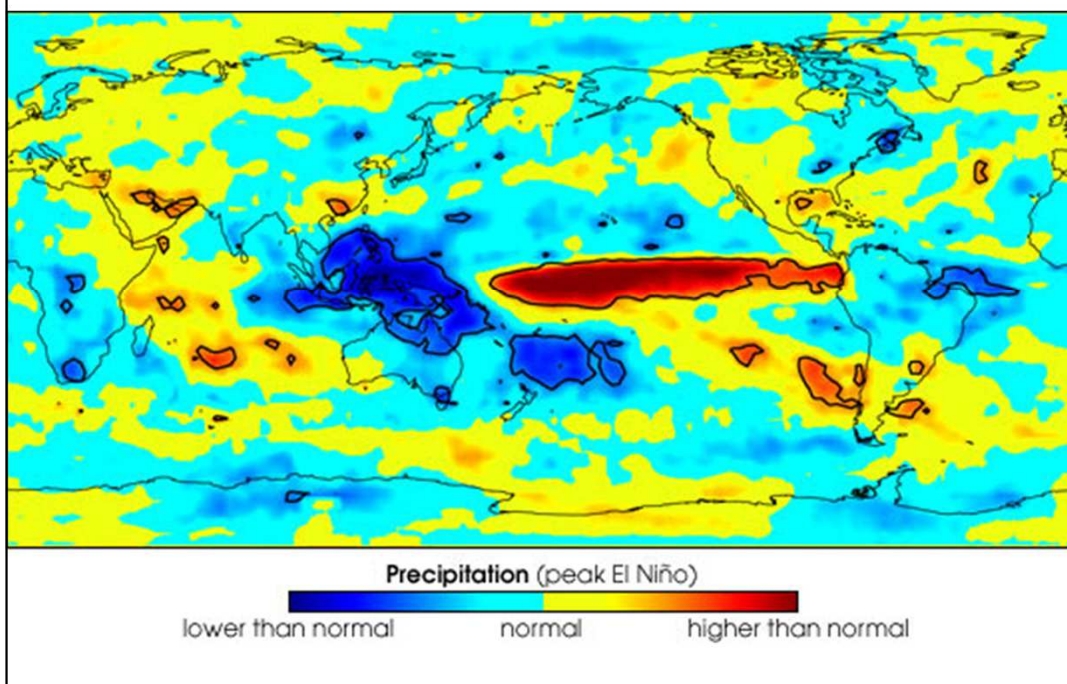


Na schematycznym przekroju (A) widać co się wtedy dzieje: u wybrzeża Peru działa upwelling, termoklina jest blisko (zaledwie 50 m) pod powierzchnią oceanu, żyzne wody dają wysoką produktywność planktonu, za nią idzie wysoka produkcja wtórna (ryby), na nich żerują ptaki i ssaki morskie i rozwija się rybactwo. Czasami pasaty są szczególnie silne, wówczas ów efekt ilościowo się intensyfikuje (B). W czasie epizodu el Niño, wiatry wschodnie słabną. Powoduje to, że zamiast powierzchniowego prądu ku zachodowi pojawia się ciepły prąd z zachodu, termoklina opada, a upwelling gaśnie, skutkiem jest przerwa w dopływie biogenów do warstwy fotycznej, błyskawiczne załamanie produkcji pierwotnej, a za nią katastrofalny spadek liczebności ryb i kolejne katastrofy populacji konsumentów, z rybakami włącznie (C). Takie wydarzenie jest gospodarczą katastrofą; ponieważ nadchodzi zwykle w grudniu, miejscowi nadali mu nazwę „El Niño” – dzieciątko.

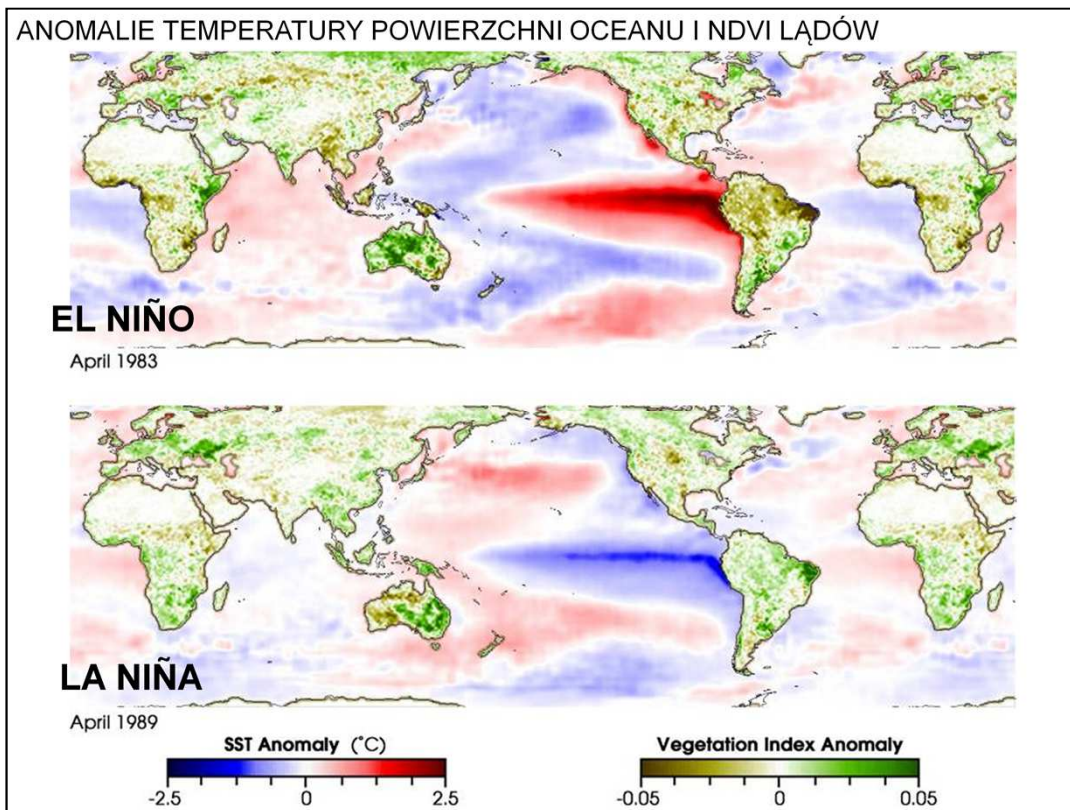


Zmiana kierunku prądów morskich (zatem: zmiana bilansu cieplnego i parowania) powoduje dalsze zmiany cyrkulacji – zamiast silnego parowania i opadów po zachodniej stronie Pacyfiku i suszy w Peru, konwekcja i opady przenoszą się w kierunku wschodnim.

ANOMALIE OPADÓW W SZCZYCIE EL NIÑO

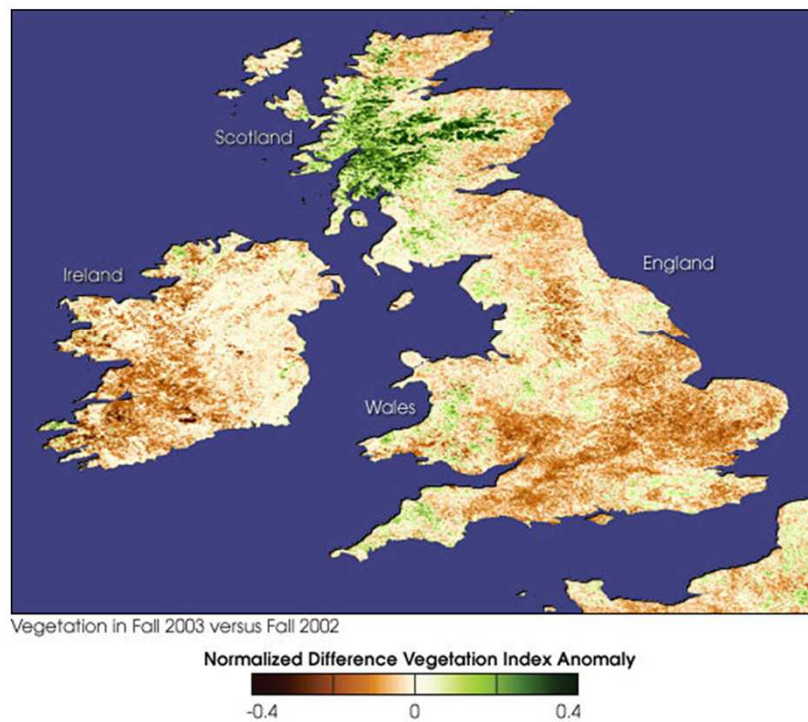


Mapa anomalii opadów w szczycie epizodu el Niño wskazuje na deficyt w rejonie malajsko-australijskim i nadmiar na równikowym oceanie, ale również w oddalonych obszarach kontynentalnych .



Ta anomalia pogodowa propaguje się na całą Ziemię. Górna mapa pokazuje epizod El Niño z r. 1983 (dane satelitarne): anomalię termiczną oceanu (jęzor ciepłego prądu w strefie równikowej, sięgający do zachodnich brzegów Ameryki Południowej, oraz anomalie produkcji pierwotnej na lądach: kolor jaskrawozielony oznacza większą niż zwykle produktywność, związaną z wyjątkowo obfitymi opadami (np. w Australii, wschodniej Afryce), a kolor zielonkawo-brunatny – niższą niż zwykle, spowodowaną suszami (Afryka Zachodnia, wschodnie wybrzeża Ameryki Południowej). Odwrotne zależności mają miejsce w roku z epizodem „La Niña” – tj. szczególnie intensywnej cyrkulacji o zwykłych kierunkach wiatrów i prądów. Wówczas mamy anomalię termiczną w postaci szczególnie zimnego równikowego prądu powierzchniowego na Pacyfiku, a towarzyszące anomalie opadów i wysokiej produktywności ujawniają się we wschodniej Australii, wschodniej Am. Południowej, pd. Afryce. Taki charakter („La Niña”) miały np. katastrofalne ulewne i powodzie w północno-wschodniej Australii zimą r. 2011.

SPADEK JESIENNYCH PŁONÓW W Z.K. SKUTKIEM SUSZY



Propagacja anomalii pogodowych sięga nawet Europy, np. w czasie epizodu z 2003 r. na większości obszaru Wielkiej Brytanii i Irlandii spadły plony skutkiem niezwyklej suszy.

HISTORIA WYDARZEŃ „ENSO”

NAJWIĘKSZE DAWNIEJ ZAREJESTROWANE EPIZODY ENSO:

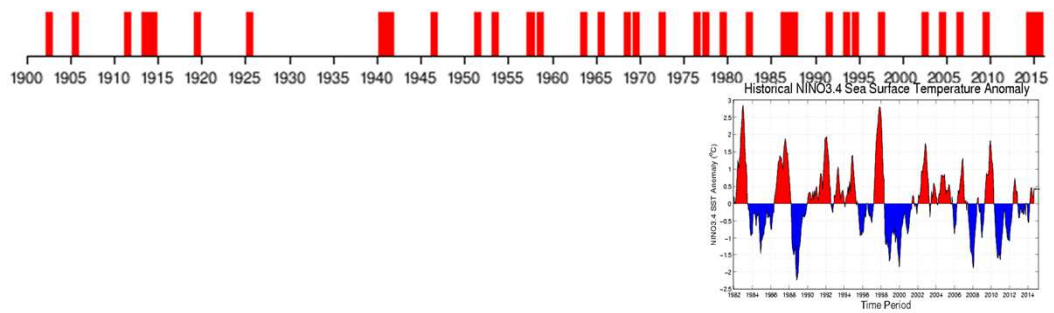
1790-93,
1828,
1876-78,
1891,
1925-26,
1972-73,
1982-83,
1997-98.

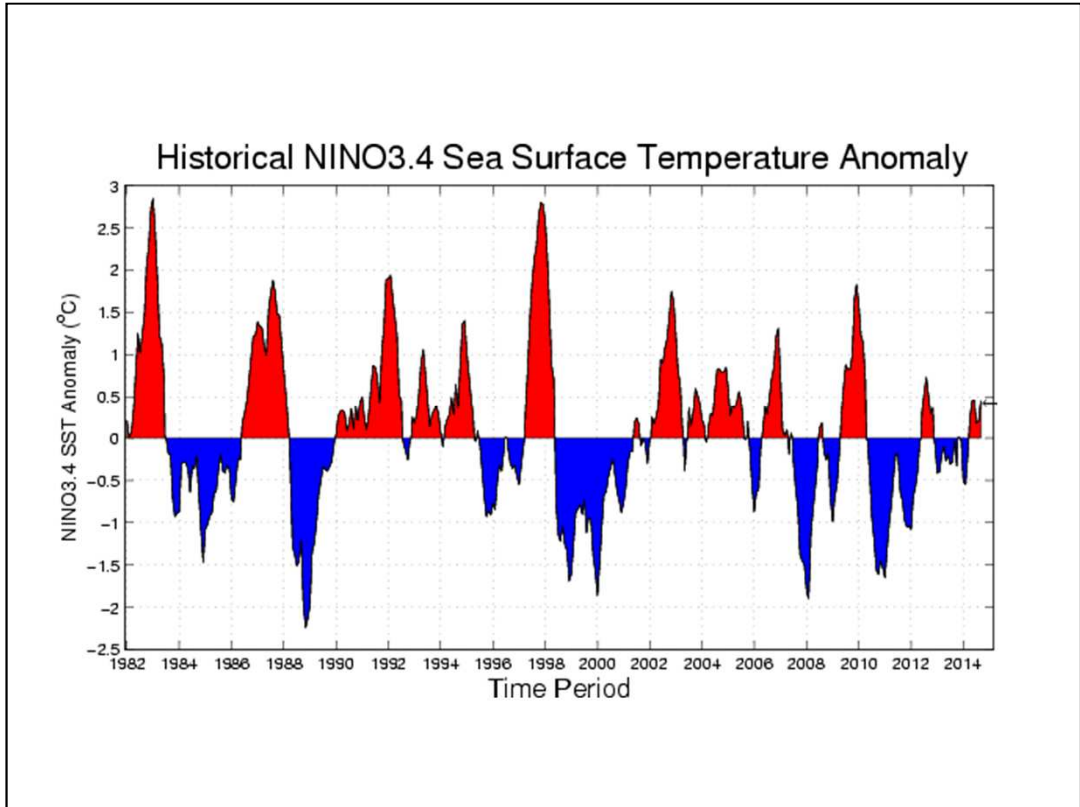
OSTATNIE WYSTĄPIENIA EL NINO

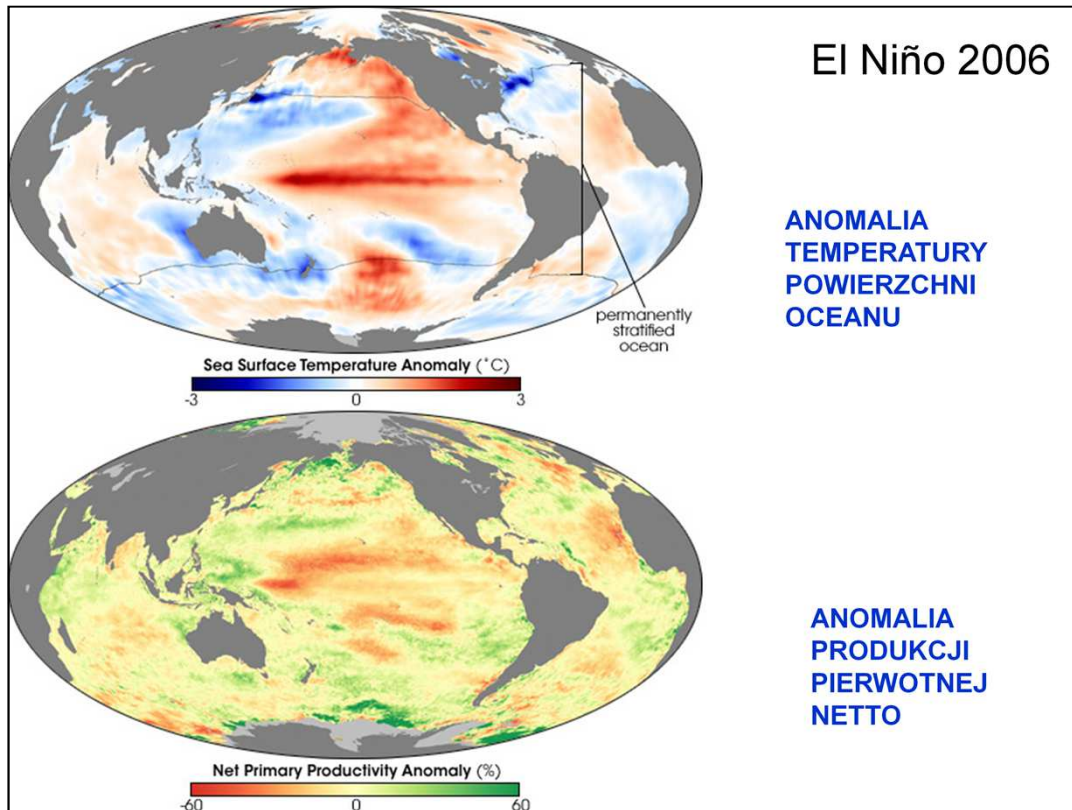
1986-1987,
1991-1992,
1993,
1994,
1997-1998,
2002-2003,
2004-2005,
2006-2007.
2009-2010
2014/2015??

Epizody El Niño – zwane również „ENSO” (El Niño Southern Oscillation) pojawiają się nieregularnie co kilka lat, nie jest jasna ich geneza, a przewidywanie bardzo trudne.

EPIZODY EL NINO MIĘDZY 1900 a 2016





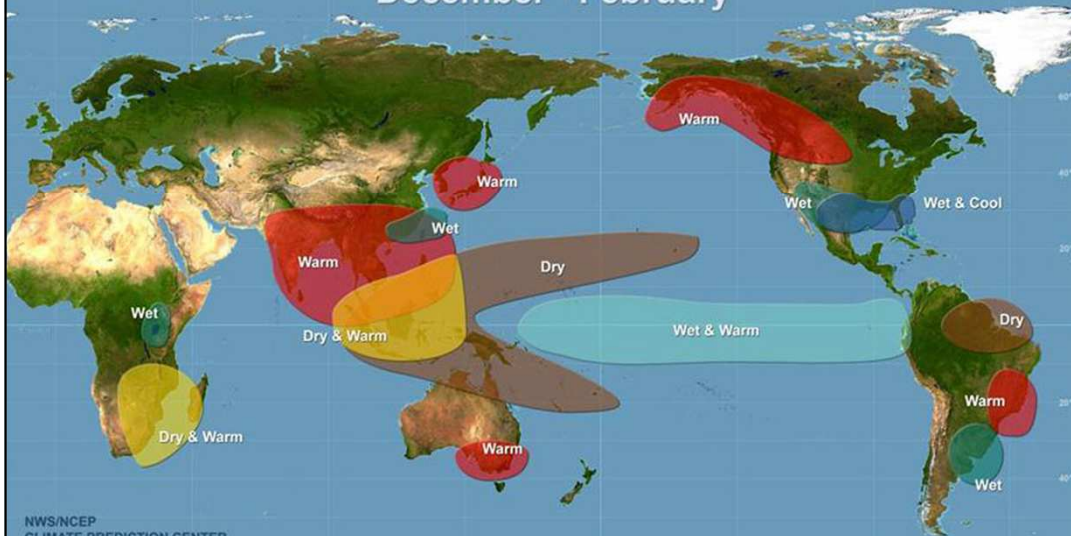


Na mapie dot. epizodu El Niño z r. 2006 zaznaczono anomalie produktywności oceanu.



Warm Episode Relationships

December - February



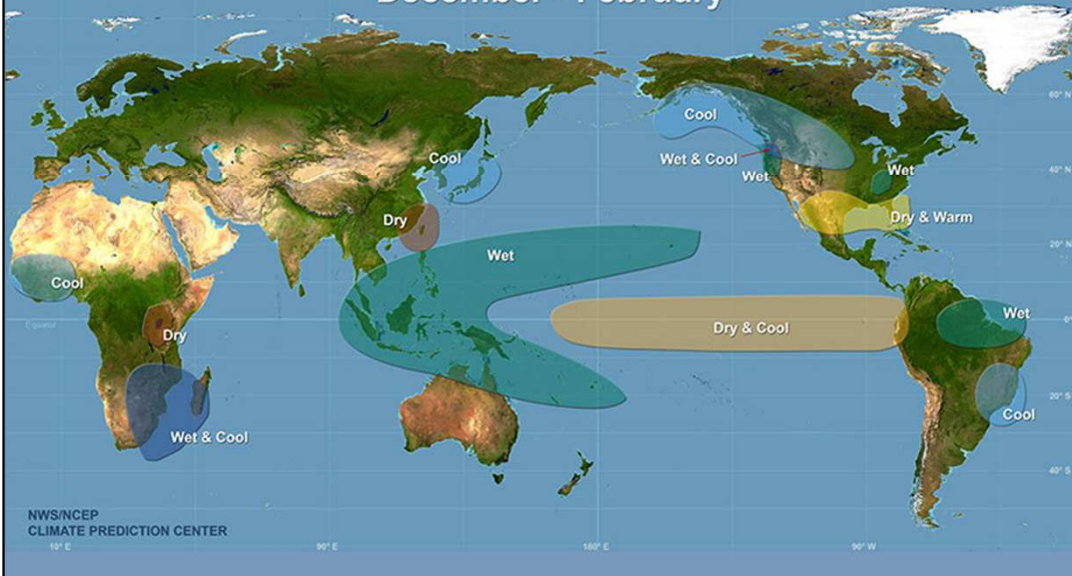
NWS/CEP
CLIMATE PREDICTION CENTER

[https://www2.ucar.edu/sites/default/files/news/2014/905px_ENSO -Warm_Cold_Episode_DJF%20copy.jpg](https://www2.ucar.edu/sites/default/files/news/2014/905px_ENSO-Warm_Cold_Episode_DJF%20copy.jpg)

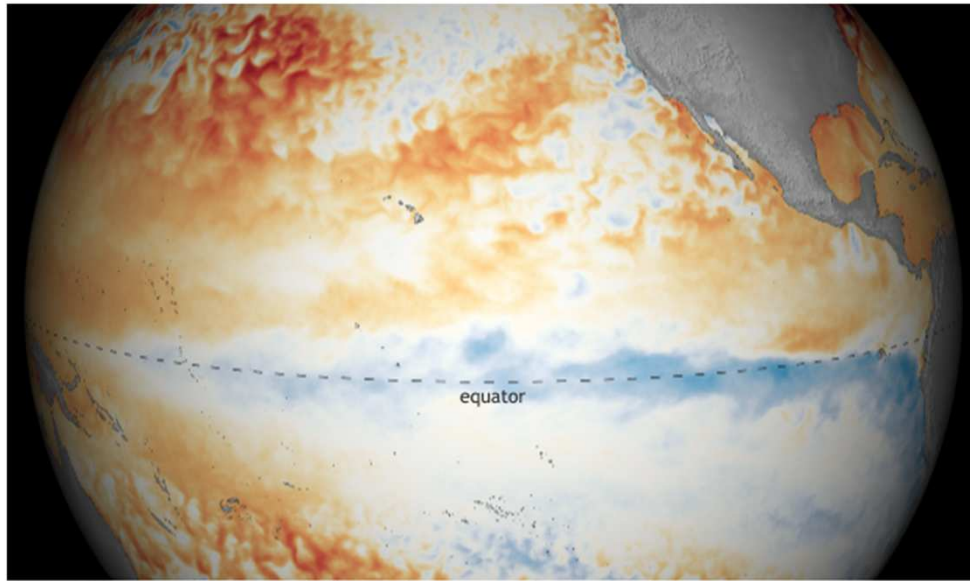


Cold Episode Relationships

December - February



2016/17, 2017/18 (?) – La Niña



October 2017
compared to 1981-2010

Difference from average temperature (°F)
-9 0 9

Climate.gov/NNVL
Data: Geo-Polar SST

