

**Wojciech WICHER, Jarosław CHORMAŃSKI, Stefan IGNAR,
Ignacy KARDEL**

Katedra Budownictwa Wodnego
Department of Hydraulic Structures

Zastosowanie pakietu Idrisi do wyznaczania stref potencjalnego zanieczyszczenia wód powierzchniowych Idrisi Package application for determination of potential zones of surface water pollution risk

Na otaczający nas świat realny składają się elementy materii ożywionej i nieożywionej, pozostające we wzajemnych relacjach przestrzennych i czasowych. Człowiek, będąc częścią tego świata, interesuje się aktualnym stanem, położeniem przestrzennym, relacjami wzajemnymi wszystkich otaczających go obiektów. Wraz z rozwojem cywilizacyjnym potrzebujemy coraz więcej informacji. Skupiając się na problematyce ochrony środowiska będą to, przykładowo, informacje o stanie ilościowym i jakościowym zasobów naturalnych, stopniu degradowania środowiska, antropogenicznych czynnikach degradujących środowisko (Ignar 1994).

Wszelkie informacje gromadzimy w postaci danych, które wymagają odpowiedniego systemu pozwalającego na ich przechowywanie, zarządzanie i analizę. Szczególnym rodzajem są dane o środowisku, które oprócz cech ilościowych i jakościowych charakteryzują się położe-

niem w przestrzeni. Do przetwarzania tego typu danych służą systemy informacji geograficznej (ang. Geographical Information System – GIS). Główne funkcje jakie spełnia podstawowy program GIS to wprowadzanie, przechowywanie, zarządzanie, analizowanie oraz graficzne przedstawianie danych geograficznych przy użyciu nowoczesnych technik komputerowych. Mianem „dane geograficzne” określa się informacje o położeniu, własnościach i przestrzennych relacjach obiektów (sztucznych i naturalnych) oraz zjawisk (przyrodniczych, społecznych i ekonomicznych). Informacje są gromadzone i przechowywane w bazach danych stanowiących integralną część systemu GIS lub w zewnętrznych bazach danych pozostających w relacji z GIS. Dane geograficzne można podzielić na dwie grupy: dane przestrzenne, które cechuje lokalizacja, oraz opisujące je atrybuty lub dane tematyczne (np. rzeka jest obiektem mającym lokalizację w prze-

strzeni, któremu można przypisać cechy atrybutowe, takie jak: nazwa rzeki, województwa, przez które płynie, przepływ, zawartość zanieczyszczeń). Dane przestrzenne w systemie GIS mogą być organizowane w wektorowy lub rastrowy model danych. Wektorowy model danych zakłada, że każdy obiekt przestrzenny stanowi samodzielną całość, którego istotną cechą jest położenie przestrzenne oraz typ obiektu (punkt, linia, poligon). W modelu rastrowym na obraz nakładana jest siatka wieloboków – najczęściej w postaci regularnej siatki kwadratów. Każdemu elementowi siatki (kwadratowi) przypisywana jest wartość liczbowa odpowiadająca rodzajowi obiektu znajdującego się w danym kwadracie.

Poza bazami danych na System Informacji Geograficznej składa się kilka dodatkowych elementów. Po pierwsze sprzęt. Są to komputery o dużej mocy obliczeniowej, monitory o wysokiej rozdzielczości, urządzenia peryferyjne do wprowadzania i wizualizacji danych (skanery, plotery). Sprzęt taki wymaga odpowiedniego oprogramowania. Są to bardzo zaawansowane systemy do gromadzenia i przetwarzania danych oraz odpowiednio zaprojektowane języki programowania wyższego rzędu. Dzięki takim programom i językom programowania można realizować konkretne algorytmy i stosować wybrane metody projektowania bazy danych. Bardzo często jako element systemu wymieniani są ludzie. To oni tworzą ten system i korzystają potem z jego produktów przy podejmowaniu decyzji (Kistowski i Iwańska 1997).

Proces realizacji danego projektu z udziałem GIS jest skomplikowany i składa się z kilku etapów. Etapem wstępnym jest pozyskiwanie danych, etapem właściwym – przestrzenna analiza danych, etap końcowy to wizualizacja i przedstawianie wyników.

Wielki rozwój GIS w ostatnich latach jest niewątpliwie spowodowany jego ogromną użytecznością. Znajduje on zastosowanie we wszystkich dziedzinach działalności człowieka, które związane są z przestrzenią geograficzną i które wykorzystują dane o niej. Poza ochroną środowiska, geodezją, geologią, inżynierią lądową i wodną, gospodarką wodną należy wymienić administrację i zarządzanie, statystykę, bankowość, transport i łączność, obronność kraju, ratownictwo itd.

W niniejszym artykule skupiono się na zastosowaniu GIS w ochronie środowiska. Takiemu zastosowaniu sprzyja przede wszystkim możliwość modelowania zjawisk przyrodniczych oraz integracji danych różnego typu – mapowego i tabelarycznego. Projekty badawcze dotyczące środowiska naturalnego wspomagane GIS mają najczęściej charakter systematyzująco-oceniający i analityczny (Kistowski i Iwańska 1997). W pierwszym przypadku chodzi o gromadzenie danych o środowisku naturalnym i ich odtwarzaniu w dowolnym układzie i postaci oraz o ocenę stanu zasobów naturalnych i kondycji środowiska naturalnego w różnych jej aspektach. W drugim przypadku projekty mają na celu badanie stanu środowiska przyrodniczego w różnych okresach: w przeszłości, monitoring stanu aktualnego oraz badania i ana-

lize symulacyjne w odniesieniu do zjawisk w przyszłości.

Aby posłużyć się konkretnymi przykładami zastosowania GIS w ochronie środowiska, należy przede wszystkim wymienić:

- kontrolę i analizę wpływu nawożenia gleb na pobliskie wody powierzchniowe,
- kontrolę jakości powietrza poprzez badania składu powietrza i dynamiki jego zmian,
- kontrolę źródeł emisji pyłów i prognozowania ich rozprzestrzeniania się,
- analizę danych o populacji, terenie, glebach, klimacie, źródłach zanieczyszczeń w odniesieniu do jakości wód powierzchniowych i podziemnych,
- modelowanie rozprzestrzeniania się chorób drzewostanów,
- zarządzanie i planowanie utylizacji odpadów analitycznych (Kistowski i Iwańska 1997).

Jednym z wyżej wymienionych zastosowań jest analiza wpływu zanieczyszczeń na wody powierzchniowe. W dalszej części artykułu ten poświęcono zagadnieniom związanym z takim właśnie zastosowaniem GIS.

Obszar poddany analizie znajduje się w basenie środkowej Biebrzy. Jest to teren ograniczony od południowego-wschodu wsią Osowiec, dalej – Kopytków, Kolonia Kapice oraz połączeniem Kanału Rudzkiego z rzeką Ełk. Od północy teren ten ograniczony jest miejscowością Grajewo. Od strony zachodniej granica przechodzi przez miejscowość Ruda, na zachód od wsi Łojki, dalej na wschód od wsi Lipiń-

skie, następnie wzdłuż linii kolejowej z Grajewa na południe w kierunku Białegostoku.

Rozpatrując ten obszar pod względem źródeł zanieczyszczenia wód powierzchniowych, można wyróżnić kilka potencjalnych zagrożeń. Na jego terenie znajdują się punktowe źródła zanieczyszczeń: średnie i małe miejscowości, które mają niewątpliwie negatywny wpływ na jakość wód. Obecna jest także sieć dróg. Stanowią one liniowe źródło zanieczyszczeń. Zanieczyszczenia spowodowane natężeniem ruchu to głównie zanieczyszczenia powietrza związane z emisją spalin. Zanieczyszczenia te mogą opadać na powierzchnię wody, mogą być wyflukowane z powietrza przez opady, czy też dostawać się z wodą opadową do gleby, a stamtąd do wód. Badany teren nie jest intensywnie wykorzystywany rolniczo. Rolnicze zanieczyszczenia obszarowe zostały w analizie pominięte.

Realizacja projektu przebiegała dwuetapowo. Etap pierwszy – wstępny polegał na wprowadzeniu danych przy użyciu programu ARC/INFO. Dane pozyskano na drodze digitalizacji manualnej przy użyciu digimetru i stołu digitizera. Źródłem danych była mapa topograficzna w skali 1 : 25 000. W wyniku digitalizacji powstały następujące warstwy tematyczne: ciek wodny, drogi, zabudowa, granice zlewni cząstkowej, lasy. Dokonano konwersji plików z formatu ARC/INFO do formatu Idrisi oraz przetworzono pliki danych z postaci wektorowej na postać rastrową. Etap drugi – analiza danych miała na celu pokazanie miejsc, w których wody powierzchniowe ulegają zanieczyszczeniu. W realizacji

tego etapu posłużono się pakietem Idrisi for Windows. Jest to program rastrowy GIS. Opracowany został na Uniwersytecie Clark w USA. Jest on szczególnie przydatny w dydaktyce oraz w badaniach przyrodniczych. Wiąże się to z prostotą rozwiązań oraz dużymi możliwościami zastosowania różnorodnych funkcji analizy matematycznej (Estman 1997). Program Windows, dzięki pracy w środowisku, jest wyposażony w bardzo wygodny interfejs użytkownika. Etap analizy matematycznej wprowadzonych danych polegał na zastosowaniu procedur integracji danych przestrzennych oraz analiz z grupy sąsiedztwa, odległości i powiązań.

Integracja danych przestrzennych to najczęściej nakładanie map. Wykonuje się je, aby po nałożeniu na siebie kilku warstw tematycznych otrzymać nową wynikową warstwę. Operacja taka była kiedyś możliwa jedynie dzięki mapom na foliach bądź przy użyciu stołu podświetlanego. W systemach GIS jest to podstawowa operacja. Nakładane mogą być na siebie mapy wektorowe lub mapy rastrowe, czy też mapy wektorowe na rastrowe i odwrotnie. W przypadku nakładania dwóch map rastrowych o identycznej wielkości komórki rastra, operacja jest prostym działaniem algebraicznym. Wartości komórek mapy wynikowej są sumą, różnicą lub wynikiem przeprowadzenia innej operacji algebraicznej.

Analiza sąsiedztwa, odległości i powiązań sprowadza się do: pomiaru obiektów przestrzennych, analizy sąsiedztwa oraz wyznaczania stref otaczających. Jedną z procedur grupy analiz sąsiedztwa i odległości jest buforowanie – czyli wyznaczanie stref otaczających punkty, li-

nie lub obiekty. Generowanie buforów to funkcja mająca na celu wyznaczenie obszaru znajdującego się w określonym promieniu odległości wokół obiektów przestrzennych. W obrazie rastrowym jest to łączenie pikseli o określonej odległości od innych pikseli reprezentujących jakiś obiekt. Za ich pomocą określane są strefy oddziaływania obiektów, np. zasięg strefy zagrożonej hałasem wzdłuż planowanej autostrady lub zasięg oddziaływania źródeł emisji.

Stworzono mapy ekwidystantów, czyli równych odległości od dróg i cieków, a następnie przez reklasyfikację utworzono bufory określonej szerokości. W wyniku tej operacji powstały wynikowe mapy buforów na drogach i na ciekach.

Mapa buforów na drogach pokazywać ma zasięg wpływu zanieczyszczeń komunikacyjnych na tereny przyległe do dróg. Nałożenie buforów na sieć cieków miała na celu wydzielenie stref ochronnych. Idea stref ochronnych polega na tym, że wyznacza się wzdłuż cieku taki bufor, w zasięgu którego każde zanieczyszczenie stanowi szczególne zagrożenie dla czystości wody. Cieki podzielono na trzy klasy, którym nadano znaczenie w zależności od wielkości. Rzeka Ełk oraz Kanał Rudzki to cieki o największej wadze. Kanał Łęg oraz większe rowy zbiorcze otrzymały średnią wagę, zaś rowy melioracyjne to cieki o wadze najmniejszej. Podyktowane jest to faktem, że im większy cieki, tym większe szkody środowiskowe pociąga za sobą jego zanieczyszczenie. Na cieki największe (rz. Ełk, Kanał Rudzki) nałożono bufor równy 120 metrom, na cieki średnie (Kanał Łęg,

większe rowy zbiorcze) – bufor 60 metrów, natomiast na małe (rowy melioracyjne) – bufor 40 metrów. Wielkości buforów na drogach przyjęto za Briggs i Collins (1994).

Opisane wyżej mapy to warstwy tematyczne, które posłużyły do analizy, w wyniku której wyznaczono strefy potencjalnego zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Dokonano integracji danych z tych map, nakładając na siebie odpowiednie warstwy tematyczne. Powstały w ten sposób następujące mapy:

- mapa lokalizacji miejsc potencjalnie zagrożonych zanieczyszczeniem wód powierzchniowych spalinami z dróg,
- mapa lokalizacji miejsc potencjalnie zagrożonych zanieczyszczeniem wód powierzchniowych ściekami z osiedli ludzkich,
- mapa lokalizacji miejsc o złagodzonej oddziaływaniu emisji spalin dzięki ochronie naturalnej lasów,
- mapa lokalizacji stref złagodzonego oddziaływania zanieczyszczeń na ciekach wodnych dzięki ochronie naturalnej lasów.

Mapa lokalizacji miejsc potencjalnie zagrożonych zanieczyszczeniem wód powierzchniowych spalinami z dróg powstała po nałożeniu na warstwę tematyczną stref zagrożenia przez emisję spalin mapy sieci cieków. Powstała mapa (rys. 1), pozwala zlokalizować odcinki cieków wodnych, pozostających pod wpływem zanieczyszczeń z dróg. Są to zanieczyszczenia, które dostają się do wód przez osiadanie pyłów na powierzchni wody. Zanieczyszczenia również osiadają na podłożu i podczas opadu wraz ze spły-

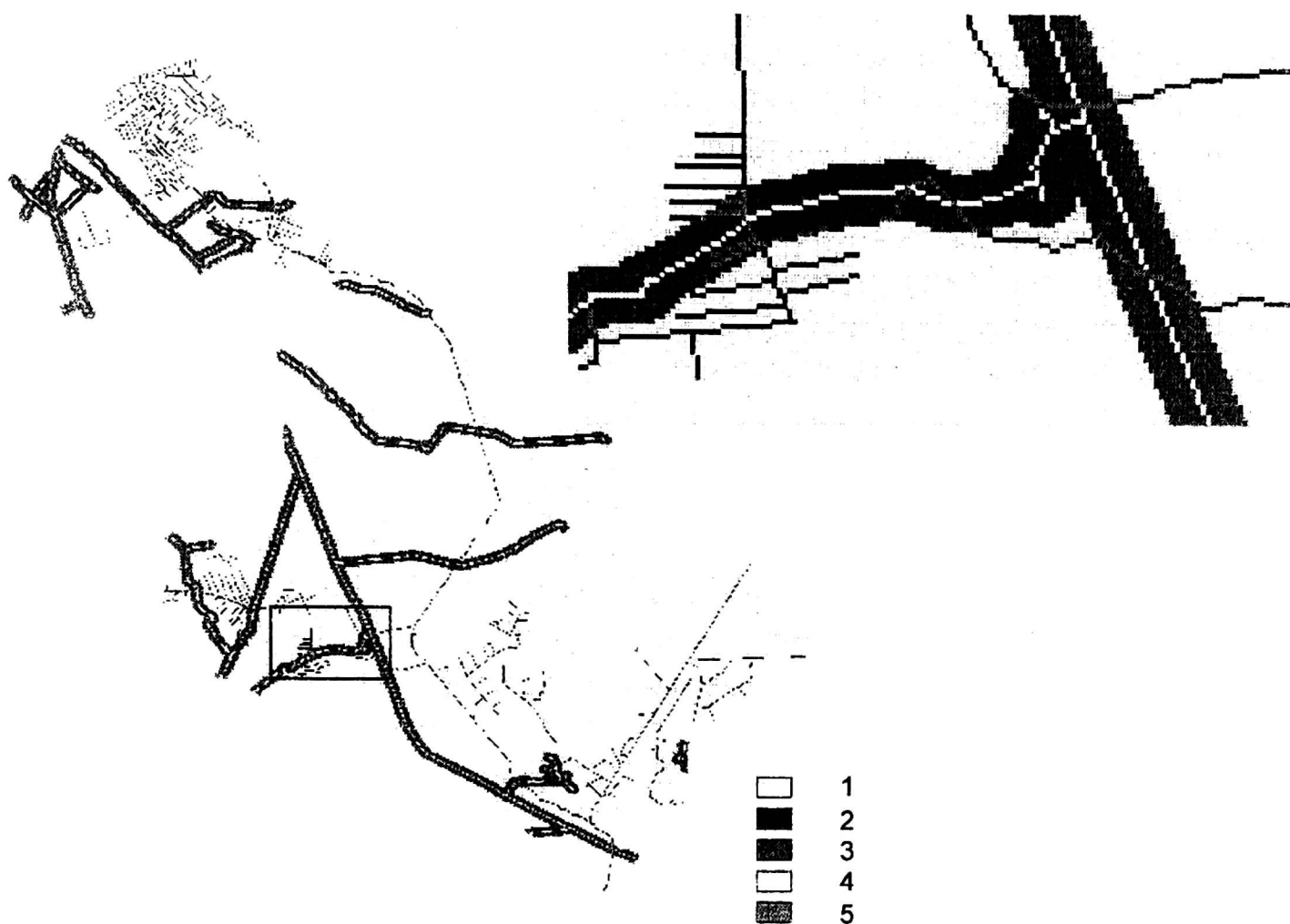
wem powierzchniowym lub podpowierzchniowym dostają się do wód płynących.

Mapa lokalizacji miejsc potencjalnie zagrożonych zanieczyszczeniem wód powierzchniowych ściekami z osiedli ludzkich powstała w wyniku nałożenia na mapę stref ochronnych (butorów) wzdłuż cieków mapy granic terenów zabudowanych (rys. 2). Należy sądzić, iż negatywny wpływ osiedli ludzkich na ciek jest tym większy, im bliżej ciekowi się one znajdują, natomiast największy, gdy leżą one w zasięgu butorów ochronnych rzeki.

Mapa lokalizacji miejsc o złagodzonej oddziaływaniu emisji spalin, dzięki ochronie naturalnej lasów, powstała przez nałożenie na strefy butorowe dróg powierzchni zalesionych. Założono, że lasy stanowią ochronę przed zanieczyszczeniami spalinami dzięki temu, że same absorbują dużą ich część, a zatem powstała mapa miejsc, gdzie należy spodziewać się mniejszej intensywności zanieczyszczeń.

Mapa lokalizacji stref złagodzonego oddziaływania zanieczyszczeń na ciekach wodnych, dzięki ochronie naturalnej lasów, powstała przez nałożenie mapy opisanej powyżej, czyli miejsc o złagodzonej emisji zanieczyszczeń z dróg, na mapę stref ochronnych (butorów) wzdłuż cieków. Sprawdzone dzięki temu, czy lasy rzeczywiście mają wpływ ograniczający na zanieczyszczenie wód. Stwierdzono niewielki wpływ tego typu.

Zastosowanie GIS umożliwiło wykonanie cyfrowej bazy danych środowiskowych. Dalsza analiza wprowadzonych danych przestrzennych pozwoliła na wyznaczenie stref potencjalnego zanieczyszczenia wód powierzchni-



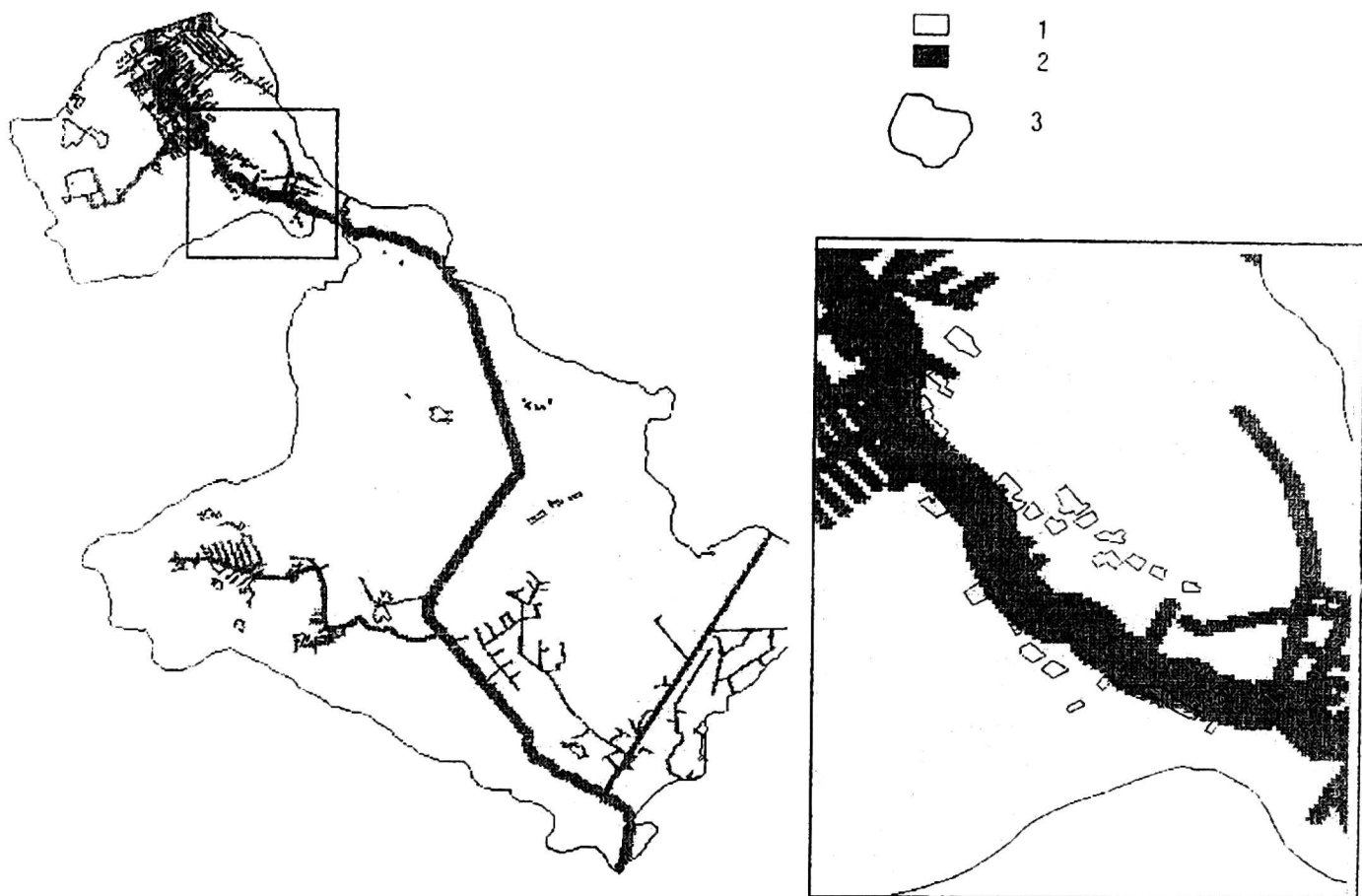
Rys. 1. Mapa powstała przez nałożenie mapy rzek na mapę buforów na drogach: 1 – badany obszar, 2 – ciek, 3 – bufory na drogach, 4 – drogi, 5 – odcinki cieków zagrożone przez emisję

Fig. 1. A result map created by overlaying the river network layer on the map of buffers along transportation network: 1 – zone of research, 2 – river network, 3 – buffers along transportation network, 4 – transportation networks, 5 – sectors of river network stayed under influence of pollution from linear sources

wych ze źródeł punktowych i liniowych. Wykonana cyfrowa baza danych ułatwia gospodarowanie wodą na badanym obszarze oraz monitorowanie jego wpływu na środowisko.

Literatura

- BRIGGS D. J., COLLINS S. 1994: *Mapping Exposure to Road Traffic Pollution Using GIS* (W:) *GIS in Ecological Studies & Environmental Management*. Red. M. Baranowski i M. Machinko-Nagrabecka, GRID, Warszawa.
- ESTMAN J.R. 1997: *Idrisi for Windows version 2.0. User's Guide*. Idrisi Production, Clark University, Worcester.
- IGNAR S. 1994: *Geograficzny System Informacyjny i jego zastosowanie w inżynierii środowiska*. Przeg. Nauk. Wydz. Mel. i Inż. Środ. SGGW, z. 5. Warszawa.
- KISTOWSKI M., IWAŃSKA M. 1997: *Systemy Informacji Geograficznej*. Bogucki, Wydaw. Nauk. Poznań.
- WICHER W. 1997: *Geograficzne systemy informacyjne oraz ich zastosowanie w ochronie środowiska na przykładzie wyznaczania stref potencjalnego zanieczyszczenia wód powierzchniowych*. Praca inżynierska, wykonana w Katedrze Budownictwa Wodnego SGGW, Warszawa.



Rys. 2. Mapa powstała przez nałożenie mapy granic zabudowy na mapę buforów na ciekach: 1 – badany obszar, 2 – bufory na ciekach, 3 – granice zabudowy

Fig. 2. A result map created by overlaying the towns layer on the map of buffers along the river network: 1 – investigated area, 2 – buffers along the river network, 3 – towns borders

Summary

Idrisi Package application for determination of potential zones of surface water pollution risk. Geographical Information System was used to develop digital database of Middle Biebrza Basin. In the first step five thematic layers were digitised from topographic maps in scale of 1:25000 using ARC/INFO software: river network layer, transportation network layer, forests layer and towns layer. Database was converted to raster IDRISI format and analysed in that package. The database layers were processed using overlay and buffer operations. Zones of

potential risk of surface water pollution from point sources and linear sources were determined as the results of GIS processing. Application of GIS allowed for creating digital database on the environment. This database will be helpful in future water management and monitoring of its influence on the environment.

Authors' address:

W. Wicher, J. Chormański, S. Ignar, I. Kardel
 Warsaw Agricultural University – SGGW
 02-787 Warsaw
 ul. Nowoursynowska 166
 Poland