

Model średniego poziomu atmosfery w aspekcie klęski żywiołowej na Islandii

I. Winnicki

S. Pietrek

K. Kroszczyński

J. Jasiński

D. Chaładyniak

Wykorzystanie współczesnych zobrazowań satelitarnych, lotniczych i naziemnych dla potrzeb obronności kraju i gospodarki narodowej

1 Z ostatniej chwili (15 kwietnia 2010)

Eyjafjallajökull - szósty pod względem wielkości lodowiec Islandii. Jego powierzchnia to 107 km^2 . Pod lodowcem znajduje się wulkan, czynny w latach 1821 – 1823 i wcześniej w 1612r. Średnica krateru wulkanu wynosi 3 – 4 km.

Między 3 i 5 marca 2010 r. nastąpiło około 3 000 słabych trzęsień ziemi z epicentrum w okolicy wulkanu. Niektóre drgania były odnotowane w pobliskich miastach. Wybuch wulkanu nastąpił 20 marca - miasta Fliótshlíð i Markarfljót zostały ewakuowane. Trzęsienie nie spowodowało ofiar w ludziach.



1. Wulkan - lodowiec. Fot.: Reuters.

Po wybuchu islandzkiego wulkanu Eyjafjallajökull w Europie północnej jest sparalizowany ruch lotniczy. Unoszące się w atmosferze chmury pyłu wulkanicznego sprawiają, że nie ma widoczności, poza tym są groźne dla silników odrzutowych i powłok samolotów.

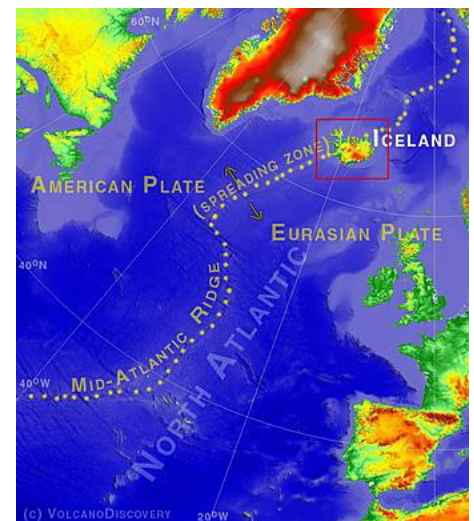
Kolumna dymu i popiołu bijąca w niebo z krateru, osiąga 11 000 m. Podobnie jak poprzedniego dnia, wiatr niesie popioły w kierunku wschodnim, w stronę kontynentu europejskiego.



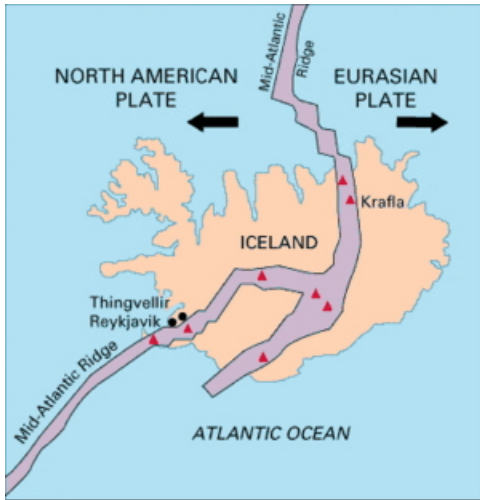
2. Wulkany Islandii.

Paradoksalnie, komunikacja lotnicza w rejonie samej Islandii nie jest zakłócona, ponieważ wiatr odsuwa chmurę wulkanicznego pyłu od wyspy. Lotnisko w Reykjavíku na ogół działa normalnie.

W związku z groźbą powodzi z rejonu aktywnego wulkanu na południu Islandii ewakuowano setki osób. Powodzie są rezultatem topnienia lodowca Eyjafjallajökull, którego czapa zakrywała wulkan.

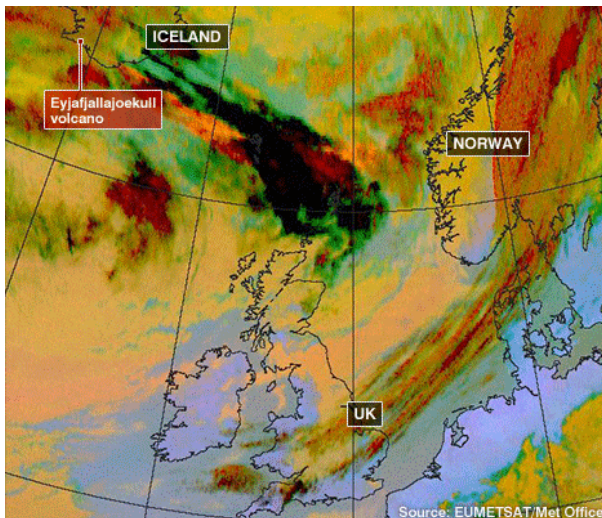


3. Płyty tektoniczne.



Naukowcy uważają, że wybuch może wywołać bardziej niszczycielską erupcję pobliskiego wulkanu Katla, położonego pod grubą czapą lodowca Myrdalsjokull, a w konsekwencji powódź. *Jednym z możliwych scenariuszy jest to, że ta niewielka erupcja może przynieść coś znacznie większego.*

4. Płyty tektoniczne. Islandię zamieszkuje 320 000 ludzi, którzy żyją na *gorącym punkcie* wulkanicznym Grzbietu Śródatlantyckiego. Powszechnie w historii Islandii erupcje wulkaniczne były poprzedzane aktywnością sejsmiczną, kiedy płyty tektoniczne przemieszczały się, a znajdująca się pod spodem magma szczelinami przedostawała się na powierzchnię.



5. Zanieczyszczenia.

Wyspa ma wiele czynnych wulkanów, m.in.: Hekłę, Askję, Grimsvötn, Hvannadalshnukur (najwyższy szczyt kraju).

O aktywności wulkanicznej świadczą także liczne gorące źródła oraz gejzery. Dzięki tej aktywności kraj w dużym stopniu wykorzystuje tanią energię geotermalną do ogrzewania mieszkań.

Około 11% powierzchni Islandii zajmują lodowce. Największe z nich to: Vatnajökull - 8 300 km², Langjökull - 953 km², Hofsjökull - 925 km², Mýrdalsjökull - 596 km² oraz Drangajökull - 160 km². Rozpuszczenie się takiej masy lodu nie pozostanie bez wpływu na poziom wód oceanów. Kolejny wybuch nie pozostanie bez wpływu na środowisko naturalne.

Szacuje się, że w ciągu ostatnich 500 lat **z islandzkich wulkanów wydostała się ilość lawy równa połowie ilości lawy ze wszystkich innych erupcji w tym okresie na całym świecie.** Najwięcej zaś lawy wydostało się podczas trwającej 8 miesięcy erupcji wulkanu Laki w 1783-84 - był to największy odnotowany wypływ lawy w czasach historycznych.

Aktywność wulkaniczna na Islandii, poza położeniem na Grzbiecie Śródatlantyckim, stanowiącym granicę między Płytą Północnoamerykańską a Płytą Eurazjatycką, wynika także z istnienia pod wyspą tzw. plamy gorąca. Większość wulkanów skoncentrowana jest właśnie wzdłuż granicy płyt tektonicznych, ciągnącej się z południowego zachodu wyspy na północny wschód.



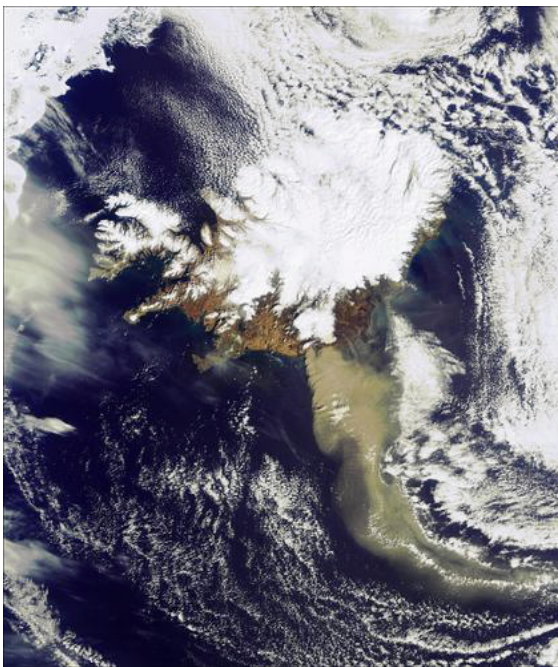
6. Zanieczyszczenia.

Uwaga 1 *Na wyspie oraz mniejszych sąsiednich wysepkach znajduje się około 130 wulkanów, z tego 18 czynnych było w czasach historycznych, tj. od czasów zasiedlenia Islandii w 874r.*



7. Ognisty pierścień.

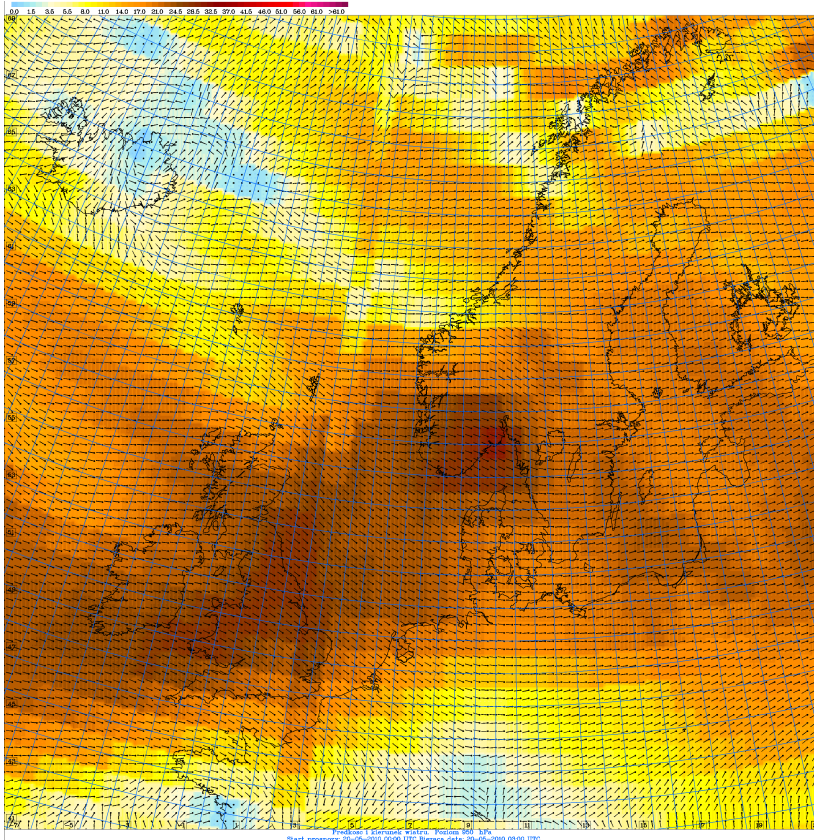
2 Kilka słów o gazach wulkanicznych



Gazy wulkaniczne są siłą napędową erupcji eksplozywnych i mieszanych, składają się głównie z pary wodnej. Zawierają dwutlenek węgla, wodór, chlorowódor, fluorowódor, siarkowódor, dwutlenek siarki, metan, amoniak. Szczególnie niebezpieczny jest dwutlenek węgla, cięższy od powietrza, gromadzi się w obniżeniach terenu, co powoduje niekiedy śmierć ludzi i zwierząt. Emisja dwu-

8. Widok z kosmosu.

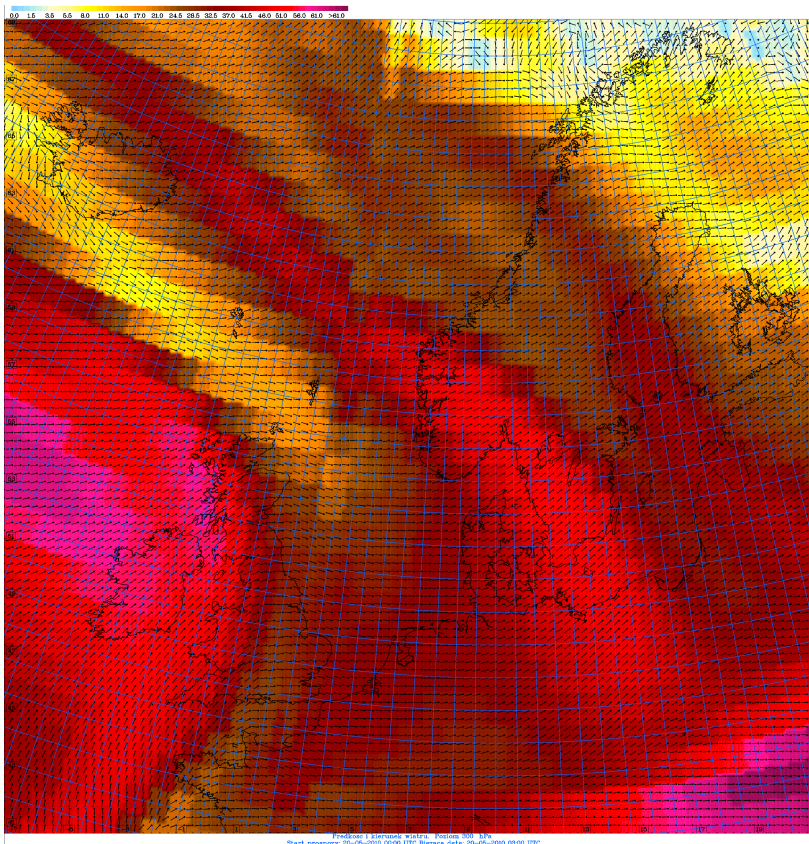
tlenku siarki, który rozprasza się w atmosferze w postaci aerozolu kwasu siarkowego, prowadzi do zmniejszenia dopływu (rozpraszanie) promieniowania słonecznego - ochłodzenia klimatu.



9. Aerozole w stanie równowagi. Źródło - internet.

Skutki termiczne okresowych wzrostów zawartości aerozolu w stratosferze, wywołanych erupcjami wulkanów, znane są z bezpośrednich pomiarów. Po wybuchu Mt. Pinatubo na Filipinach 15 czerwca 1991 roku, który wyrzucił do atmosfery 20×10^9 kg siarki średnia temperatura powierzchni lądów i oceanów obniżyła się w ciągu kolejnych kilkudziesięciu miesięcy o około $0.45 - 0.5^\circ\text{C}$, a saldo promieniowania troposfery zmniejszyło się

na kilka miesięcy o $3 - 4 \text{ W m}^{-2}$.

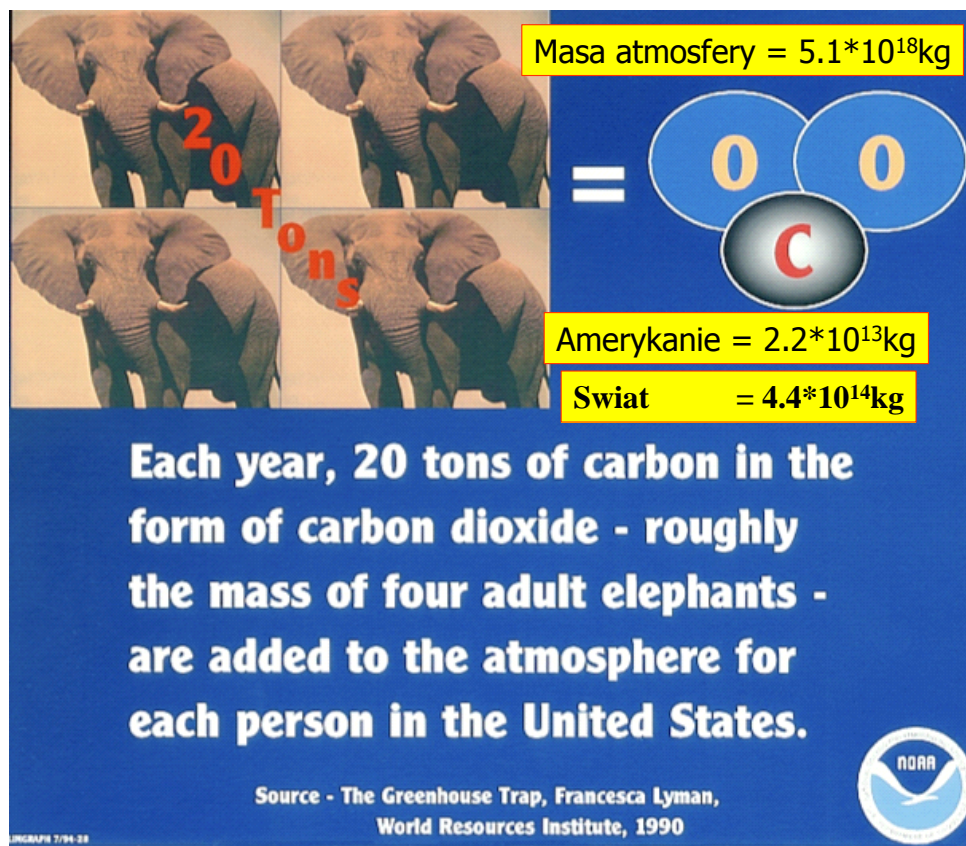


10. Aerozole w stanie kryzysowym. Źródło - internet.

W latach następujących po wybuchu wulkanu Gunung Agung (Indonezja, wyspa Jawa, w 1963 r.) średnia temperatura na półkuli północnej spadła o $0.3 \text{ }^\circ\text{C}$, po wybuchu El Chichón (Meksyk, 1982 r.) o $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Obieg azotu w systemie klimatycznym jest ograniczony ze względu na jego właściwości chemiczne, które sprawiają, że cząsteczki N_2 wchodzące w skład powietrza są dość obojętne. Do rozerwania dwuatomowego azotu i uruchomienia procesu wiązania atomów azotu potrzebna jest znaczna energia. Dostarczają jej m.in. wyładowania burzowe.

Źródłami azotu jest rozkład materii organicznej, nawożenie, przemysł chemiczny.



11. Emisja węgla w USA.

Najniebezpieczniejszym związkiem azotu jest podtlenek azotu. Jego potencjał cieplarniany jest 206 razy większy niż dwutlenku węgla. Ocenia się, że zwiększenie stężenia N₂O w ciągu ery przemysłowej spowodowało przyrost salda bilansu radiacyjnego powierzchni Ziemi o około 0.14 W m⁻².

Siarka w powietrzu występuje głównie w postaci dwutlenku siarki i siarkowodoru. Są to śladowe domieszki atmosfery. Średni czas przebywania ich w atmosferze wynosi odpowiednio 5 i 10 dni.

Siarka uczestniczy w ciągłym obiegu biosferycznym. W wyniku różnych reakcji chemicznych w atmosferze ziemskiej powstaje tzw. aerozol siarczanowy. Jego klimatyczna rola polega przede wszystkim na oddziaływaniu na planetarny bilans radiacyjny. Chmura aerozolu powoduje rozpraszanie promieniowania słonecznego, którego część uchodzi w przestrzeń pozaziemską, zmniejszając saldo promieniowania powierzchni Ziemi.

Niedawno zwrócono uwagę na istotną rolę aerozolu siarczanowego w kształtowaniu globalnych zmian temperatury. Aerozol w sposób widoczny hamuje postępy ocieplania, związane z rozwojem efektu cieplarnianego. Pojawiła się hipoteza mówiąca o tym, że dzięki występowaniu związków siarki obserwowane ocieplenie stanowi połowę przyrostu temperatury wynikającego z obecności gazów cieplarnianych.

Obecność w atmosferze jonów siarczanowych SO_4^{2-} obniża wskaźnik pH, a tym samym podnosi kwasowość wody atmosferycznej. Nad obszarami silnej emisji związków siarki (i azotu) woda atmosferyczna osiąga kwasowość, którą można porównać do stężenia kwasu nagromadzonego w cytrynie (!). Wskaźnik pH spada niekiedy poniżej 4. Woda, której $\text{pH} < 5.6$, spadając na Ziemię tworzy tzw. **kwaśne deszcze**. W Szkocji, w 1974 r. zanotowano kwaśny deszcz, charakteryzujący się rekordowo niskim $\text{pH} = 2.4$. Niewiele słabsza kwasowość występuje w *czarnym trójkącie*, na uprzemysłowionym pograniczu Polski, Niemiec i Czech. Kwaśne deszcze są wywoływane głównie przez przemysł.

3 Jądra kondensacji i Morze Śródziemne

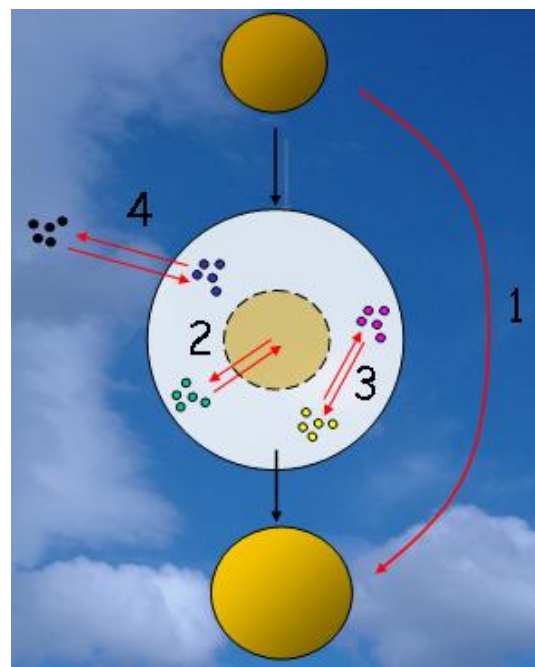
Czy słuszna jest teza:

wybuch wulkanu na Islandii
+
wzmoczone parowanie Morza Śródziemnego
=
powódź w Polsce?

Na to pytanie nie udzielimy odpowiedzi bez szczegółowych analiz. Ale wydaje się, że tak sformułowana teza może się obronić.

Nie ulega wątpliwości, że warunkiem powstawania opadów atmosferycznych dochodzących do powierzchni Ziemi jest odpowiednia wilgotność oraz właściwe jądra kondensacji. Oba warunki w ostatnich tygodniach są spełnione.

Co to jest jądro kondensacji? Otóż, chmura nie jest obojętną chemicznie mieszaniną kropelek wody i kryształków lodu oraz cząstek stałych. Cząsteczki, które umożliwiają tworzenie się chmur, nazywane jądrami kondensacji,

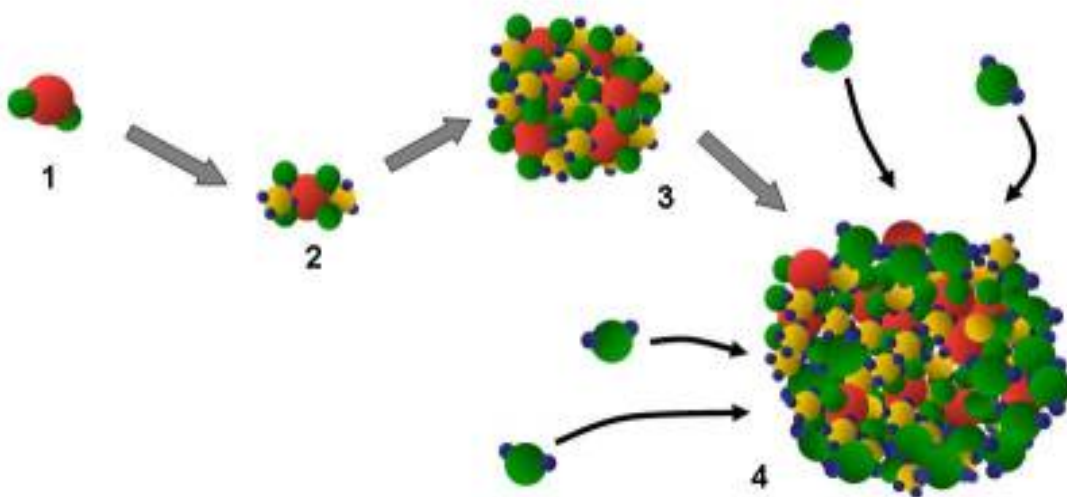


12. Jądra kondensacji.

mają różny skład chemiczny. Mogą być ciałami stałymi oraz cząsteczkami gazowymi.

Każda chmura jest otoczona powietrzem, które może zawierać różne domieszki, a te mogą wpływać na skład chemiczny kropeł chmurowych.

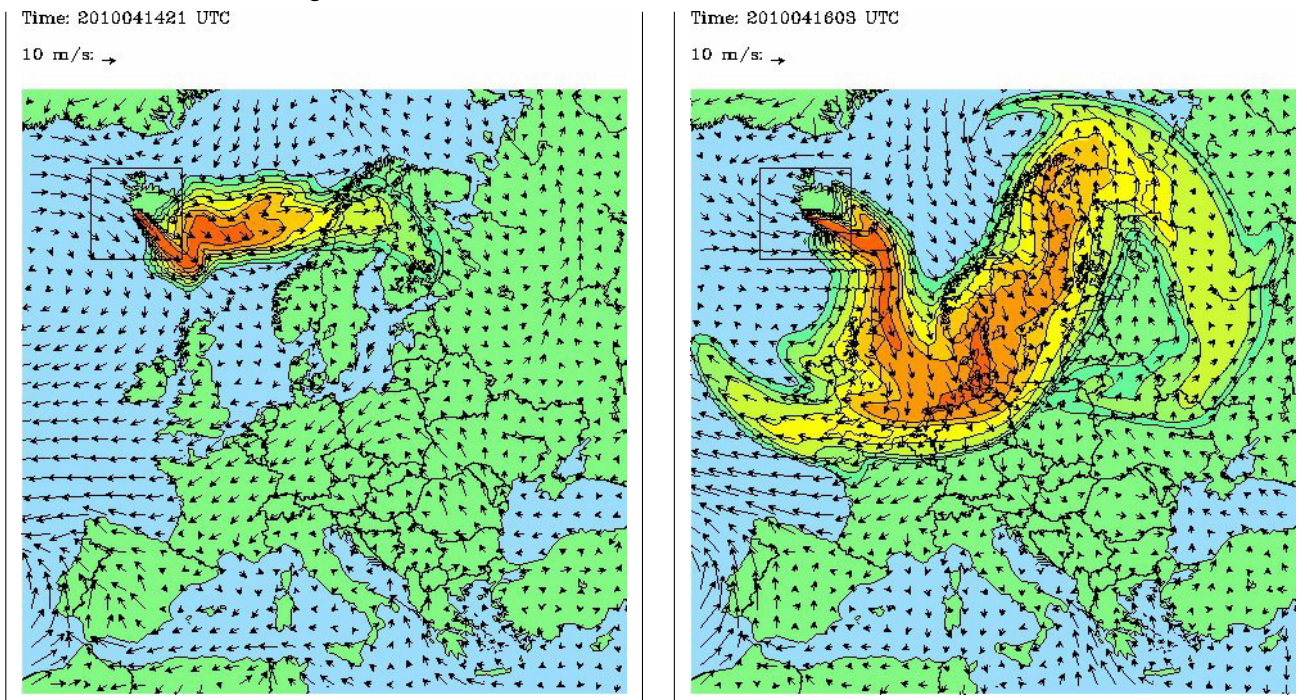
Na podstawie: www.atmosphere.mpg.de (autor: J. Gourdeau, LAMP Clermont-Ferrand, Francja, tłumaczenie: Dr Anita Bokwa, Uniwersytet Jagielloński, Kraków).



13. Cząsteczka dwutlenku siarki (1) przekształca się w siarczan amonowy (2), który rozrasta się i tworzy coraz większe cząsteczki tej mieszaniny - (3). Te cząsteczki są higroskopijne. Szybko zwiększają swoje rozmiary przy kontakcie z wodą (4). Autor: J. Gourdeau.

4 Symulacje komputerowe

W punkcie tym przedstawiamy wyniki symulacji komputerowych rozprzestrzeniania się lekkich zanieczyszczeń gazowych w atmosferze swobodnej.



14. Islandia: 14 i 16 kwietnia 2010 roku.

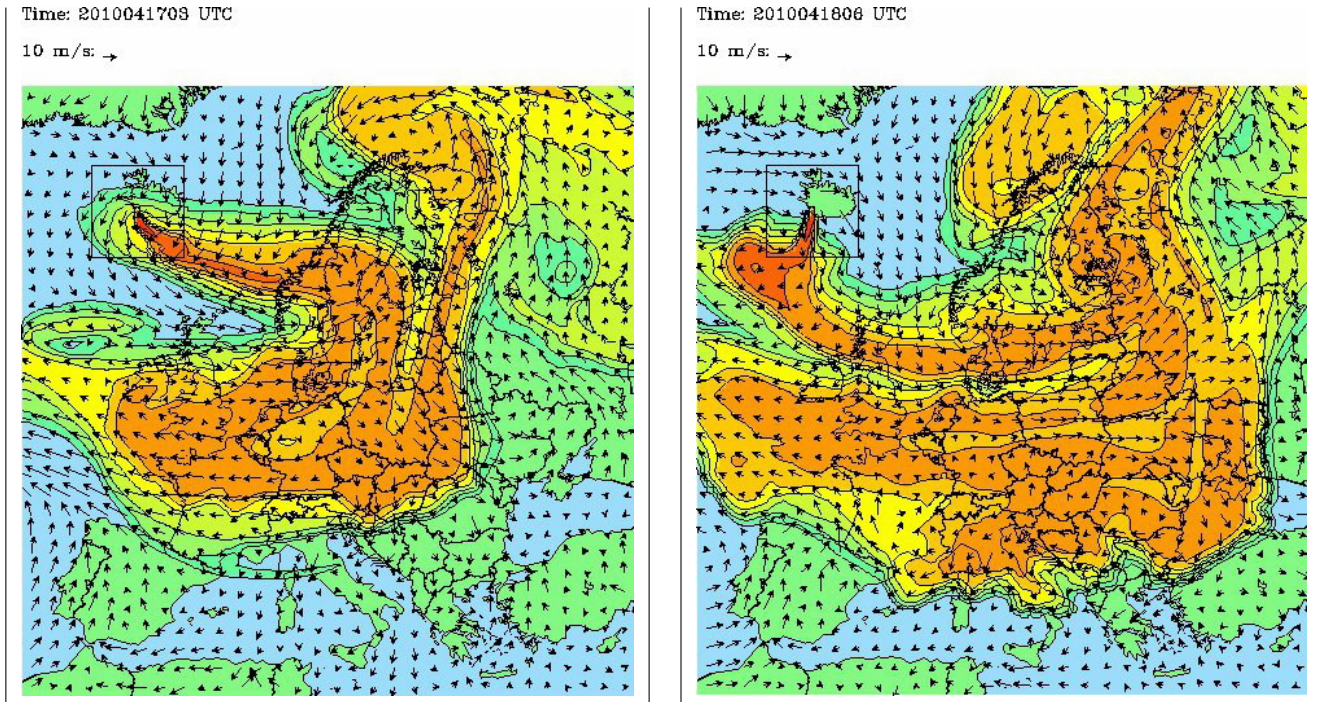
Na górnych Rysunkach widzimy sytuację z 14 i 16 kwietnia 2010 roku. Na dolnych - z 17 i 18 kwietnia.

Źródło (emitor) znajduje się w okolicach Islandii.

Przykładowe równania umożliwiające prowadzenie symulacji:

(1) Równanie bilansu (etap analizy eliptyczności pola geopotencjału)

$$\psi_{xx}\psi_{yy} - \psi_{xy}^2 = -\frac{f}{2m^2}\nabla^2\psi + \frac{1}{2m^2}\nabla^2\Phi - \frac{1}{2m^2}\nabla f \cdot \nabla\psi \quad (1)$$



15. Islandia: 17 i 18 kwietnia 2010 roku.

(2) Wyznaczanie pola wiatru:

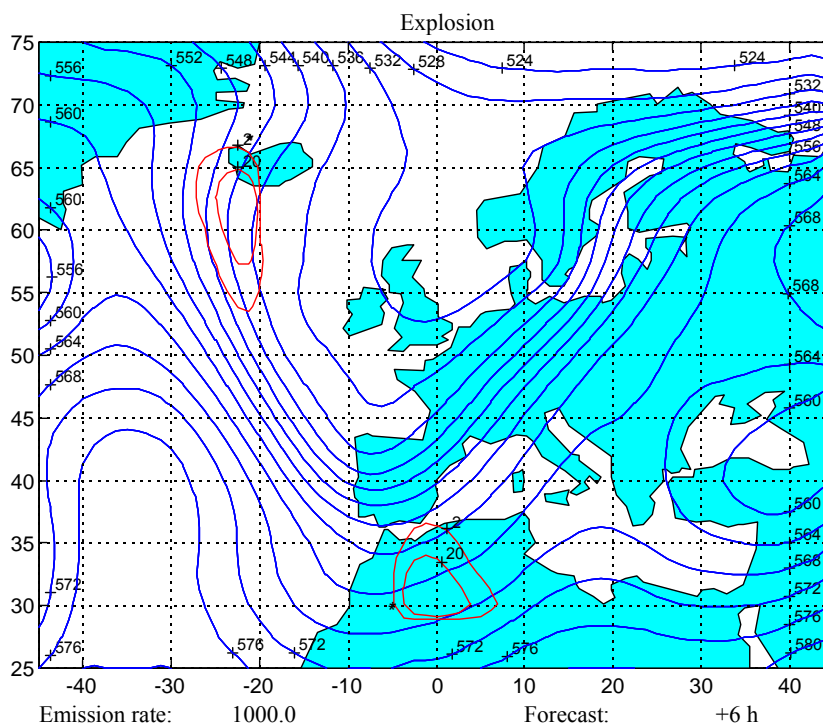
$$u = -\frac{\partial\psi}{\partial y} \quad v = \frac{\partial\psi}{\partial x} \quad (2)$$

(3) Adwekcja i dyfuzja związków gazowych:

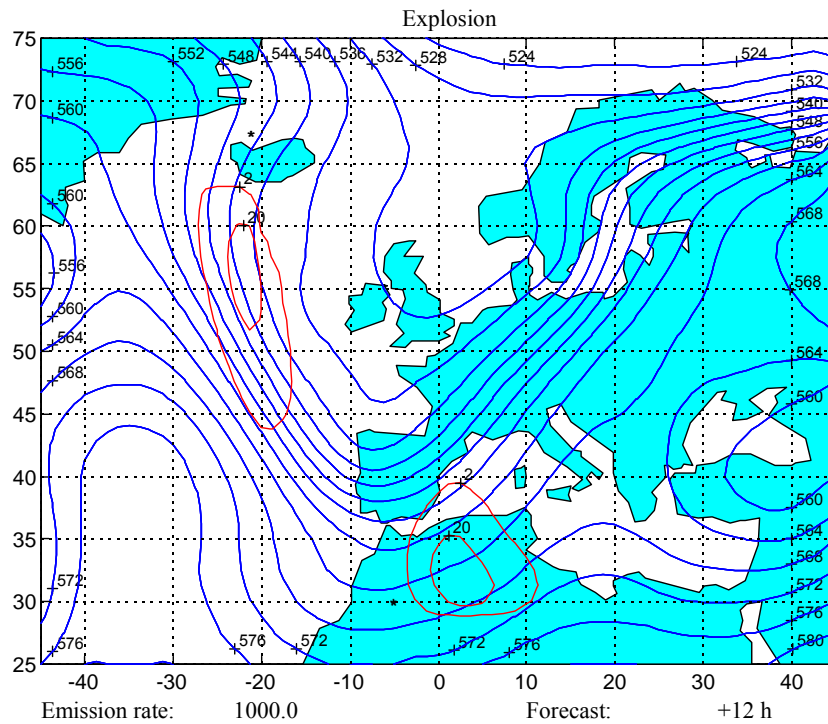
$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x} + v\frac{\partial C}{\partial y} - k\nabla^2 C = f(x_0, y_0, t) \quad (3)$$

Rysunki (16) - (18) obrazują obszar objęty izoliniami o pewnym stężeniu po 6, 12 i 36 godzinach od momentu wybuchu. Założono, że źródło emituje zanieczyszczenia tylko w początkowym okresie, następnie emisja ustaje. Oczywiście w warunkach rzeczywistych pole przepływu nie jest stałe (izolinie niebieskie).

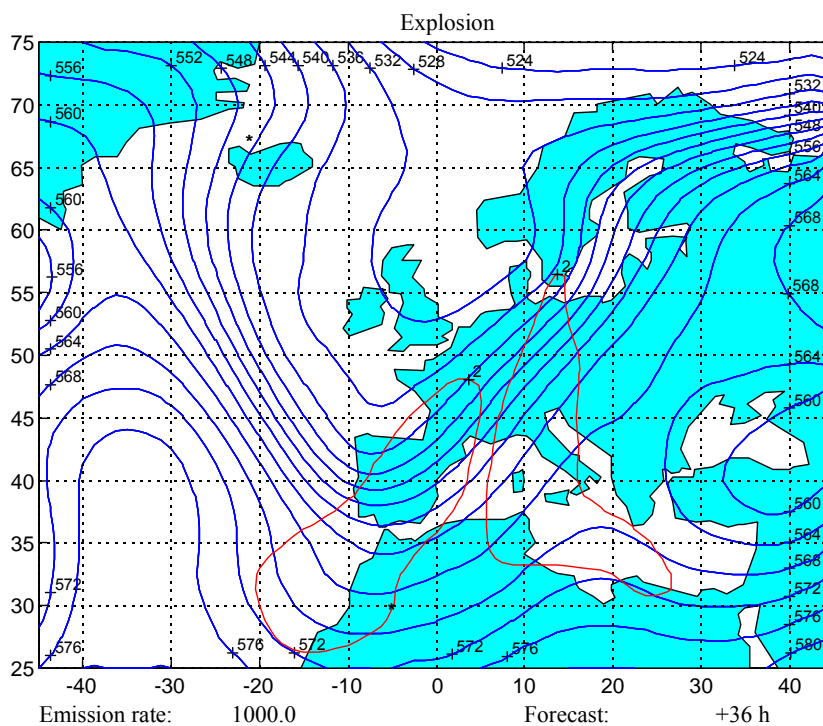
Rysunki (19) - (21) przedstawiają zasięg zanieczyszczeń ze źródła emitującego w reżimie ciągłym.



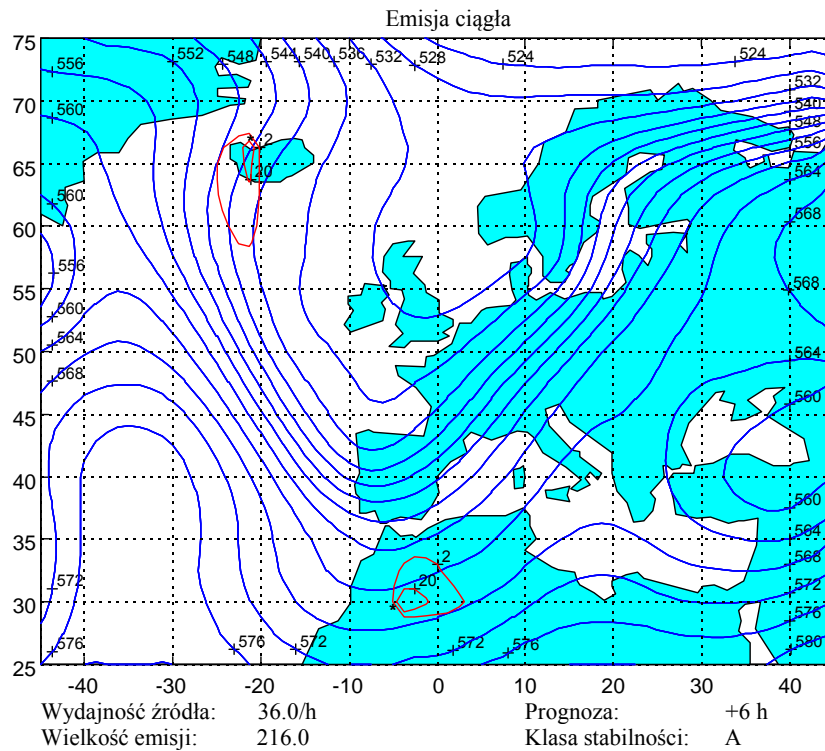
16. Symulacja rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Emisja chwilowa. Stężenie po 6 godz. Obliczenia własne.



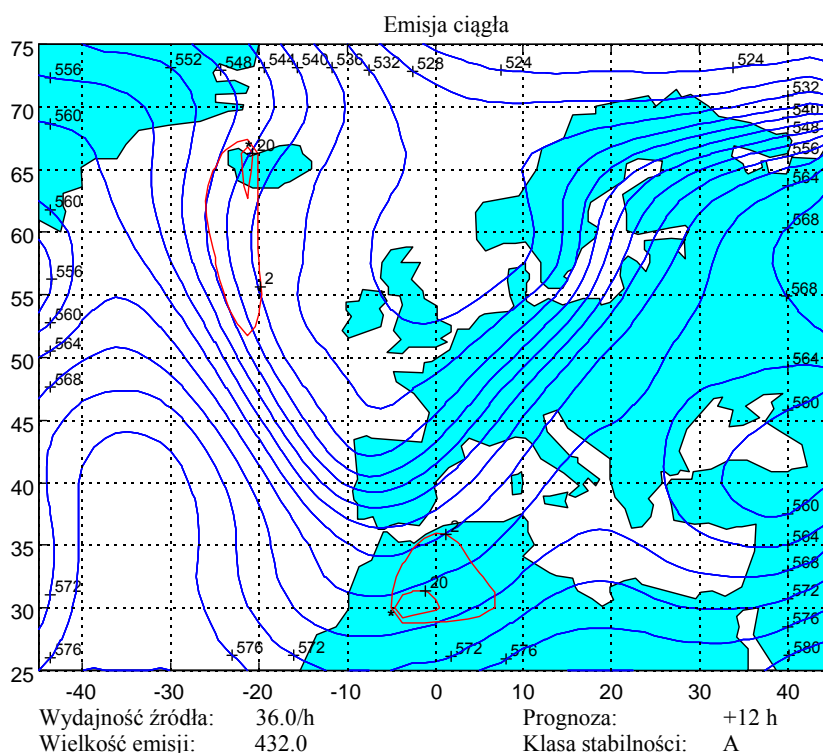
17. Symulacja rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Emisja chwilowa. Stężenie po 12 godz. Obliczenia własne.



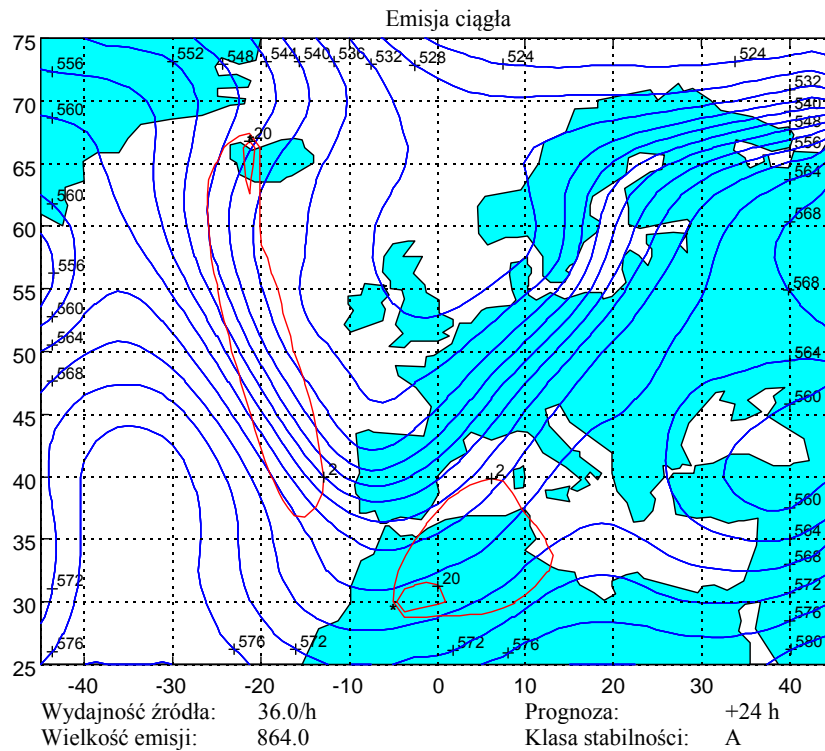
18. Symulacja rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Emisja chwilowa. Stężenie po 36 godz. Obliczenia własne.



19. Symulacja rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Emisja ciągła. Stężenie po 6 godzin. Obliczenia własne.



20. Symulacja rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Emisja ciągła. Stężenie po 12 godz. Obliczenia własne.



21. Symulacja rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Emisja ciągła. Stężenie po 24 godzinach. Obliczenia własne.