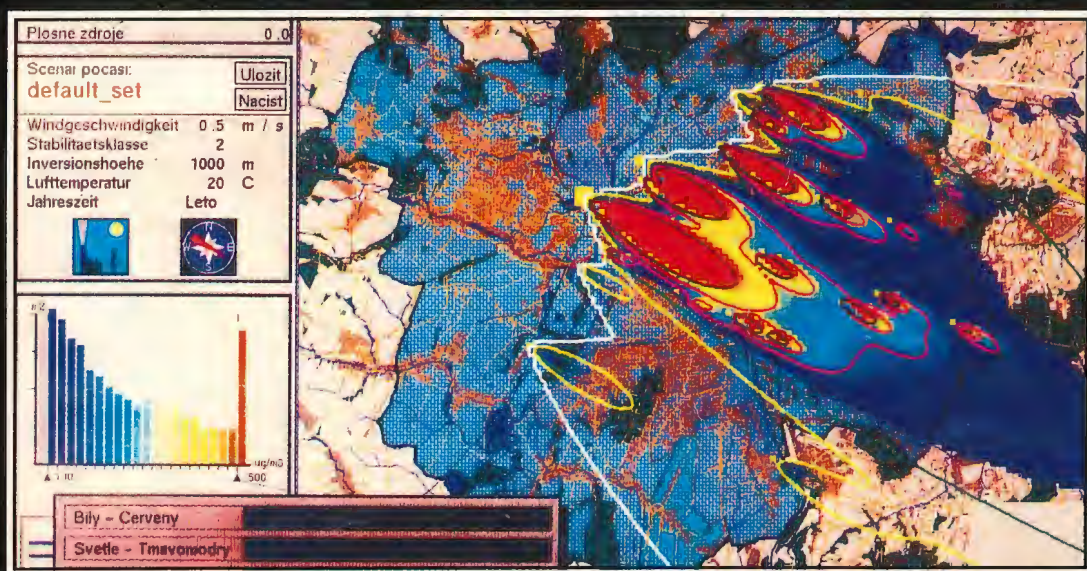


* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA



INTERDYSCYPLINARNOSC * DEMOGRAFIA * PRZEKSZTALCENIA
GOSPODARCZE * SRODOWISKO * LASY * ENERGETYKA *
ZASOBY WODNE * METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*

Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"
Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993*

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

Warszawa, grudzień 1993

Niniejsza publikacja została wydana dzięki dofinansowaniu
przyznanemu przez Komitet Badań Naukowych

© Polska Akademia Nauk

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1

Na okładce wykorzystano fragment postaci ekranu z jednego
z systemów oprogramowania przeznaczonych do celów
przestrzennej analizy środowiskowej, opracowanego w ramach projektu
IIASA - ZAAWANSOWANYCH ZASTOSOWAN KOMPUTEROWYCH
we współpracy z zespołem z IBS PAN w składzie:
P.Holnicki, A.Katuszko i A.Żochowski.

42859

Skład i opracowanie tekstu:
Dział Wydawniczy Instytutu Badań Systemowych PAN

Druk i oprawa: ZWP SYNPRESS, Łomianki, ul. Łąkowa 17
tel./fax 511-745

PRZEGLĄD PRAC BADAWCZYCH W PROJEKCIE IIASA DOTYCZĄCYM TRANSGRANICZNYCH PRZEPIYWÓW ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Janusz Cofała

*Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemów
Laxenburg, Austria*

Zanieczyszczenia powietrza są przenoszone w atmosferze na bardzo dalekie odległości. Ten transport zanieczyszczeń jest główną przyczyną kwaśnych deszczów. W końcu roku 1970 zagadnienie kwaśnych deszczów zostało uznane za jedno z głównych zagadnień ochrony środowiska w Europie i Ameryce Północnej. W roku 1979 przyjęto w ramach Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ Konwencję o Transgranicznych Przepływach Zanieczyszczeń Powietrza. Początkowo jednakże konwencja ta miała charakter raczej symboliczny. Dopiero w 6 lat później protokół dotyczący siarki został podpisany w Helsinkach. Zobowiązuje on sygnatariuszy do zredukowania emisji SO_2 o co najmniej 30% do r. 1993.

We wczesnych latach osiemdziesiątych mechanizm transportu zanieczyszczeń na dalsze odległości nie był wystarczająco znany. Projekt Kwaśnych Deszczów został utworzony w IIASA w 1983r. właśnie w celu powiększenia wiedzy na ten temat. W wyniku prac tego projektu opracowano model RAINS (od angielskiego Regional Acidification INFORMATION and Simulation - informacja i symulacja na temat podwyższonej kwasowości na skalę regionalną), por. Alcamo i in. (1990), jako narzędzie do oceny alternatywnych strategii zmierzających do zmniejszenia kwaśnych depozycji w Europie. Początkowo model ten znalazł zastosowanie w in-

stytucjach naukowych jako instrument analizy i wspomagania przy badaniach wzrostu kwasowości. Był także stosowany w ministerstwach ochrony środowiska w wielu krajach. W obecnej chwili jest on uznawany na arenie międzynarodowej i używany jako główne narzędzie w negocjacjach międzynarodowych na temat nowego protokołu dotyczącego siarki w ramach Konwencji o Transgranicznych Przepływach Zanieczyszczeń.

Model RAINS opisuje mechanizm wzrostu kwasowości w środowisku przy uwzględnieniu głównych emisji kwasowych, tj. tlenków siarki, tlenków azotu i amoniaku. Główne elementy struktury modelu pokazano na Rys.1. Różne modele cząstkowe są zorganizowane w postaci trzech bloków, a mianowicie:

- emisje i koszty oczyszczania,
- atmosferyczny transport zanieczyszczeń, oraz
- skutki środowiskowe.

W bloku emisji ich wielkości dla SO_2 i NO_x oceniane są na podstawie historycznych statystyk dotyczących energii oraz prognoz do roku 2000 dla 39 regionów, to znaczy - 27 krajów europejskich, 7 regionów na obszarze byłego Związku Radzieckiego i 5 regionów morskich. Prognozy energetyczne są oparte na oficjalnych politykach rządowych dostępnych w formie publikacji z organizacji międzynarodowych. Emisje amoniaku są wyliczane na podstawie intensywności chowu zwierząt gospodarskich w rolnictwie i statystyk dotyczących nawozów.

Użytkownik może wybierać różne strategie zmniejszania emisji:

- przez wymaganie wdrożenia najbardziej rozpowszechnionych technologii kontroli emisji dla poszczególnych kategorii źródeł,
- przez wyznaczenie norm emisji maksymalnych,
- przez ograniczanie całkowitych emisji krajowych.

Model RAINS wylicza koszt zmniejszenia emisji dla każdej z tych strategii, przez ekstrapolację międzynarodowych danych dotyczących kosztów dla warunków poszczególnych krajów. Możliwości zmniejszenia zanieczyszczeń i związane z tym koszty dla konkretnych krajów i regionów są oceniane na podstawie najczęściej stosowanych technologii, takich jak na przykład stosowanie paliw o niskiej zawartości siarki, odsiarczanie gazów spalinowych w przypadku SO_2 lub wybiórcza redukcja katalityczna (SCR z angielskiego) dla urządzeń energetycznych w przypadku NO_x .

Ocena kosztów jest oparta na międzynarodowych doświadczeniach w zakresie funkcjonowania urzędów zmniejszających emisję w Europie. Zakłada się przy tym wolny i konkurencyjny rynek na wymianę technologii zmniejszania emisji zanieczyszczeń w całej Europie. Ocena kosztów odwołuje się do takich elementów specyficznych dla poszczególnych krajów i technologii jak, na przykład, zawartość siarki w węglu, zasady wykorzystywania mocy produkcyjnych, wielkości kotłów itp. Dla każdego regionu emisji uwzględnionego w modelu, oceny kosztu dla poszczególnych rodzajów paliw, działów gospodarki i technologii zmniejszania emisji zanieczyszczeń wiązane są z przewidywanym rozwojem zużycia energii. W ten sposób możliwe jest wyznaczenie krajowych krzywych kosztów, według których różne sposoby zmniejszania emisji zanieczyszczeń mogą być sklasyfikowane zgodnie z ich kosztami krańcowymi. Koszty zmniejszania i kontroli emisji zazwyczaj różnią się znacznie dla poszczególnych krajów w związku ze wspomnianymi poprzednio elementami specyficznymi dla tych krajów, związanymi z modelami konsumpcji energii i infrastrukturą techniczną.

W kolejnym bloku wyliczane są dane dotyczące atmosferycznego rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń na podstawie wyników Projektu Europejskiego Monitoringu i Oceny (angielski skrót EMEP od European Monitoring and Evaluation Project). EMEP wyznacza trasy siarki i azotu w atmosferze. Model wylicza relacje między źródłami i miejscami depozycji w postaci rocznej macierzy, w której wierszami są kraje, zaś kolumnami elementy siatki przestrzennej. Macierze te są następnie używane w RAINSie jako opisy potrzebne do wyznaczenia depozycji związków siarki i azotu w ramach siatki o wymiarach 150 km × 150 km dla całej Europy.

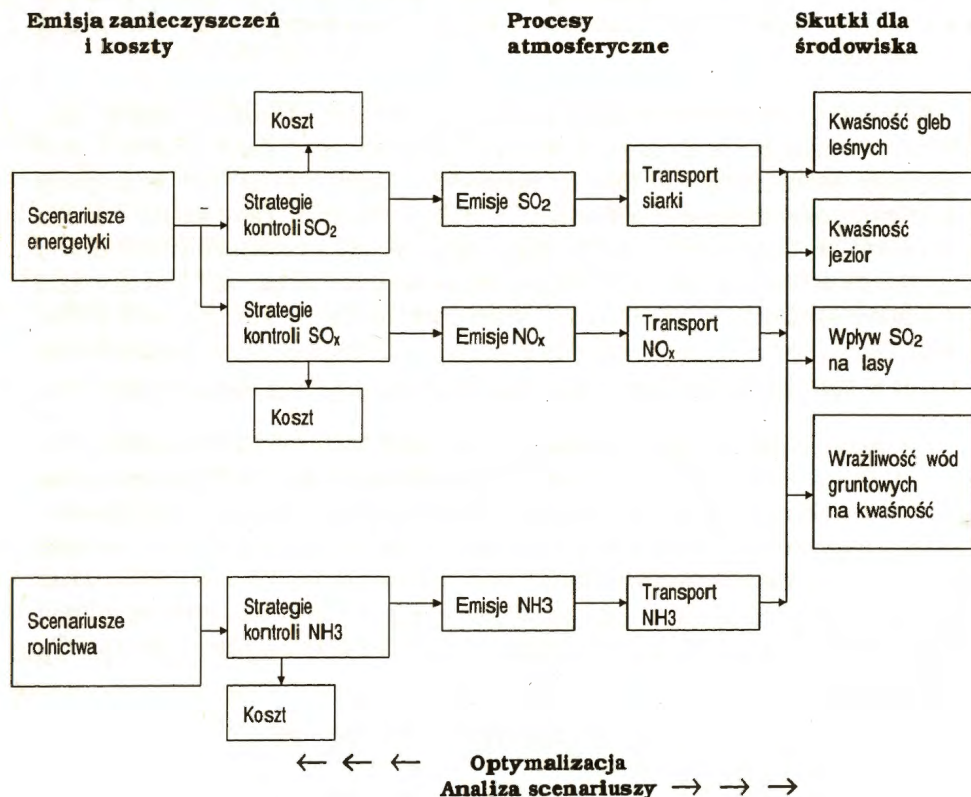
W trzecim bloku przeprowadza się symulację skutków środowiskowych kwaśnych depozycji dla gleb leśnych i wód słodkich przy pomocy odpowiednich modeli dynamicznych. Modele te ograniczają się do symulowania wskaźników uszkodzeń fizycznych (jak na przykład wartości pH, pojawienie się nasycenia bazy itp.). Nie dokonuje się natomiast wyliczenia wartości finansowej strat. Dla pokrywy roślinnej badana jest wysokość ryzyka powstawania szkód związanych z podwyższoną zawartością SO₂ w atmosferze.

Model RAINS może być użytkowany na dwa sposoby:

- do analizy scenariuszy, oraz
- do optymalizacji.

W przypadku analizy scenariuszy symulowane są skutki danych strategii w zakresie energii i zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Model wylicza emisje i depozycje, jak również koszty zmniejszenia emisji dla każdej strategii. W wersji optymalizacyjnej funkcjonowania modelu można uwzględnić różne cele, jak na przykład:

- » minimalizację kosztów zmniejszenia emisji dla całej Europy przy warunku osiągnięcia konkretnych poziomów depozycji dla poszczególnych regionów,
- » minimalizację kosztów zmniejszenia emisji dla całej Europy pod warunkiem osiągnięcia konkretnego poziomu całkowitej emisji w Europie,
- » maksymalizację stopnia zmniejszenia emisji przy zadanym budżecie dla całej Europy.



Rys. 1. Struktura modelu RAINS opracowanego w IIASA

W pierwszym wariantcie optymalizacji bierze się pod uwagę następujące fakty:

- emisje z konkretnych źródeł są deponowane bardziej intensywnie w pewnych regionach (elementach siatki) niż w innych,

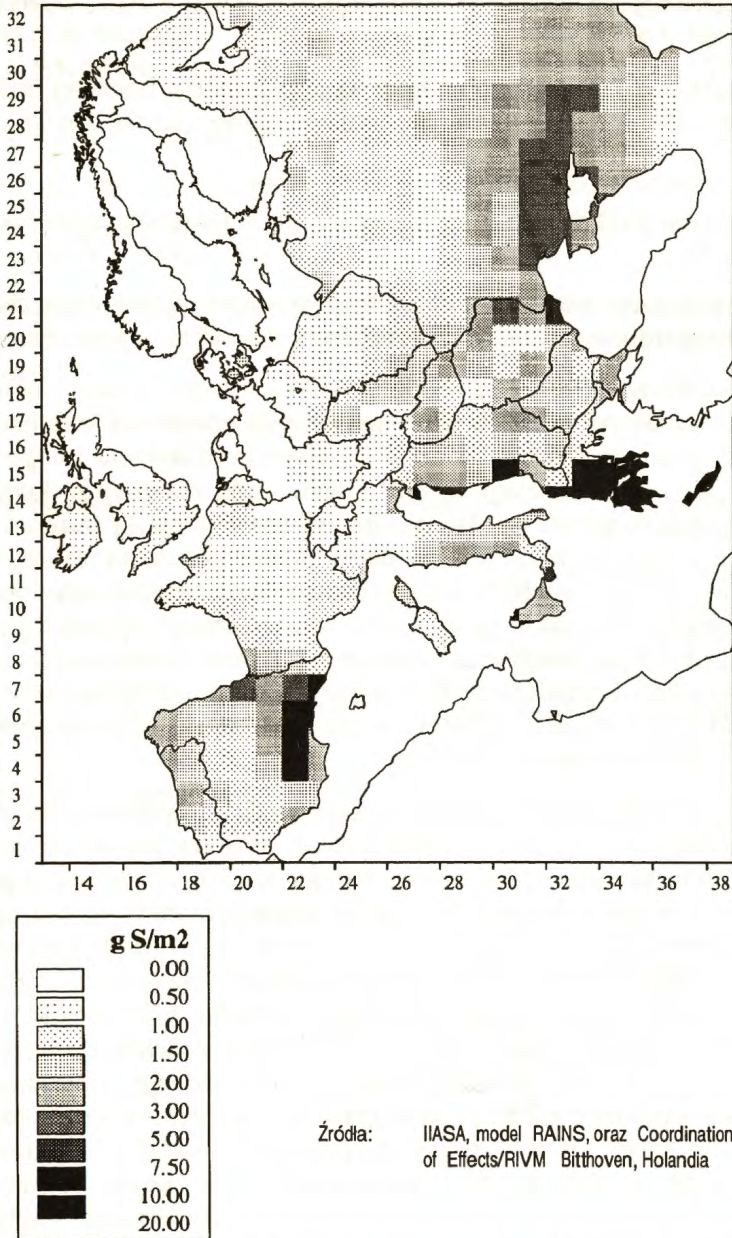
oraz

- jedne źródła emisji dają się sterować przy niższym koszcie niż inne.

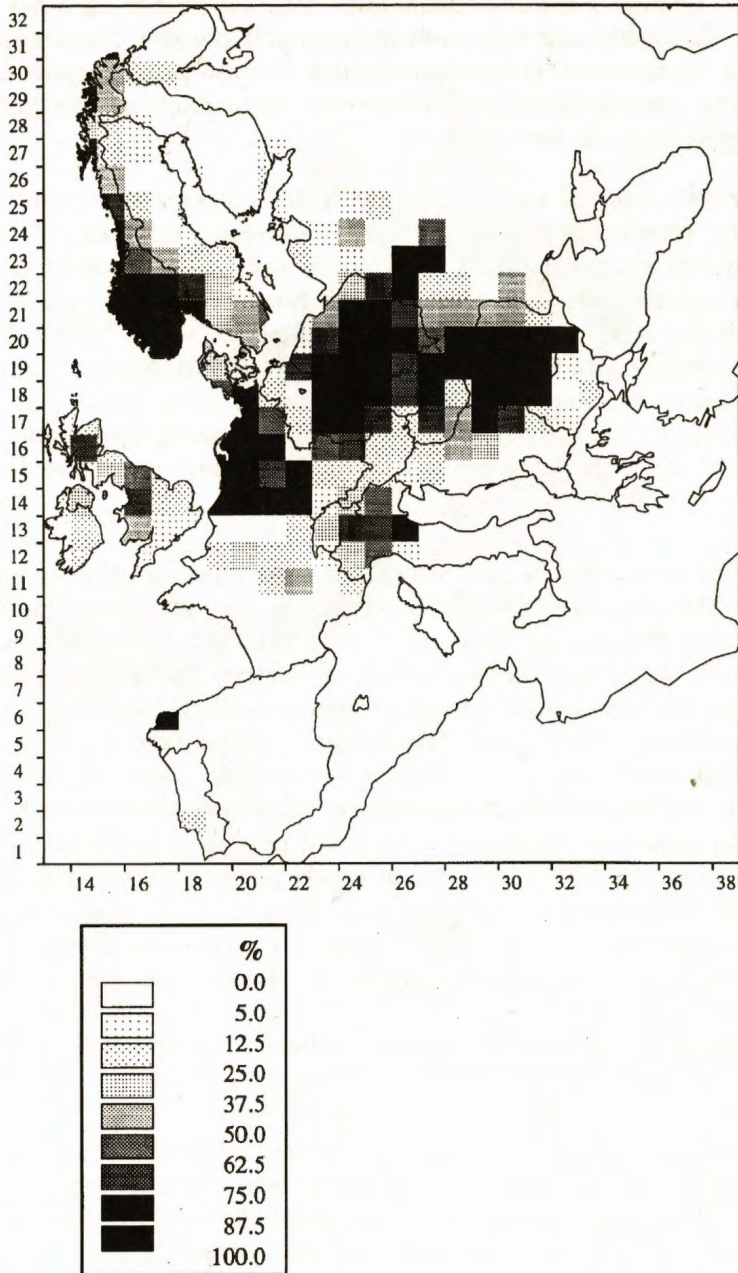
Dwa pozostałe warianty optymalizacji nie biorą pod uwagę wspomnianych relacji między źródłem a receptorem (obszarem zanieczyszczanym).

W ostatnim okresie do modelu RAINS zaadaptowano uproszczone podejście do oceny skutków środowiskowych oparte na koncepcji obciążenia krytycznego ("critical load"). Obciążenia krytyczne to "podtrzymywalne" poziomy depozycji (siarki, azotu lub całkowitej kwasowości) poniżej których, zgodnie z obecną wiedzą, nie występują żadne uszkodzenia ekosystemów wrażliwych na dane zanieczyszczenia. Podejście takie zostało w znacznej mierze zaakceptowane przez międzynarodową społeczność naukową, a także przez polityków, w ramach negocjacji na temat zobowiązań do redukcji transgranicznych przepływów zanieczyszczeń. Mapa obciążeń krytycznych dla depozycji siarki w Europie w ramach siatki EMEPu (150km × 150km), w gramach siarki na metr kwadratowy na rok, pokazana została na Rys. 2.

Model RAINS jest następnie używany do porównywania depozycji siarki będących rezultatami konkretnych scenariuszy kontroli emisji z obciążeniami krytycznymi. Różne strategie zmniejszenia emisji prowadzą do różnych map przekroczeń poziomów krytycznych. Przykład takiej mapy przekroczeń poziomów krytycznych dla roku 2000 w przypadku scenariusza "Obecnych planów zmniejszenia emisji" pokazano na Rys.3. Jak widać, chociaż rozpatrywany scenariusz zakłada dość wysoki, bo aż 40 procentowy spadek emisji SO₂, to depozycja przekroczy odpowiednie poziomy krytyczne na obszarze większej części Europy. W szczególności, w Europie środkowej poziomy krytyczne zostaną przekroczone dziesięciokrotnie. W związku z tym, w IIASA opracowano ostatnio ogólnoeuropejskie strategie redukcji emisji, obejmujące docelowe poziomy depozycji dla poszczególnych krajów europejskich, na podstawie obciążeń krytycznych, zmierzające do tego, by uchronić więcej niż 90% ekosystemów od poziomów depozycji przekraczających wartości krytyczne (Amann i in., 1992). W myśl tych strategii, jednakże, poszczególne kraje powinny zmniejszyć emisje o 50 do 60%, a nie o 40%, jak to ma miejsce w obecnych planach.



Rys. 2. Mapa obciążeń krytycznych dla siarki (na poziomie 5% ekosystemów, skorygowane na podstawie bazowego bilansu kationów). Obciążenia krytyczne zostały zdefiniowane jako "ilościowa ocena narażenia na działanie jednego lub więcej rodzajów zanieczyszczeń, poniżej których, zgodnie z obecną wiedzą, nie występują istotne efekty szkodliwe w stosunku do specyficznych elementów środowiska naturalnego"



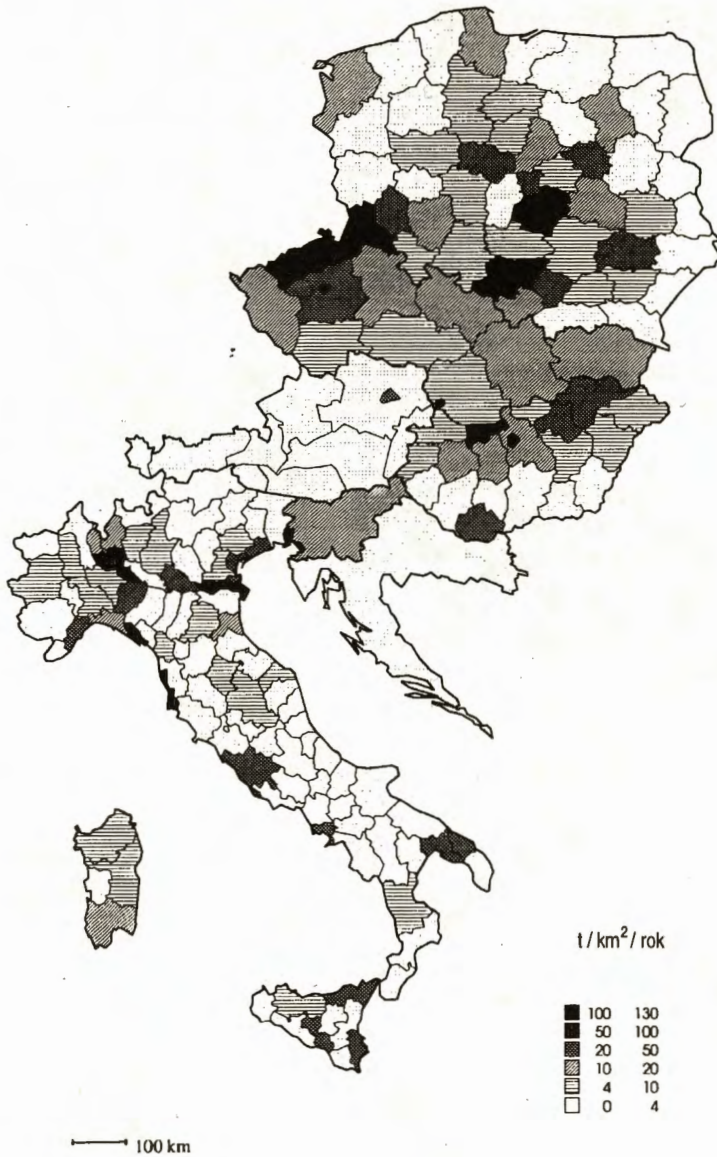
Rys. 3. Procentowy udział ekosystemów, w których depozycja siarki przekroczy dociężenia krytyczne w r. 2000 dla scenariusza "Obecnych planów redukcji emisji"

Koszty związane z takimi redukcjami zanieczyszczeń są o 50 do 100% wyższe niż koszty redukcji według obecnych planów. Scenariusze wynikające z opracowanych strategii są konkretnymi propozycjami do końcowej wersji nowego protokołu siarkowego Konwencji o Transgranicznych Zanieczyszczeniach Powietrza.

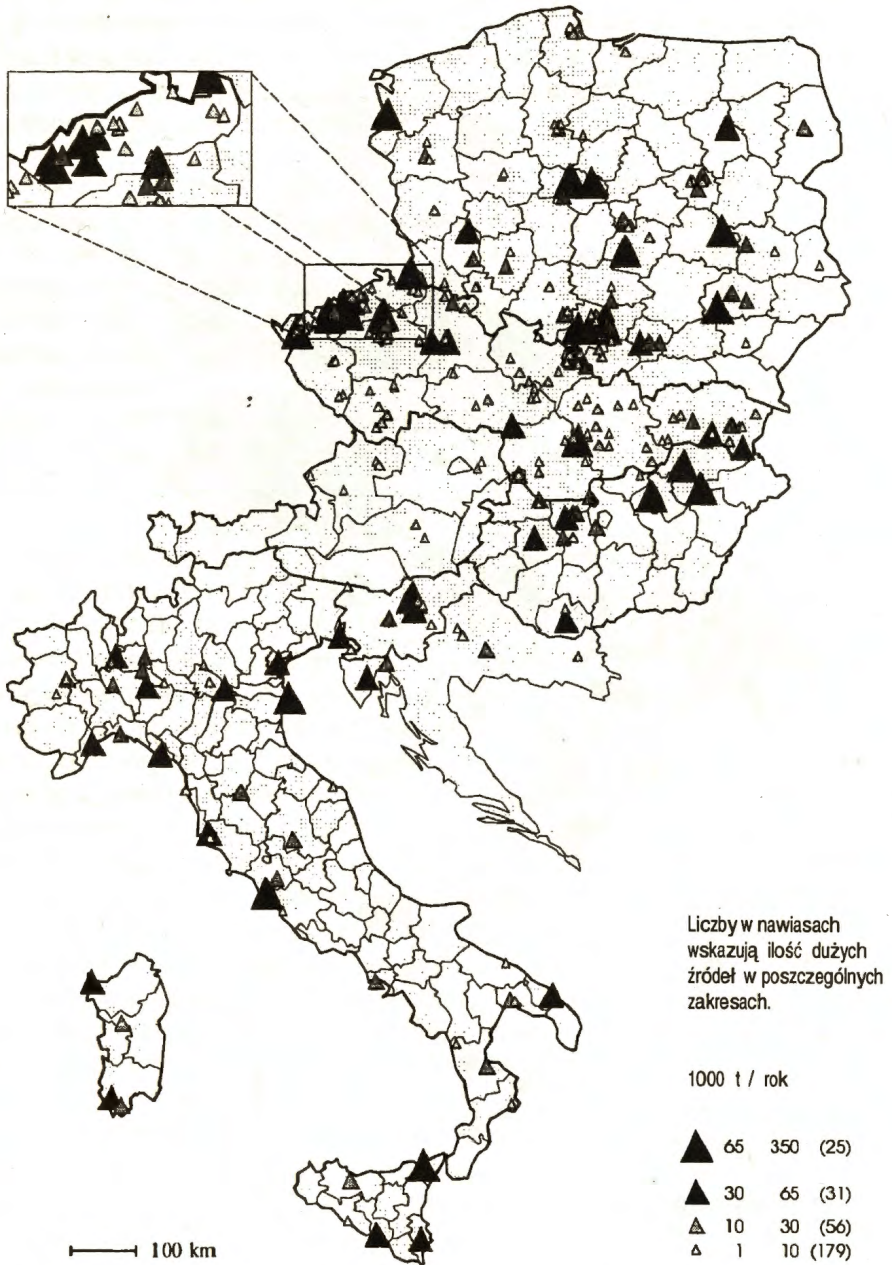
Prace w projekcie transgranicznych zanieczyszczeń powietrza w IIASA obejmują również studia o mniejszym zakresie, zazwyczaj finansowane przez źródła spoza Instytutu. Jednym z takich pod-projektów, finansowanym przez austriackie Ministerstwo Nauki i Badań, była analiza obciążeń krytycznych kwasowością dla Austrii (Schoepp, 1991). Wyniki tej analizy zostały przekazane jako oficjalny wkład Austrii do tworzenia międzynarodowej mapy obciążeń krytycznych. Poza tym, wyniki wspomnianej analizy zostały wykorzystane przy przygotowywaniu nowego austriackiego prawa dotyczącego ochrony jakości powietrza ("Clean Air Act").

Innym ważniejszym pod-projektem tego typu, sfinansowanym przez włoskie Ministerstwo Ochrony Środowiska, było studium wspólnego wykazu emisji dla Europy Środkowej (Klimont i in., 1993). W wykazie tym porównuje się emisje zanieczyszczeń powietrza (dwutlenek siarki, tlenki azotu i zanieczyszczenia pyłowe) w ośmiu krajach należących do Inicjatywy Środkowo-Europejskiej (poprzednio: grupy Pentagonale). Poza danymi o emisjach na poziomie krajów, analiza pozwala na pokazanie podziału między sektorami gospodarki oraz przestrzenny rozkład emisji pomiędzy regionami administracyjnymi w poszczególnych krajach. Wykaz zawiera ponadto dane o dużych źródłach zanieczyszczeń, takich jak elektrownie, kompleksy przemysłowe itp. Przy opracowywaniu wykazu konieczna była intensywna współpraca z ekspertami z poszczególnych krajów (w tym i z zespołem polskim). Na Rys.4 pokazano rozkład przestrzenny emisji SO_2 w rozpatrywanym regionie Europy w roku 1988. Z kolei lokalizacje większych źródeł i wielkości ich emisji SO_2 zostały pokazane na Rys.5.

Planuje się kontynuowanie prac z modelem RAINS w dziedzinie analizy wzrostu zakwaszenia. Przygotowuje się nową, rozszerzoną wersję modelu. Wersja ta zawiera nie tylko strategie kontroli (sterowania) na szczeblu krajowym, ale także strategie dla najważniejszych dużych punktowych źródeł emisji zanieczyszczeń. Wdrożenie tej nowej wersji modelu RAINS dla obszarów południowo-wschodniej Azji stanowi obecnie przedmiot prac pod-projektu, który jest finansowany przez Bank Światowy.



Rys. 4. Regionalne emisje SO₂ ze wszystkich źródeł w obszarze Inicjatywy Środkowo-Europejskiej.



Rys. 5. Położenia dużych źródeł punktowych emisji SO₂ w obszarze Inicjatywy Środkowo-Europejskiej.

Innym zagadnieniem, którym zamierzamy się zajmować w przyszłości jest problem ozonu troposferycznego. Po podjęciu zasadniczych kroków w kierunku zredukowania zakwaszenia w Europie ozon pozostanie najprawdopodobniej najpoważniejszym problemem ochrony środowiska. Procesy generacji ozonu wykazują cechy, które powodują, że są one bardzo złożone, występują w nich oddziaływania synergiczne i konkurencyjne. Zostaną one poddane szczegółowszym badaniom i zostanie przygotowany grunt pod zintegrowaną analizę połączoną z oceną przebiegu procesów.

Bibliografia

- Alcamo, J., Shaw R., Hordijk L. (red.) (1990): The RAINS Model of Acidification. Science and Strategies in Europe. (Model zakwaszania RAINS. Nauka i strategie europejskie). Dordrecht, Holandia: Kluwer Academic Publishers.
- Amann, M., Bertok I., Cofala J., Klaassen G., Schoepp W. (1992): Strategies for Reducing Sulphur Dioxide Emissions in Europe (Strategie redukcji emisji dwutlenku siarki w Europie). Status Report SR-92-08. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Klimont, Z., Amann M., Cofala J., Gyarmas F., Klaassen G., Schoepp W. (1993): Emissions of Air Pollutants in the Region of Central European Initiative 1988 (Emisje zanieczyszczeń powietrza w regionie Inicjatywy Środkowo-Europejskiej w 1988r.). Status Report SR-93-** (w przygotowaniu). IIASA, Laxenburg, Austria.
- Schoepp, W. (1991): Modeling of Critical Loads for Acid Deposition in Austria (Modelowanie obciążeń krytycznych dla depozycji kwaśnych w Austrii). Status Report SR-91-04. IIASA, Laxenburg, Austria.

IBS

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIE 42859 A

WPROWADZENIE

Leszek Kuźnicki
Peter E. de Jánosi
Miroslaw Mossakowski
Jan Owskiński

INTERDYSCYPLINARNOŚĆ

Nathan Keyfitz

DEMOGRAFIA

Christopher Prinz
Jerzy Z. Holzer

TRANSFORMACJA GOSPODARCZA

János Gács
Józef St. Zegar

ŚRODOWISKO I ZASOBY NATURALNE

Nebojša Nakićenović
Jacek Marecki
Janusz Cofała
Maciej Nowicki
Sten Nilsson
Andrzej Szujecki
Wojciech Galiński i Manfred Küppers
Laszlo Somlyódy
Zdzisław Kaczmarek

METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

Andrzej Ruszczyński
Marek Makowski
Andrzej P. Wierzbicki
Zdzisław Pawlak
Kurt Fedra i Elisabeth Weigkricht

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1