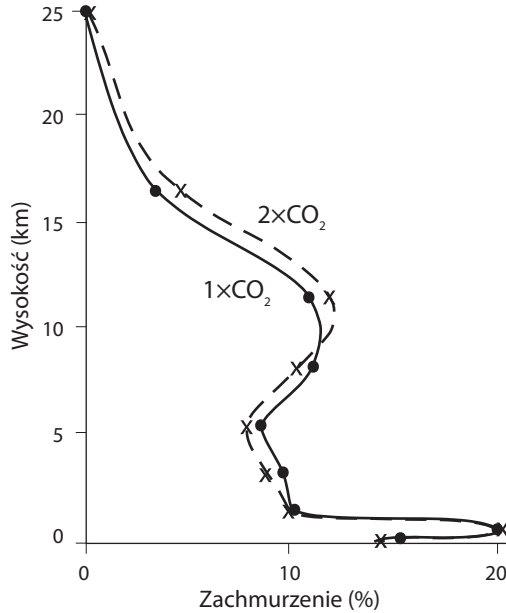


Rysunek 6.4 Profil w zależności od szerokości geograficznej i wysokości rocznego średniego strefowego występowania zachmurzenia (%), uzyskany z niedawnej satelitarnej misji obserwacyjnej NASA CALIPSO. Na podstawie Bouchera i in. (2013).

Rysunek 6.3b przedstawia symulowaną zmianę średniego strefowego pokrycia zachmurzeniem, która następuje w reakcji na podwojenie stężenia CO_2 w atmosferze. Porównując to z rysunkiem 6.3a, udział zachmurzenia w stosunku do eksperymentu kontrolnego wzrasta w górnej połowie warstwy chmur piętra wysokiego, zmniejszając się jednocześnie w dolnej połowie, co sugeruje, że chmury piętra wysokiego przesuwają się w górę w niskich i średnich szerokościach geograficznych. To przesunięcie w górę jest również widoczne na rysunku 6.5, który pokazuje pionowe profile strefowego średniego pokrycia zachmurzeniem przy 31°N uzyskane z przebiegów $1\times\text{CO}_2$ i $2\times\text{CO}_2$. Jak wskazano wcześniej w tym rozdziale, przesunięcie w górę chmur piętra wysokiego zmniejsza strumień TOA emitowanego promieniowania długofalowego. W ten sposób pomaga zmniejszyć siłę całkowitego tłumienia radiacyjnego, zwiększając w ten sposób wrażliwość klimatu.

Zmiana strefowego średniego pokrycia zachmurzeniem, pokazana na rysunku 6.3b, również charakteryzuje się spadkiem pokrycia zachmurzeniem w niskich szerokościach geograficznych w znacznej części wolnej atmosfery, natomiast ma tendencję do wzrostu w średnich i wysokich szerokościach geograficznych. Z drugiej strony, w planetarnej warstwie granicznej pokrycie chmurami piętra niskiego zwiększa się w większości szerokości geograficznych, szczególnie średnich i wysokich. W wyniku tych zmian, poniżej 40° szerokości geograficznej w kierunku równika strumień TOA wychodzącego odbitego promieniowania słonecznego zmniejsza się, natomiast powyżej tej szerokości geograficznej w kierunku biegunów na obu półkulach – zwiększa się. Ponieważ ten pierwszy obszar jest znacznie większy niż ten drugi, w wyniku zmiany średniego strefowego zachmurzenia pokazanego na rysunku 6.3b globalny średni strumień TOA odbitego promieniowania słonecznego zmniejsza się. Poprzez to osłabia również ogólne tłumienie radiacyjne, zwiększając w ten sposób wrażliwość klimatu.



Rysunek 6.5 Pionowy rozkład strefowego średniego pokrycia zachmurzeniem przy 30°N uzyskanego z eksperymentu kontrolnego (1×CO₂) i eksperymentu z podwojeniem stężenia CO₂ (2×CO₂).

Jak opisano powyżej, symulowany rozkład zachmurzenia zmienia się systematycznie, zmniejszając nie tylko globalny średni strumień TOA wychodzącego promieniowania długofalowego, ale także odbitego promieniowania słonecznego. W związku z tym można oczekiwać, że sprzężenie zwrotne związane z zachmurzeniem będzie miało dodatni współczynnik wzmocnienia, co zwiększy wrażliwość klimatu. Współczynniki wzmocnienia dla sprzężenia zwrotnego związanego z zachmurzeniem oszacowano w modelu GFDL na podstawie zmian strumieni TOA promieniowania długofalowego i odbitego promieniowania krótkofalowego, które wynikają ze zmiany ilości i rozkładu zachmurzenia. Uzyskane w ten sposób współczynniki wzmocnienia promieniowania długofalowego i krótkofalowego dla sprzężenia zwrotnego związanego z zachmurzeniem mają małe dodatnie wartości, odpowiednio 0,04 i 0,08. Dodanie tych dwóch współczynników wzmocnienia daje wartość 0,12 stanowiącą wartość całkowitego współczynnika wzmocnienia sprzężenia zwrotnego związanego z zachmurzeniem w modelu GFDL. Chociaż ten współczynnik wzmocnienia jest dodatni, co jest jakościowo zgodne z modelem GISS, jego wartość stanowi tylko połowę wartości współczynnika wzmocnienia 0,22 uzyskanego z modelu GISS. Gdyby model GISS miał ten sam współczynnik wzmocnienia sprzężenia zwrotnego związanego z zachmurzeniem co model GFDL, to jego współczynnik wzmocnienia całkowitego sprzężenia zwrotnego wynosiłby 0,60, a wrażliwość 3,1°C. Jest to znacznie