

Stan warstwy ozonowej

W okresie ostatnich kilkudziesięciu lat poważnym problemem w skali globalnej stały się obserwowane wyraźne zmiany ilości i rozkładu przestrzennego ozonu w atmosferze. Spowodowały one znaczne zaniepokojenie zarówno środowiska naukowego jak i opinii publicznej, przede wszystkim, ze względu na to, iż ozon absorbuje słoneczne promieniowanie nadfioletowe. Zawartość ozonu w atmosferze w znacznym stopniu determinuje dopływ tego promieniowania do powierzchni Ziemi. Wiadomo, że promieniowanie nadfioletowe może być szkodliwe dla wszelkich organizmów żyjących, a wzrost jego natężenia może spowodować szkody w naturalnych ekosystemach, w tym może również wywierać niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi (wzrost zachorowań na raka i zaćmę, oraz niekorzystny wpływ na uprawy rolne i hodowlę zwierząt). Ponadto rzeczą niemałej wagi jest to, że zmiany rozkładu przestrzennego zawartości ozonu mogą przyczynić się do zmian cyrkulacji atmosferycznej zarówno w skali regionalnej jak i globalnej poprzez modyfikację struktury termicznej atmosfery. Panuje powszechna zgoda, że główną przyczyną wystąpienia niedoborów ozonu w stratosferze jest obecność w atmosferze antropogenicznych związków chemicznych, zwłaszcza chloru i bromu, które w wyniku całego łańcucha procesów chemicznych, w odpowiednich warunkach meteorologicznych, mogą doprowadzić do masowego rozpadu cząsteczek ozonu. Jakkolwiek dzięki wypełnianiu zaleceń Protokołu Montrealskiego tempo dopływu do atmosfery związków zawierających chlor i brom, takich jak np. freony i halony, uległo zahamowaniu, to ze względu na ich długie czasy życia nadal ich koncentracja w stratosferze pozostaje wysoka.

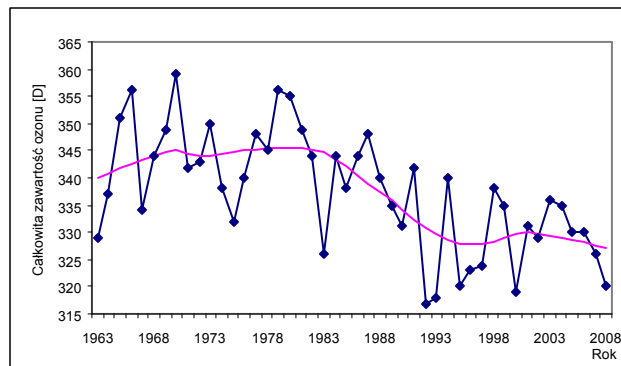
Czas „naprawy” warstwy ozonu może ulegać wydłużeniu ze względu na ochłodzenie stratosfery spowodowane przez gazy cieplarniane (efekt cieplarniany powoduje wzrost temperatury w troposferze i spadek w stratosferze). Toteż przy sprzyjających warunkach meteorologicznych znaczne niedobory ozonu mogą wystąpić jeszcze przez wiele lat.

Pomiary całkowitej zawartości ozonu wykonywane są od ponad 40 lat w wielu ośrodkach badawczych na całym świecie. W wyniku działalności człowieka w skali globu poziom całkowitej zawartości ozonu był w 1995 roku o 3,5% a w 2008 roku o 2,5% niższy względem wartości średniej z lat 1964-1980, kiedy to warstwa ozonowa nie podlegała antropopresji. Około 1% wzrost całkowitej zawartości ozonu w 1995-2008 w skali globu prawdopodobnie jest wynikiem zmniejszenia znajdujących się w atmosferze substancji niszczących warstwę ozonową.

Od początku lat 80-tych XX wieku poza obszarami tropikalnymi, warstwa ozonowa znacząco ubożeje. Na półkuli północnej w 2008 roku poziom całkowitej zawartości ozonu był średnio o 3,2% (max 5% -zimą, min 2,5% -latem) niższy względem wartości średniej z lat 1964-1979. Na półkuli południowej w pasie średnich szerokości w 2008 roku niedobory czo wyniosły 7% (max 7,7%-latem, min 6,4% - jesienią), więc nie wykazywały większego zróżnicowania w ciągu roku. W strefie

okołobiegunowej na półkuli południowej corocznie na przełomie zimy i wiosny formuje się „dziura ozonowa” trwająca do końca wiosny ze średnimi niedoborami czo sięgającymi 60%. W Arktyce podczas ekstremalnie chłodnych zim obserwuje się lokalnie niskie wartości ozonu ale średnio w sezonie zimowym czo zmniejszyła się o 10% w stosunku do wartości sprzed 1980 roku.

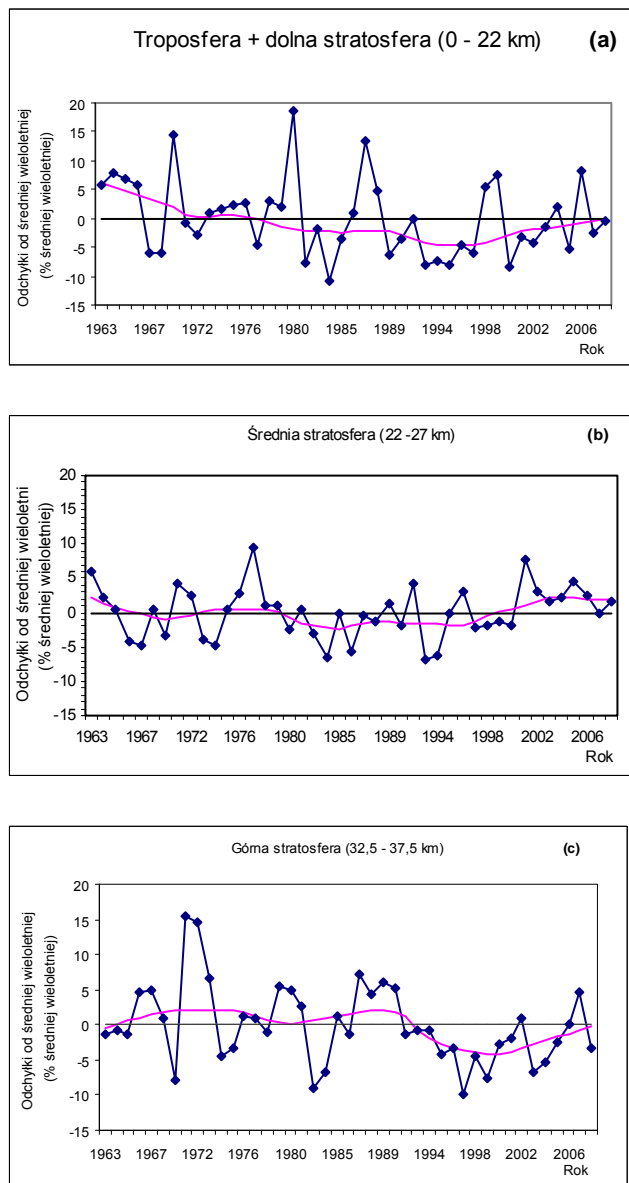
W Polsce pomiary całkowitej zawartości ozonu prowadzone są od marca 1963 roku w Centralnym Obserwatorium Geofizycznym IGF PAN w Belsku. Wartości ozonu zmierzone w Belsku są typowe dla średnich szerokości geograficznych półkuli północnej (rys. 5.6.1.). Zawartość ozonu nad Polską w okresie grudzień - luty jest obecnie o 8% niższa niż w latach 1963-1979 (czyli przed okresem intensywnego zanieczyszczenia atmosfery substancjami niszczącymi warstwę ozonową). Latem i jesienią grubość warstwy ozonowej jest jedynie o około 3% niższa niż w latach 1963-1979.



Rysunek 1. Zmiany całkowitej zawartości ozonu w atmosferze (średnia roczna) zmierzona w Belsku w latach 1964-2008 Źródło: GIOŚ/PMŚ

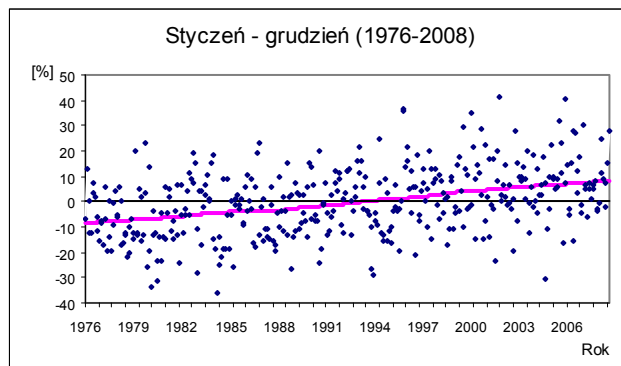
Szczególnie interesująca jest zmienność trendu w profilu pionowym, bowiem uważa się, że naprawa warstwy ozonowej rozpocznie się od obszarów w wysokiej stratosferze, gdzie zmiany w procesach chemicznej destrukcji ozonu są najłatwiejsze do zaobserwowania wobec ograniczonego wpływu zmian w dynamice atmosfery i składzie chemicznym atmosfery na koncentrację ozonu na tych wysokościach.

Należy zauważyć, że tendencja zawartości ozonu w górnej warstwie stratosfery jest nadal spadkowa, w przeciwieństwie do tendencji w średniej warstwie stratosfery (dodatnia tendencja od połowy lat 90-tych) i troposferze i dolnej warstwie (stabilizacja poziomu ozonu od połowy lat 90-tych) (rys. 2.). Sugeruje to, że brak pogłębiania się spadkowej tendencji w ozonie atmosferycznym w średnich szerokościach geograficznych jest także wynikiem zmian w dynamice atmosfery, a nie tylko rezultatem zmniejszania się zawartości w stratosferze substancji niszczących ozon.



Rysunek 2. Zmiany zawartości ozonu w różnych warstwach atmosfery Źródło: GIOŚ/PMŚ

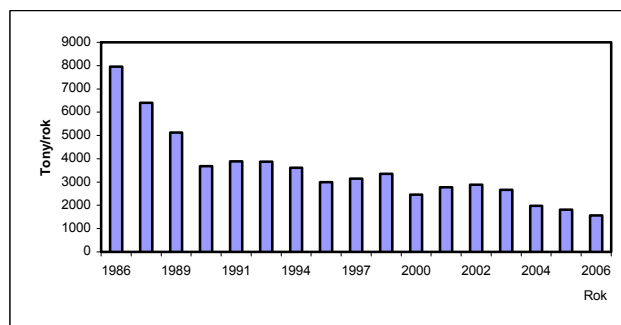
Zmiany profilu ozonu są obok całkowitej zawartości ozonu jednym z czynników wpływających na wielkość promieniowania UV docierającego do powierzchni Ziemi. Wyniki pomiarów wykazują korelację pomiędzy spadkiem całkowitej zawartości ozonu w atmosferze, a wzrostem natężenia słonecznego promieniowania UV-B do powierzchni Ziemi (rys. 3). Trend promieniowania UV-B jest dodatni i statystycznie istotny. W naszych szerokościach geograficznych efekt ten jest często osłabiony przez zachmurzenie.



Rysunek 3. Zmiany promieniowania UV w latach 1976–2008. Odchyłki średnich miesięcznych dawek UV od średnich wieloletnich Źródło: GIOŚ/PMS

Na stan warstwy ozonowej istotny wpływ ma emisja do atmosfery antropogenicznych związków chemicznych zawierających chlor i brom takich jak np. freony i halony. Związki te przy powierzchni Ziemi wydają się być obojętne i bardzo trwale, wyniesione wysoko do stratosfery pod wpływem intensywnego promieniowania słonecznego rozpadają się uwalniając chlor i brom lawinowo niszczące ozon. Czynnikiem sprzyjającym tego rodzaju procesom jest bardzo niska temperatura (poniżej -78°C), umożliwiającą pojawienie się tzw. polarnych chmur stratosferycznych. Na skutek reakcji na powierzchni cząsteczek tych chmur zwiększa się ilość cząsteczek aktywnego chloru i, co za tym idzie, nasila się niszczenie cząsteczek ozonu. Pomimo, że tempo dopływu do atmosfery związków zawierających chlor i brom (np. freony i halony) uległo zahamowaniu, to ze względu na ich bardzo długie czasy życia nadal ich koncentracja w stratosferze pozostaje wysoka. Przy sprzyjających warunkach meteorologicznych znaczne niedobory ozonu mogą występować w najbliższych latach w polarnych i średnich szerokościach geograficznych zarówno półkuli południowej jak i północnej.

Związki zawierające chlor i brom są nadal stosowane w różnego rodzaju urządzeniach w przemyśle chłodniczym, izolacyjnym, farmaceutycznym i kosmetycznym. W Polsce w okresie lat 1986-2007 wystąpiło jednak wyraźne zmniejszenie zużycia substancji zubożających warstwę ozonową to jest: HCFC (halogenowe chloropochodne węglowodorów), freonów CFC (chloropochodne węglowodorów), tetrachlorku węgla, halonów oraz bromku metylu. Wielkość ich zużycia spadła z 7960 ton w 1986 roku do 1560 ton w 2007 roku.



Rysunek 4. Zużycie substancji zubożających warstwę ozonową w Polsce Źródło: GUS

Podstawowe przeciwdziałania niszczeniu warstwy ozonowej są związane z wypełnianiem obowiązków Protokołu Montrealskiego, którego podstawowym celem jest całkowita redukcja produkcji i zużycia substancji zubożających warstwę ozonową. Substancje objęte kontrolą Protokołu Montrealskiego należą do grupy chlorowcopochodnych węglowodorów i mają różną zdolność niszczenia ozonu.. Poprawki do Protokołu Montrealskiego wymusiły konieczność zastąpienia związków niszczących warstwę ozonową innymi mniej agresywnymi substancjami zgodnie z zasadą „czystej produkcji”. Strategia redukcji produkcji i zużycia w Polsce substancji zubożających warstwę ozonową jest zgodna z Protokołem Montrealskim wraz z poprawkami.

Dnia 15.06.2004r .weszła w życie ustawa z dnia 20.04.2004r. o substancjach zubożających warstwę ozonową, Podstawowym założeniem ustawy o substancjach zubożających warstwę ozonową jest pełne dostosowanie prawa polskiego w zakresie problematyki postępowania z substancjami zubożającymi warstwę ozonową do prawa Unii Europejskiej.

Ustawa o substancjach zubożających warstwę ozonową określa:

- zasady używania oraz obrotu substancjami zubożającymi warstwę ozonową, zwanymi dalej „substancjami kontrolowanymi”, oraz produktami, urządzeniami i instalacjami zawierającymi te substancje,
- obowiązki podmiotów używających lub dokonujących obrotu substancjami kontrolowanymi oraz produktami, urządzeniami i instalacjami zawierającymi te substancje,
- organy i jednostki właściwe w sprawach postępowania z substancjami kontrolowanymi.

Listę substancji kontrolowanych zawiera rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2037/2000 w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową. Obejmuje ona m.in. substancje z grup: HCFC, które stosowane są głównie w sektorze chłodnictwa i klimatyzacji, freony CFC lub tetrachlorek węgla, halony czy bromek metylu. Związki te, ze względu na szkodliwy wpływ na środowisko naturalne, muszą być używane wyłącznie w układach zamkniętych, aby nie przedostawały się do atmosfery. Zakłady przemysłowe, które produkują, wykorzystują lub zużywają te substancje zostały zmuszone, aby na nowo rozważyć sposób ich stosowania, a wreszcie zaniechania ich wykorzystywania. Dotyczy to również substancji CFC i HCFC, które przyczyniają się zarówno do niszczenia atmosferycznej warstwy ozonowej, jak również wnoszą pewien wkład do tworzenie tzw. efektu cieplarnianego.

Pomiary zawartości substancji niszczących warstwę ozonową, w szczególności freonów i halonów wskazują, iż stężenia tych substancji przy powierzchni Ziemi ulegają systematycznemu zmniejszaniu, a w wysokich warstwach atmosfery nie stwierdzono wzrostu ich zawartości. Świadczy to skuteczności międzynarodowych działań na rzecz ochrony warstwy ozonowej.

W ciągu ostatnich kilku lat zwrócono baczniejszą uwagę na powiązania pomiędzy zagadnieniem spadku zawartości ozonu i zmianami klimatu. Rozpoczęto np. badania nad związkiem zmian klimatu z regeneracją warstwy ozonu. Gazy cieplarniane, takie jak para wodna, dwutlenek węgla, metan i inne, mają bowiem znaczący wpływ na niedobory ozonu.