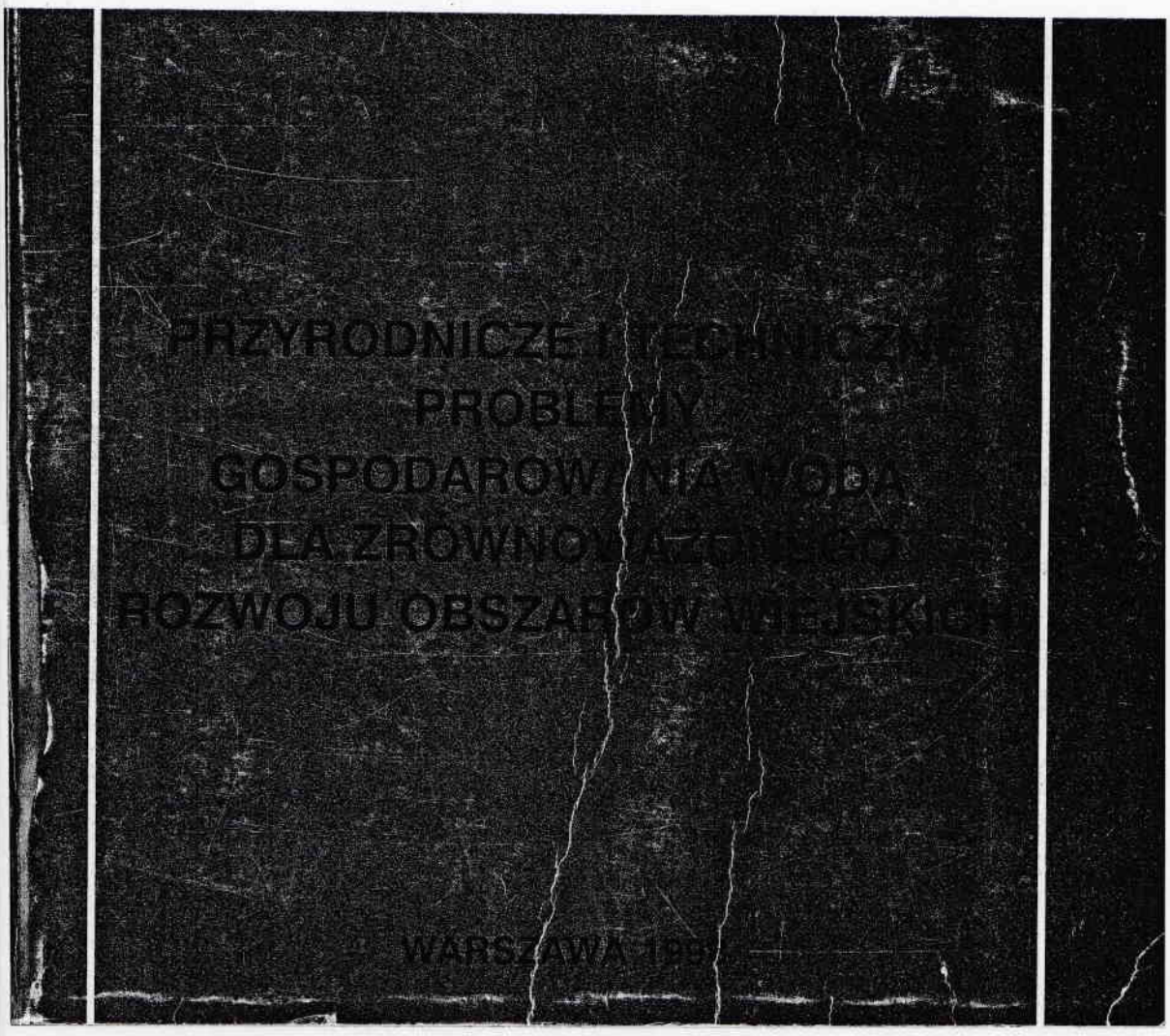
POLSKA AKADEMIA NAUK
WYDZIAŁ NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH

ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH

ZESZYT 458



ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH 1998 z. 458: 117-126

MODELOWANIE OBSZAROWEJ ZMIENNOŚCI POTENCJALNYCH ZDOLNOŚCI RETENCYJNYCH W WIELKOPOLSCE

Antoni Miler

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wstęp

Bieżące zasoby retencyjne na danym obszarze kształtowane są głównie przez czynniki fizyczno-geograficzne, klimatyczne (głównie opady atmosferyczne, temperatury powietrza). Nieklimatyczne parametry fizjograficzne (rzeźba terenu, gleby, budowa geologiczna, szata roślinna, wody powierzchniowe) wpływają na retencję jedynie w sposób modyfikujący niemniej istotny, można powiedzieć iż określają potencjalne zdolności retencyjne [DOBIJA, DYNOWSKA 1975; MILER 1994].

Wielkopolska jest obszarem o największych deficytach wody w Polsce, które dodatkowo ulegają stopniowemu pogłębianiu [WOŚ 1994; KOWALCZAK i in. 1997]. Zatem badanie obszarowej zmienności potencjalnych zdolności retencyjnych na obszarze Wielkopolski stanowi ważny składnik kompleksowego monitoringu środowiska i ma w regionie nie tylko aspekt poznawczy ale również utylitarny.

Cel pracy i zakres badań

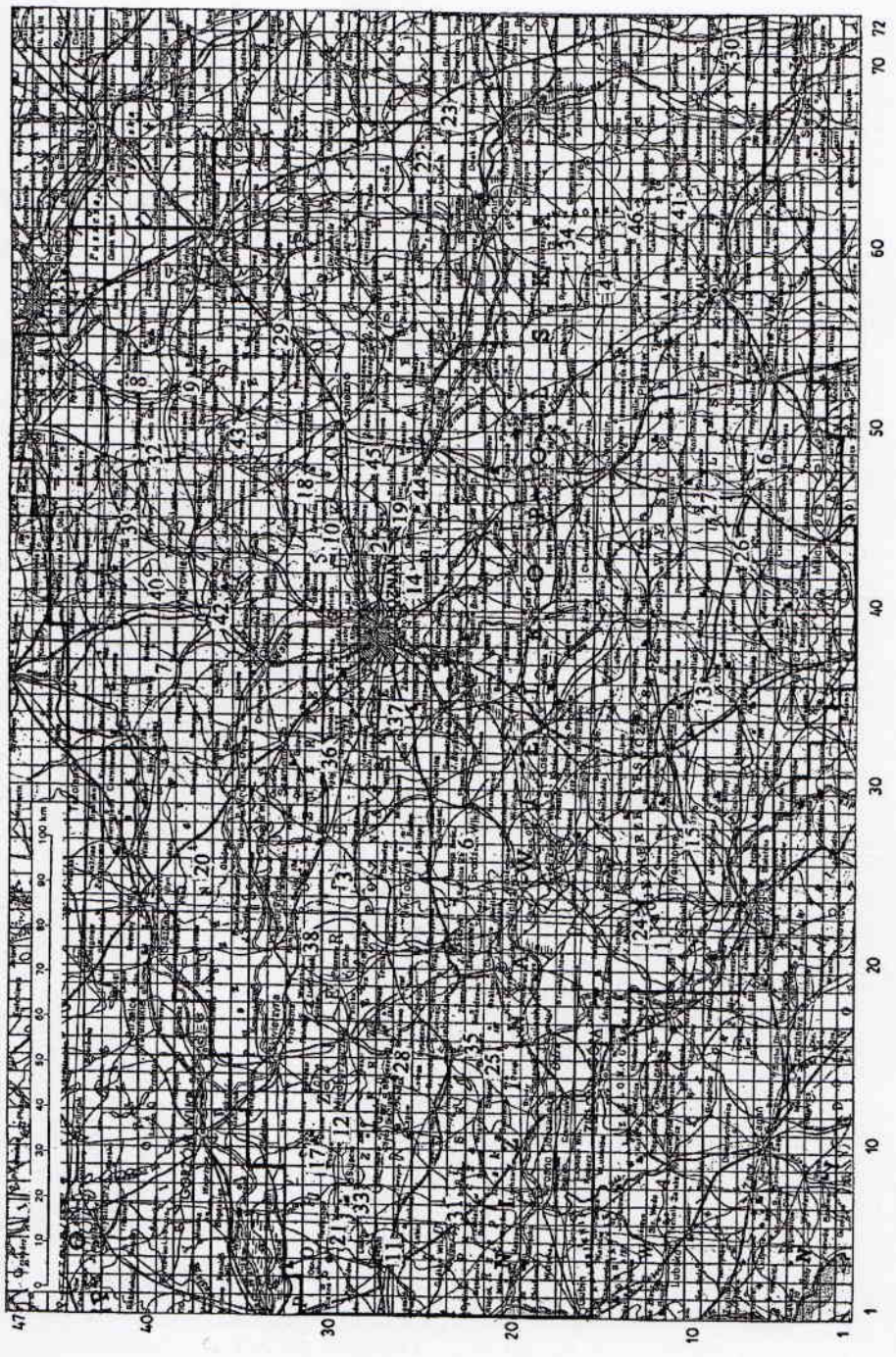
Celem badań jest przedstawienie oryginalnej metody oceny potencjalnych zdolności retencyjnych w Regionie Wielkopolski (Pojezierze i Nizina Wielkopolska), ograniczonym od północy doliną Warty i Noteci, od wschodu wododziałem Wisły i Powyżem Łódzkim, a od południa i za-

chodu dolinami Baryczy i Odry.

Przy opracowaniu charakterystyki hydrologicznej regionu wykorzystano następujące materiały: przepływy charakterystyczne dla 46 zlewni położonych w Wielkopolsce, w tym dla wielolecia 1961–1995 przepływy w 38 zlewniach IMGW (wszystkie zlewnie źródliskowe regionu objęte obserwacjami) i przepływy w 8 własnych zlewniach (po kilkuletnie obserwacje prowadzone w latach 1976–1995). Charakterystyki fizjograficzne powyższych zlewni opracowano jednolicie na podstawie map topograficznych i map z „Podziału hydrograficznego Polski" (1980).

Metodyka badań

Parametry fizjograficzne zlewni, czy też wydzielonych powierzchni, są najczęściej wzajemnie powiązane i to często w sposób silnie istotny statystycznie. Te wzajemne powiązania wykluczają w zasadzie możliwości opisu poszukiwanych charakterystyk hydrologicznych poprzez charakterystyki fizjograficzne, stosując (zdawałoby się najodpowiedniejsze w tym przypadku) metody regresji wielokrotnej. Można formalnie trudności te pokonać, gdy składniki regresji (parametry fizjograficzne) zastąpi się ich funkcjami ortogonalnymi. Wówczas bowiem składniki regresji stają się niezależne. Niemniej jest to zabieg czysto formalny, a uzyskane funkcje ortogonalne – kombinacje liniowe zmiennych pierwotnych nie mają sensu fizycznego. Biorąc pod uwagę powyższe, opracowano oryginalną metodę której istota sprowadza się do przypisania każdej elementarnej (jednorodnej lub quasi – jednorodnej ze względu na wydzielone charakterystyki fizjograficzne) powierzchni – rastrowi jednego parametru. Uwzględnia on sumaryczne i jednocześnie interakcyjne (synergiczne) oddziaływanie najbardziej istotnych w danym regionie parametrów fizjograficznych na wybraną charakterystykę hydrologiczną. W analizowanym w niniejszej pracy przypadku, obliczania wpływu parametrów fizjograficznych na retencjonowanie wody, taki parametr stanowi **miarę potencjalnych zdolności retencyjnych**. Dla większych powierzchni np. zlewni, miary ich zdolności retencyjnych liczy się jako stosowne średnie z miar obliczonych dla rastrów pokrywających te powierzchnie. Pomysł obliczania miar zdolności retencyjnych dla zlewni rzecznych autor prezentował wcześniej [MILER 1984, 1994]. Przedstawiana obecnie metoda stanowi istotne rozwinięcie poprzednich idei. Biorąc pod uwagę: wielkość analizowanego obszaru – region Wielkopolski (ok. 40 tys. km^2), zmienność obszarową wybranych parametrów fizjograficznych, dostępność materiałów źródłowych oraz możliwości obliczeniowe i ich ekonomiczną sensowność przyjęto, że elementarnymi powierzchniami będą jednorodne kwadratowe płaty powierzchniowe (rastry) o bokach po 4 km (rys. 1). Następnie dla każdego z wydzielonych rastrów



Rys. 1. Mapa Wielkopolski z siatką rastrową
Fig. 1. Map of Wielkopolska region within raster network

obliczono 6 parametrów fizjograficznych: lesistość (%), jeziorność (%), gęstość sieci cieków (km/km^2), średni ważony współczynnik filtracji gleb (mm/s), średni spadek terenu (‰) oraz średnią miąższość (m), (średnią różnicę pomiędzy rzędną terenu a odpowiednią rzędną spągu warstwy przepuszczalnej). Sposób obliczania pierwszych 3 parametrów nie wymaga komentarza. Przy obliczaniu średniego ważonego współczynnika filtracji gleb wagami były procentowe udziały gatunków gleb występujących na powierzchni rastra. Współczynniki filtracji utworów glebowych przyjęto za FLISOWSKIM i in. [1986]. Średni spadek terenu liczony był na podstawie różnic pomiędzy średnią rzędną terenu danego rastra a odpowiednimi rzędnymi dla rastrów z nim sąsiadujących, metodą opracowaną przez MILERA i BYKOWSKIEGO [1997]. W związku z brakiem rozeznania co do rzędnych zalegania spągu warstwy przepuszczalnej przyjęto arbitralnie jednakowe jego położenie równe 9,5 m n.p.m. na całym badanym obszarze (minimalna rzędna terenu dla Wielkopolski to 10 m n.p.m.). Kolejnym krokiem było podzielenie zakresów zmian każdego z 6 parametrów w całym badanym obszarze na 10 klas oraz przypisanie powstałym klasom kodów zdolności retencyjnych. Kody te, według definicji autora, są wielkościami niemianowanymi, zmieniającymi się w zakresie od 1 (minimalne zdolności retencyjne) do 10 (maksymalne zdolności retencyjne). Algorytm, odrębnego dla każdego z wydzielonych 6 parametrów fizjograficznych w ramach danego rastra, przypisywania kodów zdolności retencyjnych był następujący: kolejne wartości 1,2, ... , 10 przypisywano proporcjonalnie wraz ze **wzrostem** zalesienia, jeziorności i miąższości oraz **maleniem** gęstości sieci cieków, średniego współczynnika filtracji gleb i średniego spadku terenu. W konsekwencji każdemu z 2331 rastrów pokrywających obszar Wielkopolski przypisano po 6 kodów zdolności retencyjnych wynikających z obliczonych wcześniej wartości 6-ciu parametrów fizjograficznych. W związku z tym, że wartości tychże kodów zmieniają się od 1 do 10, przyjęto iż kody 1..3 są synonimami **małych**, 4..7 **średnich**, a 8..10 **dużych** zdolności retencyjnych. Następnie założono, iż interakcyjne oddziaływanie dwóch lub więcej parametrów fizjograficznych (w ramach danego rastra), reprezentowanych przez przypisane im kody, będzie miało miejsce gdy kody te będą jednocześnie w grupie **małych** (1..3) lub **dużych** (8..10) zdolności retencyjnych. Algorytm obliczeń oddziaływań interakcyjnych (swoista „funkcja kary") jest następujący: o ile liczba kodów zdolności retencyjnych w ramach danego rastra będąc jednocześnie w grupie **małych** zdolności równa jest 2, 3, 4 (lub więcej), to wartości tychże kodów są pomniejszane odpowiednio o 1, 1,5 lub 2. Analogicznie, o ile liczba kodów zdolności retencyjnych w ramach danego rastra będąc jednocześnie w grupie **dużych** zdolności równa jest 2, 3, 4 (lub więcej), to wartości tychże kodów są powiększane odpowiednio o 1, 1,5 lub 2.

Zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych $ZWR_{(i,j)}$ dla rastra (o współrzędnych i, j) został zdefiniowany następująco:

$$ZWR_{(i,j)} = Mrośl_{(i,j)} \cdot Wrośl + Mjez_{(i,j)} \cdot Wjez + Mciek_{(i,j)} \cdot Wciek + Mgleb_{(i,j)} \cdot Wgleb + Mspad_{(i,j)} \cdot Wspad + Mmiąż_{(i,j)} \cdot Wmiąż \quad (1$$

gdzie:

- $Mrośl_{(i,j)}$, $Mjez_{(i,j)}$, $Mciek_{(i,j)}$, $Mgleb_{(i,j)}$, $Mspad_{(i,j)}$, $Mmiąż_{(i,j)}$ – kody zdolności retencyjnych dla (i,j)–tego rastra związane odpowiednio z lesistością, jeziornością, siecią cieków, utworami glebowymi, spadkiem terenu i miąższością warstwy przepuszczalnej,
- *Wrośl, Wjez, Wciek, Wgleb, Wspad, Wmiąż* – wagi oddziaływania odpowiednio lesistości, jeziorności, sieci cieków, utworów glebowych, spadku terenu i miąższości warstwy przepuszczalnej w sumarycznej ocenie potencjalnych zdolności retencyjnych.

Dla całego obszaru Wielkopolski, czy też wydzielonych fragmentów regionu, np. zlewni rzecznych, zintegrowane wskaźniki ich potencjalnych zdolności retencyjnych *ZWR* oblicza się jako stosowne średnie z obliczonych wcześniej wskaźników dla rastrów je pokrywających:

$$ZWR = \frac{1}{Lraster} \sum_{ij} ZWR_{(i,j)} \quad (2$$

gdzie:

$ZWR_{(i,j)}$ – zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych,
Lraster – liczba rastrów pokrywających daną powierzchnię.

Niezmiernie ważnym zagadnieniem przy obliczaniu zintegrowanych wskaźników potencjalnych zdolności retencyjnych *ZWR* jest właściwy dobór wag $W_{(...)}$, przypisywanych kodom zdolności retencyjnych $M_{(...)}$, związanych z wybranymi parametrami fizjograficznymi. Nieklimatyczne parametry środowiska geograficznego są zazwyczaj skorelowane z charakterystykami hydrologicznymi na granicy istotności statystycznej, stąd nie jest możliwe wykorzystanie do bezpośredniego oszacowania ww. wag, np. cząstkowych współczynników korelacji pomiędzy wybranymi parametrami

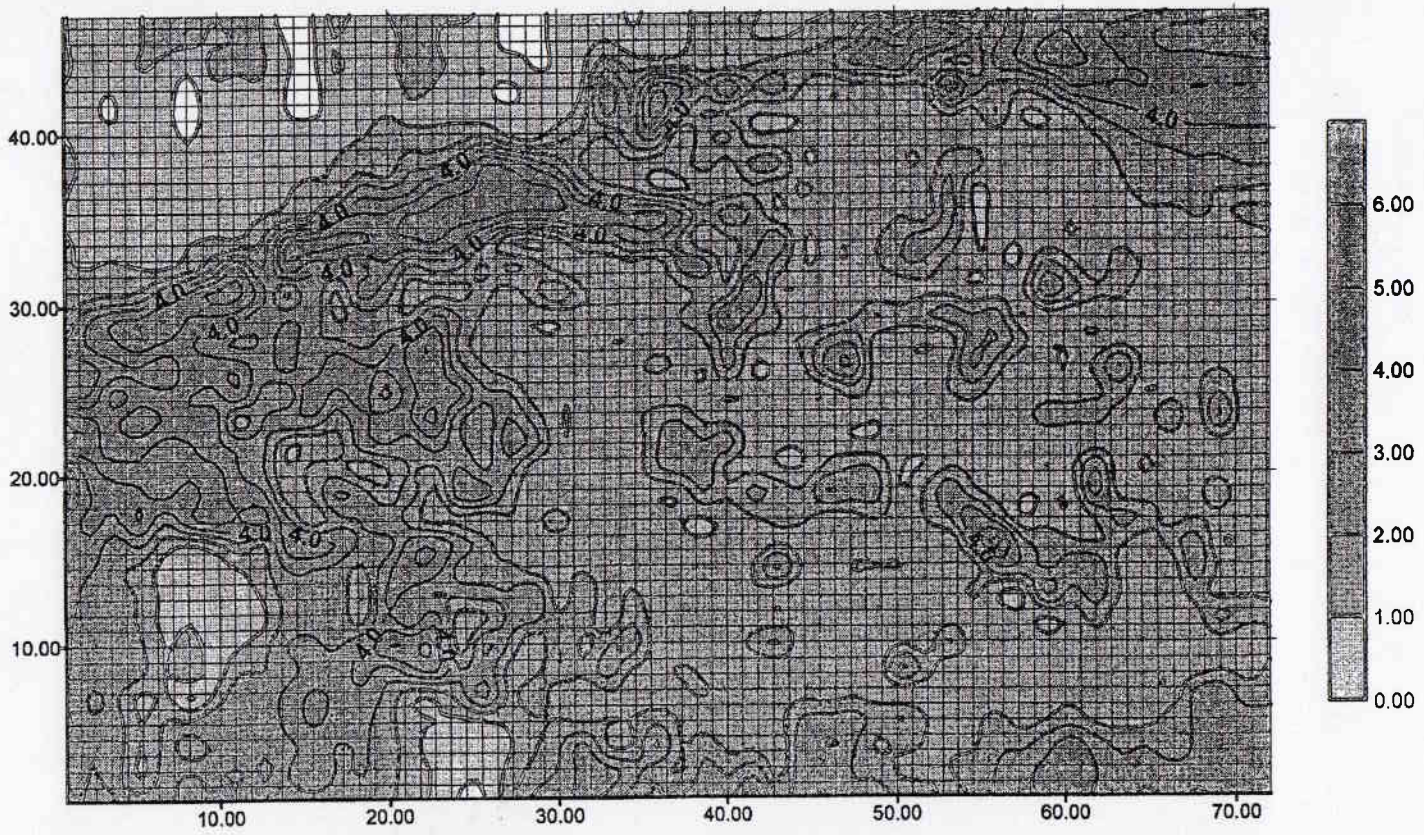
fizjograficznymi a np. współczynnikami nieregularności odpływu β= (SWQ–SNQ)/SSQ, przyjętymi za miary zdolności retencyjnych zlewni. W związku z powyższym przyjęto, iż dobór wag będzie prowadzony metodą Monte Carlo poprzez losowanie ich zestawów i sprawdzanie kryterium optymalności doboru. Założono, iż kryterium tym będzie wartość współczynnika korelacji pomiędzy współczynnikami nieregularności odpływu β a zintegrowanymi wskaźnikami potencjalnych zdolności retencyjnych $ZWR(W_{(...)})$, (zależnymi od przyjętego zestawu wag) dla 46 zlewni źródliskowych Wielkopolski.

Wyniki i dyskusja

Materiałem wyjściowym do numerycznych obliczeń obszarowej zmienności potencjalnych zdolności retencyjnych w Wielkopolsce były: 5 macierzy po 3384 (72 x 47) elementy, zawierające obliczone w wydzielonych rastrach lesistości, jeziorności, gęstości sieci cieków, średnie ważone współczynniki filtracji gleb i średnie rzędne terenu oraz współczynniki nieregularności odpływu (β) dla 46 zlewni źródliskowych. Przyjęcie, iż dane będą zestawiane w formie macierzy prostokątnych podyktowane było względami technicznymi multi-iteracyjnych obliczeń (dla rastrów będących poza granicami Wielkopolski stosowne elementy w macierzach wyzerowano). Obliczenia numeryczne wykonano według algorytmu wynikającego z opisanej w poprzednim rozdziale koncepcji obliczania wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych (*ZWR*). Część obliczeń realizowano na mikrokomputerach PC, a część również z wykorzystaniem komputera IBM SP2 w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym. W obliczeniach wykorzystano (z uwagi na ich specyfikę) głównie własne programy numeryczne, opracowane w języku Pascal.

Ostatecznie w wyniku ponad 100.000 losowań zestawów wag $W_{(...)}$ i wykonania stosownych obliczeń otrzymano następujące optymalne wartości wag oddziaływań wybranych parametrów fizjograficznych w sumarycznej ocenie potencjalnych zdolności retencyjnych: *Wrośl* = 0,41 (waga lesistości), *Wjez* = 0,25 (waga jeziorności), *Wciek* = 0,02 (waga sieci cieków), *Wgleb* = 0,17 (waga utworów glebowych), *Wspad* = 0,13 (waga spadku terenu), *Wmiąż* = 0,02 (waga miąższości). Z powyższego zestawienia wynika, iż dominujące znaczenie przy ocenie potencjalnych możliwości retencyjnych w Wielkopolsce mają zalesienia danego terenu.

Przyjmując powyższe zoptymalizowane wartości wag ($W_{(...)}$) do oszacowania oddziaływań wybranych parametrów fizjograficznych w sumarycznej ocenie potencjalnych zdolności retencyjnych, opracowano rozkład obszarowy *ZWR* w Wielkopolsce przy użyciu metody Krige'a – [TAŃSKI 1991], (rys. 2).



Rys. 2. Rozkład obszarowy zintegrowanego wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych w Wielkopolsce
Fig. 2. Distribution of spatial integrated index of potential water storage capacities in Wielkopolska region

Zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych *ZWR* wykazuje znaczną obszarową zmienność. Otrzymany rozkład (obszarowy) *ZWR* wykazuje podobieństwo do rozkładu typów infiltracyjnych Niziny Wielkopolskiej, opracowanego przez ŻURAWSKIEGO [1966]. Stosunkowo małe wartości wskaźnika występują we wschodniej i południowo-wschodniej części Wielkopolski, co przy dodatkowo niskich opadach na tych obszarach pogłębia deficyt wodny.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę, iż nieklimatyczne parametry fizjograficzne w Wielkopolsce (podobnie jak i w innych regionach) są w sposób istotny statystycznie wzajemnie powiązane, opracowano oryginalną metodę, której istota sprowadza się do przypisania każdej elementarnej (quasi – jednorodnej) powierzchni – rastrowi jednego parametru. Uwzględnia on sumaryczne i jednocześnie interakcyjne (synergiczne) oddziaływanie najbardziej istotnych w danym regionie parametrów fizjograficznych na wybraną charakterystykę hydrologiczną. W analizowanym w niniejszej pracy przypadku, obliczania wpływu parametrów fizjograficznych na retencjonowanie wody, taki parametr stanowi **zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych** (*ZWR*). Dla każdego z wydzielonych rastrów obliczono 6 parametrów fizjograficznych, a następnie przypisano im stosowne kody zmieniające się w zakresie od 1 (minimalne zdolności retencyjne) do 10 (maksymalne zdolności retencyjne) z uwzględnieniem interakcyjnych oddziaływań oraz wag wpływu. Dobór wag prowadzono metodą Monte Carlo poprzez losowanie ich zestawów i sprawdzanie kryterium optymalności doboru. Dominujące znaczenie przy ocenie potencjalnych możliwości retencyjnych w Wielkopolsce mają zalesienia danego terenu (waga 41%). Istotne też są: jeziorność (25%), utwory glebowe (17%) i spadek terenu (13%).

Zintegrowany wskaźnik potencjalnych zdolności retencyjnych (*ZWR*) wykazuje znaczną obszarową zmienność. Opracowany rozkład obszarowy *ZWR* może być jedną z przesłanek w planach przestrzennego zagospodarowania danego podregionu Wielkopolski.

Literatura

[1] DOBIJA A., DYNOWSKA I. 1975. *Znaczenie parametrów fizjograficznych zlewni dla ustalenia wielkości odpływu rzecznego*. Fol. Geogr. Ser. Geographica-Physica 9: 77–129.

[2] FLISOWSKI J., IWANEJKO R., TRZOS O., WIECZYSTY A., BRZOZO-WÓJ-

CIK M. 1986. *Prognozowanie wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne i obliczanie systemów odwadniających*. Wyd. PK, Kraków: 308 ss.

[3] KOWALCZAK P., FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., MAGER P., PIETRAS W. 1997. *Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji dla obszaru dorzecza Warty*. Wyd. Nauk. IMGW, Warszawa: 138 ss.

[4] MILER A. 1984. *Problem określania charakterystyk fizjograficznych zlewni jako podstawa oceny warunków retencyjnych*. Pol. Tow. Geofiz., Wrocław. Semin. „Problematyka hydrologiczna i meteorologiczna małych zlewni rzecznych": 27–28.

[5] MILER A. 1994. *Modelowanie matematyczne zdolności retencyjnych małych zlewni nizinnych*. Rocz. AR, Poznań, Rozpr. Nauk. Z. 258: 91 ss.

[6] MILER A., BYKOWSKI J. 1997. *Metody wyznaczania średnich spadków zlewni rzecznych*. Rocz. AR Poznań, 292, Melior. Inż. Środ. 18: 65–76.

[7] Podział hydrograficzny Polski. 1980. IMGW, WG, Warszawa, (atlas).

[8] TAŃSKI T. 1991. *SURFER. Przewodnik użytkownika*. Wyd. PLJ, Warszawa: 200 ss.

[9] WOŚ A. 1994. *Klimat niziny Wielkopolskiej*. Wyd. UAM, Poznań: 192 ss.

[10] ŻURAWSKI M. 1966. *Próba wydzielenia typów infiltracyjnych Niziny Wielkopolskiej*. Pr. Kom. Geogr.-Geolog PTPN 6(1): 60 ss.

Słowa kluczowe: hydrologia, modelowanie matematyczne, zdolności retencyjne

Streszczenie

W pracy przedstawiono oryginalną, obiektywną metodę oceny potencjalnych zdolności retencyjnych obszaru. Metoda bazuje na łatwych do oznaczenia charakterystykach fizjograficznych. Wzajemne powiązania parametrów fizjograficznych poważnie ograniczają, a czasami wykluczają możliwość stosowania metody regresji wielokrotnej dla oceny charakterystyk hydrologicznych, np. obszarowych potencjalnych zdolności retencyjnych. Biorąc pod uwagę powyższe, zaproponowano przypisanie każdemu rastrowi danego obszaru jednego parametru – zintegrowanego wskaźnika potencjalnych zdolności retencyjnych, który uwzględnia sumaryczne oddziaływanie wraz z ekranującymi efektami, najbardziej istotnych w geograficznym regionie, parametrów fizjograficznych. Wyniki obliczeń wskazują, iż zasadniczy wpływ na potencjalne zdolności retencyjne w Wielkopolsce wywierają: zalesienia (41%), jeziorność (25%), utwory glebowe (17%) i spadek terenu (13%), (inne 4%).

MODELLING SPATIAL VARIABILITY OF POTENTIAL WATER RETENTION CAPACITIES IN WIELKOPOLSKA REGION

Antoni Miler
Department of Land Improvement and Environmental Development,
Agricultural University, Poznań

Key words: hydrology, mathematical modeling, water storage capacities

Summary

An original objective method of evaluating potential water storage capacities on an area was presented in this paper. The method hinges upon easily assessed physiographical parameters. Mutual connections between physiographical parameters profoundly limit and sometimes exclude the application of multiple regression method for estimation of hydrological characteristics e.g. spatial potential water storage capacities. Bearing that in mind, to each raster of the area one parameter was attributed – the integrated index of potential storage capacities – which takes into account the total influence of physiographical parameters, the most significant in geographical situation of the area with their screening effects. The results of calculations point out that the afforestation (41%), lakes (25%), soils (17%) and terrain inclination (13%), (the other 4%) are the main factors relating to potential water storage capacities in Wielkopolska region.

Dr hab. inż. Antoni **Miler**
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
ul. Wojska Polskiego 71 E
60–625 POZNAŃ