
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

50

1998

3-4

*Ján Lacika**

OČAKÁVANÉ ZMENY USPORIADANIA DOLINOVEJ SIETE V POVODÍ POPRADU

J. Lacika: Expected changes of arrangement of the valley network in the Poprad catchment. *Geografický časopis*, 50, 1998, 3-4, 3 figs., 15 refs.

This contribution presents results of analysis of valley networks of the Poprad. The valley networks considered open morphodynamic systems develop depending on changes of morphostructural and morphoclimatic conditions taking place not only in the territory of the catchment in question, but also in its environs. Valley networks in watershed of the Poprad were subject to big changes from the end of the Paleogene to recent time. Their transformation is also due to creation of new morphostructural plan of the Western Carpathians. If the contemporary morphostructural development taking place in catchment of the Poprad does not essentially change, another transformation of the valley network can be expected. This transformation tends to certain restoration of the pre-Neogene valley networks which were disturbed by individualization of young fault morphostructures in the Miocene. The barrier effect of the dividing ridge in area around Gánovce, Pusté Pole and Frička is being debilitated to such an extent that the Poprad can be captured by the side streams - the Hornád, Torysa, and Topľa. The barrier effect of the Tatra, Spišská Magura, Malé Pieniny Mts. and the western part of Beskid Sadecki does not offer any ground for expecting similar changes of valley network between the Slovak parts of catchments of the Dunajec and Poprad. Only a slow migration of the dividing ridge closer to regressively developing catchment of the Poprad takes place here.

Key words: the West Carpathians, Poprad drainage basin, morphostructures, valley network

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

I ÚVOD

Dolinové siete sa vyvíjajú v určitých morfo klimatických a morfoštruktúrnych podmienkach podliehajúcim zmenám v priestore aj čase. Keďže majú povahu otvorených morfordynamických systémov, na ich transformácii sa podieľajú nielen zmeny klímy a morfoštruktúr odohrávajúce sa na území predmetného povodia, ale často aj v susedných i pomerne vzdialených územiach. Príkladom je ďaleký geomorfologický dosah vplyvu subsidujúcich nížinných morfoštruktúr na aj vzdialenejšie horské morfoštruktúry. Subsidienciou podmienené znižovanie eróznej bázy v dolných častiach povodí nachádza odozvu až v pramenných častiach vo forme akcelerácie hĺbkovej a spätnej erózie, prípadne až dolinového pirátstva.

Transformácie dolinových sietí prebiehajú postupne a vždy s určitým oneskorením za zmenami klímy a morfoštruktúr. Preto sa skladajú aj zo segmentov zodpovedajúcich už nejestvujúcim podmienkam. Ich podiel sa pomaly redukuje na úkor postupného rozširovania sa najmladších segmentov sietí formujúcich sa v zhode so súčasnými morfo klimatickými a morfoštruktúrnymi podmienkami. Nie je zriedkavé, že v jednom povodí možno identifikovať niekoľko generácií segmentov dolinových sietí, čo je odrazom cyklickosti vývoja.

2 VÝCHODISKOVÝ STAV POZNANIA

Povodie Popradu je z geomorfologickej stránky lepšie preskúmané v poľskej než v slovenskej časti. Na Slovensku sa tomuto územiu intenzívnejšie venoval najmä Michal Lukniš. Jeho monografické dielo o Tatrách (1973) sa zaoberá okrem iného aj morfoštruktúrnym a paleogeomorfologickým aspektom vývoja reliéfu tohto pohoria a jeho predpolia. V inom monografickom diele o prírode Slovenska (1972) Lukniš venuje celú stať vývoju dolín vrátane doliny Popradu. O rekonštrukciu kvartérneho vývoja Tatier a ich predpolia sa pokúsili Halouzka-Raczkowski (1993). Pirátstvom tokov v okolí Gánoviec a Hôrky sa zaoberá Jakál (1992).

O poznanie poľskej časti povodia Popradu sa najviac zaslúžil Witold Zuchiewicz. V roku 1980 na túto tému publikoval dve práce. V prvej z nich (1980a) prezentoval prierez morfoštruktúrneho vývoja doliny Dunajca s Popradom od spodného miocénu po súčasnosť. V druhom príspevku z roku 1980 Zuchiewicz publikoval morfo tektonickú interpretáciu pozdĺžnych profilov 14 riek v poľských Karpatoch vrátane Popradu (1980b). K daným reálnym profilom vypočítava ich teoretické ekvivalenty metódou Ivanova (1951). V Zuchiewiczovej práci z roku 1981 sa pomocou špeciálnych morfometrických metód (mapy izobazít, gonioizobazít a izolong) analyzujú morfoštruktúrne vlastnosti povodia Dunajca s Popradom. Celý rad rozličných matematicko-štatistických analýz povodia Dunajca s Popradom aplikujú Krawczyk-Zuchiewicz (1988) s cieľom lepšie poznať jeho morfoštruktúrne pomery. V roku 1994 sa Zuchiewicz vracia k aplikácii pozdĺžneho profilovania riek v morfoštruktúrnom výskume s alternatívnym prístupom k vypočítavaniu rovnovážnej teoretickej krivky dolín. Opierajúc sa zároveň aj o iné indikátory (najmä geofyzikálne) prezentuje svoj názor na antecedentný vývoj prielomov rieky Poprad cez Lubovniansku vrchovinu a Beskid Sadecki. Po kritike použitých analýz profilov v starších prácach Zuchiewicz (1994 a 1995) uskutočnil na riekach poľských Karpát aj niektoré ďalšie podporné morfometrické analýzy. Sú to semilogaritmické profily a časovo-sekvenčné diagramy spádu riečnych koryt. Identifikované zotrmenia spádu na Poprade sa prejavujú vo vyššie uvedených antecedentných prielomoch.

3 TRANSFORMÁCIA DOLINOVEJ SIETE ZÁPADNÝCH KARPÁT

Nástupom germanotypného morfoštruktúrneho režimu, ktorý je vlastný neotektonickej etape vývoja Západných Karpát, sa zásadným spôsobom zmenila základná kompozícia dolinových sietí. Radikálne sa pretransformovali a naďalej transformujú siete dolín, a tým aj medzidolinových chrbtov. Vznikla tu nová mozaika pohorí a kotlín, ktorá sa postupom vývoja ďalej zvyrazňuje.

Na území Západných Karpát sa odohráva postupný zánik staršej riečnej, resp. dolinovej siete, nahrádzaním mladšou. Staršia textúra dolín je orientovaná predovšetkým do západových smerov (Lukniš 1972). Zachovala sa v centrálnej časti západokarpatskej megamorfoštruktúry, pretože nová sieť sa na jej miesto tlačí v smere od periférie do centra. Jej súčasťou sú horné úseky dolín Váhu, Hrona, Hornádu, Popradu, Torysy a Tople. Dolinové osi starej siete sú zhruba subsekvantné, pretože korešpondujú s priebehom miestnych geologických štruktúr. Vek týchto štruktúr hovorí o tom, že tieto doliny sú paleogénne až spodnomiocénne. Museli sa vytvoriť v období po rozsiahlych paleogénnych transgresiách, ale zároveň pred začiatkom vykleňovania Západných Karpát v spodnom bádene. Na ich postupnom zániku, sa rozhodujúcou mierou podieľajú mladé neotektonické pohyby, ktoré tieto staré bazény rozčlenili do systému hrástí a priekopových prepadlín. Hrastové pohoria pôsobia v bazénoch ako bariéry, ktoré niektoré rieky prekonávajú antecendentnými dolinami. Mladšia textúra dolín sa sformovala až ako dôsledok individualizácie západokarpatskej klenby zhruba od bádenu po súčasnosť. Nachádzame ju najmä v periférnej časti Západných Karpát s pokračovaním do priľahlých neogénnych panví. Patria k nej dolné úseky Váhu, Hrona, Hornádu, Torysy, Tople a takmer celé bazény Nitry, Ipla a Slanej. Po ich vyústení z Karpát dochádza k ich integrácii na juhu do Dunaja s Moravou, Tisy s Bodrogom a do Odry a Visly na severe. Integrujúce rieky prstencovito obopínajú ovál Západných Karpát.

4 VÝSLEDKY ČIASTKOVÝCH ANALÝZ

Informácie o jednotlivých etapách vývoja povodí sú zakódované vo výsledkoch analýz priestorového usporiadania dolinových sietí (kompozície), ktoré je charakterizované atribútmi ako napríklad textúra, hustota, miera symetrie (asymetrie) alebo hierarchia. Cenným indikátorom sú aj krivky pozdĺžnych a priečných profilov a hysometria rozvodia.

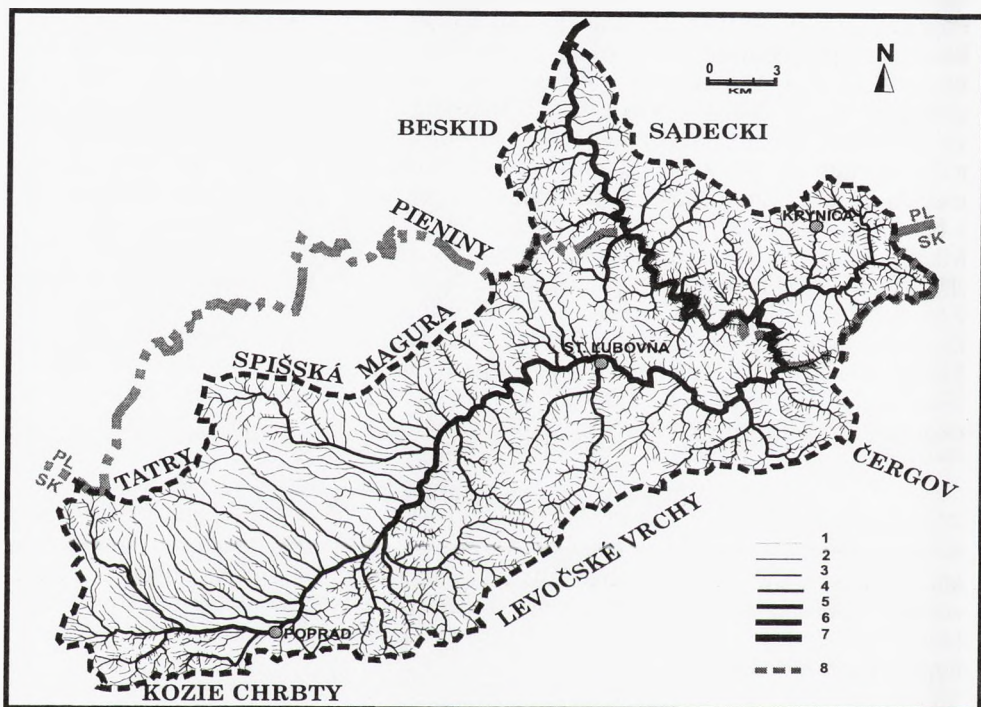
4.1 Analýza dolinových sietí

Analýza dolinových sietí je zameraná na poznanie vnútorného usporiadania oboch skúmaných povodí, ich pôdorysné vlastnosti (asymetrické javy, textúry, linearita) a hierarchiu. Východiskom boli topografické mapy v mierke 1:25 000, ktoré majú schopnosť zobrazit' kompletnú dolinovú sieť včítane rozličných iniciálnych erózných foriem. V rámci týchto sietí sa hľadali základné textúry, ktoré predstavujú indikácie vybraných morfoštruktúrnych vlastností daného územia. Identifikovali sa prítomné pôdorysné asymetrie a interpretovala sa ich genéza. Hľadali sa určité vzťahy medzi textúrami susedných čiastkových povodí prejavene určitými formami linearit (usporiadanie dolín do línií). Na hierarchizáciu dolinových sietí sa použila osvedčená klasifikácia Hortona-Strahlera, ktorú aplikoval aj Zuchiewicz (1980 a 1981) na pol-

ských častiach oboch skúmaných povodí. Príslušná mapa (obr. 1) zobrazuje dolinové siete povodia Popradu až po ústie do Dunajca pri Starom Sáci v Poľsku.

Horná časť povodia Popradu

V povodí Popradu možno identifikovať veľmi rozdielne textúry dolinovej siete, čo je dôsledkom vysokého stupňa jeho morfoštruktúrnej heterogenity. Textúra dolín je na území Tatier výrazne paralelná. Doliny smerujú na juhovýchod bez zjavnejšieho vetvenia. Extrémny kvartérny zdvih mladej morfoštruktúry Tatier ich núti pomerne jednoducho a priamočiaro dosiahnuť susednú relatívne poklesávajúcu Podtatranskú kotlinu.



Obr. 1. Textúra dolinovej siete povodia Popradu.

1 - osi dolín I. rádu, 2 - osi dolín II. rádu, 3 - osi dolín III. rádu, 4 - osi dolín IV. rádu, 5 - osi dolín V. rádu, 6 - osi dolín VI. rádu, 7 - osi dolín VII. rádu, 8 - rozvodnice povodia Popradu a Dunajca.

Formovanie riečnej siete na predpolí západnej časti Vysokých Tatier bolo podľa Lukniša (1973) ovplyvnené zdvihom Štrbského rozvodnia na rozhraní pliocénu a pleistocénu. Presúvanie tokov trvalo približne do predposledného zaľadnenia. Mnohé opustené doliny sa preformovali do podoby úvalín a periglaciálnych dolín. To, že si dolinová sieť zachováva svoju paralelnú štruktúru aj v Popradskej kotline, možno

považovať za indíciu relatívnej vnútornej morfoštruktúrnej homogenity tejto depresie. Je zaujímavé, že subsidencia, na ktorú poukazuje údaj Halouzku-Raczkowského (1993) o 400 metrov mocnej kvartérnej akumulácii, sa na textúre dolín nijako neprejavuje. Mala by byť indikovaná uzlovým koncentrovaním dolinovej siete v mieste subsidencie. Nemožno však zabudnúť na údaj Lukniša (1973), ktorý uvádza, že potok Kežmarská Biela voda tiekol pôvodne do okolia Tatranskej Lomnice.

Doliny hornej časti povodia Popradu zjednocuje až Poprad asymetricky zatlačený k južnému perifériu povodia. Lukniš (1972) túto asymetriu vysvetľuje zatlačovaním toku mohutnými glacifluviálnymi kuželovými akumuláciami tatranských potokov po sečnej plošine typu glacis. Zdá sa, že dôležitú úlohu pritom zohral aj aktívny zlomový systém rovnobežkového smeru, pozdĺž ktorého sa v kvartéri individualizovala hrásť Kozích chrbtov. Odlišnou je dolinová textúra v čiastkovom povodí Bielej, ktorá dreňuje Belianske Tatry a západnú časť Spišskej Magury. Viac vetvená sieť má v pramennej časti takmer stromovitý charakter.

Zmenu orientácie osi doliny Poprad z východného do severovýchodného smeru určilo základné usporiadanie morfoštruktúr. Došlo k "uväzneniu" doliny medzi pozitívne sa vyvíjajúce morfoštruktúry Tatier a Spišskej Magury z jednej strany a Levočských vrchov z druhej strany. V tomto úseku povodia Popradu je nápadný rozdiel v pravostrannej a ľavostrannej dolinovej textúre. Na severovýchode je už spomínaná paralelná a pomerne riedka textúra, na juhovýchode sa vyvinula perovitá textúra s vysokou hustotou dolín.

Stredná a dolná časť povodia Popradu

V antecedentnom prielome Popradu nazývanom Ružbašská brána sa na ľavej strane stráca paralelná textúra a doliny sa na oboch stranách skracujú a pôdorysne zjednodušujú. V Lubovnianskej kotline dochádza ku koncentracii dolín do uzla. Je to indícia negatívne sa vyvíjajúcej morfoštruktúry tejto malej depresnej morfoštruktúry.

Od Starej Lubovne je orientácia doliny Popradu v zhode s priebehom geologických štruktúr. Hlavná dolina až po Plaveč využíva pozdĺžnu depresiu v mäkkšom antiklinóriu bradlového pásma, čo je zároveň aj smer orientácie staršej predneogénnej dolinovej siete. Na túto pasívnu bradlovú štruktúru sa viaže systém v neotektonickej etape vývoja reaktivizovaných zlomov hlbšieho založenia so seizmoaktívnymi prejavmi. V bočných dolinách je pozorovateľné lineárne usporiadanie niektorých úsekov dolín, čo je indíciu prítomných paralelných tektonických porúch JZ - SV smeru. Zreteľný prejav linearity v usporiadaní dolín možno sledovať od doliny Popradu cez Kamienku a Veľký Lipník až do doliny Dunajca nad pieninským prielomom. Za Plavčom sa hlavná dolina Popradu lomí do smeru kolmého na predneogénne geologické štruktúry.

Pri Ruskej Voli sa Poprad náhle stáča na severozápad opäť do smeru predneogénnych flyšových štruktúr, ale s protiklonným spádom k SZ. Na hranici s Poľskom sa vytvára sled zaklesnutých meandrov prerezávajúcich zdvíhajúcú sa morfoštruktúru Lubovnianskej vrchoviny, ktorá sa na poľskej strane hranice nazýva Beskidom Sadeckim. Zuchiewicz (1980a a 1995) tento prielom považuje za antecedentný, ktorého vznik podobne ako v prielomoch Dunajca inicioval pleistocénny zdvih pozitívnych zlomových morfoštruktúr vyzdvihnutých na transverzálnych zlomoch. Orientácia tohto úseku doliny Poprad korešponduje s priebehom miestnych geologických štruktúr, ktorá bola podľa Lukniša (1972) aj smerom usporiadania predmiocén-

nej dolinovej siete. V prielome je podobná textúra dolinovej siete s krátkymi dolinami ako v Ružbašskej bráne a najmä na poľskej strane je veľmi hustá. V okolí Muszyny a Krynice sa vytvorila mriežková textúra dolín, indikujúca rozčlenenie tohto územia systémom diagonálne orientovaných zlomov zvierajúcich medzi sebou pravý uhol.

4.2 Analýza rozvodí

Analýza rozvodí povodí Popradu si všíma ich hypsometrické vlastnosti, ktoré ukazujú mieru hydrologickej bariérovosti ich jednotlivých úsekov. Základnou charakteristikou je nadmorská výška rozvodí, ktorá je porovnávaná s nadmorskou výškou najbližšej doliny tretieho rádu, resp. ústrednej doliny povodí, ktoré ohraničuje. Príslušná mapa (obr. 2) identifikuje na skúmaných rozvodíach úseky s najvyšším, resp. najnižším bariérovým efektom pomocou číselných údajov o ich prevýšení nad hlavné dolinové osi daných povodí. Rozdiel údajov na oboch stranách úseku rozvodí indikuje tendenciu jeho migrácie v dôsledku "agresívnejšie" pôsobiaceho dolinového systému prostredníctvom spätnej erózie.

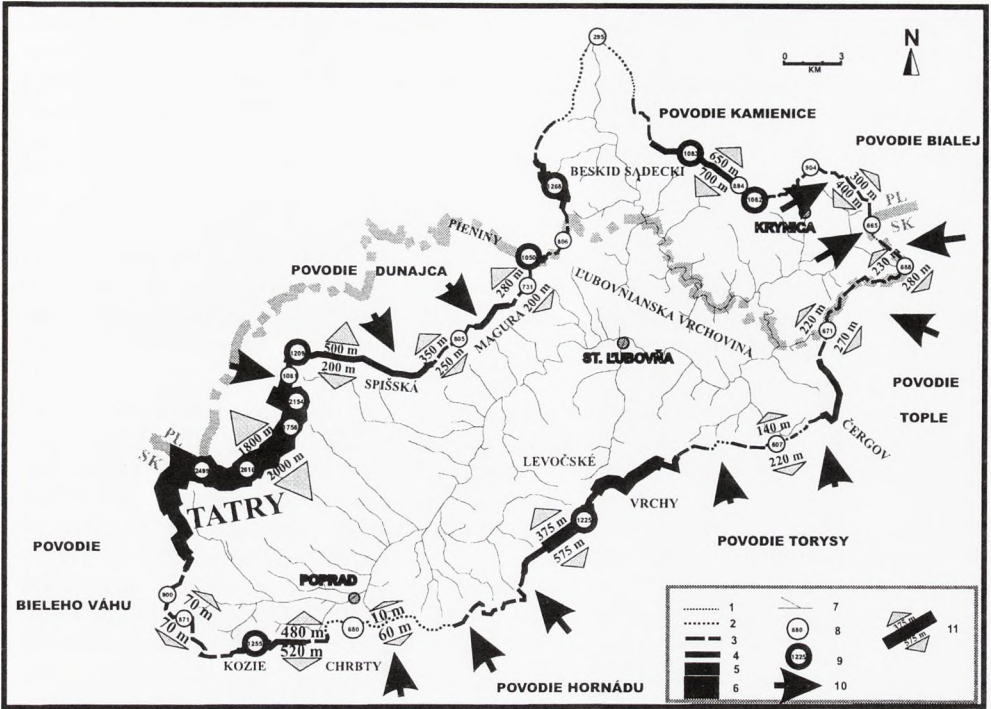
Tatry

Extrémna hydrologická bariérovosť Tatier nedáva možnosť uvažovať o pirátsťve medzi povodiami Dunajca, Popradu, horného Váhu a Oravy cez toto najvyššie karpatské pohorie. Západné Tatry prevyšujú južnú Liptovskú kotlinu o 1 000 m (sedlá) až 1 500 m (vrcholy) a severnú Podtatranskú brázdou o 800 m (sedlá) až 1 300 m. Bariéra Východných Tatier je ešte výraznejšia. Ich sedlá prevyšujú Popradskú kotlinu o 1 300 m a Podtatranskú brázdou o 1 100 m. V prípade vrcholov v hlavnom hrebeni je tento výškový rozdiel až takmer 2 000, resp. 1 800 m. Hydrologická bariérovosť Tatier je evidentná aj v prípade, ak si všímame prevýšenie hlavného tatranského hrebeňa voči najbližším dolinám tretieho rádu. Miestna erózna báza Popradu a horného Váhu je asi o 200 metrov nižšia. Efekt zatlačovania rozvodí spätnou eróziou južných potokov severným smerom je kompenzovaný lepšou rozvinutnosťou riečnej siete severného úpätia Tatier. Boj o rozvodie sa preto prakticky prejavuje len esovitostou pôdorysu hlavného hrebeňa. Najmarkantnejšie to je v Červených vrchoch, na ktoré dlhodobo pôsobí erózný účinok Tichej doliny z povodia horného Váhu. Vo Vysokých Tatrách dosiahla táto esovitosť detailnejšie tvary.

Sieť dolín v povodiach Popradu a Dunajca je v oblasti Tatier stabilizovaná a predisponovaná vývojom glaciálnych trógov. Bezprostrednejšiemu kontaktu medzi bočnými dolinami bránia výrazné bočné hrebene, ktoré sú na južnej strane pohoria vďaka asymetrickému zdvihu vyššie ako hlavný hrebeň. Na území Tatier sa preto nepredpokladá žiadne pirátsťvo v blízkej geologickej budúcnosti nielen medzi povodiami Dunajca a Popradu, ale ani medzi ich čiastkovými povodiami.

Spišská Magura, Lubovnianska vrchovina a západný Beskid Sadecki

Rozvodie medzi povodiami Dunajca a Popradu vytvárajú okrem Tatier aj Podtatranská brázdca, Spišská Magura a západná časť Beskidu Sadeckého (Lubovnianskej vrchoviny). Obe mimotatranské horské časti rozvodí sú podstatne nižšie ako extrémne vysoký hlavný rozvodný hrebeň Tatier, ktoré ich prevyšujú o viac ako 1 200 m. Napriek tomu aj ony vytvárajú vďaka svojej masívnosti pomerne výrazné bariéry tvoriace rozvodie medzi strednou a dolnou časťou povodí Dunajca a Popradu. Ich



Obr. 2. Hydrologická bariérovosť rozvodí Popradu.

1 - rozvodnice s nadmorskou výškou do 300m, 2 - rozvodnice s nadmorskou výškou 301 - 700 m, 3 - rozvodnice s nadmorskou výškou 701 - 1 000 m, 4 - rozvodnice s nadmorskou výškou 1 001 - 1 200 m, 5 - rozvodnice s nadmorskou výškou 1 201 - 1 600 m, 6 - rozvodnice s nadmorskou výškou nad 1 600 m, 7 - osi dolín najmenej III. rádu, 8 - sedlá s nadmorskou výškou, 9 - vrcholy s nadmorskou výškou, 10 - smer migrácie rozvodnia, 11 - údaj o výške rozvodnia nad hlavnými dolinami povodií, ktoré rozhraničujú

hlavný hrebeň na dlhých úsekoch neklesá pod 1 000 m n.m. Krátkymi úsekmi rozvodnia s oslabenou hydrologickou bariérovosťou sú tri sedlá: Toporecké sedlo (805 m), sedlo nad Stráňanmi (731 m) a Litmanovské sedlo (806 m). K nim ešte treba priradiť sedlo pod Príslopom (1081 m) medzi Ždiarom a Podspádmí v Podtatranskej brázde. Na týchto štyroch sedlách sa rozvodnie znižuje o 200 až 300 metrov.

Relatívne prevýšenie rozvodnia je vyššie voči povodiu Dunajca a nižšie voči povodiu Popradu. Vrchy v masívnom hlavnom chrbte Spišskej Magury a Beskidu Sadeckého prevyšujú osovú dolinu povodia Dunajca o 500 metrov, zatiaľ čo voči osovej doline povodia Popradu sú vyššie o 200 až 250 metrov. Sedlá klesajú na stranu Dunajca o 280 až 350 m, na stranu Popradu len 200 až 250 metrov. Vďaka priečnej asymetrii sú doliny inklinujúce k Popradu krátke a v nízkom stupni rozvoja. Doliny orientované na stranu Dunajca sú dlhšie a lepšie rozvinuté (viac vetvené). Vyššie uvedené skutočnosti sú predpokladom k pomalej migrácii rozvodnia od Dunajca k Popradu. To znamená, že povodie Dunajca je na tejto strane v progresívnom vývoji na úkor regresívne vyvíjajúceho sa povodia Popradu. V súčasnosti dostatočná hydrologická bariérovosť Spišskej Magury a Beskidu Sadeckého bráni tomu, aby v blízkej

geologickej budúcnosti došlo k podstatnejším zmenám usporiadania dolinových sietí. Najnáchyľnejším miestom k riečnemu pirátstvu je sedlo pod Príslopom v Podtatranskej brázde. Hlbšie zarezaná je Javorinka je podstatne rozvinutejšej Javorovej doline - na západnej strane má tendenciu zatláčať rozvodie na východnú stranu ležiacu v pramennej časti doliny Bielej.

Štrbské rozvodie

Štrbské rozvodie rozdeľuje Podtatranskú kotlinu na Popradskú a Liptovskú kotlinu. Tým, že rozhraničuje aj povodia Popradu a horného Váhu, patrí do hlavného európskeho rozvodnia. Jeho najnižšie miesto sa nachádza v obci Suňava. Jeho nadmorská výška je 871 m, čo je o 29 metrov menej ako severnejšie ležiace Štrbské sedlo.

Cez nízky rozvodný chrbát sa v minulosti už odohrali zmeny dolinových sietí. Podľa Lukniša (1973) nastali už na rozhraní pliocénu a pleistocénu. Rozloženie staro-pleistocénnych kužeľových akumulácií ukazuje, že v povodí Popradu došlo po pliocéne k presunu tokov na východ a v povodí Váhu zasa na západ, čím sa obe riečne siete od Štrbského rozvodnia vzdalovali. V súčasnosti sú v dôsledku rozširovania sa hlavného rozvodného chrbta niektoré staré doliny pretransformované na úvaliny a periglaciálne doliny. Boj o Štrbské rozvodie medzi povodím Popradu a Bieleho Váhu vďaka jeho pokračujúcej zdvihovej tendencii prakticky ustal. O súčasnej fixácii polohy rozvodnia hovorí jeho výšková symetria. Jeho sedlá ležia 70 až 100 metrov nad korytom Popradu rovnako ako nad korytom Bieleho Váhu. Chrbty kotlinovej pahorkatiny sú ešte o ďalších 20 až 50 metrov vyššie.

Kozie chrbty a Vrbovska pahorkatina

Najslabším článkom rozvodnia medzi povodím Popradu a Hornádu je jeho úsek vedúci cez Kozie chrbty. Ich hydrologická bariérovosť sa od západu na východ znižuje najmä vďaka tomu, že sa táto mladá hrastová morfoštruktúra v tomto smere znižuje a zužuje. Masívnejšie oblúkové chrbty východnej časti Vrbovskej pahorkatiny tvoria výraznejšiu hydrologickú bariéru napriek tomu, že sú nižšie ako priveľmi úzka morfoštruktúra Kozích chrbtov.

Boj o rozvodie v tejto oblasti sa odohráva od konca pliocénu. Dovtedy potoky prameniace v Nízkych Tatrách vyúsťovali priamo do Popradu. Dokazujú to nálezy nízkotatranských riečnych štrkov v oblasti Popradu, ktoré opísal Lukniš (1973). Pravdepodobnou transportačnou cestou tohto materiálu boli staré opustené doliny priečne pretínajúce východnú časť Kozích chrbtov v oblasti Kvetnice, ktoré ležia v pomyselnom predĺžení dolín Vemárskeho potoka a Bystrej v najvýchodnejšej časti Kráľovohoľských Tatier. V priebehu kvartéru došlo k intenzívnemu relatívnemu poklesu Vikartovskej priekopovej prepadliny a zdvihu hraste Kozích chrbtov pozdĺž zlomov subsekventného smeru. To narušilo starú predkvartérnu konsekventnú riečnu sieť a zásadným spôsobom ju transformovalo. Vytvorila sa mladšia sieť súbežná s osou Hornádu prispôbená mladším tektonickým formám. V nasledujúcej geomorfologickej vývojovej etape sa vytvorila dolina Gánovského potoka ako prvý prejav pirátstva Hornádu v povodí Popradu. Na priečnom zlome sa vo východnej časti aktívnej hraste Kozích chrbtov vytvorila prielomová dolina, cez ktorú Gánovský potok spätnou eróziou načapoval pravostranný prítok rieky Poprad.

V dôsledku pokračujúceho poklesávania Vikartovskej priekopy Gánovský potok ďalej atakuje rozvodnicu medzi povodiami Hornádu a Popradu (Jakál 1992). Podľa výsledkov analýzy atakovaného úseku povodia medzi Gánovcami a Hozelcom je dno Hornádskej kotliny, kam Gánovský potok smeruje, o 50 m nižšie ako dno Podtatranskej kotliny. Najnižšie miesto na rozvodnom chrbte je zároveň najnižším miestom hlavného európskeho rozvodnia medzi Busovom a Oravskou kotlinou. Koryto blízkeho Popradu prevyšuje o zanedbateľných 10 metrov, zatiaľ čo zo strany Hornádu toto prevýšenie dosahuje 60 metrov. Načapovaním rieky Poprad aktívne erodujúcim Gánovským potokom môže v blízkej geologickej budúcnosti dôjsť k výrazným zmenám dolinovej siete hornej časti povodia Popradu. Je pravdepodobné, že sa povodie Hornádu rozšíri o tretinu povodia Popradu na území Tatier a Podtatranskej kotliny. Smerom na východ sa rozvodie vedúce po chrbtoch Vrbovskej pahorkatiny zvyšuje o 50 až 100 metrov.

Levočské vrchy a Čergov a východný Beskid Sadecki

Východné ohraničenie povodia Popradu vytvárajú pohoria Levočské vrchy, Čergov a východný Beskid Sadecki. Na juhovýchode ho oddeľujú od povodia Hornádu, na východe od povodia Torysy a Tople a na severe od povodia Bialej a Kamienice, ktoré je parciálnym povodím dolného povodia Dunajca. Tieto pozitívne sa vyvíjajúce horské morfoštruktúry sú tiež masívne ako ich protipóly na druhej strane povodia. Navyše ich hydrologickú bariérovosť neoslabuje efekt asymetrie pozorovateľný napríklad na priečnom profile Spišskej Magury.

Symetrická hráť Levočských vrchov vystupuje v centre nad 1 200 m n. m. Dolinu Popradu prevyšuje o 375 metrov, od dolinovej siete Hornádu v oblasti Levoče je vyššia o 575 metrov. Kontakt medzi oboma povodiami je redukovaný nielen výškou pohoria, ale najmä jeho šírkou a masívnosťou. Pohorie Čergov je tiež výraznou prekážkou pre boj o rozvodie, v tomto prípade medzi povodím Popradu a Torysy. Jeho bariérový efekt sa navyše zvyšuje tým, že masívny ustredný chrbát pohoria je pretiahnutý do kolmého smeru voči rozvodu. Masívny chrbát Javorziny Krynickiejskej s najvyššími vrcholmi prevyšujúcimi nadmorskú výšku 1 000 metrov je určujúcim faktorom stabilizovaného rozvodnia medzi dolným úsekou povodia Popradu a susedného povodia Kamienice. Jeho priamočiary priebeh v diagonálnom smere narušuje konvexné prehnutie v oblasti Krynice, ktorú pravdepodobne spôsobila spätná erózia riečnej siete v čiastkovom povodí Muszynky, pravostranného prítoku Popradu. Rozvodie tohto povodia je viacnásobne znížené do sediel klesajúcich pod 700 metrov. Ne severe sa povodie Muszynky vyvíja progresívne na úkor susedného povodia Bialej.

Regresívny vývoj má vo svojej juhovýchodnej časti medzi poľskou obcou Tylicz a slovenskou Fričkou, kde je od povodia Tople oddelená pomerne nízkym a morfológicky menej výrazným rozvodím. Kurovské sedlo (688 m) má prevýšenie nad Muszynkou 220 metrov, zatiaľ čo Topľa na opačnej strane sedla leží o 50 metrov nižšie. Riečna sieť Tople má preto túto časť európskeho rozvodnia zatlačovať na severozápad.

Ďalšie úseky zoslabenia bariérového efektu rozvodnia na východnej pravobrežnej strane povodia Popradu ležia v nápadných zníženiach medzi jednotlivými horskými morfoštruktúrami, najvýraznejšie je na spišsko-šarišskom pomedzí v oblasti Pustého Poľa. Viaz sa na diagonálne pretiahnuté Spišsko-šarišské medzihorie. Zníženie sledujúca bradlové pásmo je najkratším prepojením centrálnej časti klenby Západ-

ných Karpát s jej intenzívne poklesávajúcou perifériou. Blízkosť výrazne subsidiujúcich morfoštruktúr v oblasti Východoslovenskej nížiny dynamizuje geomorfologické procesy v tomto prechodnom pásme, v ktorom sa rozvíja dolinový systém Torysy. Riečna sieť jej povodia sa správa výrazne agresívnejšie ako riečna sieť regresívne sa vyvíjajúceho povodia Popradu. Sedlo Pusté pole (607 m) ležiace medzi nízkymi chrbtami Lubotínskej pahorkatiny klesá na stranu o 120 metrov nižšie ako na stranu Popradu. Lavostranné prítoky Torysy sa spätnou eróziou prepracovali cez pozdĺžny chrbát Hromovca a majú tendenciu v tomto vývoji pokračovať až do načapovania niektorých pravostranných prítokov Popradu medzi Kyjovom a Bajerovcami. Perspektívne môže ich pirátstvo dospieť až po rieku Poprad, čím sa odohráva pravdepodobne najväčšia transformácia dolinovej siete v rámci celých Západných Karpát.

5 GEOMORFOLOGICKÝ VÝVOJ POVODIA POPRADU

Poprad tvorí s Dunajcom jeden spoločný riečno-dolinový systém dvoch rovnocenných riek. Sú jedinými, ktoré z územia Slovenska odvádzajú svoje vody na sever cez Vislu do Baltského mora. Povodia Popradu a Dunajca majú svoje horné časti situované do centra klenbovitej západokarpatskej megamorfoštruktúry (Mazúr 1979). Stredné úseky oboch povodí presahujú hranicu centra tejto klenby a zasahujú do jej tranzitívnej časti (Lacika-Urbánek 1998). Dolné úseky zasahujú na poľskom území až na severnú perifériu západokarpatskej megamorfoštruktúry.

5.1 Vývoj dolinových sietí od konca paleogénu po súčasnosť

V povodí Popradu možno identifikovať staršie aj mladšie segmenty geomorfologických sietí. Keď akceptujeme Lukniša (1972), za výrazne transformované rezíduá starých predneogénnych dolinových sietí považujeme tie, ktoré sú usporiadané do smeru predneogénnych geologických štruktúr. Tieto doliny pôvodne sledovali pruhy menej odolných hornín týchto štruktúr.

Na výraznej transformácii dolinovej siete od miocénu sa najviac podieľala tvorba nového morfoštruktúrneho plánu Západných Karpát. Vo viacerých prípadoch sa predneogénne úseky dolinových sietí počas neotektonickej etapy vývoja zmladili. Pri zachovaní generálneho smeru sledujúceho bradlové pásmo i jednotky vonkajšieho plyšového pásma sa rieky zahĺbili do mladých pozitívne sa vyvíjajúcich morfoštruktúr a vytvorili si v nich prielomové antecedentné doliny s hlboko zaklesnutými meandrami (Zuchiewicz 1980a, 1995). Takými sú Niedzický prielom, Pieninský prielom a Beskidsko-Sdecki prielom na Dunajci a Muszynský prielom na slovensko-poľskom pohraničnom úseku rieky Poprad. Ružbašská brána medzi Podolíncom a Hniezdňom je príkladom odlišného prielomu, ktorý dané predneogénne morfoštruktúry pretína naprieč. V tomto prípade nemožno hovoriť o zmladení staršej siete, ale o tvorbe celkom novej, ktorá vzájomne spojila dovtedy od seba oddelené predneogénne dolinové siete drenujúce povodie súčasného horného Popradu do Hornádu a Torysy.

5.2 Prognóza vývoja dolinovej siete povodia Popradu

Za podmienok, že súčasný morfoštruktúrny vývoj sa zásadne nezmení, v povodí Popradu možno očakávať ďalšiu transformáciu dolinovej siete, ktorá má do určitej miery reverzibilnú povahu. Táto transformácia smeruje k určitej obnove predneogén-

nych dolinových sietí, ktoré sa v miocene narušili individualizáciou mladých zlomových morfoštruktúr. V oblasti Gánoviec, Pustého Poľa a Fričky dochádza k oslabovaniu bariérového efektu rozvodného chrbta do takej miery, že v blízkej geologickej budúcnosti v týchto miestach môže dôjsť k načapovaniu Popradu bočnými tokmi Hornádu, Torysy a Tople. Bariérový efekt Tatier, Spišskej Magury, Malých Pienin a západnej časti poľského Beskidu Sadeckého nedáva možnosť uvažovať o podobných zmenách dolinovej siete medzi povodiami Dunajca a Popradu. Dochádza tu len k pomalej migrácii rozvodného chrbta na stranu regresívne vzvíjajúceho sa povodia Popradu. Stabilizované je aj Štrbské rozvodie medzi horným Popradom a Bielym Váhom.

Finálnym produktom je prognostická mapa (obr. 3), ktorá sa pokúša interpretovať výsledný stav usporiadania dolinovej siete povodia Popradu, k akému by mala dospieť po transformácii v blízkej geologickej budúcnosti (rádovo stotisíce rokov). Táto prognóza vývoja vychádza z predpokladu, nemennosti morfoštruktúrnych podmienok, čiže zachovaní súčasného trendu zvýrazňovania kontrastnosti mozaiky parciálnych morfoštruktúr Západných Karpát a priľahlých neogénnych panví. Morfo-klimatické zmeny pripúšťa. Klimatické oscilácie prejavujúce sa častejšie ako morfoštruktúrne by nemali spôsobiť vývojový zvrät, nanajvýš môžu celkovú tendenciu transformácie dolinových sietí urýchliť alebo spomaliť.

Hornátsky Poprad

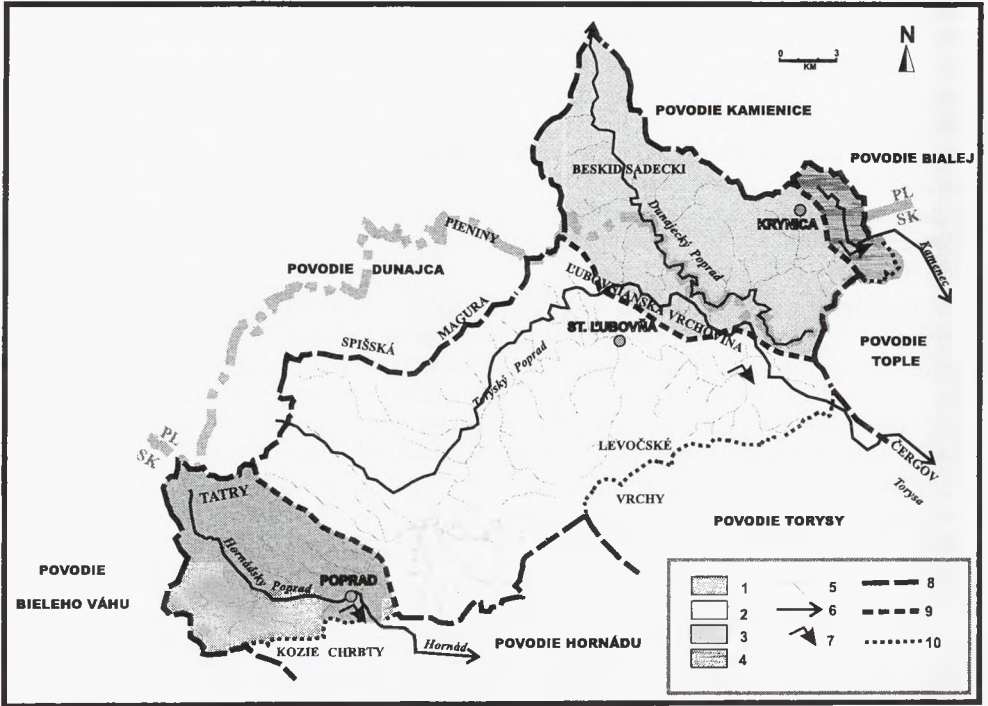
Najaktuálnejšia zmena dolinových sietí sa predpokladá v hornej časti povodia Popradu. Podľa najnižšej miery hydrologickej bariérovosti rozvodia by mala nastať ako prvá. Cez nízky rozvodný chrbát pri Gánovciach pravdepodobne dôjde k pirátstvu. Spätná erózia Gánovského potoka načapuje najprv Hozelecký potok a potom aj rieku Poprad a celý dolinový systém povodia do nového smeru. Povodie Hornádu sa týmto pirátstvom rozšíri o západné dve tretiny južnej úboče Vysokých Tatier a približne rovnaký podiel Popradskej kotliny (zhruba po rozvodie medzi Slavkovským a Studeným potokom). Osovú rieku tejto novej dolinovej siete sme pomenovali Hornádkym Popradom.

Toryský Poprad

Podľa miery hydrologickej bariérovosti by ako druhá v poradí mala nastať najradikálnejšia transformácia dolinovej siete povodia Popradu vďaka pirátstvu, ku ktorému sú vhodné predpoklady v oblasti Pustého Poľa pri Šarišskom Jastrabí. Spätná erózia lavostranných prítokov Torysy má tendenciu načapovať potoky Lubotínka a Hradlová a neskôr aj Poprad. Osovú rieku tejto novej siete po druhej redukcii sme nazvali Toryským Popradom.

Dunajecký Poprad

Po dvoch pirátstvách sa rozloha pôvodného povodia Popradu zredukuje na štvrtinu. Touto redukciou sa jeho regresívny vývoj pravdepodobne neskončí. K ďalším stratám môže dôjsť v hornej časti čiastkového povodia potoka Muszynka v Poľsku, ktorému hrozí, že sa načapovaním potokom Kamenica stane súčasťou progresívnejšie sa vyvíjajúceho povodia Tople. Výška rozvodia medzi poľským Tyliczom a slovenskou Fričkou dovoľuje vysloviť predpoklad, že toto tretie pirátstvo sa uskutoční ako



Obr. 3. Predpokladané zmeny dolinovej siete v povodí Popradu.

- 1 - časť povodia Popradu riečnym pirátstvom integrovaná do povodia Hornádu,
- 2 - časť povodia Popradu riečnym pirátstvom integrovaná do povodia Torisy,
- 3 - zvyškové povodie Popradu po trojnásobnom pirátstve,
- 4 - časť povodia Popradu riečnym pirátstvom integrovaná do povodia Tople,
- 5 - osi súčasnej dolinovej siete najmenej III. rádu,
- 6 - hlavné osi transformovaných častí povodia Popradu (šípka ukazuje smer spádu),
- 7 - miesto predpokladaného riečneho pirátstva,
- 8 - rozvodia s nezmenenou hierarchiou po transformácii dolinovej siete,
- 9 - rozvodia so zvýšenou hierarchiou po transformácii dolinovej siete,
- 10 - rozvodia so zníženou hierarchiou po transformácii dolinovej siete.

posledné. Osovú riekou zvyšku pôvodného povodia sme nazvali Dunajským Popradom.

LITERATÚRA

- HALOUZKA, R. & RACZKOWSKI, W. (1993). Kvarτέρ. In Nemčok, J., ed. *Vysvetlivky ku geologickej mape Tatier 1:50 000*. Bratislava (GÚDŠ), pp. 67-98.
- JAKÁL, J. (1992). Influence of Neotectonics on Development of River Network Changes in the Low Tatra Mts. and the Popradská Kotlina basin. In Stankoviansky, M., ed. *Excursion Guide-book. International symposium: Time, frequency and dating in geomorphology, Tatranská Lomnica-Stará Lesná, June 1992*. Bratislava (Geografický ústav SAV), pp. 42-45.

- KRAWCZYK, A. J. - ZUCHIEWICZ, W. (1988). Regionalna zmienno parametrów fizjograficznych zlewni i ich zwiasek z budowa geologiczna dorzecza Dunajca (polskie Karpaty Zachodnie). *Geologia*, 14, 5-38.
- LACIKA, J. - URBÁNEK, J. (1998). New morphostructural division of Slovakia. *Geological Journal*, 4, 17-28.
- LUKNIŠ, M. (1972). Vývoj bazénov a textúra riečnej siete. In Lukniš, M., ed. *Slovensko*, 2, *Príroda*. Bratislava (Obzor), pp. 124-202.
- LUKNIŠ, M. (1973). *Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia*. Bratislava (SAV).
- MAZÚR, E. (1979). Morfoštruktúry Západných Karpát a ich vývoj. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica*, 17, 21-34.
- PANNEKOEK, A. F. (1967). Generalized contour maps, summit level maps and streamline surface maps as geomorphological tools. *Zeitschrift für Geomorphology*, 2, 146-167.
- STRAHLER, A. N. (1952). Dynamic Basis of Geomorphology. *Bulletin Geological Society of America*, 63, 923-938.
- ZUCHIEWICZ, W. (1980a). Młode ruchy tektoniczne a morfologia Pienin. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 50, 263-300.
- ZUCHIEWICZ, W. (1980b). The tectonic interpretation of longitudinal profiles of the Carpathian rivers. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 50, 311-328.
- ZUCHIEWICZ, W. (1981). Morphometric methods applied to the morphostructural analysis of mountainous topography (Polish Western Carpathians). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 51, 99-116.
- ZUCHIEWICZ, W. (1987). Ewolucja i strukturalne założenia sieci rzecznej Karpat w późnym neogene i wczesnym czwartorzadzie. *Problemy młodszego neogenu i eopleistocenu w Polsce*. Wrocław (Ossolineum), pp. 211-225.
- ZUCHIEWICZ, W. (1994). Efektywna metoda wykrywania przejawów młodej tektoniki w profilach podlunych rzek Karpat polskich. *Przegląd Geologiczny*, 42, 902-909.
- ZUCHIEWICZ, W. (1995). Time-series analysis of river bed gradients in the Polish Carpathians: a statistical approach to the studies on young tectonic activity. *Zeitschrift für Geomorphology*, 39, 461-477.

Ján Lacika

EXPECTED CHANGES OF ARRANGEMENT OF THE VALLEY NETWORK IN THE POPRAD CATCHMENT

This contribution presents results of analysis of valley networks of the Poprad. The valley networks considered open morphodynamic systems develop depending on changes of morphostructural and morphoclimatic conditions taking place not only in the territory of the catchment in question, but also in its environs. The contemporary state of these networks reflects older relief transformations identifiable by analysis of their spatial compositions (hierarchy, textures, rate of asymmetry, linearity and density), longitudinal and transversal profiles and hypsometry of water divides (fig. 2).

The Poprad along with Dunajec represents one common river-valley network of two equivalent rivers. They are the only rivers which drain their water northward by Visla to the Baltic Sea. The upper parts of catchments of the Poprad and Dunajec are situated in the centre of the dome-shaped Western Carpathian megamorphostructure (Mazúr 1979). The medium parts of both catchments exceed the limit of the centre of dome reaching its transitory part (Lacika-Urbánek 1998). The lower parts reach the northern periphery of the Western Carpathian megamorphostructure in Polish territory.

In catchment of the Poprad it is possible to identify older and younger segments of geomorphological networks. In accord with Lukniš (1972) we identify distinctly transformed residuals of older pre-Neogene valley networks those which are arranged in direction of the pre-Neogene geological structures.

Transformation of the valley network after the Miocene is mostly owed to creation of new morphostructural plan of the Western Carpathians. In many cases the pre-Neogene parts of the valley networks rejuvenated during the neotectonic developmental stage. While preserving the general direction tracing the cliff belt and the units of outer flysch belt the rivers deeply cut into young positively developing morphostructures and created in there a gorge type of antecedent valleys with deeply cut in meanders (Zuchiewicz 1980a, 1995). Such is Niedzický gorge, Pienínský gorge, Beskidsko-Sadecki gorge on the Dunajec and Muszynský gorge on the Slovak-Polish boundary reach of the river Poprad. Ružbašská brána gate between Podolíneć and Hviezďne is an example of a different gorge which transversally cuts the given pre-Neogene morphostructures. In this case it is not possible to talk about rejuvenation of an older network. This is the case of creation of a completely new one, which connected until then separated pre-Neogene valley networks draining the catchment of the contemporary upper Poprad into the Hornád and Torysa rivers.

Providing the contemporary morphostructural development in the Poprad catchment does not change, it is possible to expect another transformation of valley network, nature of which is reversible. This transformation tends to certain restoration of the pre-Neogene valley networks which were disturbed by individualization of young fault morphostructures in the Miocene. The barrier effect of the dividing ridge in area around Gánovce, Pusté Pole and Frička is being debilitated to such an extent that the Poprad can be captured by the side streams - the Hornád, Torysa, and Topľa. The barrier effect of the Tatra, Spišská Magura, Malé Pieniny Mts., and the western part of Beskid Sadecki does not offer any ground for expecting similar changes of valley network between the Slovak parts of catchments of the Dunajec and Poprad. Only a slow migration of the dividing ridge closer to regressively developing catchment of the Poprad takes places here.

The final product is a prognostic map (fig. 3) which tries to interpret the future resulting arrangement of valley network of the Poprad catchment after transformation in next geological future (hundred thousand years). This prognosis leans on invariability of morphostructural conditions or preservation of the contemporary trend of ever more distinct contrastness of mosaics of partial morphostructures of the Western Carpathians and the contiguous Neogene basins. It admits morphoclimatic changes. Climatic oscillations manifest more frequently as morphostructural ones should not cause the developmental turnover, at most they can accelerate or slow down the overall trend of transformation. The most topical change of valley networks is expected in upper part of the Poprad catchment. Judging by the least hydrological barrier of the water divide it should take place as the first. Piracy is expected over the low dividing ridge near Gánovce. The regressive erosion of Gánovský potok brook will capture first Hozelecký potok brook and then also the river Poprad and the whole valley system into a new direction. The catchment of Hornád will expand by this piracy gaining two thirds of the southern slopes of Vysoké Tatry Mts. and about the same share of the Popradská kotlina basin (up to water divide between Slavkovský and Studený potok brooks). We labeled the axial river of this new valley network *Hornádsky Poprad*.

Judging by the hydrological barrier effect the second to occur is transformation of the valley network of the Poprad owing to piracy favoured in area of Pusté Pole near Šarišské Jastrabie. Regressive erosion of the left tributaries of Torysa tends to capture the brooks Lubotínka and Hradlová and later the Poprad. The axial river of this new network after the second reduction was given the name *Toryský Poprad*.

After two piracies the area of the original catchment of the Poprad will be reduced to a quarter. This reduction, however, does not mean an end to its regressive development. Further losses can occur in upper part of partial catchment of the Muszynka brook in Poland which also may become part of a more progressively developing catchment of Topľa by capturing the Kamenica brook. The altitude of water divide between the Polish Tylicz and Slovak Frička leads to assumption that this third piracy will occur as the last one. The axial river of the original catchment was called *Dunajecký Poprad*.

Fig. 1. Texture of valley network of the Poprad catchment.

- 1 - axes of the valleys of the 1st order,
- 2 - axes of the valleys of the 2nd order,
- 3 - axes of the valleys of the 3rd order,
- 4 - axes of the valleys of the 4th order,
- 5 - axes of the valleys of the 5th order,
- 6 - axes of the valleys of the 6th order,
- 7 - axes of the valleys of the 7th order,
- 8 - water divides of catchments of the Poprad and Dunajec.

Fig. 2. Hydrological barrier effect of the water divides of the river Poprad.

- 1 - water divides of catchments with altitude above sea level below 300 m,
- 2 - water divides of catchments with altitude above sea level 301-700 m,
- 3 - water divides of catchments with altitude above sea level 701-1,000 m,
- 4 - water divides of catchments with altitude above sea level 1,001-1,200 m,
- 5 - water divides of catchments with altitude above sea level 1,201-1,600 m,
- 6 - water divides of catchments with altitude above sea level over 1,600 m,
- 7 - axes of the valleys of at least the 3rd order,
- 8 - saddles with sea level altitude,
- 9 - summits with sea level altitude,
- 10 - direction of migration of water divide,
- 11 - figure specifying the altitude of water divide over the main valleys it is limiting.

Fig. 3. Expected changes of the valley network in the Poprad catchment

- 1 - part of the Poprad catchment integrated through piracy into catchment of the Hornád,
- 2 - part of the Poprad catchment integrated through piracy into catchment of the Torysa,
- 3 - residual catchment of the Poprad after triple piracy,
- 4 - part of the Poprad catchment integrated through piracy into catchment of the Topľa,
- 5 - axes of the contemporary valley network of at least 3rd order,
- 6 - main axes of the transformed parts of the Poprad catchment (the arrow indicates the sloping),
- 7 - the point of assumed river piracy,
- 8 - water divides with unchanged hierarchy after transformation of the valley network,
- 9 - water divides with increased hierarchy after transformation of the valley network,
- 10 - water divides with reduced hierarchy after transformation of the valley network.

Translated by H. Contrerasová