

PYLENIE ZE ŹRÓDEŁ NATURALNYCH

Czesław KLIŚ, Marek KORCZ
Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych
ul. Kossutha 6, 40-844 Katowice
klis@ietu.katowice.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono syntetyczny opis modelu NATAIR_DUST_EMISSION do wyznaczania godzinowej emisji pyłu PM10 z procesów erozji eolicznej. Model został opracowany na potrzeby projektu NatAir zrealizowanego w ramach 6 Programu Ramowego Unii Europejskiej. Powierzchnie pyłące zostały podzielone na 17 typów rezerwuarów w zależności od typu powierzchni rezerwuaru i stopnia odsłonięcia wynikającego ze zmiennego pokrycia rezerwuaru roślinnością. W modelu bieżąca wielkość emisji pyłu jest funkcją typu emisji, typu powierzchni rezerwuaru, składu granulometrycznego pyłu w rezerwuarze prędkości wiatru na wysokości 10 m nad poziomem terenu oraz stanu rezerwuaru w przeszłości.

1. Wprowadzenie

Tendencja do zaostrzania dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń powietrza zrodziła pytanie o to, jakie są poziomy stężeń tych zanieczyszczeń powodowane przez naturalne emisje do atmosfery. Celem projektu NatAir [1, 2], zrealizowanego w ramach 6 Programu Ramowego Unii Europejskiej, było oszacowanie naturalnych emisji metanu, tlenków azotu, pyłu PM10 i PM 2,5, ditlenku siarki oraz niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) z terenu Europy oraz obszarów przyległych, a następnie określenie jakie stężenia w Europie powodują te emisje.

W projekcie NatAir do modelowania stężeń zanieczyszczeń powietrza został wykorzystany model CHIMERE [3]. CHIMERE jest modelem do symulacji transportu, dyspersji i przemian chemicznych zanieczyszczeń powietrza oraz do prognozowania stężeń zanieczyszczeń powietrza. CHIMERE wykorzystuje: dane meteorologiczne tworzone przez model meteorologiczny MM5 oraz dane o jednogodzinnych emisjach zanieczyszczeń. W projekcie przyjęto, że domena NatAir zawiera Europę, Afrykę północną, część Bliskiego Wschodu. Została ona pokryta gridami o boku 10 km. Przyjęto, że latami charakterystycznymi dla warunków meteorologicznych w ostatnim dziesięcioleciu były lata 1997, 2000, 2001, 2003.

Zadanie projektu sprowadzało się do wygenerowania godzinowych danych meteorologicznych dla całej domeny NatAir dla w/w lat oraz danych o emisji zanieczyszczeń niezbędnych do przeprowadzenia symulacji. Zadanie wyznaczenia emisji pyłu z erozji eolicznej przypadło zespołowi IETU. Do obliczania godzinnej emisji pyłu z erozji eolicznej został stworzony model NATAIR_DUST_EMISSION.

2. Opis modelu NATAIR_DUST_EMISSION

Model NATAIR_DUST_EMISSION (NDE) wykorzystuje algorytmy emisji pyłu, wzorowane na modelach ENVIRON/RMC stworzonych w USA w ramach programu Western Regional Air Partnership (WRAP) [5, 6] oraz algorytmie zaproponowanym przez Alfaro.

Wydzielono 17 typów rezerwuarów w zależności od typu powierzchni i stopnia odsłonięcia powierzchni rezerwuaru (tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyka rezerwuarów pyłu

Kod zbiornika	Określenie typu rezerwuaru	Typ powierzchni	Stopień odsłonięcia powierzchni pyłacej w miesiącach		
			XII-II	III-IX	X-XI
R0	Niepalący	1	0	0	0
R1	Miejski stabilny	2	0,070	0,070	0,070
R2	Miejski niestabilny	3	1,0	1,0	1,0
R14	Miejskie tereny zielone	3	0,070	0,070	0,070
R211	Nie nawadniane grunty orne	4	1	0,085	0,269
R22	Sady	4	0,645	0,161	0,334
R23	Pastwiska	4	0,269	0,085	0,112
R24	Rolne złożone	4	1	0,334	0,645
R3	Lasy	2	0,070	0,070	0,070
R321	Łąki	2	0,195	0,195	0,195
R322	Wrzosowiska, zakrzewione, sawanna	2	0,195	0,195	0,195
R323	Suchorośla	2	0,700	0,700	0,700
R324	Mieszane zadrzewione-zakrzaczone	2	0,070	0,070	0,070
R330	Plaże, wydmy, piaski	3	0,700	0,700	0,700
R331	Nagi lub rzadko porośnięty	3	0,700	0,700	0,700
R332	Nagie skały	3	1,0	1,0	1,0
R333	Rzadko porośnięty	3	0,700	0,700	0,700
R334	Pożarowiska	2	1,0	1,0	1,0

Rezerwuary o typie 1 są wyłączone z pylenia. Rezerwuary o typie 2 mają powierzchnię stabilną o ograniczonych zasobach pyłu. W modelu NDE zakłada się, że rezerwuary stabilne są zdolne do pylenia tylko przez 1 godzinę od momentu wystąpienia warunków sprzyjających pyleniu. Natomiast rezerwuary o kodzie powierzchni 3 i 4 mają powierzchnię niestabilną. Rezerwuary niestabilne mogą emitować pył przez 10 kolejnych godzin. We wszystkich przypadkach po okresie pylenia następuje trwający 24 godziny okres regeneracji zasobów pyłu w rezerwuarze.

Wielkość pylenia rezerwuaru jest proporcjonalna do stopnia odsłonięcia powierzchni rezerwuaru, czyli tej jego części, która w danym czasie nie jest pokryta roślinnością. Powierzchnia ta zmienia się w ciągu roku, dlatego każdy typ rezerwuaru ma oddzielnie określony udział powierzchni odsłoniętej w zależności od miesiąca.

Dla odwzorowania rzeczywistych sytuacji pylenia z powierzchni rezerwuarów wyodrębniono dwa typy emisji c : emisje ciągłe ($c = 1$) oraz emisje impulsowe ($c = 0$). Dla danego rezerwuaru może występować emisja ciągła, emisja impulsowa lub oba typy emisji jednocześnie.

W celu zróżnicowania zdolności do pylenia ze względu na skład granulometryczny pyłu, jaki znajduje się w rezerwuarze wydzielono pięć klas teksturalnych (tabela 2).

Tabela 2. Charakterystyka klas teksturalnych

Kod tekstury ESM	Nazwa	Dominanta klasy teksturalnej	% iłu	% pyłu	% piasku
			< 2 μm	2-50 μm	50-2000 μm
1	Gruboziarniste	ił < 18% i piasek > 65%)	9	8	83
2	Średnioziarniste	18% < ił < 35% i piasek > 15% lub ił < 18% i 15% < piasek < 65%)	27	15	58
3	Średnio-drobnoziarniste	Średnioziarniste – drobne (ił < 35% i piasek < 15%)	18	74	8
4	Drobnoziarniste	Drobnoziarniste (35% < ił < 60%)	48	48	4
5	Bardzo drobnoziarniste	Bardzo drobnoziarniste (ił > 60%)	80	20	0

Wskaźniki całkowitej emisji pyłu $f(r, c, u)$ zostały wyznaczone dla typu emisji c , każdej klasy teksturalnej i dla każdego typu powierzchni rezerwuaru r oraz dla 7 zakresów prędkości wiatru u na wysokości 10 m nad powierzchnią terenu w przedziałach: 8,9-11,13 m/s; 11,1-13,43 m/s; 13,4-15,63 m/s; 15,6-17,83 m/s; 17,8-20,03 m/s; 20-22,33 m/s; powyżej 22,3 m/s.

Aktualna zdolność pylenia rezerwuaru r w chwili t , określająca jego potencjalną emisję impulsową ($c = 0$) lub ciągłą ($c = 1$) jest opisywana funkcją $s(r, c, t)$ o wartości 0 (brak zdolności do pylenia) lub 1 (rezerwuar pyli). Stan rezerwuaru jest zależny od czasu $t_d(r)$ jaki upłynął od ostatniego pylenia, czasu $t_e(r)$ trwania pylenia, czasu $t_p(r)$ jaki upłynął od ostatniego opadu deszczu, czasu $t_s(r)$ jaki upłynął od ustąpienia pokrywy śnieżnej, czasu $t_t(r)$ jaki upłynął od wystąpienia temperatury ujemnej. Rezerwuar zaczyna pylić (przechodzi ze stanu 0 do stanu 1) jeżeli $t_d(r) > 24$ h i $t_p(r) > 72$ h i $t_s(r) > 24$ h i $t_t(r) > 24$ h, a przestaje pylić (stan $s(r, c, t)$ z 1 zmienia się na 0) jeżeli $t_e(r) > 1$ dla $c = 0$ lub $t_e(r) > 1$ dla $c = 1$ lub $t_d(r) = 0$ lub $t_p(r) = 0$ lub $t_s(r) = 0$ lub $t_t(r) = 0$. Emisja pyłu PM10 z rezerwuaru jest wyrażana formułą:

$$e(r, c, t) = f(r, c, u(t)) \cdot a(r) \cdot s(r, c, t) \quad (1)$$

gdzie: $f(r, c, u)$ jest jednostkową emisją pyłu z rezerwuaru, $u(t)$ prędkością wiatru na wysokości 10 m ponad powierzchnią terenu, $a(r)$ powierzchnią rezerwuaru a $s(r, c, t)$ funkcją stanu rezerwuaru.

Pył powstający w wyniku erozji eolicznej jest wprowadzany do cienkiej przypowierzchniowej warstwy atmosfery. Jedynie część pyłu znajdującego w tej warstwie trafia do wyższych partii atmosfery i tworzy emisję pyłu z podłoża. Strumień pyłu trafiający do atmosfery nazywany pionową składową emisji pyłu lub emisją wertykalną. Emisja pyłu PM10 z gridu zawierającego rezerwuary r_1, \dots, r_{17} do atmosfery - emisja wertykalna - wyraża się formułą:

$$e_v(g, t) = \alpha \cdot \sum_{c=1}^2 \sum_{i=1}^{17} e(r_i, c, t) \quad (2)$$

gdzie: α jest współczynnikiem określającym jaką część całkowitej emisji pyłu stanowi emisja pyłu do atmosfery. W warunkach lokalnych współczynnik α jest najczęściej wyznaczany eksperymentalnie.

3. Implementacja modelu NATAIR_DUST_EMISSION

Model NDE został zaimplementowany do obliczeń emisji pyłu PM10 w latach 1997, 2000, 2001, 2003 z 226 tys. gridów 10x10 km w domenie NatAir. Procedury obliczeniowe zostały opracowane jako skrypty działające w środowisko MatLab.

W projekcie NatAir współczynnik skalujący α został uzgodniony poprzez porównanie modelowanych przez CHIMERE stężeń pyłu PM10 ze wszystkich rodzajów emisji ze stężeniami mierzonymi.

Dane o parametrach rezerwuarów w całej domenie NatAir zostały opracowane w IETU. Końcowe obliczenia emisji pyłu, w oparciu o dostarczone dane meteorologiczne wygenerowane przy pomocy modelu MM5 przeprowadzono jesienią 2006 roku.

Obliczenia prowadzono na komputerze wyposażonym w procesor Intel®, TMPentium® 3 GHz, 2,99G Hz, pamięć 2 GB RAM, z 2 dyskami 320 GB.

Orientacyjny czas obliczeń dla całej domeny NatAir dla jednego roku wynosił około 28 godzin.

4. Podsumowanie

Bezpośrednią kontynuacją badań w projekcie NatAir, dotyczących modelowania emisji pyłu z podłoża, jest grant M. Korcza pt.: „Model pionowego strumienia pyłu z procesów erozji eolicznej dla potrzeb modelowania stężeń PM10 i PM2,5 w powietrzu”. Grant ten uzyskał finansowanie w 33 konkursie grantów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Celem projektu jest zaproponowanie nowego modelu pionowego strumienia pyłu emisji z podłoża, który będzie uwzględniał zdolności retencyjne powierzchni pyłących, parametry meteorologiczne mające wpływ na pionowy ruch mas powietrza oraz charakterystykę granulometryczną pyłu.

Literatura

1. NatAir: Natural and Biogenic Emissions and Assessment of Impacts on Air Quality, <http://natair.ier.uni-stuttgart.de/> the latest research results.
2. Curci G., M. Beekmann M., Vautard R., Smiatek G., Steinbrecher R., Pfeiffer H., Theloke J., Friedrich R.: Model study of the impact of updated European biogenic emission inventory from NatAir on air quality using Chimere chemistry-transport model, Geophysical Research Abstracts, 2007, vol. 9, 08679.
3. The Chimere chemistry-transport model. A multi-scale model for air quality forecasting and simulation. <http://euler.lmd.polytechnique.fr/chimere/> .
4. Korcz M., Fudała J., Kliś C., Bronder J., Długosz J.: Development of natural emission calculation methods for Europe: Windblown dust emissions Improving and applying methods for the calculation of natural and biogenic emissions and assessment of impacts to the air quality, (NatAir), 2005.
5. Final Report for the Western Regional Air Partnership (WRAP) Regional Modeling Center (RMC) for the Project Period March 1, 2004, through February 28, 2005.
6. Mansell G., et al.: Final Report: Determining Fugitive Dust Emissions from Wind Prepared for Western Governors' Association by ENVIRON International Corporation, 2004. http://pah.cert.ucr.edu/aqm/308/reports/WRAP_1996WB_Dust_Final_Report.pdf
7. Alfaro S.C. and L. Gomes: Modeling mineral aerosol production by wind erosion: Emission intensities and aerosol distributions in source areas, J. Geophys. Res, 2001, 106, n° D16, 18,075-18,084