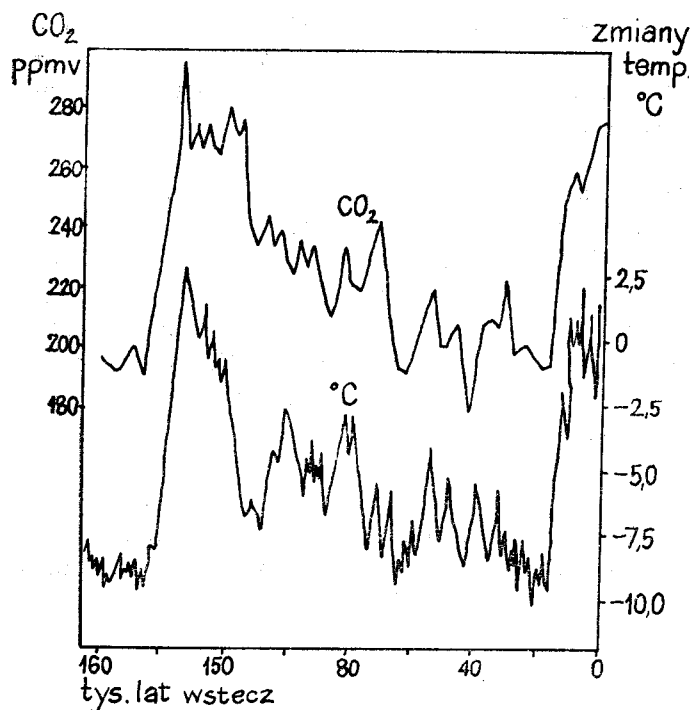


Anna Olecka

Problem ochrony klimatu w aspekcie globalnego ocieplenia

W ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie problemami związanymi ze wzrostem stężenia dwutlenku węgla i innych gazów w atmosferze oraz możliwością wpływu zmiany składu powietrza na klimat Ziemi. Klimat, będący dynamicznym składnikiem środowiska naturalnego, ulegał wielokrotnie wahaniom na przestrzeni tysięcy lat.

Badania paleoklimatyczne oparte na analizie pęcherzyków powietrza uwiecznionych w lodach Antarktydy wykazały interesującą zależność między zawartością dwutlenku węgla w atmosferze i fluktuacjami temperatury powietrza (rys. 1), z której wynika, że podwyższonemu stężeniu CO₂ towarzyszył zazwyczaj wzrost temperatury powietrza.



Rys. 1. Zmiany stężenia CO₂ i temperatury powietrza w ciągu ostatnich 160 tys. lat

Mgr A. Olecka: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Zakład Klimatologii, ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa.

Od czasów rewolucji przemysłowej jesteśmy świadkami znacznego wzrostu stężenia tak zwanych gazów szklarniowych pochodzenia antropogenicznego w atmosferze. Do gazów tych należą: dwutlenek węgla (CO₂), metan (CH₄), tlenki azotu (NO_x) oraz chłoro-fluoroalkany (CFCs), znane również pod nazwą freonów (tab. 1).

Znaczne stężenie tych gazów w atmosferze powoduje zmiany stosunków radiacyjnych poprzez przechwytywanie promieniowania długofalowego Ziemi. W ten sposób energia cieplna emitowana przez naszą planetę przyczynia się do ogrzania dolnej części atmosfery, a tym samym do podniesienia temperatury powietrza. Udział poszczególnych gazów, powstałych w wyniku aktywności ludzkiej, w modyfikacji promieniowania jest zróżnicowany (rys. 2). Największe znaczenie w powstawaniu zjawiska efektu szklarniowego ma CO₂, najmniejsze zaś — N₂O.

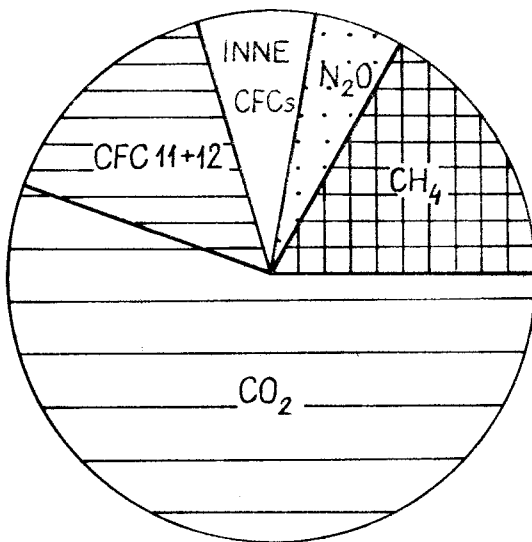
Poszczególne gazy charakteryzują się różną aktywnością powodującą ocieplenie oraz żywotnością [1]. I tak, jeśli globalny potencjał ociepleniowy emisji 1 kg dwutlenku węgla określimy jako 1, to inne gazy w porównaniu z nim mają znacznie większe możliwości ocieplające (tab. 2). Czas aktywności tych gazów szacuje się dla CFC 11, 12, 114 i 115 odpowiednio na 60, 130, 200 i 400 lat; N₂O rozpada się po około 150 latach, a metan — po 10. W związku z tak długą żywotnością emitowanych gazów, każdego roku ich stężenie w atmosferze rośnie nasilając efekt szklarniowy.

Tabela 1. Wzrost stężenia gazów szklarniowych w atmosferze w ciągu ostatnich 150 lat

gaz	wzrost stężenia %
CO ₂	25
N ₂ O	19
CH ₄	100
CFC	100

Tabela 2. Globalny potencjał ociepleniowy

Efekt ociepleniowy 1 kg gazu w stosunku do CO ₂ w ciągu ostatnich 100 lat	
CO ₂	1
CH ₄	21
CFC 12	7300



Rys. 2. Udział antropogenicznych gazów szklarniowych w zmianie stosunków radiacyjnych w latach 1980÷1990

To właśnie efekt szklarniowy nieuchronnie prowadzi do globalnego ocieplenia, które wydaje się być najbardziej poważnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Za główną przyczynę globalnego ocieplenia uważa się wzrost zużycia energii (przede wszystkim spalanie paliw kopalnych) i substancji chemicznych (takich jak CFCs), jak również postępujące wylesianie oraz intensywną działalność rolniczą. Ponadto spodziewany znaczny przyrost ludności Ziemi oraz związane z tym zmiany w użytkowaniu ziemi, zasobów energetycznych i wodnych mogą w konsekwencji doprowadzić do dramatycznych zmian klimatu.

Istnieje wiele niejasności dotyczących czasu, wielkości i rozkładu regionalnego przewidywanych zmian klimatu. To skutek naszej niewiedzy i braku zrozumienia procesu obiegu dwutlenku węgla na Ziemi oraz reakcji chmur, oceanów i lodowców na zmianę siły promieniowania słonecznego spowodowanej wzrostem stężenia gazów szklarniowych. Wiadomo już, że wpływ tych zmian na temperaturę, poziom morza, opady i inne elementy klimatu może być znaczący i nieodwracalny w ciągu najbliższych kilku wieków. Najnowsze badania wykazały, że stężenie CO₂ w atmosferze jest obecnie najwyższe od 160 tysięcy lat, zaś globalna temperatura powietrza podniosła się o 0,3÷0,6°C przez ostatnie 100 lat. W oparciu o modele klimatyczne przewiduje się przyrost średniej globalnej temperatury powietrza w XXI wieku o około 0,3°C na dekadę (od 0,2 do 0,5°C), co dałoby wzrost temperatury o 1°C do 2025 roku i o 3° do końca przyszłego wieku [1]. Byłby to największy wzrost temperatury powietrza obserwowany przez ostatnie 10 000 lat.

Z kolei podwyższona temperatura powietrza może stać się przyczyną termicznej ekspansji oceanów

i topnienia części lodowców lądowych. W związku z tym przewiduje się, że poziom morza podniesie się średnio o około 6 cm na dekadę (od 3 do 10 cm), co stanowiłoby o 20 cm wyższy poziom do roku 2030 oraz o 65 cm pod koniec następnego wieku, przy czym uwidocznią się znaczne różnice regionalne tych zmian.

Globalne ocieplenie klimatu, charakteryzujące się wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza, szczególnie uwydatnia się w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Znaczne podniesienie się termiki tych rejonów może przyczynić się do przesunięcia stref klimatycznych w kierunku biegunów z prędkością około 100 km na dziesięciolecie. Za zmianą warunków klimatycznych podąży ruch całych ekosystemów narażonych na utratę pewnych gatunków, które nie zdążą się zaadaptować.

Przeobrażenia w środowisku naturalnym pociągną za sobą zmiany w rolnictwie. Wzrost temperatury powietrza, i w związku z tym wydłużenie się okresu wegetacyjnego, może przyczynić się do zwiększenia areалу upraw ciepłolubnych w Polsce [2]. Podwyższone stężenie CO₂ w atmosferze to również czynnik stymulujący wzrost produktywności roślin poprzez przyrost suchej masy średnio o 33% [3]. Z kolei zmniejszone sumy opadów i zanik pokrywy śnieżnej w zimie mogą spowodować częstsze występowanie niedostatków wilgoci w glebie oraz niższe plony roślin uprawnych [4], zmiany w systemie zasilania rzek i pogłębienie deficytu wody. Kolejnym skutkiem ocieplenia klimatu może być wylesianie terenów Polski, co miałoby negatywny wpływ zarówno na klimat jak i na gospodarkę.

Innym zagrożeniem spowodowanym przez ocieplenie klimatu jest możliwość podniesienia się poziomu morza, co doprowadzi do intensyfikacji erozji brzegowej i wkroczenia słonych wód na obszary przybrzeżne wykorzystywane w znacznym stopniu gospodarczo. Do terenów takich w Polsce należą Żuławy oraz niskie mierzejowe wybrzeże Pojezierza Słowińskiego-Kaszubskiego.

Wszystkie wymienione powyżej skutki globalnego ocieplenia klimatu będą miały dalsze z wielokrotnie efekty uwidocznione w spadku naturalnych możliwości adaptacyjnych Ziemi do nowych warunków.

Obecny stan klimatu

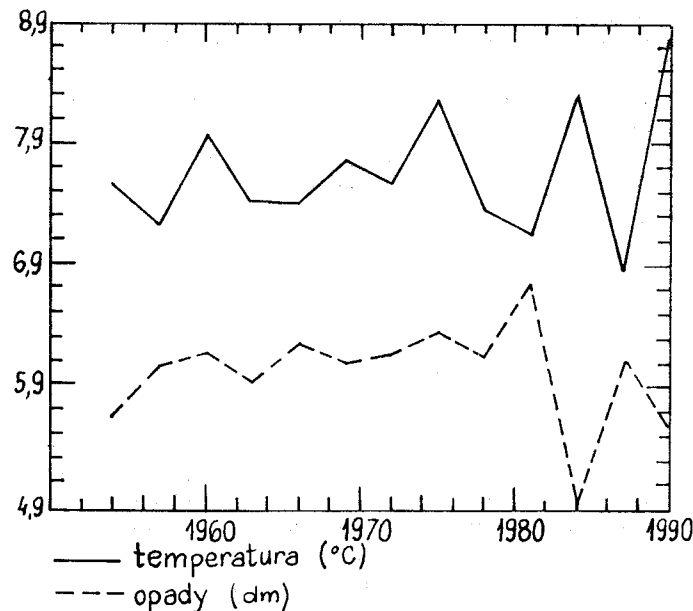
Nieznany jest jeszcze czas oddziaływania globalnego ocieplenia, choć niektórzy klimatolodzy sugerują — po przeanalizowaniu podwyższonych temperatur za-

obserwowanych pod koniec lat 80. — że proces ten już się rozpoczął.

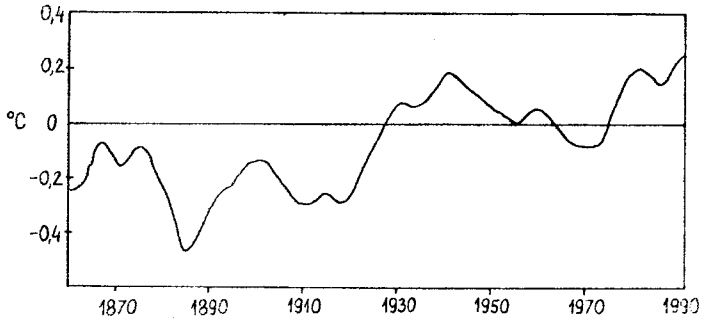
W niniejszym artykule dokonano próby określenia zmian klimatu w ostatnim okresie, uwzględniając temperaturę powietrza, opady i stan morza w Polsce na tle zmian światowych. W pracy wykorzystano średnie roczne i trzyletnie wartości dla miesięcy, sezonów, półroczy i roku z okresu 1951÷1990 dla temperatury powietrza i 1947÷90 dla opadów oraz odchylenia tych elementów od średniej z lat 1951÷80 dla Polski. Stan Bałtyku opracowano za okres 1901÷89 dla rocznych i pięcioletnich charakterystyk oraz ich odchylenia od średniego poziomu morza w latach 1951÷70 [5].

Analiza rocznego przebiegu temperatury w ostatnim 40-leciu w Polsce wykazuje systematyczny wzrost, pomimo wahań z roku na rok. Maksima temperatury obserwowano na początku lat 60., w połowie lat 70. i 80. oraz w okresie 1988÷90 (rys. 3). Na wysokich średnich rocznych wartościach tego elementu w poprzedniej dekadzie zaważyły głównie ciepłe zimy i wiosny. Szczególnie wysoki skok temperatury uwidocznił się w trzech ostatnich latach. Wyniki badań odchyliły średnich rocznych wartości temperatury od średniej z okresu 1951÷80 dla półkuli północnej oraz dla Polski są bardzo zbliżone (rys. 4, 5). Wykazują one jednoznacznie wyższą temperaturę połowy i końca lat 80. od obliczonej średniej i zwracają uwagę na tendencję wzrostową tego elementu.

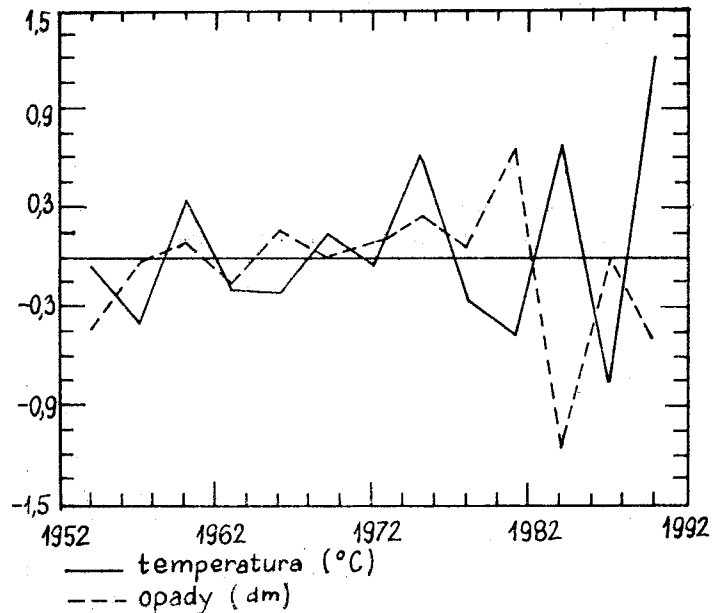
Innym przebiegiem charakteryzowały się opady. Najmniejsze wartości sum opadów zanotowano w po-



Rys. 3. Zmiany temperatury powietrza i opadów w Polsce w ciągu ostatniego 40-lecia



Rys. 4. Zmiany średniej globalnej temperatury powietrza w ciągu ostatniego wieku wyrażonej jako odchylenia od średniej z okresu 1951÷80

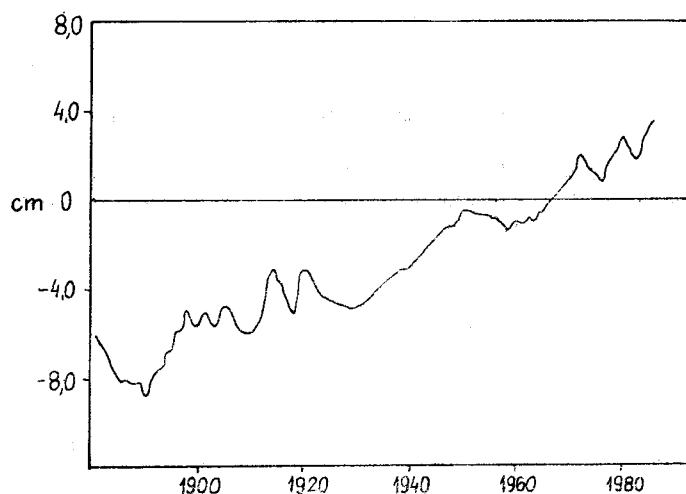


Rys. 5. Zmiany odchylen temperatury powietrza i opadów od średniej z okresu 1951÷80 w Polsce

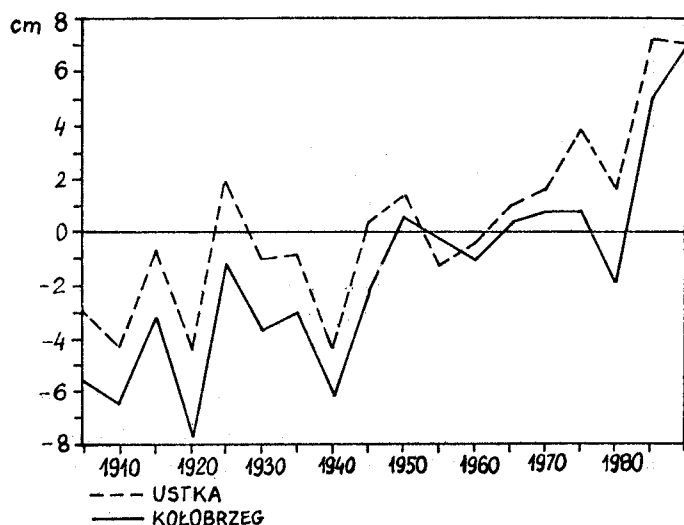
wie lat 50., na początku 60., w połowie 70. i 80. oraz pod koniec ostatniej dekady, a więc w okresie podwyższonych temperatur (rys. 3). Odchylenia tego elementu od średniej z lat 1951÷80 wykazują tendencję spadkową, szczególnie wyraźnie od początku lat 80., kiedy to wartości sum opadów nie przekraczały wartości średniej (rys. 5). Obniżenie się rocznych sum opadów w ostatnim czasie spowodowane było przede wszystkim suchym półroczem ciepłym i skąpą w opady zimą. Coraz częstsze długotrwałe susze wzmagają niedobory wody w glebie i w efekcie powodują spadek produkcji roślinnej [6].

Podobnie jak globalna temperatura powietrza, również poziom oceanu światowego wykazuje stałą tendencję wzrostową przez ostatnie 100 lat [7]. Począwszy od lat 60. wartości przekroczyły średnią z okresu 1951÷70 i rosły aż do roku 1990 (rys. 6). Zmiany poziomu Bałtyku na polskim wybrzeżu wykazują duże podobieństwo do zmian poziomu oceanu

światowego (rys. 7). Sukcesywny wzrost stanu morza widoczny jest od początku lat 60., szczególnie zaś wyraźnie zaznaczył się w latach 80.



Rys. 6. Średni globalny poziom morza w ciągu ostatniego wieku wyrażony jako odchylenia od średniej z okresu 1951÷70



Rys. 7. Odchylenia poziomu morza od średniej z okresu 1951÷70 w Polsce

Wnioski

1. Na przykładzie wieloletnich zmian temperatury powietrza, opadów i poziomu morza w skali globalnej i regionalnej uwidocznił się trend wzrostowy dla pierwszego i trzeciego elementu oraz spadkowy dla drugiego. Jeśli ten kierunek zmian utrzyma się w przyszłości, to pociągnie to za sobą nieodwracalne przeobrażenia w środowisku naturalnym.
2. Globalne ocieplenie stanowi poważny problem międzynarodowy i interdyscyplinarny. W celu zapobieżenia przewidywanym zmianom klimatu oraz ich negatywnym skutkom utworzone zostały specjalne organizacje i agendy zrzeszające większość krajów świata, działające w kierunku ochrony atmosfery przed szkodliwą działalnością człowieka (między innymi przez redukcję emisji gazów szklarniowych). Jednak samo ograniczenie emisji gazów nie zahamuje wystąpienia efektu szklarniowego, może on ewentualnie zadziałać z opóźnieniem i w łagodniejszej formie. Dlatego też należy prowadzić prace w kierunku przystosowania się do zmienionych warunków klimatycznych.

LITERATURA

1. Scientific Assessment of Climate Change. Report prepared for IPCC by Working Group I. WMO/UNEP, Geneva, 1990.
2. M. SADOWSKI, T. TOMASZEWSKA: Skutki ocieplenia klimatu w rolnictwie w dorzeczu Noteci. Manuskrypt, 1990.
3. P. SOWIŃSKI: Rośliny w zmieniającym się klimacie: efekt szklarniowy. Manuskrypt, 1989.
4. W. PRZEDPEŁSKA: Uśrednione sumy opadów na obszarze Polski nizinnej i próby ich wykorzystania. Przegląd Geofizyczny, 1984, z. 2.
5. Z. DZIADZIUSZKO: Materiały dotyczące stanu Bałtyku w latach 1901÷1989. Manuskrypt, 1990.
6. W. PRZEDPEŁSKA: Występowanie okresów z niedostateczną wilgotnością gleby w Polsce na podstawie ocen szacunkowych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1990, z. 387.
7. Z. DZIADZIUSZKO: Wahanie poziomów morza na polskim wybrzeżu Bałtyku. Studia i Mater. Oceanol. 1987, nr 52.

THE PROBLEM OF CLIMATE PROTECTION IN TERMS OF GLOBAL WARMING

Recent climate investigations have revealed that global warming is becoming a real threat to our planet and its inhabitants. There is a continuing rise in air temperature, sea level and precipitation volume both on a regional and on a global scale. The rise in air temperature and sea level

was particularly distinct in the past decade. Climate warming is associated with the ever increasing concentrations of airborne gases, e.g. carbon dioxide, methane, nitrogen oxides and chlorofluorocarbons. These man-made gases are believed to be responsible for the warming of the troposphere by arresting advected radiation of the earth. Continuing emissions of greenhouse gases may bring about irreversible changes in the climate and, consequently, in the environment.