

BUDOWA SYSTEMU INFORMACJI PRZESTRZENNEJ W OCENIE MAŁEJ RETENCJI

KIESTRA D.

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii,
Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, Polska, e-mail: kiestradaniel@wp.pl

Streszczenie : Niniejsza praca prezentuje użycie Systemu Informacji Geograficznej (GIS) w ocenie przestrzennej zdolności retencyjnej zlewni Widawy.

Oprogramowanie GIS (ArcView GIS i jego rozszerzenie ArcView Spatial Analyst) zostało użyte do oceny potencjalnej retencji na badanym obszarze. Publikacja przedstawia jak zintegrowana metoda (wymagająca dokonania analizy różnorodnych map tematycznych i innych elementów informacji o terenie wykonanych przez wyżej wspomniane narzędzie GIS) może pomóc w ocenie całej retencji. Omówione zostały charakterystyki zlewni jakie proponuje się przyjąć do oceny małej retencji.

W oparciu o dane zgromadzone w bazie GIS symulowano różne sytuacje hydrologiczne. Wyniki tych symulacji przedstawiono na mapach w postaci zróżnicowanych kolorystycznie obszarów, dla których podane są wielkości retencji wyrażone w mm słupa wody.

Celem prowadzonych badań jest osiągnięcie rezultatów mogących stanowić podstawę do takiego kształtowania obiegu wody, które umożliwi realizację zrównoważonego ekologicznie rozwoju regionu. Przestrzenny charakter danych uwzględnianych przy ocenie retencji w zlewni wskazuje, że zadanie może i powinno być realizowane w oparciu o System Informacji Geograficznej.

Niniejsza praca stanowi element rozprawy doktorskiej autora, której promotorem jest dr hab. inż. Czesław Szczepielniak.

Słowa kluczowe: mała retencja, zlewnia, analizy przestrzenne, GIS

Abstract : This paper presents the use of a Geographic Information System (GIS) in assessing the spatial distribution of small retention in Widawa river catchment. A desktop GIS (ArcView GIS and the ArcView Spatial Analyst extension) was developed to estimate the potential retention to researched area.

This paper explains how an integrated approach (involving analysis of various thematic maps and other attribute information of a industrial area using the above-mentioned desktop GIS) could help in assessing the amount of retention. The characteristics of the catchment which are proposed to take for assessment small storage capacity were described.

On the grounds of data taken for base of GIS various hydrological situations were simulated. Results of these simulations were presented on maps as various color areas for which values of retention are given in mm of water. Acquired results could be base to formation of water circulation, which possible realize ecological sustainable development of the region. The spatial character of data taken for assessment of retention in the catchment indicate that task can be and should be realized with system GIS.

This paper presents element of debate of doctor's author, which Assistant Profesor Czeslaw Szczepielniak is promoter.

Keywords: small retention, catchment, spatial analysis, GIS

Wstęp

Ważnym elementem prawidłowej gospodarki wodnej są działania z zakresu małej retencji, których zadaniem jest zwiększenie potencjalnych zdolności retencyjnych małych zlewni w celu ochrony przed powodzią i suszą z równoczesną poprawą walorów przyrodniczych środowiska naturalnego. Jest to głównym powodem zainteresowania i dużego zapotrzebowania na informacje dotyczące tego elementu kształtowania obiegu wody w środowisku przyrodniczym. Z tego też powodu powstają opracowania umożliwiające poznanie i pogłębienie tej wiedzy [Dubicki 1996, Dziewoński 1973, Kowalczak i in. 1997, Kowalewski 2003, Łoś 2002, Mioduszewski 1996 i 2002]. Zainteresowanie małą retencją jako elementem poprawy bilansu wodnego w rolnictwie

trwa od ponad 35 lat, a pierwszej genezy problemu badawczego należy upatrywać w inicjatywie Katedry Budownictwa Wodnego Akademii Rolniczej we Wrocławiu z roku 1969. W latach dziewięćdziesiątych pojawiła się potrzeba inwentaryzacji małej retencji (**Radczuk i in.** 1996).

Potrzeba uwzględnienia poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego, wzajemnego ich korelowania, śledzenia zachowania się otoczenia pod wpływem zmian antropogenicznych wymusza stosowanie odpowiednich metod opracowania. W procesie identyfikacji i analizy procesów środowiskowych korzysta się z różnych systemów informacyjnych. Do analizy użytkowania terenów zlewni używany jest głównie GIS - System Informacji Geograficznej. Można go określić jako łańcuch operacji, na który składają się: planowanie obserwacji, gromadzenie i przechowywanie danych oraz przetwarzanie danych i ich analiza co w rezultacie umożliwia wykorzystanie informacji wejściowych do podejmowania optymalnych decyzji. Jednym z rodzajów systemów informacyjnych jest System Informacji Przestrzennej. Składają się na niego: System Informacji Terenowej (LIS - Land Information System) i System Informacji Geograficznej (GIS – Geographic Information System).

Typowo przestrzenny charakter danych uwzględnianych przy inwentaryzacji i przyszłej ocenie retencji w zlewni wskazuje, że zadanie to może i powinno być realizowane w oparciu o System Informacji Geograficznej (GIS).

W niniejszej pracy podjęto próbę budowy modelu systemu informacji przestrzennej małej retencji dla obszaru administrowanego przez RZGW we Wrocławiu na przykładzie zlewni rzeki Widawy. Do badań wykorzystano oprogramowanie ArcView GIS 3.1 wraz z rozszerzeniem ArcView Spatial Analyst 1.1 amerykańskiej firmy ESRI, Inc.

Charakterystyka obiektu badawczego

Rzeka Widawa jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Odry, jej ujście znajduje się w km 266,9 biegu tej rzeki. Widawa położona jest na Nizinie Śląskiej należącej do morfostrukturalnej prowincji Nizy Środkowoeuropejskiego Zachodniej Europy. Jest to jeden z największych prawobrzeżnych dopływów odrzańskich o długości 103,2 km i powierzchni zlewni 1716,1 km². Zlewnię Widawy budują przeważnie gleby lekkie wytworzone z piasków luźnych, słabo gliniastych lub z piasków naglinowych oraz zalegające powierzchniowo mady rzeczne. Na całym odcinku biegu Widawy w strukturze użytkowania terenów doliny tej rzeki przeważają użytki o różnym charakterze: łąki, pastwiska, lasy.

Zlewnia Widawy należy do zlewni kontrolowanych pod względem hydrologicznym.

Material i metody

Przy opracowaniu modelu dla oceny przestrzennego rozkładu retencji zastosowano następujący schemat postępowania:

1. Inwentaryzacja retencji w układzie zlewniowym.
2. Wykorzystanie źródeł informacji w postaci mapy topograficznej oraz map tematycznych: hydrograficznej i sozologicznej.
3. Wyznaczenie wartości opadu, odpływu i ewapotranspiracji rzeczywistej.
4. Wyznaczenie wartości retencji.
5. Wykorzystanie techniki interpolacji w celu przełożenia zbieranej punktowo informacji pomiarowej na przestrzeń geograficzną o charakterze ciągłym.
6. Uzyskanie numerycznej mapy wielkości retencji w mm słupa wody.

Jeśli chodzi o inwentaryzację retencji przyjęto następujące charakterystyki zlewni:

- położenie przestrzenne;
- powierzchnia zlewni;
- morfologia i rzeźba powierzchni;
- sieć hydrograficzna;
- pokrycie i użytkowanie zlewni;
- cechy podłoża i struktury hydrogeologicznej.

Podstawowym źródłem informacji jest mapa topograficzna w skali 1:10 000 dla obszaru badanej zlewni. Mapy hydrograficzna i sozologiczna są wykonane w skali 1:50 000 i wykorzystano je w postaci elektronicznej jako szereg warstw tematycznych, w tym m.in.:

- mapa cieków i wód powierzchniowych;
- mapa użytkowania terenów;
- mapa obszarów chronionych;
- mapa typów gleb;
- mapa przepuszczalności gruntów;
- mapa hydrogeologiczna z zaleganiem wód;
- mapa istniejącej infrastruktury hydrotechnicznej i melioracyjnej.

Materiały badawcze w postaci opadu, odpływu oraz parowania wskaźnikowego pochodziły z lat 1971-1980. Okres ten charakteryzuje się ciągłością obserwacji dla badanego obszaru. Dane dotyczące opadu pochodzą z roczników opadów atmosferycznych, a wielkości odpływu z roczników hydrologicznych wód powierzchniowych. Informacje dotyczące parowania wskaźnikowego pochodzą z pięciu stacji obserwacyjnych: Laskowice Oławskie, Wrocław Lotnisko, Smolice, Olesno.

Zarówno w przypadku opadu, odpływu jak i parowania wskaźnikowego wykorzystano dane pochodzące ze stacji badawczych z terenu zlewni jak i z obszarów sąsiednich, by móc wykonać prawidłową interpolację wyników. Ostateczne wielkości retencji zostały ustalone dla 12 stacji obserwacyjnych na terenie zlewni Widawy, które są jednocześnie posterunkami opadowymi w obszarze tej zlewni.

Obliczenia zostały wykonane według następującej formuły:

$$\Delta R = P - H - E, \quad (1)$$

gdzie:

- ΔR - retencja (mm),
- P - opad atmosferyczny (mm),
- H - odpływ wody (mm),
- E - ewapotranspiracja rzeczywista (mm).

Ewapotranspirację rzeczywistą (E) wyznaczono z zależności:

$$E = k E_0, \quad (2)$$

gdzie:

- E_0 - parowanie wskaźnikowe,
- k - współczynnik empiryczny.

Wielkość współczynnika empirycznego zależy od rodzaju pokrycia terenu [Rojek i Żyromski 2000].

Współrzędne stacji i posterunków opadowych zaczerpnięto z roczników opadów atmosferycznych IMGW i przygotowano odpowiedni plik tekstowy, który zaimportowano do programu ArcView GIS.

Jako podstawowe dane posłużyły sumy miesięczne opadu, odpływu i ewapotranspiracji. Na podstawie sum miesięcznych obliczono sumy opadów dla poszczególnych lat badanego dziesięciolecia.

Poszczególne wielkości opadu, odpływu i ewapotranspiracji z postaci punktowej przełożono na przestrzeń geograficzną o charakterze ciągłym. Wykorzystano w tym celu jedną z kilku dostępnych metod interpolacji zaimportowanych w programie ArcView GIS i jego nakładce Spatial Analyst, a mianowicie metodę IDW (Inverse Distance Weighted). Zakłada ona, że każdy element warstwy punktowej wywiera lokalny wpływ na wartości ustalane dla poszczególnych komórek rastra. Wpływ ten maleje wraz ze wzrostem odległości, przy czym stopień oddziaływania stacji może być regulowany przez zmianę wykładnika potęgi do której podnoszona jest odległość od stacji opadowej do środka komórki będącej obiektem obliczeń. Im wyższa wartość wykładnika, tym wpływ odległych stacji jest mniejszy.

Tab. 1

Średnie roczne wskaźniki opadu, odpływu, ewapotranspiracji i zmian retencji dla zlewni Widawy z okresu 1971-1980

Mean yearly indexes of precipitation, runoff, evapotranspiration and storage changes of the Widawa river catchment from 1971-1980 period

Punkty pomiarowe Research points	Opad Precipitation [mm]	Odpływ Runoff [mm]	Ewapotranspiracja Evapotranspiration [mm]	Zmiana retencji Change storage [mm]
Lipka	619	154	439	26
Trębaczów	607	151	440	16
Rychtal	597	145	439	13
Namysłów	637	134	438	65
Bierutów	628	155	439	34
Ligota Wielka	618	158	437	23
Laskowice Oławskie	593	155	436	2
Chelstów	727	168	448	121
Sokołowice	594	160	441	-7
Wrocław-Psie Pole	601	146	439	16
Łuczyna	651	161	445	45
Ligota Piękna	606	155	451	8

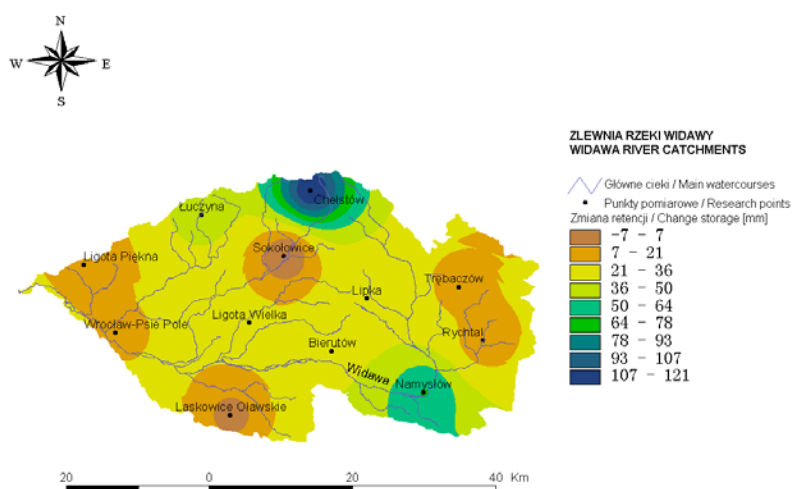
Końcowym etapem opracowania modelu jest uzyskanie numerycznej mapy wielkości retencji w postaci regularnej siatki prostokątów (GRID) warstwy informacyjnej. Rozdzielczość tworzonego rastra określono na 100m. Jak na zlewnię o takiej wielkości i takim ukształtowaniu terenu jest to wielkość wystarczająca. Oprócz przestrzennego rozkładu retencji na mapie widoczna jest sieć rzeczna: rzeka Widawa wraz z większymi dopływami. Wyróżniono 9 klas dla analizowanej wielkości retencji. Otrzymane wielkości stanowią średnią z okresu dziesięciolecia 1971-80.

Mapę numeryczną przestrzennego rozkładu retencji porównano z mapą przepuszczalności utworów powierzchniowych. Tym razem wielkość retencji jest przedstawiona za pomocą izolinii i naniesiona na powyższą mapę. Wyróżnia się 5 rodzajów przepuszczalności: średnią, słabą, zmienną, zróżnicowaną i bardzo słabą. W podobny sposób mapę przestrzennego rozkładu retencji porównano z mapą hydroizobat, czyli z mapą przedstawiającą głębokość zalegania pierwszego

poziomu wód podziemnych. Warstwę liniową hydroizobat przekształcono w tym przypadku do warstwy powierzchniowej za pomocą funkcji wyznaczania sąsiedztwa linii. Wyróżniono 5 głębokości pierwszego poziomu zalegania wód gruntowych: 1, 2, 5, 10 i 20m.

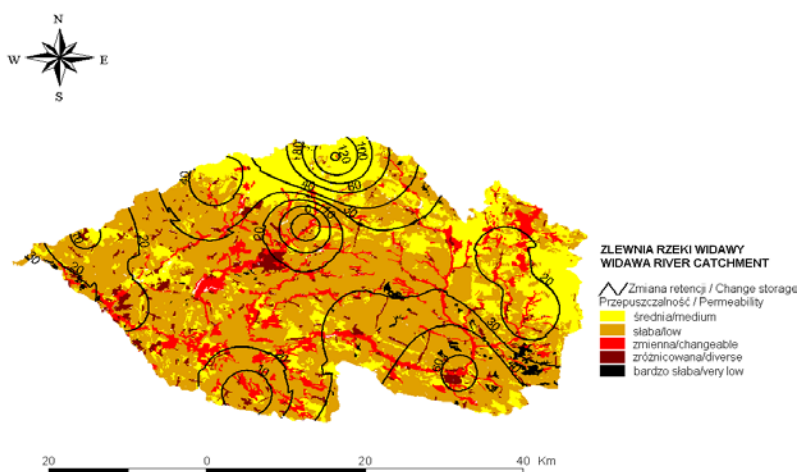
Przy pomocy dostępnej nakładki Spatial Analyst służącej do analiz przestrzennych jest możliwość dokonywania wielu głębszych analiz o różnych stopniach dokładności. Powyżej zaprezentowano jedynie możliwości używanego narzędzia poprzez porównywanie określonych elementów przyrodniczych i ich wspólną wizualizację.

Typowo przestrzenny charakter danych uwzględnianych przy ocenie retencji w zlewni wskazuje, że zadanie to może i powinno być realizowane za pomocą technik GIS.



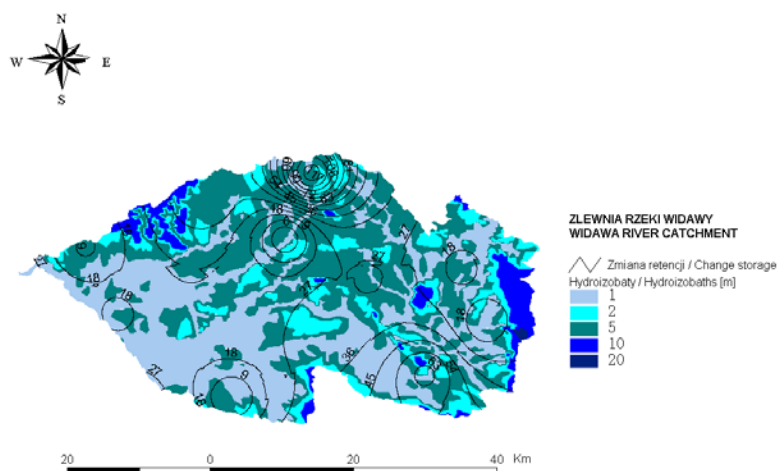
Rys. 1. Przestrzenny rozkład retencji dla zlewni rzeki Widawy z okresu 1971-80

Fig. 1. Spatial distribution of retention at Widawa river catchment from 1971-80 period



Rys. 2. Przestrzenny rozkład retencji i przepuszczalności utworów powierzchniowych dla zlewni rzeki Widawy z okresu 1971-80

Fig. 2. Spatial distribution of retention and top soil layer permeability at Widawa river catchment from 1971-80 period



Rys. 3. Przestrzenny rozkład retencji i hydroizobat dla zlewni rzeki Widawy z okresu 1971-80

Fig. 3. Spatial distribution of retention and hydroisobaths at Widawa river catchment from 1971-80 period

Podsumowanie

1. Przeprowadzone badania pozwoliły określić przestrzenny rozkład potencjalnej zdolności retencyjnej modelowanej zlewni, co wskazuje, że zadanie to może być realizowane w oparciu o System Informacji Przestrzennej (SIP).
2. Dzięki otwartemu środowisku, jakim jest GIS dane zawarte na mapach mogą być edytowane i aktualizowane przez każdego użytkownika.
3. Przepuszczalność gruntów i głębokość występowania pierwszego poziomu wód gruntowych traktowane łącznie, charakteryzują zarówno przestrzenną zmienność warunków infiltracyjnych, jak i stopień ich nasycenia wodą, czyli właściwości retencyjne gruntu. Stwarza to możliwość interpretacji danych, m.in. w celu określenia zmienności czasowej i przestrzennej odpływu rzek.
4. Zbudowany model SIP małej retencji może zostać znacznie uszczegółowiony dzięki badaniom w mniejszych przedziałach czasowych: rocznych, miesięcznych, a nawet dekadowych. Pozwoli na lepsze uchwycenie wpływu określonych cech środowiska na przestrzenny rozkład retencji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ArcView. The Geographic Information System for Everyone, 1994, Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California.
- [2] ArcView Spatial Analyst. Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data, 1996, Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California.
- [3] Dubicki A.: 1996. Hydro-meteorologiczne uwarunkowania renaturyzacji małej retencji obszarze zlewni. Zesz. Nauk. AR Wroc. Konferencje XI, 289: 61-74.
- [4] Dziewoński Z.: 1973. Rolnicze zbiorniki retencyjne. Warszawa: Wyd. PWN.
- [5] Kowalczak P., Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kuźnicka M., Mager P.: 1997. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. Mater. Bad. IMiGW 19.
- [6] Mioduszewski W.: 1996. Mała retencja a ochrona zasobów wodnych. Zesz. Nauk. AR Wroc. Konferencje XI, 289: 127-134.

- [7] Mioduszeński W.: 2002. Odbudowa retencji małych zlewni rzecznych elementem ochrony przed powodzią i suszą. Gosp. Wod. 11: 459-464.
- [8] Radczuk L., Szczegielniak C., Olearczyk D.: 1997. Propozycja jednolitego schematu inwentaryzacji małej retencji. Zesz. Nauk. AR Wroc. Konferencje XI, 289: 207-215.
- [9] Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych 1971-1980, IMiGW.
- [10] Roczniki opadów atmosferycznych 1971-1980, IMiGW.
- [11] Rojek M., Żyromski A.: 2000. Agrometeorologia i klimatologia. Wyd. AR, Wrocław
- [12] System informacji o terenie. Mapa hydrograficzna Polski, skala 1 : 50 000 w formie analogowej i numerycznej. Wytyczne techniczne K-3.4. GUGiK, Warszawa, 1997.
- [13] System informacji o terenie. Mapa sozologiczna Polski, skala 1 : 50 000 w formie analogowej i numerycznej. Wytyczne techniczne K-3.6. GUGiK, Warszawa, 1997.