

Wybrane problemy zmian klimatu na świecie

A few problem climate change on the world

STANISŁAW SALA

Summary. This article presents a few problems caused by the change of the climate in the world which are an inherent part of the earth history. In the Paleozoic era there were two glacial cycles. Thirst cycle occurred in the Carelian period while second glacial cycle took place in wend period. Era Glacial cycles were in the next eras such as Mesozoic, Paleozoic. Warm periods separated hot periods. Nowadays greenhouse effect has been considered to be the main reason for changing climate. The main problem of the change of the climate is the role of CO₂, NH₄, in it. Besides, it is not known in what way the climate has influenced the changes in earth solar activity, speed rotary, cosmic dust, spreading bottom ocean, volcanic eruption, orogenic processes and changes in the earth pole.

Key words: greenhouse effect, paleoclimatology.

Dr Stanisław Sala, Zakład Badań Regionalnych, Instytut Geografii Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce

WSTĘP

Jednym z najważniejszych współczesnych problemów jest globalne ocieplenie, które do niedawna było tylko modną koncepcją lansowaną przez kręgi naukowe, natomiast obecnie w coraz większym stopniu wpływa na egzystencję gatunku *Homo sapiens*. Z uwagi na bardzo krótki okres życia człowieka jako gatunku oraz współczesną genezę nowoczesnej meteorologii, występują duże trudności z określeniem długookresowych tendencji klimatycznych. Zmiany klimatu na kuli ziemskiej są nieodłączną częścią historii Ziemi. Z oczywistych względów nie mamy bezpośrednich dowodów na historyczne zmiany klimatu, ale dysponujemy wieloma dowodami pośrednimi zapisanymi w skałach skorupy ziemskiej.

ZARYS ZMIAN KLIMATYCZNYCH NA ZIEMI

Przedstawiając zarys zmian klimatycznych na Ziemi, należy zacząć od ery archaicznej, w której powstała ziemska atmosfera. Pierwotnie składała się z mieszaniny wodoru, ditlenku węgla, pary wodnej oraz gazów szlachetnych. W ciągu kolejnych milionów lat skład atmosfery ulegał zmianom. Z jednej strony lekkie gazy występujące w atmosferze, takie jak wodór i hel, stopniowo przenikały do przestrzeni kosmicznej, z drugiej natomiast atmosfera wzbogacała się o gazy pochodzące głównie z erupcji wulkanicznych. Do momentu powstania wolnego tlenu w atmosferze panowały warunki redukcyjne. Wraz z powstaniem życia rozpoczął się proces fotosyntezy, który z jednej strony dostarczał żywym organizmom związków potrzebnych do życia, natomiast z drugiej rozpoczął proces wzbogacania atmosfery w wolny tlen.

Za zmianę warunków redukcyjnych na utleniające przyjmuje się okres od 2,2 do 1,9 mld lat BP, który został poprzedzony gwałtownym wzrostem stromatolitów. Dzięki organizmom morskim zdolnym do fotosyntezy pojawiły się w oceanach warunki oksydacyjne, natomiast w atmosferze w dalszym ciągu panowały warunki redukcyjne. W obecności tlenu następowało szybkie utlenianie żelaza dwuwartościowego, rozpuszczonego w oceanach, do żelaza trójwartościowego, ulegającemu wytrąceniu w płytkich morzach. Wtedy zaistniały warunki sprzyjające akumulacji nadwyżek tlenu w atmosferze.

W końcu ery prekambryjskiej skład chemiczny atmosfery się ustabilizował. Współczesny skład atmosfery przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Współczesny skład atmosfery (za: Borówka 1996)

Table 1. Contemporary composition of atmospheric (after: Borówka 1996)

Nazwa <i>Name</i>	Symbol <i>Symbol</i>	Zawartość <i>Contents</i>
Azot (N ₂)	N ₂	78%
Tlen	O ₂	20,9%
Ditlenek węgla	CO ₂	0,03%
Argon	Ar	0,93
Argon- 36	³⁶ Ar	31 ppm
Neon	Ne	18,2 ppm
Hel	He	5,2 ppm
Krypton	Kr	1,1 ppm

Ksenon	Xe	0,09 ppm
Wodór	H ₂	0,5 ppm
Metan	CH ₄	2 ppm

O cechach klimatu wnioskuje się m.in. na podstawie analizy osadów. Przykładowo, występowanie skał wapiennych czy pstrych piaskowców świadczy o ciepłym klimacie, natomiast osadów polodowcowych w danym okresie informuje nas o znacznym ochłodzeniu klimatu, w trakcie którego rozwijają się lodowce i lądolody (tab. 2). Pozostałością po lodowcach są obecnie zdiagenezowane gliny morenowe, zwane tillitami, oraz diamikryty, mikstyty i tyloidy. Prekambryjskie tillity obserwujemy obecnie na wszystkich kontynentach, co świadczy o znacznych ochłodzeniach klimatu na tych obszarach.

W dolnym prekambryżu (karel) główne strefy ochłodzeń objęły obecne obszary Afryki Południowej, wschodniej Kanady oraz tereny Finlandii, ale już w wendzie obserwujemy tillity na wszystkich kontynentach. W tym okresie ochłodzenia wystąpiły także w pobliżu ówczesnego równika. Na tej podstawie powstała teoria mówiąca o prekambryjskim zlodowaceniu całej ziemi (Orłowski, Szulczewski 1990).

Tabela 2. Podstawowe źródła informacji o zmianach klimatu (za: Borówka 1996)

Table 2. Basic information's about change of climate (after: Borówka 1996)

Źródło informacji <i>Source of informations</i>	Rodzaj informacji <i>Kind of informations</i>	
Osady lądowe <i>Land's sediment</i>	Osady lodowcowe	Zasięg lodowców
	Struktury peryglacjalne	Zasięg wiecznej zmarzliny
	Osady rzeczne	Reżim hydrologiczny i odpowiadający im klimat
	Osady jeziorne	Zasięg roślinności zonalnej
	Ewaporaty	Zasięg strefy suchej
	Gleby kopalne	Zasięg gleb
	Osady jaskiniowe	Opady i temperatura powietrza
	Osady eoliczne	Klimat suchy i półsuchy, kierunek wiatru
Lodowce <i>Glaciers</i>	Rdzenie lodowe	Zmiany opadów śniegu, wahania temperatury, zmiany aktywności słońca, zmiany składu chemicznego atmosfery, zawartość pyłów w atmosferze

W kolejnej erze paleozoicznej wystąpiły dwa okresy znacznych ochłodzeń. Pierwsze ochłodzenie klimatu wystąpiło na przełomie ordowiku i syluru, które swym zasięgiem objęło Saharę, kanadyjską prowincję Jukon oraz wschodnią część Brazylii i Argentyny. Natomiast na przełomie karbonu i permu miało miejsce kolejne ochłodzenie, obejmujące kontynenty południowe. Tillity występują w formacji gondwańskiej na obszarze Dekanu oraz stanowią część formacji karru znajdującej na obszarze RPA (Plit 1986, Stupnicka, Ward 2002).

Na przestrzeni całego paleozoiku występowała bardzo zmienna koncentracja ditlenku węgla. Generalnie obserwuje się tendencję spadkową od 3200–5200 ppm w dolnym sylurze do 150–200 ppm w dolnym permie (tab. 3).

Tabela 3. Koncentracja ditlenku węgla podczas paleozoiku (wg More'a, Driese'a, Colarussa 1996 za: Borówka 1996)

Table 3. Concentration CO₂ during paleozoic age (after More'a, Driese'a, Colarussa 1996 after Borówka 1996)

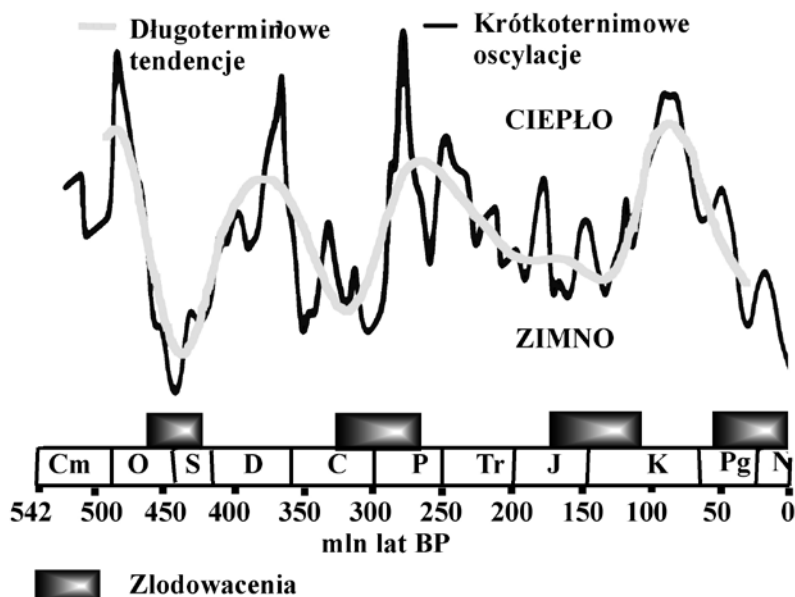
Nazwa okresu geologicznego Name of geological period	Czas (w mln lat BP) Time (million years BP)	Koncentracja CO ₂ (w ppm) Concentrations CO ₂ (ppm)
Sylur dolny	415–410	3200–5200
Dewon górny	360–366	950–2050
Dewon górny	366–353	700–1275
Karbon dolny	353–350	450–500
Karbon dolny	345–332	450–1000
Karbon górny	310–300	450–800
Perm dolny	292–280	150–200



- Tillity karelu (dolny proterozoik)
- Tillity wendu (górny proterozoik)

Ryc. 1. Miejsca występowania złodowceń proterozoicznych na Świecie (za: Orłowski, Sulczewski 1990)

Fig. 1. Appearance of ice age on the World (after: Orłowski, Sulczewski 1990)



Ryc. 2. Zmiany klimatu na przestrzeni ostatnich 540 mln lat BP
(za: Veizer i wsp. 1999, Globalwarmingart.com)

Fig. 2. Change of climate within the space of 540 million years BP
(after: Veizer et all 1999, Globalwarmingart.com)

Zmianom koncentracji ditlenku węgla towarzyszyły fluktuacje klimatu. W kambrze klimat był bardzo ciepły. Na przełomie ordowiku i syluru miało miejsce znaczne ochłodzenie klimatu przejawiające się powstaniem epoki lodowej. W dewonie i permie na dużych obszarach Ziemi klimat był suchy, o czym świadczy obecność osadów pustynnych z tego okresu.

Za główną przyczynę zmian klimatycznych w paleozoiku należy uznać rozwój życia. Mezozoik był okresem ciepłym i wilgotnym na całej kuli ziemskiej. W gorącym triasie powstawały m.in. osady pstrego piaskowca. W jurze można wyróżnić dwie strefy klimatyczne: ciepła i zimna, przy czym strefa zimna miała znacznie mniejszy zasięg niż obecnie (Veizer i wsp. 1999). Nowych informacji o jurze dostarczają nam badania wykonane na obszarze Pacyfiku. W 2001 roku wykonano odwiert na obszarze Gór Szackiego położonych 1600 km na wschód od Japonii na głębokości 3100 m. Odwiert miał 566 m głębokości i był wykonany w utworach jury górnej. Badania Brassella wskazują na znaczne zaburzenie krążenia węgla i azotu spowodowane przez zmieniający się klimat. Gwałtowne skoki temperatury miały w końcu jury

charakter globalny, co niektórzy uważają za przyczynę wymarcia dinozaurów. Średnia temperatura wód tropikalnych wahała się w granicach 30–36 stopni (obecnie wynosi 29–30 °C), a w okresach ochłodzeń spadała o ok. 4 °C (Terra daily news about planet earth 2006).

Era kenozoiczna jest najmłodszą erą w dziejach Ziemi. Rozpoczęła się 65 mln lat temu i trwa do dziś. Z końcem neogenu nastąpiło znaczne ochłodzenie klimatu, będące zapowiedzią nadchodzącego okresu glacialnego. Najmłodszy okres w dziejach Ziemi, czwartorzęd, rozpoczął się ok. 1,5 mln lat temu i został wydzielony na podstawie zmian klimatycznych. W Europie, Azji oraz Ameryce Północnej wyróżniono w tym okresie cztery wielkie zlodowacenia przedzielone okresami ciepłymi. W niektórych z nich temperatura była wyższa niż obecnie.

Wyniki badań Antarktydy wykonane w ramach projektu EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) wskazują, że w ostatnim okresie lodowcowym wyróżniono osiem okresów glacialnych i tyle samo interglacialnych. Początkowo okresy interglacialne były dłuższe, a później sytuacja się odwróciła i dłuższe były okresy glacialne. Trzy ostatnie okresy ciepła trwały po ok. 10 000 lat, czyli tyle samo co długość holocenu, co sugerować może, że żyjemy w kolejnym interglaciale. Początek holocenu charakteryzuje się ociepleniem, w trakcie którego lądolód zaczął przemieszczać się na północ od linii wałów moren czołowych Salpausselka I i Salpausselka II, znajdujących się w południowej Finlandii. Jednak należy pamiętać, że okres zlodowaceń czwartorzędowych trwa do dnia dzisiejszego. Obecnie na kuli ziemskiej funkcjonują dwa lądolody, jeden wokół bieguna południowego, a drugi wokół bieguna północnego. Współczesne ocieplenie doprowadziło do znacznego uszczuplenia lądolodu północnego, którego średnia grubość zmalała z 4 do 2 m. Po raz pierwszy od kilkudziesięciu lat Spitsbergen w okresie letnim nie ma kontaktu z lądolodem, co wyraźnie widać na zdjęciach satelitarnych.

Ostatnie wyniki badań projektu EPICA są jednoznaczne. W obecnym czasie obserwujemy największe stężenie ditlenku węgla w atmosferze od 650 000 lat. W okresach lodowcowych jego stężenie spadało do wartości ok. 240 ppm, natomiast w okresach międzylodowcowych stężenie podnosiło się do poziomu ok. 290 ppm. Jeszcze w XIX w. jego wartość była zgodna z naturalnym długo-trwałym cyklem i kształtowała się na poziomie ok. 280 ppm. Jednak już w 1950 r. średnia wartość ditlenku węgla w atmosferze niebezpiecznie wzrosła do granicy 315 ppm i od tamtego czasu tendencja wzrostowa ciągle się utrzymuje. W 2004 r. stężenie kształtowało się na poziomie 379 ppm, którą to wartość należy uznać za wyższą o 30% od wartości maksymalnych w ciągu ostatnich 650 tys. lat. (European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)).

EFEKT CIEPLARNIANY

W bieżącym roku ukazał się czwarty raport dotyczący zmian klimatu opracowany przez ponad 600 ekspertów pochodzących z 40 krajów wchodzących w skład Międzyrządowego Panelu ONZ ds. Zmian Klimatycznych (IPCC), w którym zaprezentowano prognozę dotyczącą zmian klimatycznych na naszej planecie do 2100 r. W raporcie stwierdza się m.in., że żyjemy w czasach globalnych zmian klimatycznych, które są w 90% spowodowane przez czynniki antropogeniczne. Przewiduje się, że jeżeli emisja gazów cieplarnianych nie zostanie ograniczona, to w obecnym stuleciu średnia temperatura na świecie wzrośnie od 1,8 do 4 °C, a w skrajnych przypadkach może podnieść się o 6,4 °C, natomiast w ciągu najbliższych 20 lat o 25% wzrośnie natężenie porywistych wiatrów. Wskutek topnienia lodowców poziom oceanu podniesie się od 28 do 42 cm, a coraz częściej pojawiające się fale upałów będą odpowiedzialne za wzrost liczby zgonów.

Za główną przyczynę prognozowanych zmian klimatycznych eksperci uważają efekt cieplarniany. Warto w tym miejscu nadmienić, że pojęcie efekt cieplarniany zostało wprowadzone do nauki przez chemika S.A. Archeniusa, który twierdził, że pod wpływem wzrostu koncentracji CO₂ następują zmiany bilansu radiacyjnego Ziemi. W tym momencie pojawiają się kwestie sporne dotyczące z jednej strony źródeł ditlenku węgla, natomiast z drugiej strony wyłania się problem, czy CO₂ jest i będzie głównym gazem cieplarnianym. Jak już wspomniano, raport ONZ stwierdza, że za zmiany klimatu w 90% odpowiadają czynniki antropogeniczne. Zmiany klimatu mają prawie tak długą historię jak historia Ziemi, licząca ok. 4, 5 mld lat, w przeciwieństwie do krótkiej historii człowieka mierzonej liczbą rzędu kilku milionów lat. Od początku utrwalenia się skorupy ziemskiej klimat ulegał licznym zmianom, których przyczyny z pewnością były naturalne, gdyż nie było wtedy człowieka (Raport IPCC TAC 2001).

Współczesne zmiany klimatu zazwyczaj przypisuje się efektowi cieplarnianemu, które to zjawisko należy uznać za korzystne dla rozwoju życia na Ziemi. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że efekt cieplarniany znacznie podnosi średnią temperaturę Ziemi, wahającą się obecnie w granicach 14–15 °C, natomiast wyłączając skutki efektu cieplarnianego przeciętna temperatura spadłaby do ok. -20 °C.

Zwykle to właśnie ditlenek węgla (CO₂) trafia na czołówki gazet, chociaż najważniejszym gazem cieplarnianym jest para wodna, a ostatnio coraz częściej mówi się również o roli metanu (CH₄), jako gazu wpływającym na powstawanie efektu cieplarnianego. Zawartość CO₂ i CH₄ w powietrzu jest znacznie niższa niż H₂O, jednakże ich koncentracja stale wzrasta (tab. 4).

Gazy te częściowo „zamykają” małe „okno atmosferyczne”, przez które promieniowanie ciepłe może się wydostać w przestrzeń kosmiczną. Para wodna pochłania promieniowanie podczerwone emitowane przez Ziemię w szerokim zakresie spektrum i w ten sposób „zatrzymuje” ciepło (Uherek 2007) (ryc. 3).

Tabela 4. Gazy cieplarniane i ich zawartość w powietrzu w 1750 r. (era przedindustrialna) oraz w 1998 r. oraz przewidywana wartość GWP w ciągu najbliższych 100 lat (Raport IPCC TAR 2001)

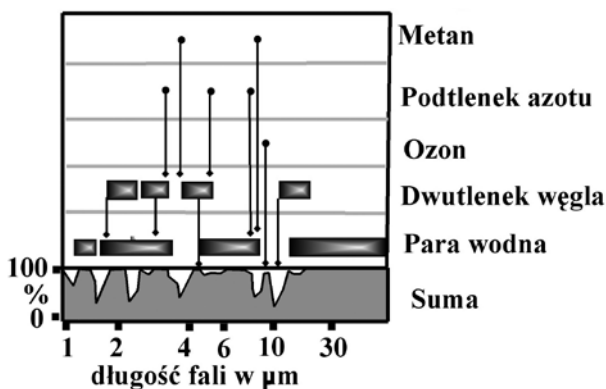
Table 4. Greenhouse gas their content in the air in 1750 and 1998 years

Gaz cieplarniany <i>Greenhouse gas</i>	Zawartość w 1750 r. <i>Content in 1750</i>	Zawartość w 1998 r. <i>Content in 1998</i>	GWP <i>GWP</i>
dwutlenek węgla CO ₂ [ppm]	280	365	1
metan CH ₄ [ppb]	700	1745	23
podtlenek azotu N ₂ O [ppb]	270	314	296
ozon troposferyczny *O ₃ [DU] [ppb]	25 (10)	34 (30-40)	—
CFC-11 CFCl ₃ [ppt]	0	268	4600
CFC-12 CF ₂ Cl ₂ [ppt]	0	533	10 600

1 DU = 1 dobson (warstwa ozonu o grubości 0,01 mm)

GWP (ang. Global Warming Potential) – wskaźnik umożliwiający porównanie zdolności danego gazu cieplarnianego do zatrzymywania ciepła w atmosferze w odniesieniu do dwutlenku węgla (CO₂), uznanego w tym wypadku za punkt odniesienia

* ozon nie jest równomiernie rozmieszczony w atmosferze i dlatego podaje się tylko przybliżoną wartość stosunku zmieszania dla troposfery w [ppb]



Ryc. 3. Pochłanianie promieniowania przez parę wodną (water vapour) i inne gazy cieplarniane, jak metan (CH₄), podtlenek azotu (N₂O), ozon (O₃), dwutlenek węgla (CO₂) (Climate Website Deutsches Museum)

Fig. 3. Absorb radiation through water vapour and other gas such as methane, nitrous oxide, ozone, carbon dioxide

Dla pewnych zakresów fal pochłanianie jest jednak bardzo małe, nawet bliskie zera, stąd też jego nazwa „okno atmosferyczne” i w tych właśnie zakresach fal inne gazy, w tym CO₂ i CH₄, pochłaniają promieniowanie, „zamykając” okna atmosferyczne.

Efekt działania ditlenku węgla i metanu jest znacznie większy niż gdyby w atmosferze znajdowało się odpowiednio więcej pary wodnej, dlatego też należy pamiętać, że oceniając wpływ danego gazu na powstawanie efektu cieplarnianego, należy brać pod uwagę zarówno jego zawartość w atmosferze, jak i wydajność w pochłanianiu promieniowania podczerwonego (Uherek 2007). Porównanie zdolności danego gazu cieplarnianego do zatrzymywania ciepła w atmosferze w odniesieniu do ditlenku węgla (CO₂), uznanego w tym wypadku za punkt odniesienia, umożliwia wskaźnik GWP (tab. 1).

Wokół efektu cieplarnianego narosło wiele mitów i nieporozumień. Efekt cieplarniany był, jest i będzie. Natomiast dyskusyjną kwestią jest rola człowieka w tych zmianach. Ostatnie badania wskazują, że człowiek, a szczególnie działalność gospodarcza człowieka, przyczynia się do wzmacniania efektu cieplarnianego, a w szczególności działalność korporacji transnarodowych, wyraźnie preferujących zyski kosztem ochrony atmosfery. Fabryki uciążliwe dla atmosfery są przenoszone z krajów wysokorozwiniętych, gdzie obowiązują ograniczenia dotyczące emisji gazów, do krajów rozwijających się, gdzie ograniczeń brak lub są bardzo małe. Jednak z punktu widzenia atmosfery nieważne czy zanieczyszczamy ją w USA, czy w Indiach, efekt jest taki sam.

HANDEL EMISJAMI JAKO PANACEUM NA EFEKT CIEPLARNIANY

Wzrastająca świadomość negatywnych konsekwencji zmian klimatu zmusiła społeczność międzynarodową do działania. W 1992 r. 152 kraje podpisały Ramową Konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu, która zobowiązała kraje m.in. do stabilizacji emisji (tab. 5).

W 1997 r. podpisano Protokół z Kioto, który oprócz redukcji emisji wprowadził nowe mechanizmy rynkowe, rekompensujące koszty poprzez handel nadwyżką redukcji emisji. Obecnie handel emisjami jest uważany za jeden z najbardziej prorynkowych elementów polityki ekologicznej. W pierwszej kolejności ustala się limity dopuszczalnych emisji dla poszczególnych grup źródeł emitujących zanieczyszczenia. Następnie dzieli się je na liczbę emiterów, którzy mogą owe prawa zbywać lub nabywać na zasadzie kupna–sprzedaży. Na koniec okresu rozliczeniowego za każdą tonę nadwyżki emisji nakładane są wysokie kary finansowe, skutecznie zniechęcające emiterów do przekraczania emisji

ponad posiadane uprawnienia. System preferuje projekty o niskich kosztach emisji, pozwalając przeznaczyć zaoszczędzone pieniądze na dodatkowe inwestycje. Szacuje się, że w ten sposób uzyskuje się oszczędności rzędu 30–60% w porównaniu do systemu nakazowo-rozdzielczego przy analogicznej redukcji emisji zanieczyszczeń. Wprowadzenie w życie ustaleń zawartych w Protokole z Kioto i na podstawie późniejszych porozumień nie rozwiązuje istotnych kwestii, ponieważ ograniczenie emisji gazów cieplarnianych nie przyniesie krótkofalowych efektów i nie powstrzyma wzrostu natężenia efektu cieplarnianego. Szacuje się, że ograniczenie emisji o 30–40% da efekty dopiero za kilka dekad. Uwzględniając dynamiczny rozwój Chin, Indii i pozostałych krajów rozwijających się, trudno oczekiwać, że zgodzą się na tak radykalną obniżkę emisji. Już teraz konsekwencją dynamicznego rozwoju krajów Azji Południowo-Wschodniej jest występowanie gigantycznego smogu o grubości do 8 km i rozciągającego się od wschodniej Indonezji aż po Indie na zachodzie.

Tabela 5. Podział krajów według Protokołu z Kioto* (Protokół z Kioto – załączniki)

Table 5. Country division according to Kioto protocol

Kraje rozwinięte <i>Developed Country</i>	Kraje okresu przejściowego <i>Country transitional period</i>
Australia (108)	Białoruś
Austria (92)	Bułgaria (92)
Belgia (92)	Chorwacja (95)
Dania (92)	Czechy (92)
Finlandia (92)	Estonia (92)
Francja (92)	Federacja Rosyjska (100)
Grecja (92)	Litwa (92)
Hiszpania (92)	Łotwa (92)
Holandia (92)	Polska (94)
Irlandia (92)	Rumunia (92)
Islandia (110)	Słowacja (92)
Japonia (94)	Słowenia (92)
Kanada (94)	Ukraina (100)
Luksemburg (92)	Węgry (94)
Niemcy (92)	
Norwegia (101)	
Nowa Zelandia (100)	
Portugalia (92)	
Stany Zjednoczone Ameryki (93)	
Szwajcaria (92)	
Szwecja (92)	

Włochy (92)
Wspólnota Europejska (92)
Zjednoczone Królestwo Wielkiej Brytanii
i Irlandii Północnej (92)

* W nawiasie podano % w odniesieniu do roku lub okresu bazowego

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2003/87/WE z 13 października 2003 roku ustanawia system handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych wewnątrz Unii Europejskiej. W Europie przydzielane są podwójne pozwolenia na emisję. Pierwsze są niezbywalne i mają na celu zapewnienie jakości lokalnego środowiska, natomiast drugie są zbywalne i są częścią ogólnokrajowej emisji. Emiter może dokonywać transakcji na zbywalnych pozwoleniach, pod warunkiem spełnienia wymogów niezbywalnych emisji.

PODSUMOWANIE

Bardzo cenne są inicjatywy zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczających ziemską atmosferę, ale jak wynika z tabeli 1 zdecydowana większość informacji dotyczących zmian klimatu pochodzi z obszarów lądowych. Ograniczenie emisji na podstawie Protokołu z Kioto jest krokiem we właściwą stronę. Na początku 2005 r., po siedmiu latach zwłoki, wszedł w życie Protokół z Kioto, który nakłada na kraje wysoko rozwinięte obowiązek ograniczenia produkcji ditlenku węgla. Do 2012 r. poziom emisji tego gazu powinien w nich spaść średnio o 5% w porównaniu z 1990 r. Umowy nie ratyfikowały jednak USA, produkujące jedną czwartą ditlenku węgla.

Prognozy na najbliższe lata przewidują wzrost zawartości ditlenku węgla w atmosferze do wartości 450 ppm, co może doprowadzić do poważnych zaburzeń funkcjonowania atmosfery, dotyczących z jednej strony gwałtownego wzrostu temperatury i zjawisk katastrofalnych, a z drugiej strony zmiany układu prądów morskich i układów barycznych. Dla Europy może być niebezpieczna zmiana prądów morskich, a w szczególności zaburzenie wymiany ciepła między środkowym Pacyfikiem a północnym Atlantykiem, wywołwane na krótkim odcinku poprzez ciepły prąd zatokowy Golsfstrom. Zatrzymanie Golsfstromu spowoduje spadek temperatury w zachodniej Europie, w której klimat zbliży się cechami do klimatu Kanady. Zmiana układów barycznych może zaowocować wzrostem zjawisk katastrofalnych (powodzi, pożarów, ekstremalnych wiatrów),

których skutki dotkną w szczególności rolnictwo i tereny krajów rozwijających się. Zmiana zasięgu zwierząt prowadzić będzie m.in. do pojawiania się znanych chorób na nowych obszarach.

Jednak informacje, jakie posiadamy na temat dotychczasowych zmian klimatu, są niepełne i mają charakter cząstkowy. Na tej podstawie prognozowanie zmian jest bardzo niepewne. Nie uwzględnia się wpływu obecnego ocieplenia klimatu na powstanie nowych czynników modyfikujących klimat w jeszcze większym stopniu niż ditlenek węgla. Mam tu na myśli chociażby wodzian metanu, którego olbrzymie ilości zalegają na stokach kontynentalnych. Jak podaje Krzysztof Małkowski, w hydratatach metanu zawarta jest 3000 razy większa ilość metanu, niż wynosi jego ilość w ziemskiej atmosferze. Uwolnienie tak dużych ilości metanu doprowadziłoby do gwałtownego podniesienia się temperatury na Ziemi, co miałyby katastrofalne skutki. Przez niektórych badaczy (Małkowski 2006) metan jest uważany za sprawcę większości gwałtownych zmian klimatu. Również w istniejących prognozach w niewystarczający sposób bierze się pod uwagę wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na zmiany klimatu.

Literatura

- Borówka K., 1996. Ewolucja Ziemi. Wielka Encyklopedia Geografii Świata. T. 3. Wydawnictwo Kurpisz, Poznań.
- Climate Website Deutsches Museum: www.deutsches-museum.de/dmznt/climate/index.html
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2003/87/WE z 13 października 2003 roku ustanawiająca system handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych wewnątrz Wspólnoty i zmieniająca dyrektywę Rady 96/61/WE, OJ L 275: 25.10.2003.
- European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA): www.esf.org/.../european-project-for-ice-coring-in-antarctica-epica-page-1.html
- Małkowski K., 2006. Śmiercionośny metan utrzymuje rytm życia na Ziemi (pl). W: Biolog.pl (oryginalnie Nauka w Polsce, PAN) [on-line]. 24 listopada 2006 (dostęp 8 lipca 2007).
- Orłowski S., Sulczewski M., 1990. Geologia historyczna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Plit F., 1986. Środowisko przyrodnicze obszarów międzyzwrotnikowych i podzwrotnikowych. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Protokół z Kioto – załączniki: [ww.evoconsensus.com.pl/files/Protokol_z_Kioto.pdf](http://www.evoconsensus.com.pl/files/Protokol_z_Kioto.pdf) (dostęp 10.11.2007).
- Raport IPCC TAC, 2001: <http://www.ipcc.ch/>

- Stupnicka E., 1996. Geologia historyczna Ziemi. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Terra daily news about planet earth, 2006. Climate earth, Dinosaurs' Climate Shifted Too, Sep 26, [www.terradaily.com/reports/Dinosaurus Climate Shifted Too 999.html](http://www.terradaily.com/reports/Dinosaurus%20Climate%20Shifted%20Too%20999.html)
- Uherek E., 2007. Gazy cieplarniane: Dwutlenek węgla i metan (pl). W: Environmental Science Published for Everybody Round the Earth Educational Network on Climate – Wiedza o Środowisku Publikowana dla Każdego na Całym Świecie, Sieć Edukacyjna dotycząca Klimatu, http://www.atmosphere.mpg.de/enid/88400beaea083153of7ee8db7a732dc2,0/Service/Strona_g__wna_ip.html
- Veizer J., Ala D., Azmy K., Bruckschen P., Buhl D., Bruhn F., Carden G.A.F., Diener A., Ebner S., Godderis Y., Jasper T., Korte C., Pawellek F., Podlaha O., Strauss H., 1999. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical Geology*, 161: 59–88.
- Ward P.D., 2002. Tajemnica epok lodowych. Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa.