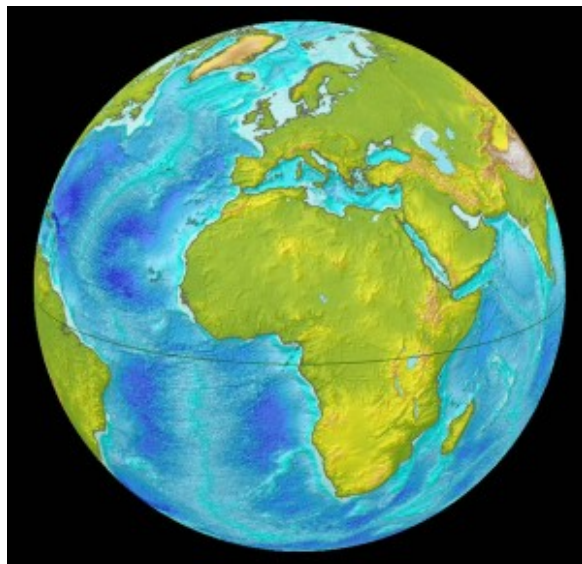


Co by było, gdyby Ziemia przestała kręcić się?

Jak wyglądałyby zasięgi oceanów i lądów w zupełnie nierealnym, aczkolwiek fascynującym intelektualnie przypadku – gdyby Ziemia stopniowo, tj. na przestrzeni kilkudziesięciu lat, przestała obracać się wokół własnej osi? Odpowiedź na to pytanie nie stanowi zapowiedzi globalnej katastrofy. Nie jest też scenariuszem futurystycznej powieści (choć została użyta do napisania scenariusza filmu pt: „Aftermath – When the Earth Stopped Spinning”, wyemitowanego przez TV National Geographic w USA i Kanadzie w 2010 roku). Artykuł ten pokazuje analityczne możliwości GIS, w tym narzędzi ArcGIS.

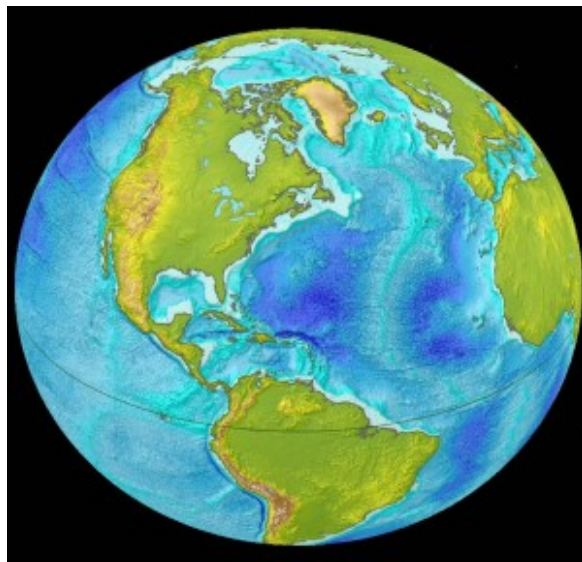
Oglądając mapy kontynentów lub całej Ziemi na ogół nie zdajemy sobie sprawy, jak bardzo istotną rolę odgrywa znany nam tak dobrze zasięg mórz i oceanów. Średni poziom morza przyjęto za wartość stałą i na tej stałej zbudowane są fundamenty geografii fizycznej.

Poziomica o wartości „0” oddziela morza od lądów (Ryc. 1.) i określa poziom morza, a ten stanowi odniesienie do wszystkiego co znajduje się pod wodą i na powierzchni lądów. Co spowodowało, że poziom morza znajduje się tam, gdzie go obecnie obserwujemy? Jak stabilne są siły, które sprawiły, że jest tam, gdzie jest? W artykule tym nie rozważamy zmian klimatycznych, topnienia lodowców i wynikającego z tych przyczyn podniesienia się poziomu oceanu światowego. Skoncentrujemy się wyłącznie na kształcie naszej planety i geofizycznych siłach determinujących zasięgi oceanów.



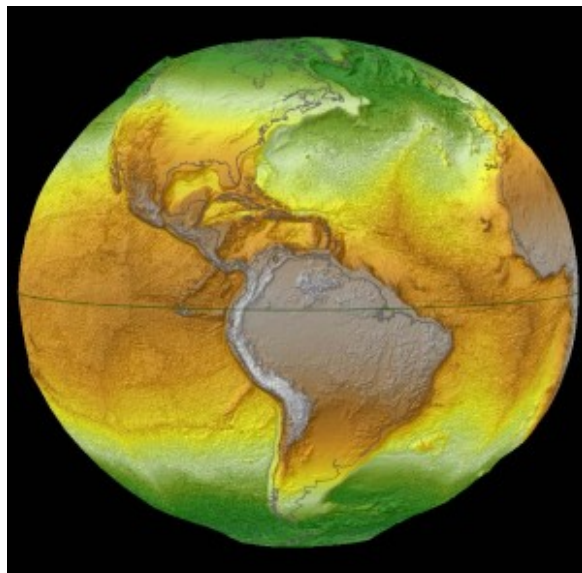
Ryc. 1. Oto świat, jaki znamy. Poziomica „zero” oddziela morza od lądów.

Znany nam zasięg mórz jest wypadkową działania siły grawitacji i siły odśrodkowej wynikającej z ruchu wirowego Ziemi. W wyniku trwającego od początku istnienia planety ruchu wirowego wokół własnej osi, Ziemia przybrała kształt elipsoidy. Oś ziemskiej elipsoidy różni się swą długością zaledwie o 0.33%, acz jednocześnie odległość od powierzchni oceanu na Biegunie Północnym do środka ciężkości Ziemi jest o 21,4 km krótsza niż odległość średniego poziomu morza na równiku do tego samego środka Ziemi. To wskutek działania siły odśrodkowej mobilna z natury woda, dążąc do stanu równowagi pomiędzy siłą grawitacji a siłą odśrodkową, przemieściła się częściowo w kierunku równika. Poziom światowego oceanu ustalił się zgodnie ze stanem równowagi pomiędzy tymi siłami. Siły te są stałe, jako że masa Ziemi, podobnie jak i prędkość ruchu wirowego, są praktycznie niezmiennie – prędkość ruchu wirowego zmniejsza się nieznacznie w tempie rzędu jednej sekundy na kilka lat.



Ryc. 2. Równikowa oś ziemskiej elipsoidy jest o 21,4 km dłuższa niż oś biegunowa. Aby zademonstrować nierówność pomiędzy osiami elipsoidy, spłaszczenie Ziemi zostało celowo wyolbrzymione.

A co by było, gdyby Ziemia zwolniła w swoim ruchu wirowym aż do pełnego zatrzymania, zachowując przy tym niezmienny kąt nachylenia osi do płaszczyzny swej orbity oraz kontynuując ruch obrotowy wokół Słońca? Wówczas długość dnia byłaby równa długości roku. Nastąpiłyby katastrofalne zmiany klimatu oraz nie mniej katastrofalne gwałtowne natężenie potężnych trzęsień ziemi. Silna aktywność sejsmiczna stanowiłaby „odreagowanie” Ziemi na zanikanie siły odśrodkowej. Siła odśrodkowa przestałaby również oddziaływać na rozmieszczenie wód światowego oceanu. Zasięg oceanów uzależniony byłby wyłącznie od siły grawitacji, a więc od odległości od środka ciężkości Ziemi (oraz od ukształtowania powierzchni). Pozostałyby jeszcze oddziaływania sił przyciągania takich ciał niebieskich jak Księżyc i Słońce oraz jeszcze mniejsze siły przyciągania poszczególnych mas kontynentalnych, a nawet łańcuchów górskich. Jednakże ich łączny wpływ byłby zapewne mniejszy niż błąd przybliżenia popełniony w przedstawianej analizie.



Ryc. 3. Odległość od środka Ziemi może być przedstawiona w formie mapy wysokości terenu. Siła grawitacji jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od środka masy. Na Ziemi jest ona najsilniejsza na obszarach podbiegunowych, a naj słabsza wzdłuż równika. Najbardziej oddalonym od środka Ziemi punktem jest szczyt wulkanu Chimborazo (6267 m. n.p.m.) w Ekwadorze i tam też siła grawitacji jest najmniejsza na całej planecie. Natomiast prędkość liniowa ruchu wirowego jest w tym punkcie największa.

W znanej nam rzeczywistości, siła odśrodkowa będąca następstwem ruchu wirowego Ziemi, jest proporcjonalna do prędkości liniowej. Ta zaś największa jest na równiku i wynosi 1667 km/h. W efekcie wokół równika skupione są masy wód oceanicznych o „wysokości” lub „głębokości” kilku (około 8) kilometrów, których w tym miejscu nie byłoby, gdyby jedynym

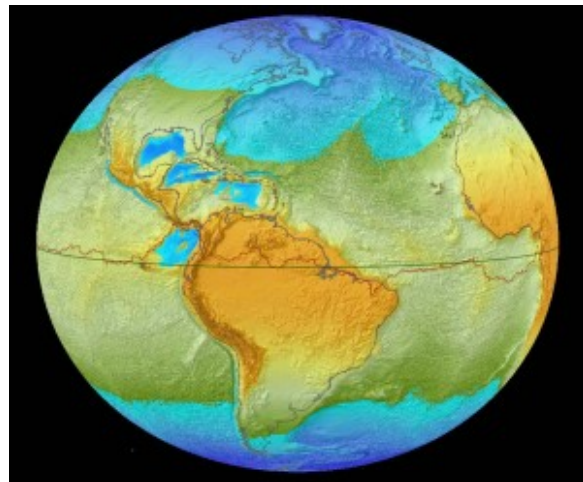
czynnikiem oddziałującym na rozmieszczenie oceanów była siła grawitacji (ziemskiej). Ukształtowana w ten sposób powierzchnia tworzona przez poziom morza i jej przedłużenie na wszystkie lądy określa geometryczny kształt naszej planety. Ten hipotetyczny kształt został matematycznie zdefiniowany jako określona elipsoida i znany jest jako World Geodetic System (WGS84). Został zaaprobowany na międzynarodowej konferencji w Waszyngtonie w 1984 roku.

Gdyby więc na przestrzeni kilkudziesięciu lat Ziemia przestała obracać się wokół własnej osi, zgromadzone na małych szerokościach geograficznych masy wód oceanicznych dążąc do stanu równowagi migrowałyby stopniowo tam, gdzie siła przyciągania ziemskiego byłaby największa, czyli w kierunku obu biegunów.

Znając całkowite zasoby wodne naszej planety oraz ukształtowanie jej powierzchni (zarówno pojemność basenów oceanicznych, jak i rzeźbę powierzchni kontynentów) można by było wyliczyć zasięgi przestrzenne światowego oceanu w różnych stadiach hipotetycznego zmniejszania się siły odśrodkowej. W trakcie symulacji wykonanej narzędziami GIS siła grawitacji miała stopniowo odgrywać coraz to większą rolę, aż do momentu, gdy stała się ona jedynym istotnym czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie oceanów na Ziemi, a co z tym związane, powierzchnia tworzona przez poziom wód oceanicznych (i ich geometryczno-grawitacyjne rozszerzenie na obszary lądowe naszej planety) zbliżyłaby się stopniowo do kształtu kulistego.

W efekcie tych migracji obszary podbiegunowe zalane byłyby przez dwa olbrzymie Oceany Polarne, a wzdłuż równika powstałby jeden kolosalny „megakontynent”. Na powstałym w ten sposób okołorównikowym obszarze lądowym, który odziedziczyłby istniejącą rzeźbę terenu obecnych kontynentów i den oceanicznych, można wyznaczyć „dział wodny” pomiędzy zlewniami dwóch Polarnych Oceanów. Dział ten na poniższej mapie (Ryc. 4.) pokazany jest w postaci czerwonej linii. Interesującym

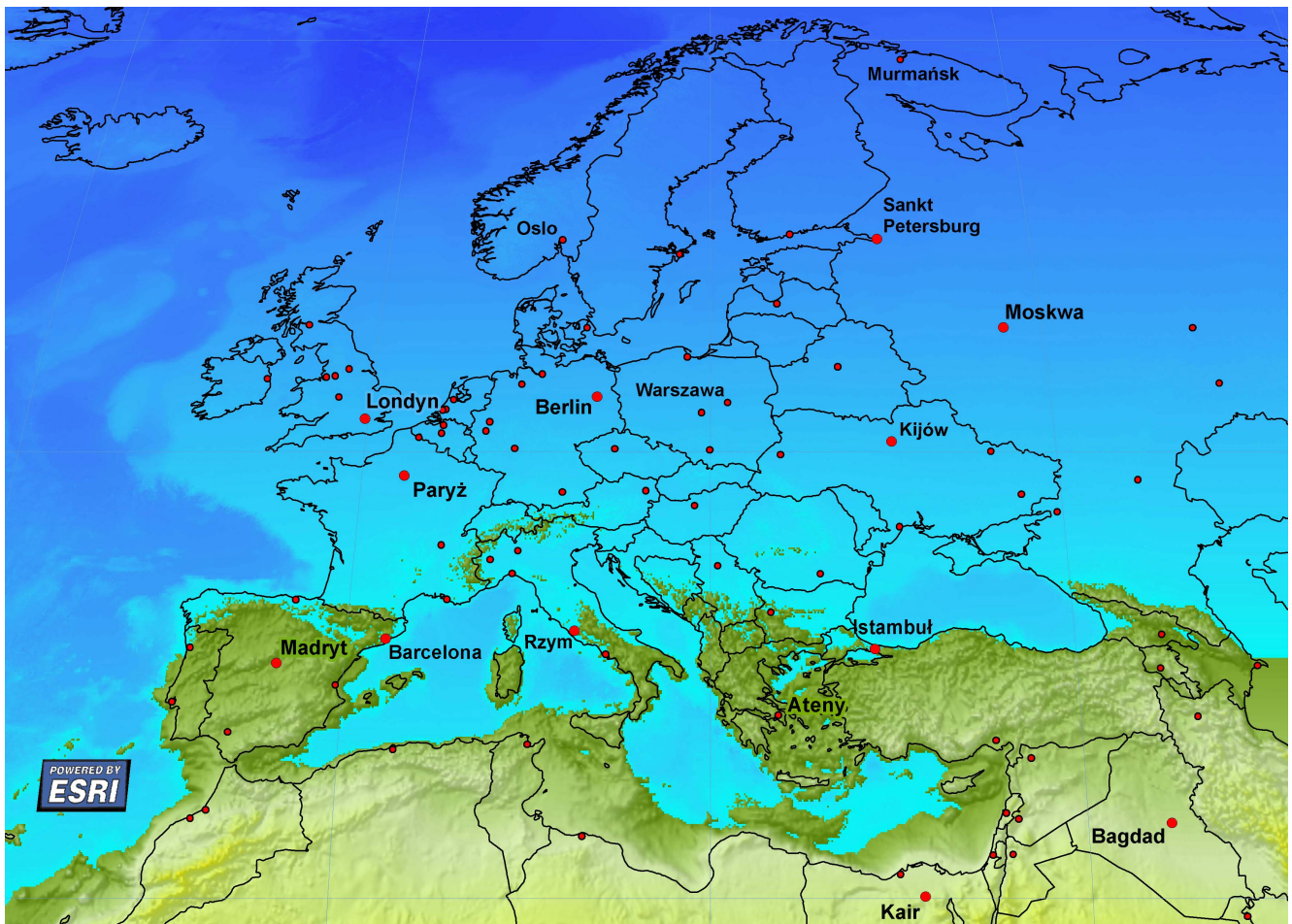
szczegółem może być informacja, że w nowej geografii najwyższym punktem na Ziemi byłby wspomniany wulkan Chimborazo w Andach (13615 metrów), a szczyt Kilimandżaro liczyłby aż 12786 metrów. Natomiast Himalaje straciłyby swoją dominującą rolę, jako że ich szczyty byłyby o około 4000 metrów niższe od najwyższych na Ziemi. Najniższe obniżenie globalnego działu wodnego znajduje się na południowy zachód od obecnych Wysp Kiribati na Pacyfiku miałoby wysokość 2760 metrów. Do określenia tych wysokości jako poziom odniesienia przyjęto poziom Oceanu Południowego (o różnicach poziomów Oceanów Polarnych będzie mowa w dalszej części artykułu).



Ryc. 4. Gdyby Ziemia przestała wirować, zasięg oceanów byłby zupełnie inny niż obecnie. Czerwoną linią zaznaczono „dział wodny” pomiędzy dwoma hipotetycznymi Oceanami Polarnymi.

Warto zauważyć, że na wynurzoną ponad poziom obu oceanów kontynencie, w jego obszarach bezodpływowych prawdopodobnie pozostałoby ponad 20 lokalnych mórz. Poziom wody w tych morzach byłby bardzo zróżnicowany w stosunku do poziomu wody w obu Oceanach Polarnych. Podobnie głębokość owych mórz różniłaby się od bardzo płytkich jak np. morze, które

powstałoby w miejscu obecnego Morza Południowochińskiego, po bardzo głębokie nowe morze w miejscu Zatoki Meksykański



Ryc. 5. Po ustaniu ruchu wirowego Ziemi niewiele Europy pozostałoby na powierzchni oceanu.

Na kolejnych mapach symulacji zaprezentowane są hipotetyczne kształty mórz i lądów, które mogłyby zaistnieć przy stopniowym zmniejszaniu się prędkości ruchu wirowego Ziemi. Gdyby to zwalnianie aż do momentu ustania ruchu wirowego trwało np. 30 lat, powierzchnia tworzona przez poziom wód oceanicznych naszej planety zbliżyłaby się stopniowo do kształtu kulistego. Jest to sytuacja przedstawiona na Ryc. 11. Wyeliminowanie siły odśrodkowej oddziaływałoby w istotny sposób nie tylko na wody naszej planety, ale także na całą elipsoidalną „kulę” ziemską. Jednakże „odreagowanie” ziemskiej skorupy po ustaniu działania siły odśrodkowej trwałoby prawdopodobnie aż około 10 tys. lat. Oznacza to, że przez kilka tysięcy lat Ziemia traciłaby charakterystyczny dla wszystkich planet kształt elipsoidalny.

Temu „powolnemu” procesowi towarzyszyłyby zapewne niesamowite trzęsienia ziemi.

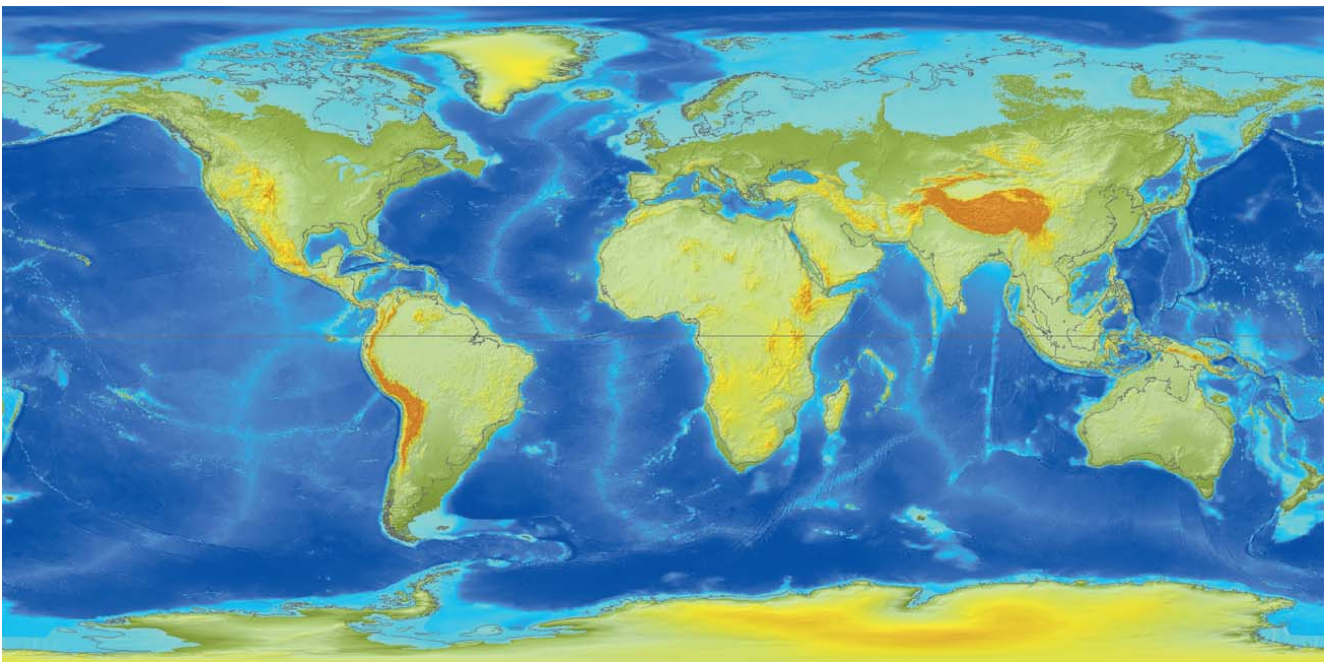
Współcześnie wszystkie trzy oceany są ze sobą połączone w jeden światowy ocean tworzący praktycznie jeden uniwersalny poziom morza. W rezultacie hipotetycznej migracji wód oceanicznych w kierunku obu biegunów, w pewnym stadium tego procesu oba Oceany Polarne zostałyby od siebie odseparowane. Oczywiście, ostatnia więź pomiędzy nimi zostałaby zerwana w najniższym punkcie działu wodnego biegnącego naokoło Ziemi (Ryc. 4.). Miejsce to znajduje się kilkadziesiąt kilometrów na południowy zachód od Wysp Kiribati na obecnym Zachodnim Pacyfiku. Ponieważ dno oceanu w tym regionie tworzy bardzo rozległą, prawie płaską równinę oraz dlatego, że wynurzenie się nowego okołorównikowego kontynentu postępowałoby w tym scenariuszu szybko, po momencie separacji nie zaistniałaby już możliwość przepływu wód pomiędzy oboma akwenami. Rozległa na setki kilometrów równina wynurzyłaby się spod wody nieomal jednocześnie.

Pomimo, że wysoki kontynent Antarktydy okala biegun południowy, akwen, w którym znalazłby się Południowy Ocean Polarny miałby większą pojemność niż jego północny odpowiednik. Przy niezmiennej już ilości wody w każdym basenie i w efekcie dalszej migracji poziom Oceanu Południowego byłby niższy niż poziom Oceanu Północnego. Obliczenia objętościowe wykonane z wykorzystaniem 3D Analyst wskazują, że różnica poziomów wody pomiędzy obydwoma oceanami sięgałaby aż 1407 metrów! Jednakże, biorąc pod uwagę niedoskonałość danych (DEM o niskiej rozdzielczości), można uznać, że różnica ta byłaby rzędu 1400 metrów.

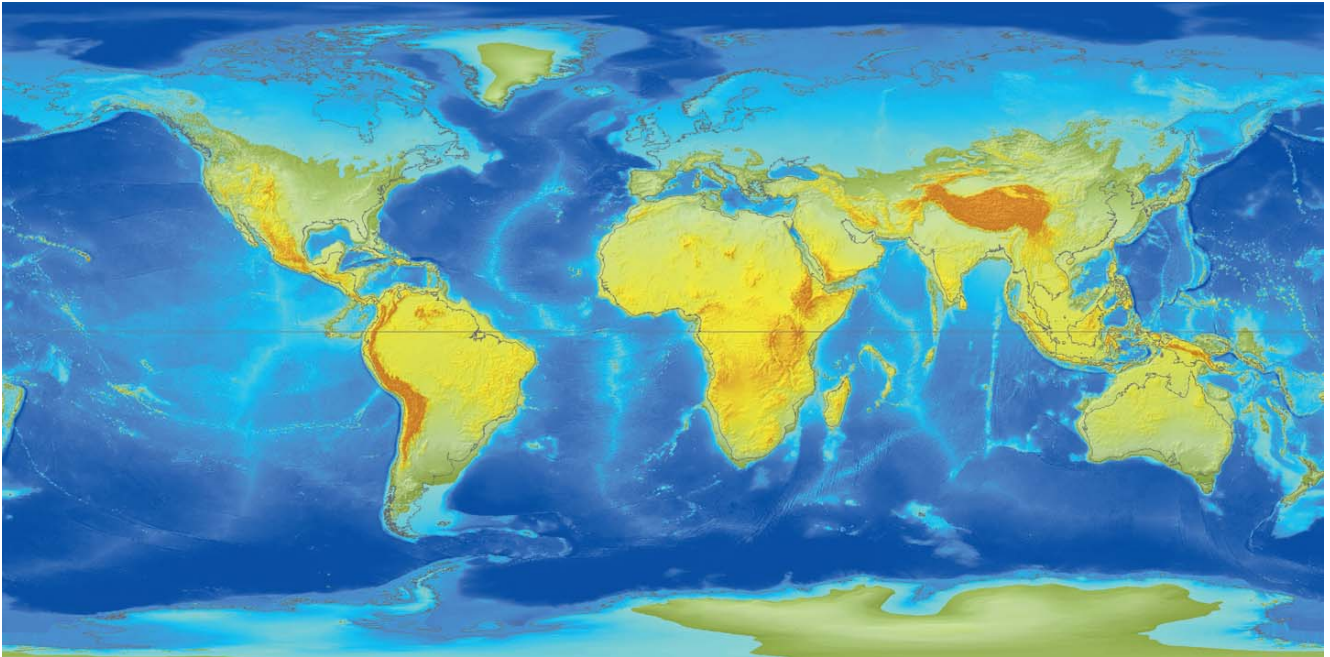
Warto zaobserwować, jak istotną rolę w procesie zmieniania się zasięgu mórz odgrywałaby rzeźba terenu. I tak, w początkowym okresie zwalniania prędkości ruchu wirowego, największe zmiany zaszłyby tam, gdzie znajdują się rozległe niziny północy. Woda najpierw stopniowo zalewałaby nisko położone tereny Syberii i północnej Kanady, podczas gdy zmiany linii brzegowej na małych

szerokościach geograficznych są ledwie widoczne. Jest tak dlatego, że na małych szerokościach oprócz niewielkich mórz pomiędzy wyspami Archipelagu Malajskiego, oceany są bardzo głębokie. W związku z tym obniżenie poziomu morza wokół równika o kilkadziesiąt metrów nie wpływa na wynurzenie się znaczących połączeń lądu.

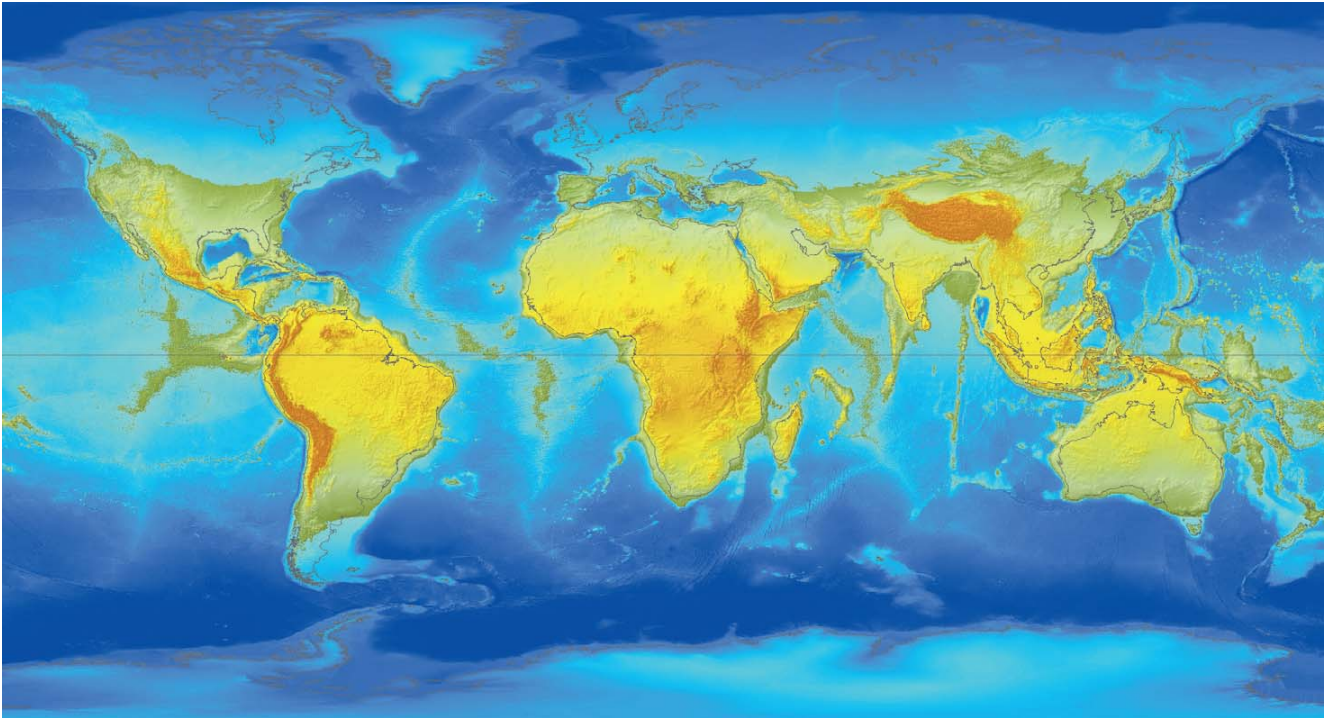
Mapy na Ryc. 6-11 ilustrują barwami symbolizującymi zarówno topografię, jak i batymetrię kolejne etapy zmieniania się geografii wraz z ustawianiem działania siły odśrodkowej. Mapy te pokazują, jak nowe obszary lądowe coraz wyraźniej pojawiają się w strefie międzyzwrotnikowej i jak tamtejsze oceany systematycznie stają się coraz płytsze; jak wynurzają się początkowo małe wyspy, które z czasem stają się wielkimi wyspami, aż w końcu wokół równika powstaje jeden wielki kontynent.



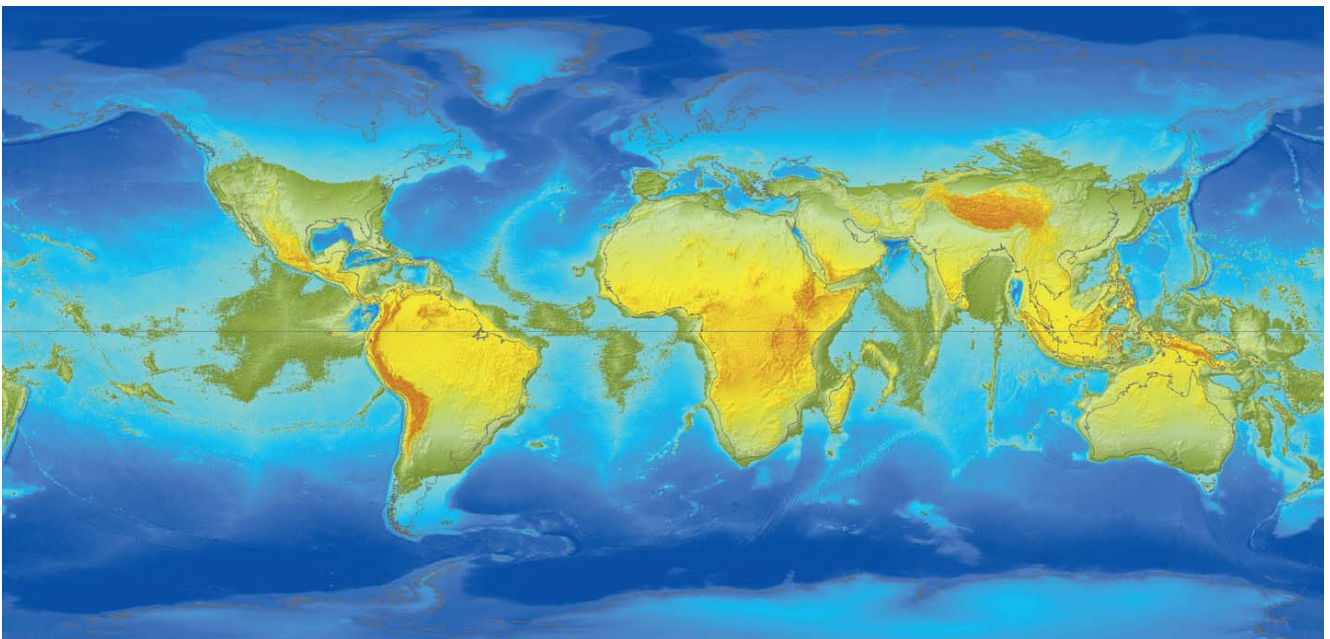
Ryc. 6. W miarę jak zmniejsza się siła odśrodkowa, masy wód oceanicznych odpływają z regionu równikowego i gromadzą się na obszarach polarnych. Jest to wyraźnie widoczne poprzez zalewanie nizin Syberii, północnej Rosji i Kanady z jednej strony i poprzez „wysychanie” płytkich mórz w Azji Południowo-Wschodniej i Północnej Australii.



Ryc. 7. Pogłębianie się wód wokół stref podbiegunowych powoduje dalszą ekspansję oceanów na północne niziny Eurazji i Ameryki. Antarktyda i Grenlandia, pomimo dotychczasowej znacznej wysokości nad poziom morza, wyraźnie ustępują napierającym oceanom. Największy zbiornik słodkiej wody, Wielkie Jeziora Amerykańskie, zostaje pochłonięty przez ocean.

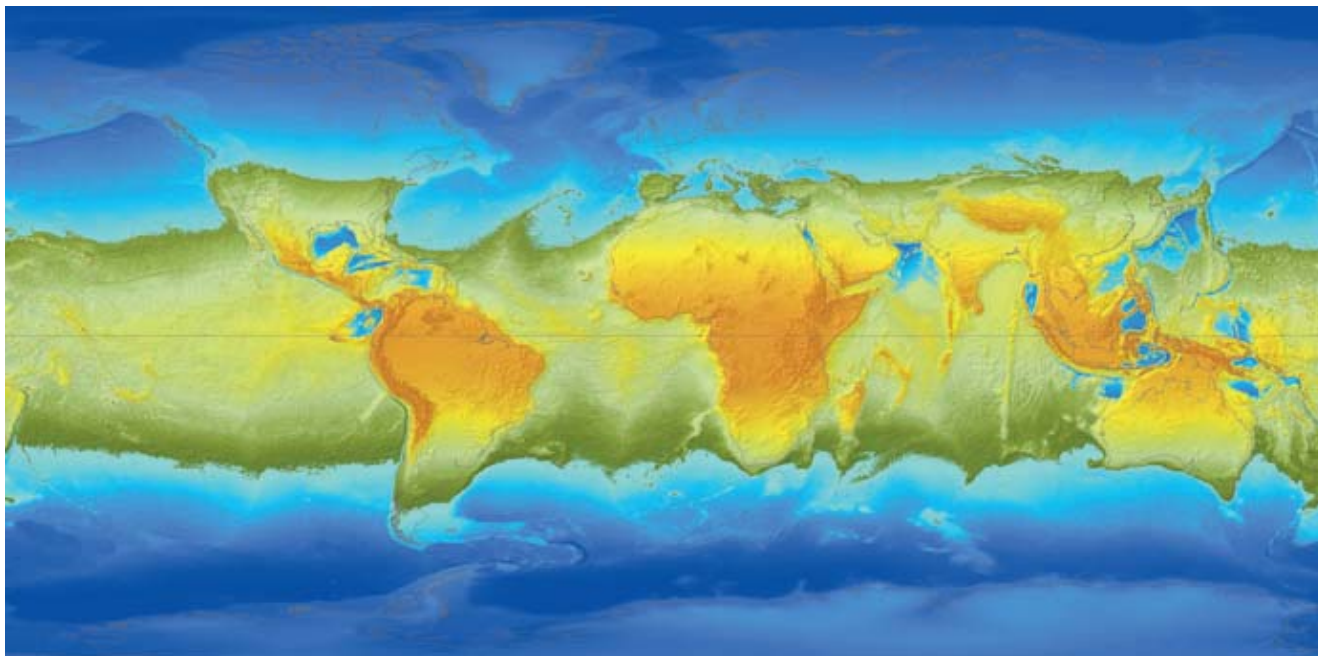


Ryc. 8. Cała Antarktyda znajduje się już pod wodą. Obszary lądowe strefy międzyzwrotnikowej wyraźnie rozszerzają się. Powstają nowe wyspy, a np. środkowa część Grzbietu Środkowoatlantyckiego wynurza się w postaci łańcucha górskiego o szybko zwiększającej się wysokości. Zanika Morze Czerwone.



Ryc. 9. Prawie cała Europa, podobnie jak Rosja i Kanada, znalazła się pod wodą. Wysycha stopniowo Zatoka Bengalska. Z Madagaskaru można by już przejść do Afryki. W terenach

większych obniżeń dna oceanicznego (lokalnych depresji) zostają odcięte morza śródlądowe.



Ryc. 10. Końcowy zasięg mórz i lądów po ustaniu ruchu wirowego Ziemi. Nowa geografia oznaczałaby nie tylko zmiany linii lądów, ale i katastrofalne zmiany klimatu. Co najmniej 20 okazałych śródlądowych mórz pojawiłoby się na mapie. Niektóre z nich, jak np. Morze Celebes znajdowałyby się na wysokości około 5800 metrów nad poziomem Północnego Oceanu Polarnego. Wysokość poziomu wody Morza Galapagos sięgałaby 5200 metrów nad poziomem tego samego oceanu.

Konkluzja

Zwalnianie prędkości obrotu Ziemi zostało współcześnie zaobserwowane, zmierzone i teoretycznie wyjaśnione. W swoim ruchu wirowym Ziemia zwalnia głównie wskutek istnienia przyptywów morskich ukierunkowanych przeciwnie do kierunku wirowania. Na prędkość wirowania ma to wpływ zupełnie marginalny, ale oddziałuje on już zapewne przez 3-4 miliardy lat (od kiedy pojawiły się na Ziemi oceany), a nie jest nam znana siła przeciwdziałająca, która „popędzałaby” Ziemię.

Dodatkowo inne badania sugerują, że np. w dewonie, epoce, która trwała od 360 do 410 milionów lat temu, na jeden obrót wokół Słońca Ziemia wykonywała około 400 obrotów wokół własnej osi, a więc dzień był krótszy o około 10% od obecnego. Można by więc domniemywać, że w tamtej epoce siła odśrodkowa była silniejsza niż obecnie, a więc i „spiętrzenie” wody wokół równika było większe.

Jeśli wszystko potoczy się zgodnie z prawami natury, to zanim Ziemia przestanie się kręcić miną miliardy lat, a do tego czasu (w rezultacie ruchów płyt tektonicznych), kontynenty i tak znajdą się zupełnie gdzie indziej niż są obecnie. Pocięgą może być to, że Ziemia w końcu stanie się geometryczną kulą (co zmniejszy szereg komplikacji związanych z odwzorowaniami kartograficznymi i płaszczyznami odniesienia w GIS!), a wraz z wydłużaniem się dnia, będziemy mieli coraz więcej czasu... W końcu z uwagi na to, że każdy kolejny rok jest „ciut” dłuższy od poprzedniego, wiek XXI będzie prawdopodobnie trwał o około 20 sekund dłużej niż ten, w którym się urodziliśmy.