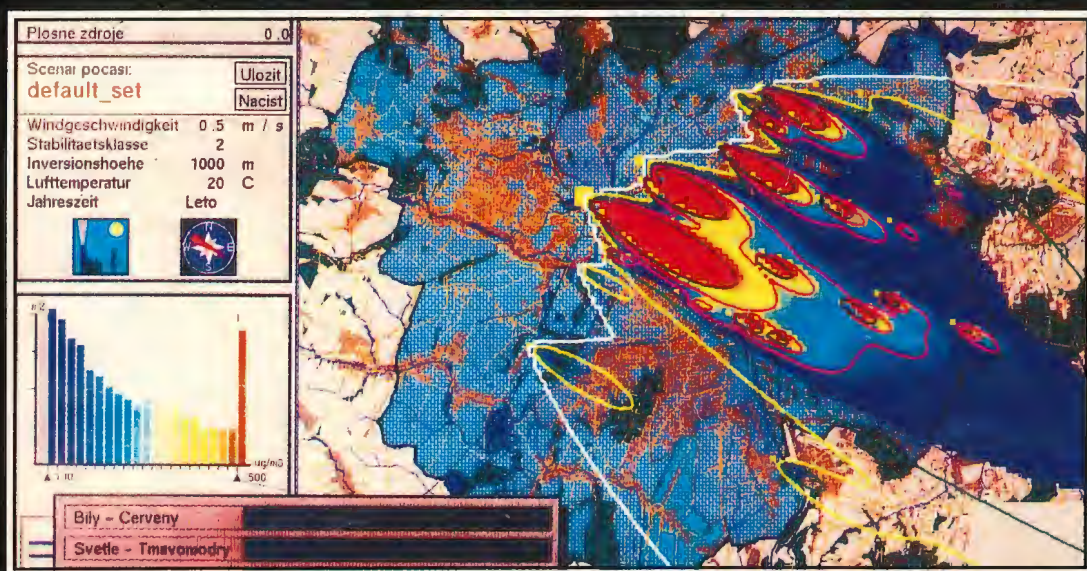


\* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA \*  
\* Instytut Badań Systemowych PAN \*

# ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA



INTERDYSCYPLINARNOSĆ \* DEMOGRAFIA \* PRZEKSZTAŁCENIA  
GOSPODARCZE \* ŚRODOWISKO \* 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**

## PRACE IIASA DOTYCZĄCE LASÓW

**Sten Nilsson**

*Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemów  
Laxenburg, Austria*

### **1. Wstęp**

Projekt o nazwie "Leśnictwo a zmiany klimatyczne" zajmuje się szeregiem różnych aspektów zasobów leśnych. Nie wszystkie z tych aspektów zostaną poruszone w niniejszym krótkim doniesieniu. Zajmiemy się mianowicie przede wszystkim tymi kwestiami związanymi z leśnictwem, które wiążą się blisko z niektórymi innymi pracami IIASA, prezentowanymi w niniejszym tomie, a mianowicie z pracami na temat przeciwdziałania emisjom gazów powodujących efekt szklarniowy (artykuł Nebojsa Nakicenovicia) oraz na temat transgranicznych przepływów zanieczyszczeń powietrza (artykuł Janusza Cofały). Ponadto chciałbym dorzucić kilka słów odnośnie zagadnień specyficznych dla polskiego sektora leśnictwa.

### **2. Środki zaradcze w zakresie emisji gazów powodujących efekt szklarniowy (GES)**

W wielu usilnie nagłaśnianych debatach i programach o charakterze w istocie politycznym leśnictwo jest przedstawiane jako sektor, który może bardzo pomóc w rozwiązywaniu, jeśli nie wręcz rozwiązaniu, zagadnienie emisji gazów powodujących efekt szklarniowych (GES). Sugestie takie są przyczyną wielu nieporozumień między Północą (będącą źródłem tych

sugestii) a Południem (które miałyby je wdrażać). Proponowanym rozwiązaniem problemu efektu szklarniowego są mianowicie wielkie programy nasadzeń drzew. Twierdzi się, że znaczne obszary globu ziemskiego nadają się do prowadzenia takich działań, mających zatrzymać węgiel [atmosferyczny]. W niniejszym tekście będziemy jeszcze zajmowali się kwestią potencjalnych efektów wielkich nasadzeń leśnych drzew w odniesieniu do bilansu GES w atmosferze. Zanim jednak do tego przejdziemy, przedstawimy obecne przybliżone przepływy węgla w przyrodzie (Tablica 1).

**Tablica 1. Obecne przepływy i absorpcja węgla (w Gtonach C, to znaczy miliardach ton węgla).**

Obecne antropogeniczne emisje węgla	7.6 + 1.5 Gt
Globalny efekt absorpcji węgla	2.3 - 5.3 Gt
Roczny przyrost ilości węgla w atmosferze	3.8 Gt
Roczny przepływ netto o charakterze biotycznym	0.6 - 2.8 Gt
Węgiel zmagazynowany w roślinności	600 Gt
Węgiel zmagazynowany w glebie	1400 Gt

Z Tabl.1 można wywnioskować, że ewentualny program nasadzeń leśnych musiałby absorbować rocznie 3.8 Gt węgla, aby móc zrównoważyć przyrost ilości tego pierwiastka w atmosferze.

W ramach naszych prac przeanalizowaliśmy, kraj po kraju, wielkości powierzchni nadających się pod nasadzenia i tych powierzchni, które są obecnie faktycznie dostępne. Wyniki tej analizy podane są w Tablicy 2. Tak więc, około 4 miliardy hektarów nadaje się pod program nasadzeń, ale w związku z warunkami własnościowymi, zwyczajami użytkowania

ziemi, charakterystykami kulturowymi, warunkami społeczno-gospodarczymi itp., tylko około 345 milionów hektarów jest faktycznie dostępne dla takiej działalności. Dla tej właśnie powierzchni zaprojektowaliśmy realistyczny, jak się wydaje, program prowadzenia nasadzeń, oparty na lokalnych informacjach dotyczących [możliwości] prowadzenia nasadzeń, rozpoczynający się w roku 1995.

**Tablica 2. Powierzchnie odpowiednie i dostępne do prowadzenia nasadzeń drzew, w milionach hektarów.**

	Powierzchnie:	
	Odpowiednia	Dostępna
Ameryka Północna	49.3	49.3
Europa	8.1	8.1
Były ZSRR	132.0	66.5
Chiny	86.6	62.5
Obszary o klimacie umiarkowanym w Azji/Afryce Płd./Ameryce Płd.	19.0	19.0
Oceania	66.8	9.3
Tropikalna Ameryka Łacińska	1344.0	40.8
Tropikalna Afryka	1693.0	31.6
Tropikalna Azja	628.0	57.7
Razem	4026.8	344.8 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Razem z gospodarką rolno-leśną

Następnie, w Tablicy 3 podajemy dynamikę wielkości absorpcji węgla przy założonym rozwoju zaprojektowanego programu nasadzeń drzew. Można z tej tablicy wyciągnąć wniosek, że upłynie sporo czasu - około 40 lat - zanim osiągnięte zostaną maksymalne intensywności absorpcji,

wynoszące mniej więcej 1.5 Gt węgla rocznie. Liczbę tę powinniśmy porównać z obecnym wzrostem netto ilości węgla w atmosferze (por. Tabl. 1), to znaczy 3.8 Gt rocznie. Całkowita absorpcja węgla przy pomocy zaprojektowanego programu zalesień wyniosłaby co najwyżej 35 Gt (Tablica 4).

**Tablica 3. Oceny rocznych absorpcji węgla przez proponowany program nasadzeń (w milionach ton węgla).**

Rok	Roczna nadziemna absorpcja węgla	Roczna podziemna absorpcja węgla	Całkowita roczna absorpcja węgla
2015	407	122	529
2025	635	191	826
2035	864	259	1123
2045	991	297	1288
2055	1140	342	1482
2070	1092	328	1420
2085	1058	317	1375
2095	1084	325	1409

Na podstawie przeprowadzonych badań można było stwierdzić, że globalny program zalesiania nie jest w stanie rozwiązać problemu emisji [węgla w postaci] dwutlenku węgla, ale może odegrać poważną rolę w powiązaniu z innymi przedsięwzięciami.

**Tablica 4. Absorpcja węgla przez glebę, biomasę systemów korzeniowych, części nadziemne i ściółkę w ramach globalnego programu nasadzeń (w milionach ton węgla).**

Region	Gleba	Korzenie	Ściółka	Części podziemne	Części nadziemne
Północny	580	474	22	1075	2851
Umiarkowany	2389	2823	462	5675	12855
Leśnictwo tropikalne	1045	937	248	2229	12088
Gospodarka rolno-leśna	825	209	56	1090	5395
Razem	4839	4443	787	10069	33188

### 3. Transgraniczne zanieczyszczenia powietrza

Transgraniczne przepływy zanieczyszczeń powietrza są przyczyną wielu problemów, a jednym z nich jest niewątpliwie proces wymierania lasów. Przez szereg lat pracowaliśmy nad kwestią oceny efektów wymierania lasów w Europie, spowodowanego przez zanieczyszczenia powietrza przez odwoływanie się do modeli "dose-response" (dawki-reakcji), opartych na wieloletnich eksperymentach prowadzonych w byłej NRD.

Z tych eksperymentów wynioskować można, że w pewnych warunkach depozycje siarki powodują efekty oceniane jako wymieranie, podczas gdy w innych warunkach spowodowane to jest przez depozycje azotu. Istnieją także warunki, w których wymieranie jest spowodowane przez połączone działanie siarki i azotu. Należy wspomnieć o istotnym fakcie maskowania ujemnych skutków depozycji siarki na wstępnych etapach procesu przez skutki depozycji azotu. Przez uwzględnienie istniejących



przebiegów w czasie oraz charakteru depozycji, wrażliwości różnych ekosystemów leśnych i wreszcie wspomnianych uprzednio modeli "dose-response" w obrębie modelu oceny gospodarki leśnej i drzewnej mogliśmy wyznaczyć konsekwencje dla podtrzymywalnej podaży drzewa w Europie, wynikające z obecnych emisji zanieczyszczeń powietrza (Tablica 5).

**Tablica 5. Warianty gospodarki leśnej w Europie:**

Region Europy	Warianty gospodarki leśnej w Europie			Pozysk drewna w 1987 wg FAO
	podstawowy	z wymieraniem lasów	zwiększona powierzchnia i bez wymierania	
Średnie z symulacji do 100 lat Potencjalny pozysk w milionach m <sup>3</sup> /rok (dla wszystkich gatunków)				
Skandynawia	155.3	144.2	158.3	120.7
EWG (9 krajów)	150.1	126.2	169.1	109.3
Europa Środkowa	24.8	18.9	18.9	25.2
Europa Południowa	78.4	71.0	83.6	72.1
Europa Wschodnia	126.0	91.7	127.4	99.5
Europa - razem	534.5	452.1	563.7	423.9

Tablica 5 wskazuje, że obecne emisje spowodują stratę około 82 milionów m<sup>3</sup> drewna średnio rocznie w ciągu najbliższych 100 lat. Wniosem może być zatem stwierdzenie, że obecne strategie zmniejszania emisji zanieczyszczeń w Europie są dalece niewystarczające. Konieczne są znacznie dalej idące środki, uwzględniające także zmianę systemów energetycznych.

Innym wnioskiem jest stwierdzenie połączonego efektu wpływu zmian klimatycznych i zanieczyszczeń powietrza na rozwój zasobów leśnych. W chwili obecnej jednak nasza wiedza w tej dziedzinie jest zbyt uboga, by można było sformułować jakiegokolwiek oceny ilościowe.

Wspomnijmy także o innym ważnym spostrzeżeniu wynikającym z przeprowadzonych badań, a mianowicie, że obecne emisje siarki zneutralizowały około połowy wielkości efektu szklarniowego, jaki byłby rezultatem istniejących emisji gazów powodujących ten efekt.

#### 4. Wyzwania dla polskiego sektora leśnictwa

W ostatnim okresie opracowano i przedstawiono szereg analiz popytu drewna dla Europy. Wykorzystaliśmy wyniki tych badań i porównaliśmy je z wynikami naszych studiów nad podażą drewna w celu uzyskania bilansów dla Europy w roku 2010. Wszystkie przeprowadzone badania wskazują, że Europa będzie w tym okresie regionem deficytu drewna (deficyt ten osiągnie, w zależności od rozpatrywanego wariantu, 14 do 459 milionów m<sup>3</sup> drewna w roku 2010)\*. Ważnym przesłaniem tych studiów jest fakt, że przewiduje się dobrą koniunkturę dla polskich produktów i materiałów przemysłu drzewnego na rynku europejskim. Obecny etat rębny w Polsce wynosi około 18.5 miliona m<sup>3</sup>, podczas gdy według naszych ocen podtrzymywalny poziom uzysku z lasów polskich - jeśli założyć brak negatywnego efektu wymierania lasów wywołanego przez zanieczyszczenia powietrza - wynosić może około 30.5 miliona m<sup>3</sup>. Z drugiej strony jednak, nasze oceny przy założeniu obecnych poziomów zanieczyszczenia powietrza i *stosowanych obecnie praktyk zarządzania lasami w Polsce* są zbliżone do wspomnianego etatu rębnego. Należy zaznaczyć przy tym, że obecne praktyki zarządzania w Polsce nie mają charakteru intensywnego i że powodują one zwiększoną wrażliwość lasów na wymieranie spowodowane przez zanieczyszczenia powietrza. Przez

\* Górna granica tego przedziału (459 mln ton) jest wynikiem prognozy według modelu ekonometrycznego wykorzystywanego przez FAO, który przewiduje wzrostowy trend popytu o ok. 2% rocznie. Według specjalistów z IIASA (wskazujących dolną granicę prognozy - 14 mln ton) trend ten musi ulec załamaniu (przyp. red.).

wprowadzenie intensywniejszych metod uprawy lasu w Polsce, nawet zakładając obecne poziomy zanieczyszczeń powietrza, możnaby zwiększyć podtrzymywalny uzysk drewna o 5 milionów m<sup>3</sup> rocznie (z 18.5 miliona do 23.5 miliona). Wprowadzone metody pozwoliłyby na poprawienie stanu zdrowotności lasów i zmniejszenie ich wrażliwości na efekt wymierania, spowodowany przez zanieczyszczenia powietrza. Zwiększona podaż drewna zostałaby wprowadzona na rynek europejski i stanowiłaby poważny wkład w przeprowadzenie procesu transformacji gospodarczej w Polsce.

### **Publikacje projektu leśnego IIASA**

Wyniki projektu leśnego IIASA są publikowane na szereg sposobów, ale przede wszystkim jako książki sprzedawane zwykłymi kanałami komercyjnymi. Ważniejsze publikacje zostały tutaj podane. Prosimy zauważyć, że wszystkie książki i inne publikacje są w języku angielskim (we wszystkich przypadkach istnieje możliwość udzielenia praw do tłumaczeń).

1. Future Forest Resources of Western and Eastern Europe (Przyszłe zasoby leśne Europy zachodniej i wschodniej), S.Nilsson, O.Sallnaes i P.Duinker, Parthenon Publishing Group Ltd. (Styczeń 1992), ok. 500 stron.
2. The Forest Resources of the Former European USSR (Zasoby leśne europejskiej części byłego ZSRR), S.Nilsson, O.Sallnaes, M.Hugosson i A.Swidienko, Parthenon Publishing Group Ltd. (Listopad 1992), ok. 500 stron.

Te książki stanowią główne raporty z prac projektu. Zawierają one szczegółowe wyniki dla poszczególnych krajów i subregionów.

3. Forest Potentials and Policy Implications: A Summary of a Study of Eastern and Western European Forests by the International Institute for Applied Systems Analysis (Potencjał leśny i implikacje dla polityk: podsumowanie studium lasów wschodnio- i zachodnioeuropejskich przeprowadzonego przez Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemów), S.Nilsson, O.Sallnaes i P.Duinker, IIASA Executive Report 17 (Luty 1991), 40 stron.

Raport podaje przegląd prac IIASA w dziedzinie leśnictwa i jest napisany dla czytelnika poinformowanego, ale nie będącego specjalistą.

4. European Forest Decline: The Effects of Air Pollutants and Suggested Remedial Policies (Wymieranie lasów w Europie: skutki zanieczyszcze-

nia powietrza i proponowane sposoby przeciwdziałania), p.red. S.Nilssona (Sierpień 1991), 230 stron.

Książka zawiera artykuły dotyczące koncepcji związanych z przyczynami i przebiegiem wymierania lasów, takich jak krytyczne obciążenia ekosystemów, zanieczyszczenie powietrza, skutki gospodarcze, sugerowane polityki itp. Opracowanie książki było finansowane wspólnie przez IIASA, Szwedzką Królewską Akademię Rolniczą i Leśną oraz Inter-Action Council (Radę Współ-Akcji).

5. Mountain World in Danger: Climate Change in the Mountains and Forests of Europe (Świat gór w niebezpieczeństwie: zmiany klimatyczne w górach i lasach Europy), S.Nilsson i D.Pitt, Earthscan Publications Ltd. (Wrzesień 1991), 225 stron.

Książka daje obraz możliwych przyszłych powiązań pomiędzy zmianami klimatu i stanem lasów w wysokich górach Europy, ilustruje złożoność tych powiązań, a także proponuje strategię i współdziałania niezbędne do poradzenia sobie z tymi zmianami. Książka została napisana dla szerokiego kręgu czytelników, zaś jej opracowanie było sfinansowane wspólnie przez IIASA i Bellevue Foundation.

6. Vegetation Dynamics and Global Change (Dynamika roślinności a zmiany globalne), p.red. A.M.Solomona i H.H.Shugarta, Chapman & Hall, ISBN 0-412-03671-1 (HB), ISBN 0-412-03681-9 (PB) (Październik 1992), 364 strony, w tym 24 kolorowe.

Książka wprowadza wyrafinowane narzędzia matematyczne i obliczeniowe używane do przewidywania szybkości zmian w lasach świata. W książce uwzględniono zjawiska fizjologiczne, dynamikę drzewostanów, modele dynamiki lasów o dużej skali, rekonstrukcję roślinności leśnej w poprzednich klimatach prowadzoną w celu dostarczenia możliwości głębszego wejrzenia w skutki obecnych zmian globalnych, jak również rolę lasów w ramach globalnego cyklu węglowego.

7. Environmental Impacts of Waste Paper Recycling: A Feasibility Study (Efekty środowiskowe wtórnego użycia makulatury papierowej: studium wstępne), Y.Virtanen i S.Nilsson, Earthscan Publications Ltd. (Wiosna 1993), 200 stron.

Podano szczegóły wstępnego studium dotyczącego wtórnego użycia papieru na dużą skalę w Europie. Przebadano cały proces produkcji i składowania odpadów przy użyciu metodyki "cyklu życiowego" i odpowiednich baz danych. Przedstawiono niektóre wstępne wnioski dotyczące najodpowiedniejszych bilansów wtórnego użycia i spalania.

8. Some Environmental Policy Implications of Recycling Paper Products in Western Europe (Niektóre wnioski dotyczące polityki środowiskowej wynikające z wtórnego użycia produktów papierowych w Europie zachodniej), Y.Virtanen i S.Nilsson, IIASA Executive Report 22 (Lipiec 1992), 50 stron.

W raporcie podsumowane są wyniki badań, których szczegółowe rezultaty przedstawione są w poprzednio zasygnalizowanej książce (Efekty środowiskowe...). Raport jest przeznaczony dla czytelników związanych z przemysłem papierniczym i innymi, powiązanimi z nim przemysłami, zwłaszcza na poziomie podejmowania decyzji o charakterze strategicznym.

9. The RAINS Model of Acidification in Europe: Science and Strategies in Europe (Model RAINS zakwaszenia w Europie: nauka i strategia w Europie), p.red. J.Alcamo, R.Shawa i L.Hordijka. Kluwer Academic Publishers. ISBN 07923-0781-X (HB), ISBN 07923-0782-8 (PB) (Czerwiec 1990), 400 stron.

Posumowanie wyników projektu IIASA dotyczącego kwaśnych deszczów i opis modelu komputerowego RAINS używanego do estymowania przestrzennych rozkładów depozycji w ramach studium lasów prowadzonego w IIASA.

- 10.The Economic Impact of Air Pollution on Timber Markets: Studies from North America and Europe (Skutki gospodarcze zanieczyszczenia powietrza dla rynków drzewnych: studia z Ameryki Północnej i Europy), J.E.de Steiguer, G.A.Fraser, R.W.Haynes, T.P.Holmes, S.Nilsson i H.Seppälä (1992).

Ten ogólny raport o charakterze technicznym opracowany w znacznej mierze przez Służbę Leśną USDA zawiera sześć artykułów dotyczących obliczania szkód gospodarczych na rynkach drzewnych spowodowanych zanieczyszczeniami powietrza. Autorzy są ekonomistami, którzy szczegółowo przeanalizowali sytuację spowodowaną zanieczyszczeniami powietrza w zasobach leśnych. Omawiany zbiór artykułów przedstawia bieżący stan wiedzy w bardzo aktualnej dziedzinie zasobów naturalnych.

11. Carbon Sequestering Potential by Global Afforestation (Potencjał absorpcji węgla wynikający ze światowego programu zalesień), Sten Nilsson i W.Schopfhauser. Kluwer (w przygotowaniu).

Książka ta zajmuje się zagadnieniem uruchomienia możliwości absorpcji węgla atmosferycznego przez światowy program zalesień, omawianym w pierwszej części artykułu.

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