

# GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

52

2000

2

*Lubomír Solín, Tomáš Cebecauer\**

## NOVÉ IMPLUZY PRE MAPOVÉ VYJADRENIE PRIESTOROVEJ VARIABILITY ZÁKLADNÝCH HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTÍK NA ÚZEMÍ SLOVENSKA

**L. Solín, T. Cebecauer:** New impulses for map expression of spatial variability of basic hydrological characteristics in the territory of Slovakia. *Geografický časopis*, 52, 2000, 2, 5 figs., 1 tab., 21 refs.

The aim of this paper is to compare approaches to spatial variability of basic hydrological characteristics in the territory of Slovakia in the nineties with those of preceding period. Spatial attention is given to estimation of hydrological values for ungauged basins, gauging network, the database of physical-geographical characteristics, methods of identification of innerly homogeneous but *inter se* heterogeneous hydrological spatial units and technology of processing and visualisation of spatial data.

**Key words:** hydrogeographic regional typification, digital relief model, land cover, thematic map, GIS

### 1 ÚVOD

Hydrologický výskum na Slovensku sa do roku 1993 rozvíjal v rámci Československa a opieral sa o bohaté tradície a silné medzinárodné postavenie československej hydrológie. Hydrologickým spracovaním obdobia 1931-1960 sa vytvorili predpoklady pre kartografické vyjadrenie základných hydrologických charakteristík

\* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

územia SR. V mapách v rozsahu mierok od 1:1 000 000 po 1:4 000 000 bola v dielach Atlas ČSSR (Hlubocký 1965), Hydrologické pomery ČSSR - díl III. (Dub a Tresová 1970) a Atlas SSR (Hlubocký 1980 a, b, c; Šimo a Začko 1980) vyjadrená priestorová variabilita hodnôt špecifického odtoku, priemerneho ročného odtoku, N-ročných minimálnych prietokov, N-ročných maximálnych prietokov, ako aj režimu odtoku. Už predtým však Dub (1954) vyjadril na základe hydrologických údajov, ktoré boli vtedy k dispozícii, priestorovú variabilitu hodnôt podielu ročných období na ročnom odtečenom množstve vody. V Hydrologických pomeroch ČSSR - díl III (1970) boli pre rozsiahlu sieť vzájomne sa prekrývajúcich riečnych profílov určené hodnoty základných hydrologických charakteristík (priemerný ročný úhrn zrážok, priemerná ročná hodnota odtoku, priemerná ročná hodnota špecifického odtoku, odtokový súčinatel, rozdiel zrážok a odtoku, ako aj hodnoty m-ročných a N-ročných vôd).

Vzhľadom na to, že hydrologické charakteristiky sú k dispozícii len z obmedzeného počtu vodomerných profilov resp. povodí, kľúčovým problémom kartografického alebo mapového vyjadrenia priestorovej variability hydrologickej charakteristiky sa stáva odhad jej hodnôt pre profily resp. povodia bez hydrologického pozorovania. Metódy odhadu vychádzajú z dvoch matematicko-logických prístupov, a to interpolácie a extrapolácie. Presnosť odhadu hydrologických hodnôt na základe interpolácie závisí od zvolenej intrepolácej metódy a od početnosti a veľkosti povodí, z ktorých sú k dispozícii hydrologické pozorovania. Pri extrapolácii hodnôt hydrologických charakteristík sa ich hodnoty pre povodia bez hydrologického pozorovania odhadujú na základe známych fyzickogeografických charakteristík povodia, pričom sa vychádza zo vzťahu medzi hydrologickými a fyzickogeografickými charakteristikami, ktorý bol identifikovaný v rámci súboru povodí s hydrologickým pozorovaním. Na preukaznosť tohto vzťahu má vplyv, okrem početnosti a veľkosti povodí, z ktorých sú k dispozícii hydrologické pozorovania, aj spôsob určenia hodnôt fyzickogeografických charakteristík povodí a zvolená metóda analýzy.

Hydrologickým a kartografickým spracovaním obdobia 1931-1960 sa z hľadiska hydrologických údajov, ktoré boli k dispozícii a spôsobu kartografického vyjadrenia priestorovej variability hydrologických charakteristík, určitým spôsobom zavŕšila jedna etapa tak hydrologického, ako aj hydrogeografického výskumu. Hovorí o nových impulzoch v súvislosti s mapovým vyjadrením priestorovej variability základných hydrologických charakteristík na území Slovenska znamená teda hovorí o zmenách, ktoré nastali v 90. rokoch, oproti predchádzajúcemu obdobiu v tendenciách odhadu hydrologických hodnôt pre povodia bez hydrologického pozorovania, v hydrologickej pozorovacej sieti, v databáze fyzickogeografických charakteristík, v metódach identifikovania vnútorne hydrologicky homogénnych, ale navzájom medzi sebou hydrologicky heterogénnych priestorových jednotiek a v technológií spracovania a vizualizácie priestorových údajov.

## 2 ZMENY V HYDROLOGICKEJ POZOROVACEJ SIETI

Analýza vzťahu medzi hydrologickými a fyzickogeografickými charakteristikami sa uskutočňuje v rámci povodí s hydrologickým pozorovaním. Preto početnosť a veľkosť povodí, z ktorých sú k dispozícii hydrologické pozorovania, určujú základný priestor pre preukaznosť alebo výstížnosť tohto vzťahu. Preto čím väčší je počet vodomerných staníc, predovšetkým z malých povodí, tým je väčší predpoklad pre

výslijnejšie vyjadrenie priestorovej variability, resp. regionálnych rozdielov medzi hydrologickými charakteristikami.

V období 1931-1960 sa na území Slovenska určoval prietok v 108 stanicach, z nich 33 malo plochu povodia menšiu ako  $150 \text{ km}^2$  (tab. 1). V súhrnom hydrologickom diele Hydrologické pomery ČSSR - díl III (1970) a v atlasových dielach Atlas ČSSR (1965) a Atlas SR (1980) kartografické spracovanie N-ročných prietokov za obdobie 1931-1960 sa opieralo o súbor 250-tich povodí (z toho 74 bolo lokalizovaných na území Slovenska), z ktorých 86 malo plochu nad  $1000 \text{ km}^2$ . Plocha 135 povodí bola v rozpätí  $100-1000 \text{ km}^2$  a len 29 povodí malo plochu menšiu ako  $100 \text{ km}^2$ . Pre analýzu vzťahu medzi odtokom a zrážkami boli použité hydrologickej a zrážkové údaje z 238 povodí s plochou v rozpätí od  $8,6 \text{ km}^2$  do  $850 \text{ km}^2$  (na území Slovenska bolo lokalizovaných 80 staníc z uvedného počtu). Plochu menšiu ako  $100 \text{ km}^2$  malo 42 povodí.

**Tab. 1. Počet vodomerných profilov vyhodnocujúcich prietok<sup>x</sup>**

povodie	1931-1960		1961-1995	
	počet	celkom (z toho povodia s plochou $150 \text{ km}^2$ )	počet	celkom (z toho povodia s plochou $150 \text{ km}^2$ )
Poprad	3 (0)		17 (12)	
Dunaj	5 (2)		33 (28)	
Váh	28 (7)		106 (81)	
Nitra	10 (2)		37 (23)	
Hron	22 (13)		68 (54)	
Ipeľ	8 (1)		31 (19)	
Slaná	10 (5)		32 (19)	
Bodva	2 (1)		10 (7)	
Hornád	10 (2)		37 (21)	
Bodrog	8 (0)		47 (24)	
Morava	2 (0)		20 (14)	
Celkom	108 (33)		440 (302)	

<sup>x</sup> Prameň: Hydrologická ročenka 1995

Koncom 60. a začiatkom 70. rokov z dôvodu zabezpečenia varovnej povodňovej služby sa výrazným spôsobom rozšírila sieť pozorovacích objektov vyhodnocujúcich prietoky. Vďaka tomu dnes máme k dispozícii takmer 20 ročné pozorovacie rady, predovšetkým na malých tokoch. V období 1961-1995 sa prietoky vyhodnocovali v 440 staniciach, z nich bolo 302 s plochou povodia menšou ako  $150 \text{ km}^2$  (tab. 1). Rozšírením pozorovacej siete na malé povodia v období 1961-1995 a vytvorením dostatočne dlhých hydrologickej pozorovacích radov sa vytvára predpoklad pre spresnenie hraníc priestorovej variability hydrologickej charakteristik.

### 3 FYZICKOGEOGRAFICKÉ CHARAKTERISTIKY POVODÍ A SPÔSOBY ICH ZISŤOVANIA

Spôsob a presnosť vyjadrenia fyzickogeografických charakteristík sú ďalšie faktory vplyvajúce na preukaznosť a silu priestorového vzájomného vzťahu medzi hydrologickými a fyzickogeografickými charakteristikami. Fyzickogeografické charak-

teristiky povodia môžeme rozdeliť do štyroch základných skupín: I) klimatické, II) reliéfové, III) krajinnej pokrývky a IV) substrátovo pôdne.

Pri analýze vzťahu medzi hydrologickými a fyzickogeografickými charakteristikami v súhrnnom hydrologickom diele Hydrologické pomery ČSSR - díl III (1970) boli vzaté do úvahy fyzickogeografické charakteristiky povodia, ktoré boli ľahko odčítateľné zo základných alebo tematických máp. Významným zdrojom pre takýto typ fyzickogeografických charakteristík zisťovaných z tematických máp bol Atlas SSR (1980). Mnohé z tematických máp však zastarali skôr, ako mohli byť využité pre účely hydrogeografickej regionálnej typizácie. V 90. rokoch sa totiž s rozvojom matematicko-štatistických modelov reliéfu (napr. DMR), metód interpretácie satelitných snímok a technológií geografických informačných systémov vytvorili nové možnosti pre oveľa presnejšie, detailnejšie a efektívnejšie zisťovanie fyzickogeografických charakteristík povodia. Tvorbou nových digitálnych mapových vrstiev fyzickogeografických charakteristík a premenou pôvodných analógových tematických vrstiev do digitálnej formy sa veľmi zefektívnila tvorba fyzickogeografickej databázy povodí.

Priemerný ročný úhrn zrážok je významnou charakteristikou majúcou vplyv na priestorovú diferenciáciu hydrologických charakteristík. Jeho priestorová variabilita je vyjadrená izohyetami, ktoré sa manuálne vykresľujú na mapách v mierke 1:750 000. Tradičný spôsob určenia priemerného ročného úhrnu zrážok v povodí, ktorý použili aj Dub a Tresová (1970), vychádza zo splanimetrovania plôch medzi izohyetami pretínajúcimi povodie. Tento spôsob určovania hodnôt priemerného ročného úhrnu zrážok v povodí je veľmi pracný a navyše s veľkou pravdepodobnosťou výskytu chýb pri planimetrovaní. S rozvojom matematických a štatistických metód intrepolácie a ich implementáciou do prostredia geografických informačných systémov sa vytvorili predpoklady pre oveľa presnejší výpočet priemerného ročného úhrnu zrážok v povodí. Vektorizáciou mapy izohyet v mierke 1:750 000 za obdobie 1931-1980 a aplikáciou interpolačných metód bol vytvorený v prostredí GIS rastrový údajový súbor priemerných ročných zrážkových úhrnov s rozlíšením pixla 100 x 100m. Z množiny pixlov povodia bola potom aritmetickým priemerom stanovená priemerná ročná hodnota zrážok v povodí (obr. 1).

V súvislosti s priestorovou variabilitou maximálnych prietokov sa za dôležité fyzickogeografické charakteristiky považujú: plocha povodia, nadmorská výška, absolútny spád povodia, sklon povodia, lesnatosť a tvar povodia (Čermák et al. 1970). Ich určenie v prípade morfometrických charakteristík sa opiera o údaje ľahko odčítateľné z topografických máp. Napr. nadmorská výška povodia je reprezentovaná hodnotou nadmorskej výšky vodočtu, absolútny spád povodia je vyjadrený ako rozdiel medzi najvyššou kótou na rozvodniči v predĺžení údolnice hlavného toku a nadmorskou výškou vodomenej stanice, sklon povodia je definovaný ako pomer absolútneho spádu a dĺžky údolnice. Rozvoj matematických modelov reliéfu a GIS-ov však umožňuje v súčasnosti vyjadriť reliéfové pomery povodia omnoho detailnejšie a presnejšie.

Teoretický základ pre rozvoj *digitálnych modelov reliéfu* na Slovensku položil Krcho (napr. 1973, 1979, 1990). Na tento základ potom nadviazali ďalší autori, napr. Mitášová a Mitáš (1993), ktorí rozpracovali niektoré jeho prístupy. Databáza údajov o reliéfe získaná na základe DMR obsahuje okrem primárnych údajov (nadmorské výšky) aj množinu sekundárnych morfometrických údajov (napr. sklon, normálová krivosť v smere spádnice, normálová krivosť v smere vrstevnice, orientácia voči

svetovým stranám). Pre územie celého Slovenska bolo v prostredí GIS-u vytvorených niekoľko DMR. Ich kvalita z hľadiska vstupných údajov ako aj použitých metód je zhodnotená v práci Šúri et al. (1997). Poznajúc aktuálny stav sa uvedení autorí rozhodli vytvoriť nový digitálny model reliéfu Slovenska (DMR50-SK) s rozlíšením pixla 50 metrov. Pri jeho tvorbe sa vychádzalo z bodového poľa nadmorských výšok, získaného z vektorizovaných vrstevníc máp v mierke 1:50 000. Na základe DMR50-SK bola vytvorená databáza 10 reliefových charakteristík malých povodí Slovenska. Z tejto databázy ako príklad uvádzame na obr. 2 a 3 priemernú namorskú výšku resp. priemerný sklon povodia, ktoré boli vypočítané aritmetickým priemerom z množiny pixlov nachádzajúcich sa v jednotlivých povodiach.

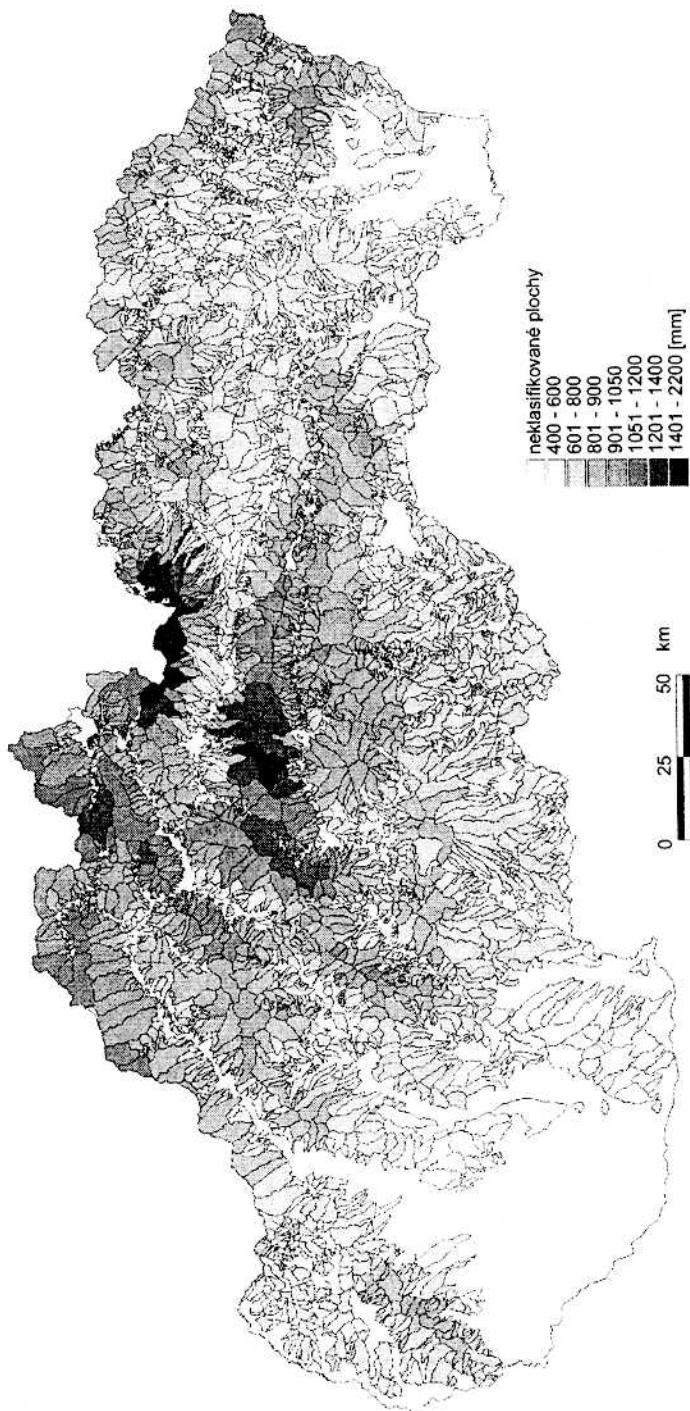
Spôsob určenia ďalšej z uvažovaných charakteristík priestorovej variability maximálnych prietokov, a to zalesnenia povodia v práci Čermák et al. (1970) nie je spomenutý. Precentuálne hodnoty sú však uvedené len v celých desiatkach. Poznatky o krajinnej pokrývke Slovenska, ktoré boli získané v rámci projektu CORINE Land Cover, a to vizuálnou interpretáciou satelitných obrazových máp vytvorených z údajov Landsat TM (Feranec et al. 1996), umožňujú oveľa presnejšie vyjadriť precentuálne zástúpenie nielen lesných porastov, ale aj ďalších *kategórií krajinnej pokrývky* v povodiach. Digitálna priestorová databáza Slovenska reprezentuje stav k časovému horizontu ohraničenému rokmi 1989-1992. Na území Slovenska bolo identifikovaných 30 tried krajinnej pokrývky, ktoré sú hierarchicky usporiadané do 3 úrovni. Na prvej úrovni je rozlíšených päť základných tried: urbanizované a technizované areály, polnohospodárske areály, lesné a poloprirodne areály, zamokrené areály a vody. Na nižších úrovniach sú tieto triedy rozdelené do detailnejších skupín (cf. Feranec et al. 1996). Na základe krajinnej pokrývky Slovenska, identifikovanej v rámci projektu CORINE Land Cover, sa vytvorila rozsiahla databáza plošného zastúpenia jednotlivých tried krajinnej pokrývky v malých povodiach Slovenska. Ako príklad uvádzame percentuálne zastúpenie lesov v malých povodiach Slovenska (obr. 4.).

Vyjadrenie substrátových a pôdných charakteristík sa zatiaľ opiera o pôvodné analógové tematické mapové vrstvy. Ich transformácia do digitálnej formy (napr. Grešková 1997) vytvára predpoklad pre ich spracovanie v prostredí GIS a pre presnejší výpočet ich hodnôt reprezentujúcich povodie (obr. 5).

Rozsiahla databáza fyzickogeografických charakteristík malých povodí, ktorá bola vytvorená vzájomným prekrytím analytických fyzickogeografických vrstiev s vrstvou malých povodí (Solín a Grešková 1999), vytvára predpoklad pre spresnenie závislosti medzi priestorovou variabilitou hydrologických a fyzickogeografických charakteristík povodia a pre výstížnejšie kartografické vyjadrenie priestorovej variability hydrologických charakteristík na základe aplikácie výsledkov hydrogeografickej regionálnej typizácie.

#### 4. KONCEPTUÁLNE PRÍSTUPY KU KARTOGRAFICKÉMU VYJADRENIU PRIESTOROVEJ VARIABILITY HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTÍK

Priestorová variabilita základných hydrologických charakteristík obdobia 1931-1960 bola vyjedrovaná predovšetkým formou izolínií (Hlubocký 1980a, b, c, Dub a Tresová 1970), ktoré sú výsledkom aplikácie interpolačných procedúr. Pri vyjadrení priestorovej variability hydrologických charakteristík izolíniami sú hydrologické

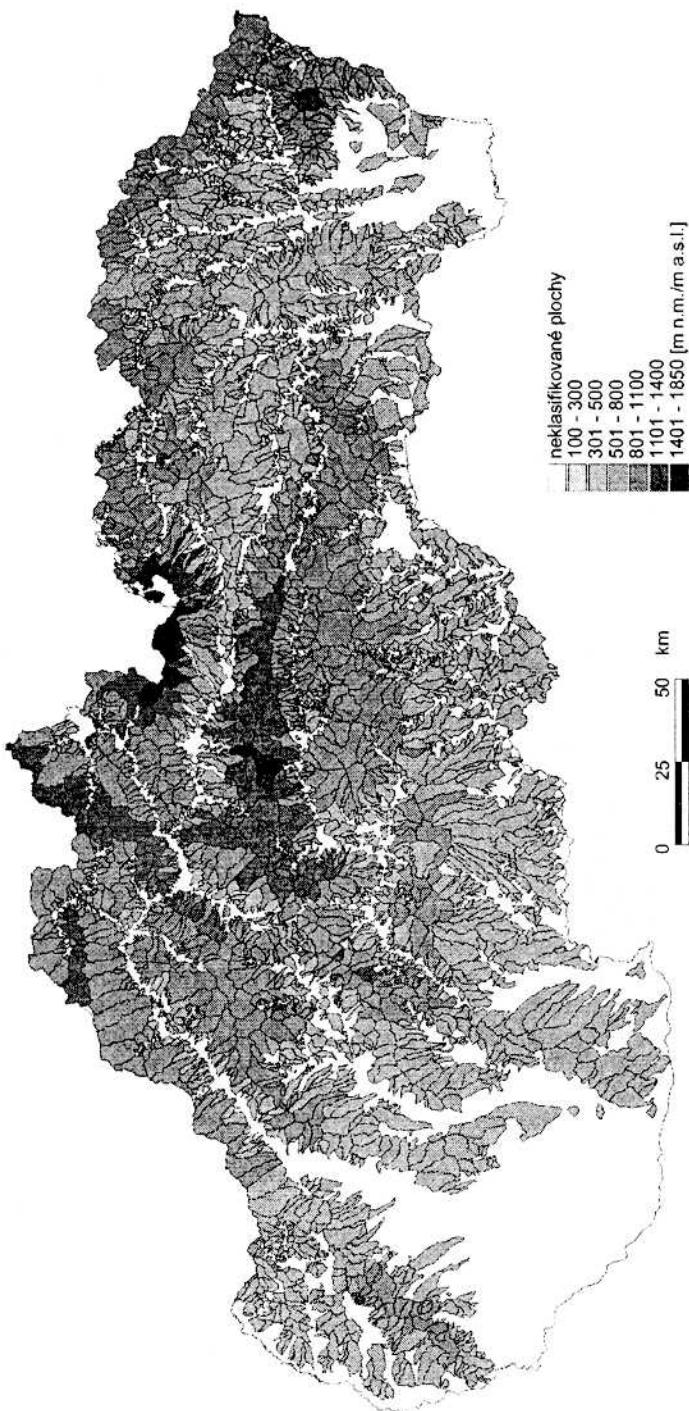


Obr. 1. Malé povodia Slovenska - priemerný ročný úhrnný zrážok (1976-1995).

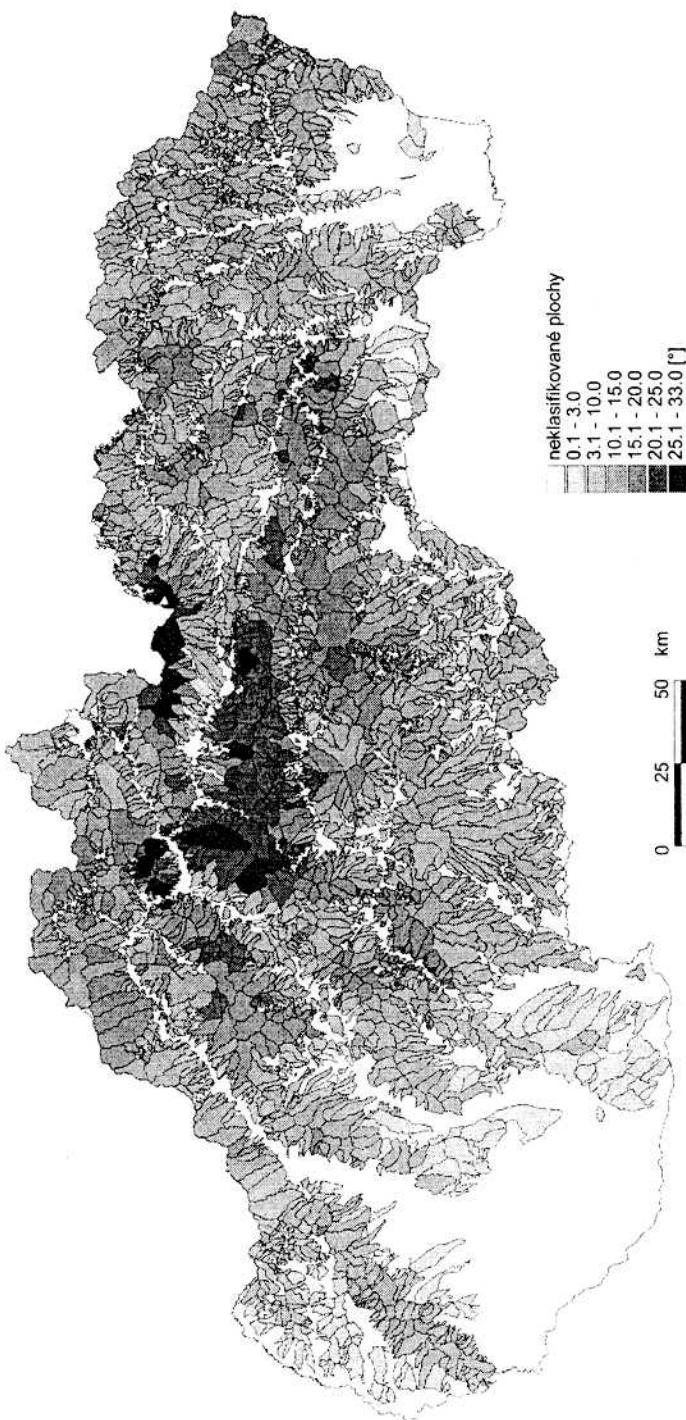
hodnoty chápane ako bodové hodnoty. Hodnota hydrologickej charakteristiky, nameraná vo vodomernom profile, má však charakter priestorovo integrovanej hodnoty. Tento spôsob interpretácie hydrologickej charakteristiky bol zohľadnený v rámci extrapolačných procedúr založených na analógii (Hlubocký 1965) a na aplikácii výsledkov hydrogeografickej regionálnej typizácie (Dub 1954, Šimo a Zatko 1980).

Dubovo (1954) hydrogeografické regionálne členenie, ako aj členenie Šima a Zatku (1980), je založené na apriornej aplikácii fyzickogeografických regiónov, identifikovaných na pôde geografie na základe dominantného fyzickogeografického komponenta, alebo vzájomnej kombináciou viacerých fyzickogeografických komponentov. Tento prístup sa opiera o všeobecné tvrdenie, že určitá fyzickogeografická rovnorodosť regiónu vyvoláva aj rovnorodosť hydrologických charakterísk. Implicitne je v ňom obsiahnutý predpoklad, že všeobecné fyzickogeografické regióny alebo regionálne typy majú akúsi univerzálnu platnosť z hľadiska ich vplyvu na priestorovú variabilitu základných hydrologických charakterísk.

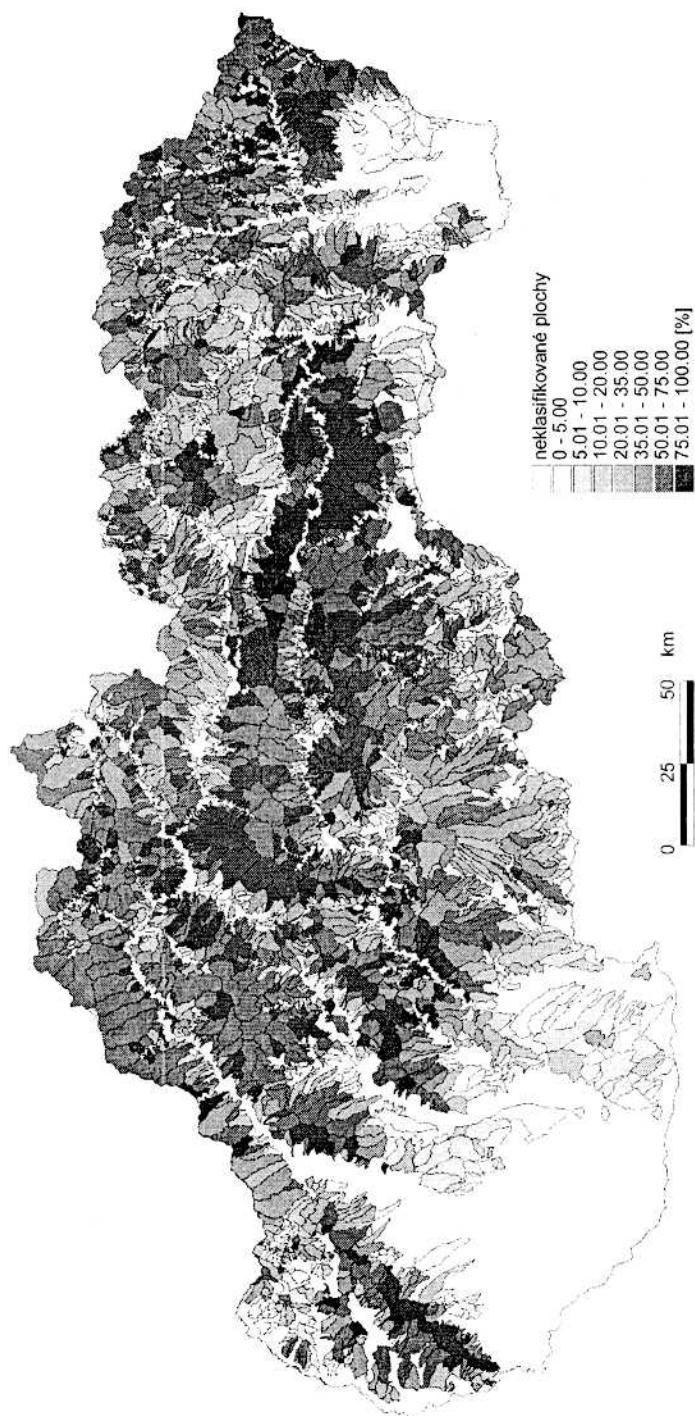
V 80. rokoch sa v oblasti vyjadrenia priestorovej variability hydrologických charakterísk postupne upúšťa od metódy izolínií a začína prevládať postup založený na identifikovaní hydrologicky homogénnych priestorových jednotiek, a to hydrogeografických, resp. hydrologických regionálnych typov (napr. Wiltshire 1985, Acreman a Sinclair 1986). Súčasnému preferovaniu tohto spôsobu napomáha aj chápanie hydrologickej hodnoty ako náhodnej premennej. Pri vyjadrení jej hodnoty, parafrázujúc Hoskinga a Wallisa (1997 p. 1), sa uplatňuje nasledovná úvaha: ak udalosti majú podobné hodnoty, ktoré sú namerané na rozdielnych miestach, potom omnoho presnejší záver je možné získať analyzovaním všetkých údajových súborov spoločne, ako vychádzať len z hodnôt jedného dátového súboru, pretože analyzované dátové súbory predstavujú pozorovania tej istej premennej na mnohých miestach v rámci vhodne definovaného regionálneho typu. Poznatky, ktoré sa získali pri identifikovaní hydrologicky homogénnych priestorových jednotiek aplikáciou všeobecných fyzickogeografických regiónov, však naznačili určitú heterogénnosť fyzickogeografických regiónov a regionálnych typov z hľadiska hydrologických charakterísk. Všeobecné fyzickogeografické regióny, resp. regionálne typy, teda nie dosťatočne presne vystihujú priestorovú variabilitu základných hydrologických charakterísk. Preto stotožnenie hraníc vymedzujúcich priestorovú homogénnosť základných hydrologických charakterísk s hranicami fyzickogeografických regiónov, resp. regionálnych typov, nie je príliš opodstatnené. Správnejším sa ukazuje predpoklad, že na priestorovej variabilite každej z hydrologických charakterísk sa fyzickogeografické charakteristiky podielajú nerovnakým spôsobom. A preto je na základe logickej alebo exaktnej analýzy nevyhnutné identifikovať tie z fyzickogeografických komponentov, ktoré sú rozhodujúce z hľadiska priestorovej variability jednotlivých hydrologických charakterísk. Zoskupenie povodí do skupín, tried alebo typov s podobnými hodnotami fyzickogeografických charakterísk, majúcich rozhodujúci vplyv na priestorovú variabilitu hydrologickej charakteristiky, vytvára reálnejší predpoklad pre splnenie podmienky homogénnosti hydrologickej charakteristiky v ich rámci, ako aj jej heterogenity medzi rozdielnymi typmi. Splnenie týchto podmienok sa overuje štatistickými testami. Ak tieto podmienky nie sú splnené, je nutné zmeniť pôvodne vytvorené triedy a vytvoriť nové. Fyzickogeografické regionálne typy, splňajúce podmienku vnútrotypovej hydrologickej homogenity a medzitypovej hydrologickej heterogenity reprezentujú vlastne hydrogeografické regionálne typy. Na tieto tendencie nadvádzajú v našej literatúre práce Solín (1993), Solín a Poláčik (1994), Solín a Faško (1995).



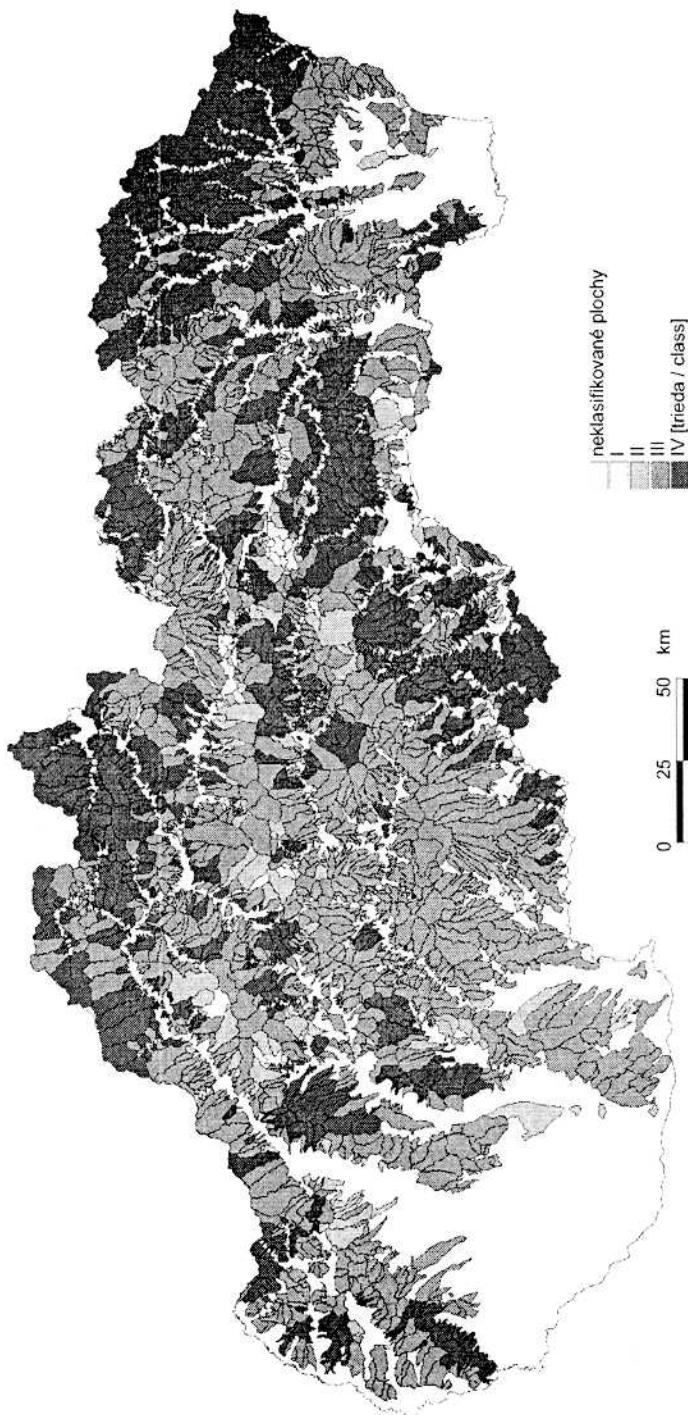
Obr. 2. Malé povodia Slovenska - priemerná nadmorská výška.



Obr. 3. Malá povoda Slovenska - priemerný sklon.



Obr. 4. Malé povodia Slovenska - lesy.



Obr. 5. Malé Povodzie Slovenska - transmisivita.

## 5 ZÁVER

Predĺženie pozorovacích radov, rozšírenie siete pozorovacích objektov lokalizovaných predovšetkým na malých povodiach, vytvorenie rozsiahlej databázy fyzickogeografických charakteristík povodí na základe využitia DMR, dát DPZ a technológie GIS vytvorili podmienky pre preukaznejšie definovanie vzálu medzi hydrologickými charakteristikami na jednej strane a fyzickogeografickými charakteristikami povodia na strane druhej a pre presnejšie identifikovanie hydrogeografických regionálnych typov. Existencia údajových podkladov, technológií spracovania priestorových dát i konceptuálnych prístupov k vyjadreniu priestorovej variability hydrologických charakteristík potvrdzuje, že i u nás nadišiel čas nového kartografického spracovania priestorovej variability hydrologických charakteristík vo forme tematického hydrologického atlasu.

*Príspevok bol riešený z grantovej finančnej podpory VEGA v rámci projektu číslo 2/4065/97.*

## LITERATÚRA

- ACREMAN, M .C., SINCLAIR, C. D. (1986). Classification of drainage basins according to their physical characteristics; an application for flood frequency analysis in Scotland. *Journal of Hydrology*, 84, 365-380.
- ČERMÁK, M., SOCHOREC, R., SOLNAŘ, O., ZATKALÍK, G. (1970). Veľké vody n-leté. In *Hydrologické pomery*, ČSSR, III. Praha (Hydrometeorologický ústav), pp. 87-104.
- DUB, O. (1954). *Všeobecná hydrológia Slovenska*. Bratislava (SAV).
- DUB, O., TRESOVÁ, A. (1970). Nepriame určenie priemerného ročného odtoku. In *Hydrologické pomery*, ČSSR, III. Praha (Hydrometeorologický ústav) pp. 67-72.
- FERANEC, J., OTAHEL, J., PRAVDA, J. (1996). Krajinná pokrývka Slovenska identifikovaná metódou CORINE Land Cover. *Geographia Slovaca*, 11. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- GREŠKOVÁ, A. (1997). Digitálna mapa transmisivity horninového prostredia. *Geografický časopis*, 49, 223-229.
- HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. (1997). *Regional frequency analysis. An approach based on L-moments*. Cambridge (Cambridge University Press).
- HLUBOCKÝ, B. (1965). Špecifický odtok. In *Atlas ČSSR*. Praha (ČSAV a ÚSGK).
- HLUBOCKÝ, B. (1980a). Elementárny odtok (malý). In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).
- HLUBOCKÝ, B. (1980b). Elementárny odtok (rok). In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).
- HLUBOCKÝ, B. (1980c). Elementárny odtok (maximálny). In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).
- KRCHO, J. (1973). Morphometric analysis of relief on the basis of field theory. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographia Physica*, 1, 11-233.
- KRCHO, J. (1979). Reliéf ako priestorový subsystém SRF geografickej krajiny a jeho komplexný digitálny model. *Geografický časopis*, 31, 237-262.
- KRCHO, J. (1990). *Morfometrická analýza a digitálne modely reliéfu*. Bratislava (Veda).

- MITÁŠOVÁ, H., MITÁŠ, L. (1993). Interpolation by regularized spline with tension, I. Theory and implementation. *Mathematical Geology*, 25, 641-657.
- SOLÍN, L. (1993). Hydrogeografické regionálne typy Slovenska z hľadiska priemernej ročnej odtokovej výšky. *Geografický časopis*, 45, 251-263.
- SOLÍN, L., POLÁČIK, Š. (1994). Identification of homogeneous hydrological regional types of basins. In Seuna, P. D., Gustard, A., Arnell, N. W., Cole, G. A., eds. *FRIEND: Flow Regimes from International Experimental and Network Data*. IAHS Publication, 221. Wallingford (IAHS), pp. 467-473.
- SOLÍN, L., FAŠKO, P. (1995). Hydrogeografické regionálne typy montanej krajiny Slovenska z hľadiska priemernej ročnej odtokovej výšky. *Geografický časopis*, 47, 75-91.
- SOLÍN, L., GREŠKOVÁ, A. (1999). Malé povodia Slovenska - základné priestorové jednotky pre jeho hydrogeografické regionálne členenie. *Geografický časopis*, 51, 75-94.
- ŠIMO, E., ZAŤKO, M. (1980). Typy režimu odtoku. In Mazúr, E., ed. *Atlas Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava (SAV a SÚGK).
- ŠÚRI, M., CEBECAUER, T., HOFIERKA, J. (1997). Tvorba digitálneho modelu reliéfu Slovenskej republiky. *Geodetický a kartografický obzor*, 43, 257-262.
- WITSHIRE, S. E. (1985). Grouping basins for regional flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 30, 151-159.

*Lubomír Solín, Tomáš Cebecauer*

### NEW IMPULSES FOR MAP EXPRESSION OF SPATIAL VARIABILITY OF BASIC HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE TERRITORY OF SLOVAKIA

Hydrological and cartographic processing of the 1931-1960 period from the viewpoint of hydrological data available and the way of cartographic expression of spatial variability of hydrological characteristic meant in a way the end of one stage of hydrological and hydrogeographic research.

However, the nineties brought about favourable conditions for new approaches to map expression of spatial variability of basic hydrological characteristics in the territory of Slovakia. Compared to the previous periods:

- the gauging network was widened, including above all the small streams,
- more detailed and more precise data on physical-geographic characteristics of basins were obtained by application of DMR (digital models of relief), by interpretation of satellite images and processing of digital thematic map layers in GIS environment,
- conceptual approaches to hydrogeographic regional division of interest areas changed,
- importance of hydrogeographic regional typification was recognized as not only a tool of learning and scientific elucidation of spatial variability of hydrological response, but it was also found out that the regional value of hydrological response determined on basis of results of hydrogeographic response fulfills the function of an efficient tool of estimation for ungauged basins or those with a short gauging period,
- we also observe an increased interest of the practical hydrological sphere in the results of hydrogeographic regional typification in the consequence of emphasized function of hydrogeographic regional typification as a tool for determination of regional values of hydrological response, and

- the use of modern technology for processing of spatial data while creating the national hydrological atlases is also one of conspicuous changes.

Fig. 1. Small catchments of Slovakia - annual precipitation (1976-1995).

Fig. 2. Small catchments of Slovakia - average altitude.

Fig. 3. Small catchments of Slovakia - average slope.

Fig. 4. Small catchments of Slovakia - forests.

Fig. 5. Small catchments of Slovakia - transmissivity.

Tab. 1. Number of gauges recording the discharge.

Translated by H. Contrerasová