

Metoda oceny wpływu antropopresji na środowisko przyrodnicze stref podmiejskich w krajobrazie młodoglacjalnym (na przykładzie okolic Ełku)

Abstract

Method for evaluation of environmental anthropisation (case study area – suburban zone of the Ełk city). The paper presents the application of American method for ecological risk assessment in Polish conditions. This method was working out by U.S. Environmental Protection Agency. The example of assessment concerns four ecological problems in the vicinity of the City of Ełk in Masurian Lake Region (NE Poland). These problems are: high (point) source air pollution, low (settlement & traffic) source air pollution, surface water pollution & direct degradation of vegetation cover. Every problem was analyzed by four criteria: environmental nuisance, range of man influence on the environment, irreversibility of environmental changes & reliability of data. The results of the investigations are presented on maps & in table.

Key words: landscape ecology, ecological risk assessment, environmental degradation, North-Eastern Poland, Ełk.

Wstęp

Jedno z podstawowych zadań ekologii krajobrazu to ocena natężenia i zasięgu przestrzennego skutków oddziaływania człowieka na środowisko przyrodnicze. Z punktu widzenia ekologii człowie-

ka najważniejsze są te skutki własnej działalności człowieka, które w wyniku funkcjonowania mechanizmu sprzężenia zwrotnego wpływają najsilniej na niego samego. W niniejszym opracowaniu ten aspekt zostanie jednak potraktowany marginesowo, a główny nacisk zostanie położony na ocenę wpływu na środowisko przyrodnicze – ekosystemów i innych elementów struktury ekologicznej obszaru badań.

Zaproponowana metodyka w pewnym stopniu wykorzystuje doświadczenia amerykańskie, a przede wszystkim metodę porównawczej analizy ryzyka i ocenę ryzyka środowiskowego, opracowaną przez federalną Agencję Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency–Kompendium..., 1995). Metoda ta uwzględnia cztery główne grupy ryzyka związane z oddziaływaniem na: ekosystemy, zdrowie ludzi, jakość życia społeczności lokalnej i rozwój gospodarczy. Jak wyżej wspomniano, w opracowaniu analizowana będzie pierwsza z wymienionych grup ryzyka.

Przeniesienie metod amerykańskich na grunt polski nie zawsze jest w pełni możliwe. Wpływają na to czynniki: spo-

łeczne (np. poziom świadomości ekologicznej), prawne, ekonomiczne (np. stopień rozwoju gospodarczego), a także przestrzenne, związane z wielkością poddawanych analizie obszarów, a co za tym idzie szczegółowością oceny. Nie bez znaczenia są także kwestie finansowe, wpływające na możliwość uzyskania niezbędnych danych (wykonanie własnych badań terenowych lub zakupienie istniejących danych). W omawianym przypadku możliwe było zastosowanie metody opracowanej przez Agencję Ochrony Środowiska jako kanwy, która wypełniona została autorskimi propozycjami dostosowanymi do specyfiki warunków polskich i lokalnych.

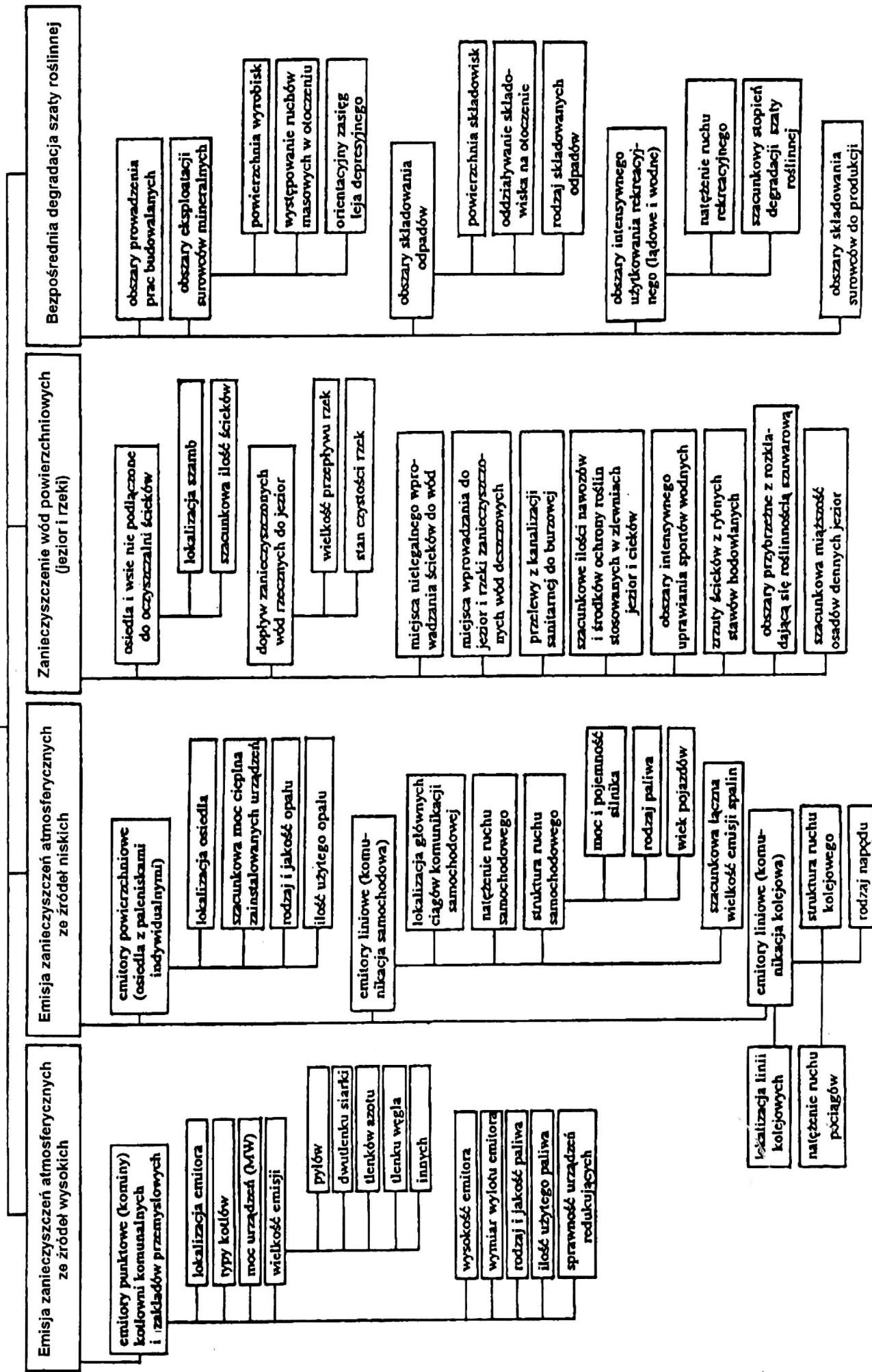
Do przetestowania zaproponowanej metody wybrano okolice Ełku na Pojezierzu Mazurskim. Merytoryczną przyczyną tego wyboru była lokalizacja miasta w krajobrazie otwartym, w strefie kontaktu z cennymi przyrodniczo obszarami leśnymi, torfowiskowymi, łąkowymi i jeziornymi. Bardzo wyraźne są tu granice pomiędzy strefą zurbanizowaną, podmiejską i przyrodniczym otoczeniem miasta. Na wybór tego obszaru wpływ miały także względy formalne, a mianowicie realizacja porównawczej analizy ryzyka ekologicznego przez Komitet Programowy Ekorozwoju Ełku w ramach Projektu Pilotażowego Krajowego Programu Działań na Rzecz Ochrony Środowiska oraz współfinansowanie opracowania przez Instytut na Rzecz Ekorozwoju Społeczności Lokalnych z Vermont w Stanach Zjednoczonych.

Metoda opracowania

Zagadnienie wpływu antropopresji na środowisko przyrodnicze obejmuje bardzo szeroki zakres problemów. Wpływ ten analizować można zarówno z punktu widzenia źródeł antropopresji (emisji zanieczyszczeń atmosferycznych, odprowadzania ścieków, składowania odpadów, itp.), jak i jej biorców, czyli poszczególnych komponentów i elementów środowiska (rzeźby terenu, powietrza atmosferycznego, wód powierzchniowych i gruntowych, gleb, roślin, itp.). Ze względu na rozległość zagadnienia wstęp do oceny ryzyka powinien polegać na wyborze obszarów charakterystycznych dla danego terenu badań. Problemem może być np. emisja zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do atmosfery lub też zanieczyszczenie wód powierzchniowych. Takich obszarów problemowych może być co najmniej kilkanaście. W dalszej części opracowania zaprezentowano metodę oceny ryzyka tylko dla głównych obszarów problemowych zidentyfikowanych dla okolic Ełku. Są to:

- emisja zanieczyszczeń atmosferycznych ze źródeł wysokich (punktowych);
- emisja zanieczyszczeń atmosferycznych ze źródeł niskich (powierzchniowych i liniowych);
- zanieczyszczenie wód powierzchniowych (jezior i rzeki Ełk);
- bezpośrednia degradacja szaty roślinnej wywołana działalnością człowieka.

ŹRÓDŁA ODDZIAŁYWANIA ANтропоГЕНICZNEGO NA ŚRODOWISKO



RYSUNEK 1. Charakterystyka źródeł oddziaływania na środowisko i ich parametrów

Każda ocena ryzyka ekologicznego wymaga zidentyfikowania, w odniesieniu do poszczególnych obszarów problemowych, trzech podstawowych zmiennych: źródeł oddziaływania na środowisko, stresorów, czyli materialno-energetycznych nośników oddziaływania na środowisko oraz biorców stresorów, czyli komponentów i elementów środowiska przyrodniczego podlegających oddziaływaniom.

Źródła oddziaływania na środowisko przedstawiono na rysunku 1.

Stresory na potrzeby oceny ryzyka ekologicznego, oprócz charakterystyki ilościowej i jakościowej związków chemicznych i bodźców energetycznych oddziaływających na środowisko, powinny być analizowane z uwzględnieniem:

- miejsca wprowadzenia ich ze źródła do środowiska (emisji);
- drogi przemieszczania się w środowisku (migracji – dyspersji);
- obszaru lub miejsca wystąpienia skutków antropopresji w środowisku (emisji – depozycji).

Najtrudniejsze do określenia są obszary ostatecznej depozycji zanieczyszczeń i odbioru bodźców energetycznych w środowisku tak pod względem ilościowym, przestrzennym, jak i jakościowym (przede wszystkim ze względu na słabe rozpoznanie synergicznego oddziaływania różnych bodźców).

Biorcy stresorów to podstawowe elementy struktury ekologicznej obszaru (np. lasy, jeziora, gleby, tereny zieleni miejskiej, nisze ekologiczne zasiedlone przez rzadkie i chronione gatunki zwierząt). Biorcy powinni być analizowani pod względem:

- cennej ekologicznej (wagi dla utrzymania względnej równowagi ekologicznej obszaru);
- wrażliwości na oddziaływania poszczególnych stresorów.

Połączenie tych dwóch kryteriów pozwala na określenie wielkości stopnia narażenia biorców na oddziaływania antropogeniczne.

Ocena ryzyka ekologicznego, uwzględniająca trzy wyżej opisane grupy zmiennych, powinna składać się z ocen cząstkowych dotyczących: uciążliwości oddziaływania stresorów na środowisko, zasięgu przestrzennego oddziaływania na środowisko oraz nieodwracalności zmian, które zaszły w środowisku.

Kryterium uzupełniającym, pozwalającym na orientacyjne określenie wiarygodności dokonanej oceny, jest ocena jakości danych (ich niepewności).

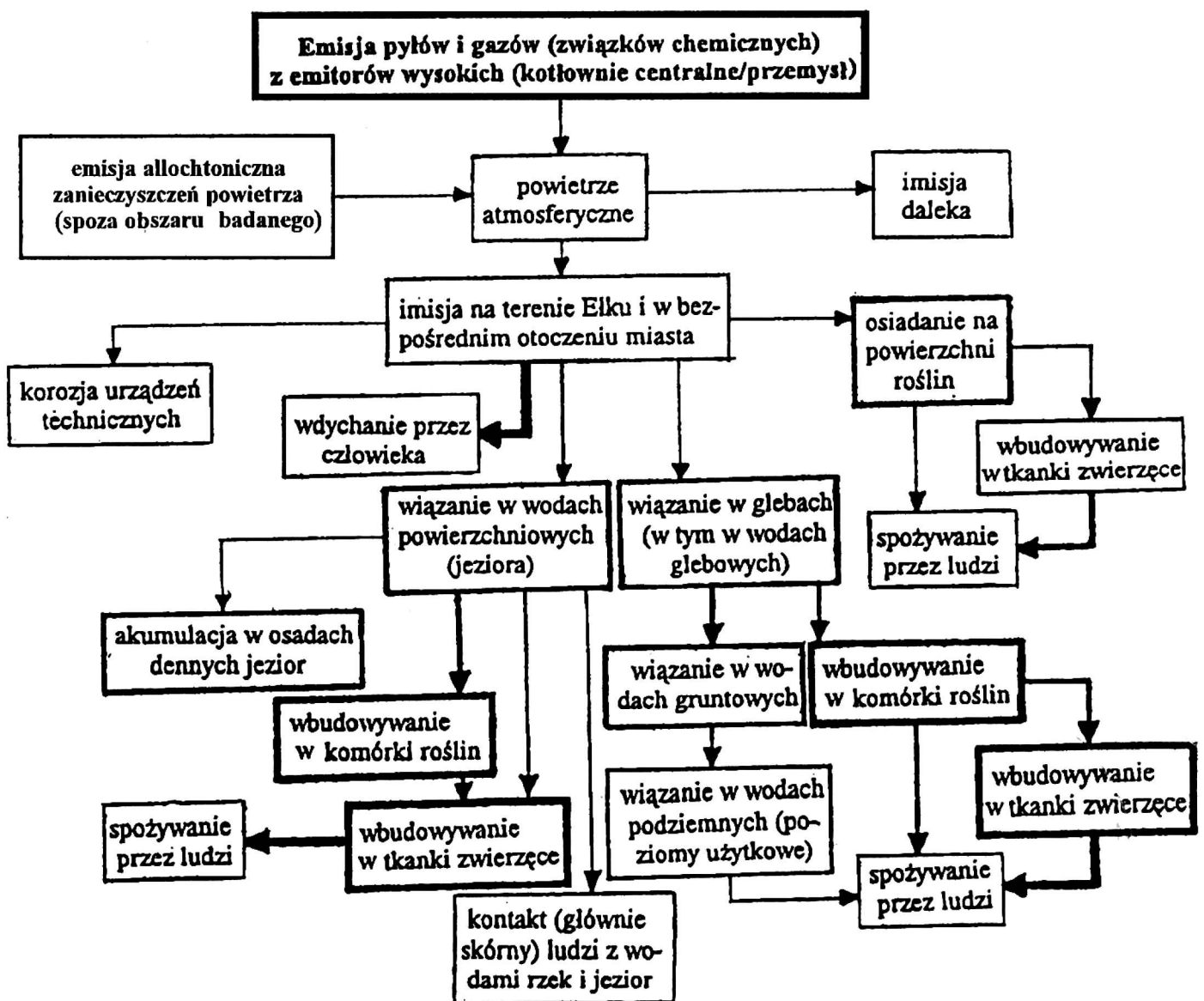
Przy ocenie ryzyka ekologicznego dopuszczalne jest, w celu uzyskania większej przejrzystości, zastosowanie metod bonitacyjnych. W przypadku posiadania danych ilościowych ich zastosowanie nie budzi wątpliwości, natomiast z dużą ostrożnością trzeba je stosować przy korzystaniu z danych jakościowych. Niestety, pomimo powszechnej krytyki metod bonitacyjnych, z braku danych ilościowych, są one często jedynymi możliwymi do zastosowania.

Wszystkie cztery wymienione kryteria służą do odrębnej oceny ryzyka w każdym obszarze problemowym. Określenie zasięgu przestrzennego wymaga analizy kartograficznej i polega na wskazywaniu obszarów biorców oddziaływań, dla których stresory są uciążliwe z różnym natężeniem.

Najbardziej złożonym procesem jest ocena uciążliwości oddziaływania stresora na środowisko. Najczęściej dokonuje się jej w odniesieniu do tych elementów struktury ekologicznej, które najsilniej podlegają oddziaływaniu stresora. I tak np. w przypadku zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery największe ich ilości są kumulowane w glebach i roślinach, a w mniejszym stopniu w wodach powierzchniowych lub gruntowych, których nie bierze się pod uwagę w ocenie. Należy tu jednak uwzględniać warunki lokalne,

które mogą modyfikować te zależności. W wyborze głównych biorców oddziaływań pomocna może być analiza przyczynowo-skutkowych łańcuchów antropopresji w środowisku przyrodniczym. Przykład takiego łańcucha, dotyczący emisji pyłów i gazów do atmosfery, prezentuje rysunek 2 (Kistowski 1995).

Generalnie uciążliwość można określić jako funkcję wielkości emisji zanieczyszczeń lub wielkości bodźców energetycznych (łącznie stresorów) i łącznej oceny cenności oraz wrażliwości ekolo-



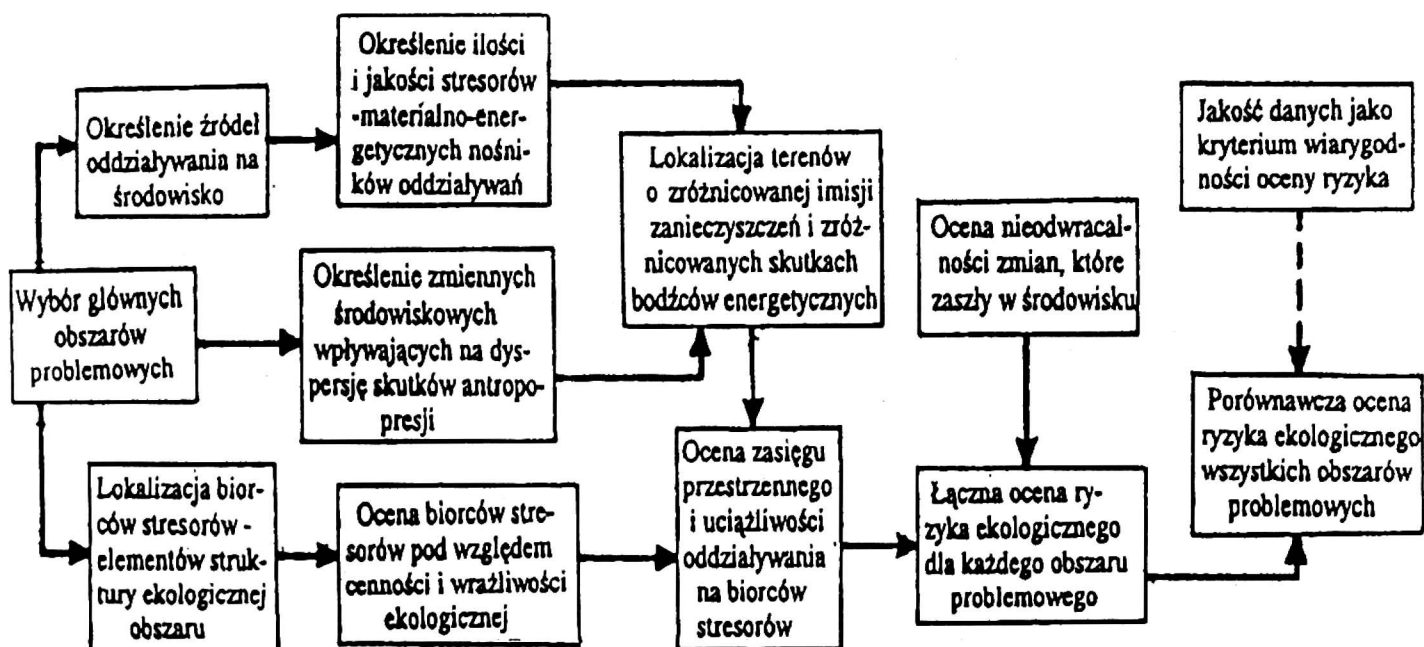
RYSUNEK 2. Łańcuch przyczynowo-skutkowy wprowadzania gazów i pyłów do środowiska (zwiększająca się grubość strzałek oznacza kumulowanie skutków antropopresji w środowisku przyrodniczym, natomiast zwiększająca się grubość ramek oznacza wzrost zmian w ekosystemach wywołanych antropopresją)

gicznej biorców stresorów. Cennaść elementów struktury ekologicznej obszaru (biorców) oceniona została z punktu widzenia ich funkcji w krajobrazie. Analizowano, w jaki sposób brak pewnych elementów tej struktury może wpłynąć na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego obszaru badań. Wrażliwość biorców stresorów w przypadku zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery analizowano w odniesieniu do takich stresorów, jak pyły, dwutlenek siarki, tlenki azotu, tlenek węgla, benzo-a-piren, węglowodory aromatyczne i alifatyczne oraz wybrane metale ciężkie. Dla roślin drzewiastych brano pod uwagę tempo defoliacji wywołanej różnym stężeniem tych związków, dla pozostałych roślin osłabienie wzrostu i zanik stanowisk (Jagusiewicz 1981, Godzik 1989, Karolewski 1989). Wrażliwość jezior na degradację określono metodą systemu oceny jakości jezior (Kudelska, Cydzik, Soszka, 1992).

Nieodwracalność zmian zaistniałych w środowisku wskutek działania stresorów

powinna być określana indywidualnie dla każdego obszaru problemowego oraz dla każdego fragmentu terenu podlegającego oddziaływaniu. Wymaga to jednak bardzo szczegółowych badań fizykochemicznych środowiska i często jest niemożliwe. W związku z tym można zastosować metodę szacunkową, polegającą na orientacyjnym określeniu zaawansowania skutków antropopresji w środowisku, opartą na wizji terenowej. Podobny tryb postępowania przyjęto także w analizowanym dalej przypadku.

Ostatni etap szacowania ryzyka ekologicznego stanowi łączna ocena ryzyka ekologicznego dla poszczególnych obszarów problemowych obliczona np. jako iloczyn ocen przypisanych dla trzech przedstawionych wyżej kryteriów. Podsumowanie części metodycznej stanowi schemat kolejnych działań przy ocenie ryzyka ekologicznego przedstawiony na rysunku 3.



RYSUNEK 3. Schemat metody oceny ryzyka ekologicznego

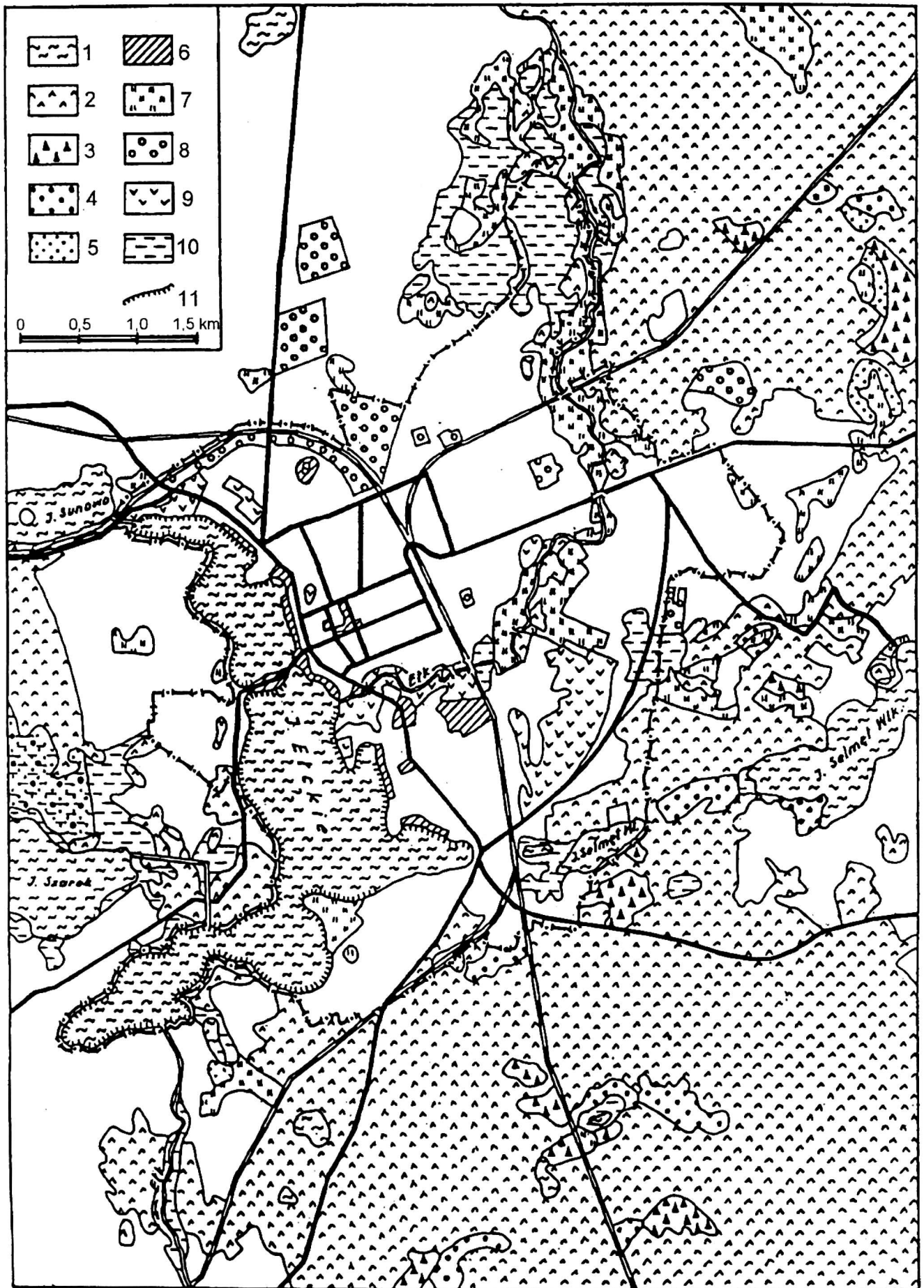
Wyniki opracowania

Dla Ełku i okolic zidentyfikowano cztery wcześniej wymienione główne obszary problemowe, wpływające na wystąpienie ryzyka ekologicznego, związane z emisją zanieczyszczeń do atmosfery, zanieczyszczeniem wód powierzchniowych i degradacją szaty roślinnej. Następnie określono biorców stresorów, do których należą główne elementy struktury ekologicznej obszaru. W ustaleniu ich zakresu pomogły autorom wcześniejsze własne opracowania (Kistowski, Rekowa, Stefaniak 1993; Kistowski 1994). Do biorców zaliczono: jeziora i cieki, lasy, parki, skwery, ogródki działkowe i sady, użytki zielone i murawy, zieleń nieurządzoną, inne tereny zieleni miejskiej i podmiejskiej, tereny hydrogeniczne (podmokłe), szuwary trzciny pospolitej i pałki wąskolistnej, stanowiska chronionych gatunków zwierząt. Ich rozmieszczenie prezentuje rysunek 4.

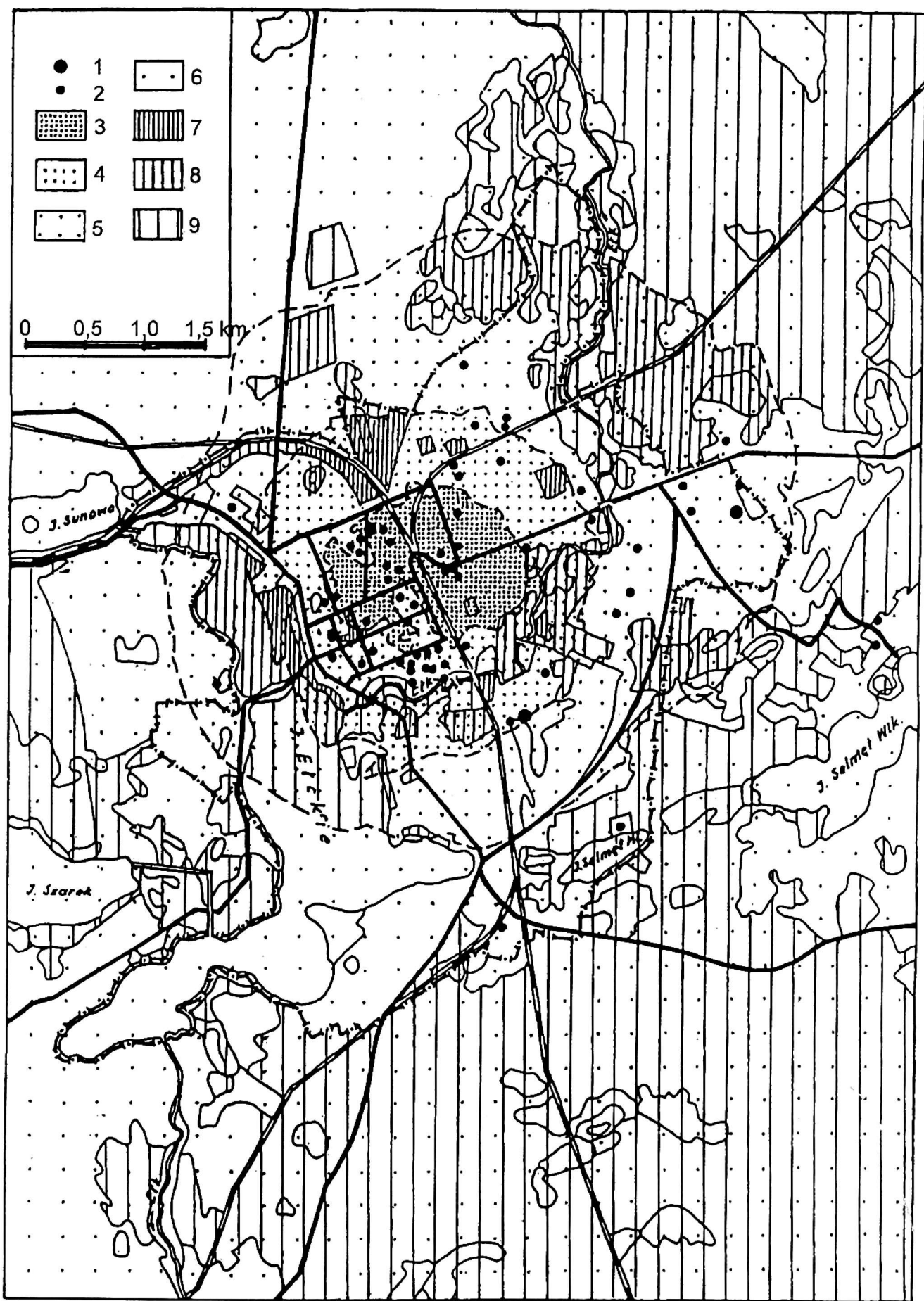
Pierwszy analizowany obszar problemowy to emisja do atmosfery ze źródeł wysokich. Źródła te stanowi 65 emitorów, z których trzy posiadają urządzenia o mocy cieplnej powyżej 10 MW, 22 o mocy 1–10 MW, a 40 – o mocy 0,1–1 MW (rys. 5). Najgroźniejsze są emitory najniższe (12–20-metrowe), położone w centrum miasta. Natomiast urządzenia emitujące nawet duże ilości stresorów, ale o wysokich kominach (45–60 m), stwarzają mniejsze ryzyko dla środowiska ze względu na większą dyspersję zanieczyszczeń. Podstawowe stresory emitowane przy spalaniu węgla to: dwutlenek siarki, tlenki azotu, tlenek węgla, węglowodory i benzo-a-piren. Wśród bior-

ców zanieczyszczeń za najcenniejsze, a jednocześnie najbardziej wrażliwe, należy uznać tereny leśne, szczególnie z drzewostanem iglastym (sosna, modrzew) oraz topolowym i brzoźowym, a także parki i skwery miejskie, szuwary przybrzeżne jezior, łąki i pastwiska, działki ogrodnicze oraz tereny z roślinnością torfowiskową (hydrogeniczne). Do cennych, lecz mało wrażliwych zaliczono drzewostany liściaste (z wyłączeniem wyżej wymienionych gatunków). Ocena ryzyka ekologicznego na emisje zanieczyszczeń atmosferycznych ze źródeł wysokich, zaprezentowana na rysunku 5, wskazuje, iż objęte wysokim ryzykiem są znaczne obszary, szczególnie w rejonie centrum miasta (parki i skwery, ogródki działkowe, fragment jeziora Ełk). Ryzyko średnie i niskie obejmuje bardziej rozległe obszary leśne, torfowiskowe, jeziorne oraz zieleni o innym charakterze w granicach miasta i w jego okolicach. Pewne zagrożenia związane z dostawą zanieczyszczeń z emitorów wysokich obejmują cały obszar badań.

Zbliżoną procedurę przeprowadzono dla emisji do atmosfery ze źródeł niskich (powierzchniowych i liniowych), przy czym dominującą rolę mają tu: spalanie węgla w paleniskach indywidualnych i emisja spalin z komunikacji samochodowej. Do wcześniej wymienionych stresorów dodać można krzemionkę i trójtlenek żelaza (z palenisk domowych) oraz dwutlenek azotu, ołów, siarczany, sadzę oraz węglowodory niskocząsteczkowe (metan, buten i butan) ze spalin samochodowych. Generalnie wpływ tych emisji na ekosystemy jest znacznie mniejszy niż emisji ze źródeł wysokich.



RYSUNEK 4. Elementy struktury ekologicznej obszaru Elku i okolic: 1 – jeziora, 2 – lasy sosnowe, 3 – lasy świerkowe, 4 – lasy brzozowe, 5 – lasy olchowe, 6 – parki i tereny o zbliżonym charakterze, 7 – użytki zielone i murawy, 8 – ogródki działkowe i sady, 9 – zieleń nieurządzona, 10 – tereny podmokłe, 11 – szuwary trzciny pospolitej i pałki wąskolistnej



RYSUNEK 5. Ocena ryzyka ekologicznego wynikającego z emisji zanieczyszczeń atmosferycznych ze źródeł wysokich (Elk i okolice): 1 – emitory punktowe o mocy cieplnej urządzeń > 10 MW, 2 – emitory punktowe o mocy cieplnej urządzeń 0,1–10 MW; zagrożenie imisją z emitorów wysokich: 3 – bardzo duże, 4 – duże, 5 – średnie, 6 – małe; ocena ryzyka ekologicznego w aspekcie uciążliwości: 7 – wysokie, 8 – średnie, 9 – niskie

Źródła zanieczyszczeń wprowadzanych do wód powierzchniowych są bardzo liczne. Wymieniono je na rysunku 1. Dla większości z nich brak jednak ilościowej i jakościowej oceny wprowadzanych do jeziora i rzeki Ełk ścieków i biogenów, w związku z czym trzeba się ograniczyć do ocen szacunkowych. Część źródeł ma charakter powierzchniowy. Podstawowe stresory prowadzące do eutrofizacji wód jeziornych (szczególnie jeziora Ełk) to biogeny zawarte w związkach fosforu i azotu. Silnie negatywny wpływ na stan czystości wód jezior mają także bakterie chorobotwórcze zawarte w wodach deszczowych odprowadzanych kanalizacją burzową i ściekach z gospodarstw domowych i rolnych. Biorcy zanieczyszczeń, czyli jeziora i rzeki, cechują się zróżnicowaną odpornością na degradację: wysoką – rzeka Ełk i jeziora Sunowo, Selmęt Wielki oraz południowe płośno jeziora Ełk, średnią – jeziora Selmęt Mały, Żabie Oczko oraz północne płośno jeziora Ełk, a małą – jeziora Szarek, Tatary Duże i zachodnie płośno jeziora

Ełk. Największa jest dostawa zanieczyszczeń do południowego płośna jeziora Ełk i rzeki Ełk na terenie miasta, średnia do jezior: Ełk (część północna i zachodnia) i Selmęt Wielki, a mała do jezior: Selmęt Mały, Sunowo, Szarek i Żabie Oczko.

Największe ryzyko charakteryzuje zachodnie płośno jeziora Ełk i fragmenty jego płośna południowego oraz jeziora Selmęt Wielki. Ryzyko średnie obejmuje rzekę Ełk na obszarze miasta oraz poniżej jeziora Ełk, pozostałą część Selmętu Wielkiego oraz południowe i północne płośno jeziora Ełk, a ryzyko małe jeziora: Szarek, Sunowo, Selmęt Mały i Żabie Oczko oraz rzekę Ełk powyżej miasta.

Ocenę ryzyka ekologicznego występującego wskutek bezpośredniej degradacji szaty roślinnej przeprowadzono głównie na podstawie analizy rzeczywistych przejawów zniszczeń w szacie roślinnej, w oparciu o zdjęcia lotnicze i kartowanie terenowe. Ryzyko to posiada stosunkowo niewielki zasięg przestrzenny.

W tabeli 1 zestawiono wartości ocen ryzyka ekologicznego dla wszystkich ob-

TABELA 1. Sumaryczna ocena ryzyka ekologicznego Ełku i okolic

Obszar problemowy	Powierzchnia terenu /km ² / o uciążliwości			Nieodwracalność	Niepewność oceny	Ocena końcowa
	wysokiej (3)	średniej (2)	niskiej (1)			
Emisja wysoka	0,8	3,6	40,0 2,3 – bez lasu	średnia (2)	średnia (2)	99,2 23,8 – bez lasu
Emisja niska	0,05	0,4	1,8	średnia (2)	wysoka (3)	5,5
Zanieczyszczenie wód powierzchniowych	1,7	3,1	1,5	średnia (2)	średnia (2)	25,6
Degradacja szaty roślinnej	1,2	2,1	1,6	niska (1)	średnia (2)	9,4

szarów problemowych, będące podstawą do analizy porównawczej. Ocena końcowa stanowi sumę iloczynów powierzchni obszarów objętych poszczególnymi klasami uciążliwości przez wielkość oceny uciążliwości ekologicznej, pomnożoną przez ocenę nieodwracalności. Zestawienie pozwala bez trudu na stwierdzenie, iż ekosystemy Ełku i okolic objęte są największym ryzykiem ekologicznym z powodu emisji zanieczyszczeń atmosferycznych ze źródeł wysokich oraz z powodu wprowadzania zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. Zanieczyszczenie atmosfery ze źródeł niskich i bezpośrednia degradacja szaty roślinnej stwarzają znacznie mniejsze problemy środowiskowe.

Podsumowanie

W opracowaniu niniejszym podjęto próbę przeniesienia na grunt polski amerykańskich doświadczeń w ocenie ryzyka ekologicznego. Z kilku przyczyn próbę tę należy uznać za średnio udaną. Przede wszystkim, pomimo założenia w proponowanej metodzie stosowania danych niepełnych – szacunkowych i jakościowych, dostępne dla terenu badań informacje były zbyt fragmentaryczne i pozwoliły na osiągnięcie tylko częściowego obiektywizmu oceny. Drugą z przyczyn to zbyt krótki czas realizacji opracowania i zbyt niskie koszty jego wykonania, które nie pozwoliły na uzupełnienie wielu brakujących danych. Po trzecie, zbyt wąski był udział społeczności lokalnej w pracach nad oceną ryzyka. Mogłaby ona wnieść do pracy wiele istotnych uwag i

informacji. Zastosowana metoda z założenia wymaga bardzo szerokiego udziału tej społeczności.

Pomimo tych zastrzeżeń, uzyskane przy realizacji opracowania doświadczenia należy uznać za przydatne. Jest ono niewątpliwie istotnym przyczynkiem, tak w odniesieniu do przenoszenia na grunt polski obcych metod z zakresu szeroko pojętych ocen oddziaływania na środowisko, jak i generalnie możliwości realizacji tego typu opracowań w naszych warunkach.

Literatura

- GODZIK S. 1989: *Oddziaływanie tlenków siarki na rośliny drzewiaste (w:) Życie drzew w skażonym środowisku*. Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa-Poznań.
- JAGUSIEWICZ A. 1981: *Powietrze - człowiek - środowisko*. LSW, Warszawa.
- KAROLEWSKI P. 1989: *Oddziaływanie tlenków azotu na rośliny drzewiaste (w:) Życie drzew w skażonym środowisku*. Instytut Dendrologii PAN, PWN, Warszawa-Poznań.
- KISTOWSKI M. 1994: *Urban greenspace in the spatial structure of Gdańsk (w:) Proceedings of the II European Meeting of the International Network for Urban Ecology*. Memorabilia Zoologica 49, Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 57-67.
- KISTOWSKI M. 1995: *Analiza przyczynowo-skutkowych łańcuchów antropoprecji jako podstawa racjonalnej gospodarki w środowisku przyrodniczym (w:) Studia krajobrazowe jako podstawa racjonalnej gospodarki przestrzennej*. PAEK, Uniw. Wrocław., Wrocław.
- KISTOWSKI M. 1995: *Ocena ryzyka ekologicznego Ełku i okolic*. Uniw. Gdański, Gdańsk maszynopis.
- KISTOWSKI M., REKOWSKA M., STEFANIAK B. 1993: *Tereny zieleni miejskiej w strukturze przestrzennej Gdańska*. Gdański Biul. Proekolog. 7; 6-10.

1995: *Kompendium porównawczej analizy ryzyka i oceny ryzyka*. Instytut na Rzecz Ekorozwoju Społeczności Lokalnych, Vermont.
KUDELSKA D., CYDZIK D., SOSZKA H. 1992: *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior*. PIOŚ, Warszawa.

Adres autorów

M. Kistowski, M. Rekowska, B. Stefaniak
Katedra Geografii Fizycznej
i Kształtowania Środowiska UG
80-264 Gdańsk, ul. R. Dmowskiego 16a