
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

56

2004

2

*Ján Urbánek**

HYPOTÉZA O METASTABILITE RELIÉFU

J. Urbánek: Hypothesis of relief metastability. *Geografický časopis*, 56, 2004, 2, 7 figs., 17 refs.

The study is concerned with hierarchic organization of geomorphological processes. It describes three levels of organization, the level of gravitational processes, the level of geomorphological catenas and the level of basins. It is presumed that metastability is linked to the basin level, which remains metastable due to a certain organization of processes at the level of geomorphological catenas. The author presumes that the metastability of basins depends on a high rate of differentiation of catenas.

Key words: geomorphological catena, basin, gravitational processes, metastability, hypothesis, hierarchic organization

ÚVOD

Cieľom tejto štúdie je nastoliť hypotézu o metastabilite reliéfu. Hypotéza predpokladá, že v geomorfologických systémoch, ktoré sa skladajú z veľkého počtu foriem, sa vyskytuje špecifický druh stability – metastabilita. Keďže tento druh stability sa vyskytuje v systémoch s veľkým počtom prvkov, t. j. „za“ alebo „nad“ formami stability, ktoré sa viažu na jednoduchšie systémy, nazvali sme túto stabilitu metastabilitou.

VÝCHODISKÁ

Hypotéza o metastabilite reliéfu bola naznačená vo viacerých starších štúdiách. Zreteľnejšiu podobu však získala predovšetkým počas výskumu povodia

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

Jablonky v Myjavskej pahorkatine. Bazén Jablonky bol jedným z modelových území, na ktorých sa v rokoch 1992-1998 riešil medzinárodný projekt *Reakcia fluviaálneho systému na veľkoplošné zmeny vo využívaní krajiny* (Stankoviansky 1998). Projekt tematicky patril do dynamickej geomorfológie. Jeho časovo-priestorové dimenzie však boli výrazne väčšie ako je zvykom. Vzťahoval sa na povodie s rozlohou 163 km², a to v rozpätí niekoľkých storočí. Pojemový aparát dynamickej geomorfológie je koncipovaný na menšie časovo-priestorové dimenzie.

Spomínaný projekt obrátil pozornosť na dynamiku veľkého a zložitého systému, zloženého z veľkého počtu foriem. Inými slovami, komplexnosť bola tou vlastnosťou, na ktorú sa spomínaný projekt pýtal. Pojem *komplexnosť* je v geomorfológii dosť frekventovaný, no dosť nejasný. Spravidla je to iba slovo, nie pojem. O tom, čo treba pod *komplexnosťou* rozumieť, hovorí vhodnou a hutnou formou štúdia J. Paulova (2002). Jej autor uvádza, že pojem komplexity sa vzťahuje na útvary, ktoré pozostávajú z veľkého množstva častí. Predovšetkým však označuje tie útvary, pri ktorých je vysoký počet častí spojený s určitým poriadkom, organizáciou. K organizácii sa spravidla pridávajú atribúty ako sú vysoká miera rozmanitosti, význam mierky, hierarchická štruktúra a špecifický prípad organizácie – samoorganizácia. Komplexita a pojmy s ňou späté sa koncipovali predovšetkým v rámci fyziky, odkiaľ však prenikali do oblastí iných vied, takže nadobudli všeobecne platný význam. J. Paulov uzatvára svoju štúdiu konštatovaním – s ktorým možno len súhlasiť – že geografia môže bezprostredne čerpať z naznačeného bádateľského prúdu, pretože prevažná časť systémov, ktoré študuje, má povahu komplexných, samoorganizujúcich sa systémov. J. Paulov má pritom na mysli predovšetkým regióny a sídla. Výstižnú, ale možno až príliš hutnú štúdiu J. Paulova treba čítať v širšom kontexte, v kontexte, z ktorého vychádza. Sú to nielen práce, na ktoré sa J. Paulov odvoláva, ale aj ďalšie práce, menovite štúdie L. Bertalanffyho (1956, 1968 a 1972) a E. Jantscha (1986).

Podľa nášho názoru k regiónom a sídlam treba priradiť aj geomorfologické systémy. V tejto štúdii máme na mysli systémy podobné ako spomínaný bazén Jablonky (malé povodie približne 4.-5. radu). Vychádzajúc z vyššie načrtnutého pojmu *komplexnosť*, môžeme sa pokúsiť skoncipovať hypotetickú predstavu o štruktúre geomorfologického systému – bazénu. Tento systém má zložitú hierarchickú organizáciu. Skladá sa z troch kvalitatívne odlišných úrovní procesov. Na najnižšej úrovni prebiehajú gravitačné procesy. Pod vplyvom gravitácie sa pohybuje voda, pôda, zvetraliny, podložie. Na strednej úrovni prebiehajú procesy viazané na geomorfologickú katénu. Na tejto úrovni je katéna tým, čo sa pohybuje. Na najvyššej úrovni prebiehajú procesy späté s bazénom. Pohybuje sa bazén. Pojem *stabilita* má na každej úrovni iný význam. Na najvyššiu úroveň, na úroveň bazénu, sa viaže stabilita, ktorá je metastabilitou. (Podobne sa na jednotlivých úrovniach mení i význam iných kľúčových geomorfologických pojmov.)

Táto hypotetická predstava vyžaduje určitý postup pri jej opise. Hoci je naša pozornosť sústredená na najvyššiu úroveň, hierarchická štruktúra bazénu nás núti venovať pozornosť aj nižším úrovniam (pravda iba z hľadiska ich postavenia v hierarchickej štruktúre). Najskôr sa zmienime o úrovni gravitačných procesov, potom o úrovni katény a napokon o úrovni bazénu. Tento sled je zároveň sledom od známych procesov k procesom menej známym – hypotetickým.

ELEMENTÁRNY PROCES

Pojem *geomorfologický proces* môže byť chápaný v rôznych kontextoch. Jedným z nich je kontext dynamickej geomorfológie. V tomto kontexte je geomorfologický proces prejavom pôsobenia molekulárnych a gravitačných síl na elastický, plastický alebo tekutý materiál. Ak gravitačná sila prekoná opačne pôsobiace sily (koheziu, trenie), tak sa tento materiál začne pohybovať do nižších polôh. Pohyb prestane v mieste, na ktorom sa zmení pomer síl v neprospech gravitačnej sily. Situácia, keď sa procesy zastavia, sa považuje za stabilnú. Stabilita je synonymom pre absenciu procesu.

Gravitačné procesy možno vysvetľovať prostredníctvom princípov mechaniky zemín a hydrodynamiky. Klasifikáciu dôsledne postavenú na týchto princípoch skoncipoval N. A. Strahler (1952). Podľa tohto klasifikačného princípu sa dá rozlíšiť široké spektrum procesov – zliezanie, soliflukcia, rútenie, zosuny, zemné a bahenné prúdy, plošný splach, lineárna vodná erózia atď.

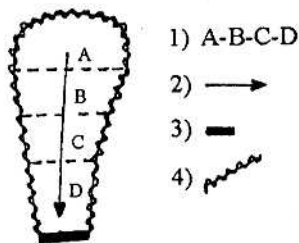
Naším cieľom nie je rozšíriť či upresniť túto klasifikáciu. Pre nás je dôležitý fakt, že jestvuje široké spektrum gravitáciou kontrolovaných procesov. Toto spektrum nás zaujíma preto, lebo gravitačné procesy sa vo funkcii prvkov podieľajú na stavbe zložitejších procesov, resp. systémov procesov. Vzťah medzi prvkom a systémom nám umožňuje hovoriť o gravitačných procesoch ako o procesoch elementárnych. Tento vzťah však treba upresniť. Elementárne procesy tvoria základ v tom zmysle, že sú nevyhnutným predpokladom pre procesy so zložitejšou kompozíciou. Negatívne povedané, keby elementárne gravitačné procesy nejestvovali, nejestvovali by ani žiadne iné, zložitejšie exogénne procesy. Na druhej strane nad úrovňou elementárnych procesov prebiehajú kvalitatívne odlišné procesy. Spočívajú na určitej organizácii elementárnych procesov, ktorú nemožno odvodiť z princípov mechaniky zemín a hydrodynamiky. Táto organizácia má svoje vlastné princípy, ktorými však princípy mechaniky zemín nie sú porušené.

Elementárne procesy sa odohrávajú v malých časopriestorových dimenziách. Sú prejavom situácie v danom okamihu, na danej lokalite, dajú sa vysvetliť v rámci dimenzií „teraz-tu“. Nad elementárnymi procesmi sa odohrávajú procesy väčších časovo-priestorových dimenzií. Elementárne procesy sú do nich začlenené ako prvky do systému. Keďže prvkov je veľké množstvo, na vyššej úrovni sa objavujú prejavy typické pre komplexitu. Bezprostredne nad úrovňou elementárnych procesov je úroveň geomorfologickej katény s vlastnosťami pre ňu typickými.

KATÉNA

Geomorfologickým katénam sme sa venovali vo viacerých štúdiách (Urbánek 1986, 1989, 1993, 1995 a 1998). Teraz sa pokúsime v krátkosti osvetliť pojem *geomorfologická katéna*. Diferenciácia reliéfu je evidentná. Reliéf má charakter pestrej mozaiky foriem. Susedstvo nepodobných foriem spravidla nie je náhodným vzťahom, často je prejavom určitej zákonitosti, ktorá sa prejavuje v pravidelne sa vyskytujúcich asociáciách susediacich foriem. V mnohých prípadoch sa za takýmito asociáciami dá nájsť aj určitá forma interakcie medzi susediacimi formami. Často sa vyskytujú zoskupenia foriem, ktoré sú spojené do

systému prostredníctvom gravitačných procesov (obr. 1). Nazývame ich geomorfologickou katénou. V rámci katény sú gravitačné procesy organizované tak, že zabezpečujú súvislý transport materiálu. Každá forma, podieľajúca sa na kompozícii katény, má schopnosť posunúť gravitujúci materiál nižšie položenú susednej forme. Z hľadiska katény nie je dôležité, ktoré jednotlivé gravitačné procesy ju tvoria, ale dôležitá je predovšetkým bilancia gravitačného pohybu.



Obr. 1. Geomorfologická katéna

1 – rôzne formy, z ktorých sa katéna skladá; 2 – gravitačný transport materiálu v katéne; 3 – uzlový bod, výstup z katény; 4 – pohyblivá hranica katény.

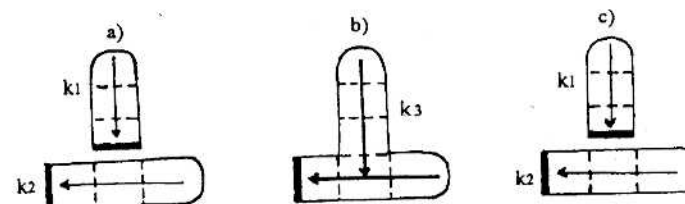
Katéna je súborom foriem, ktoré interagujú prostredníctvom gravitačných procesov. To znamená, že v súlade s definíciou systému L. Bertalanffyho (1956) – „systém je súbor prvkov v interakcii“ – môžeme katénu považovať za systém. Jej systémová povaha sa prejavuje v tom, že na katénu platí ďalší výrok L. Bertalanffyho (1968, pp. 55-56): „Interaction means that elements, p , stand in relations, R , so that the behavior of an element p in R is different from its behavior in another relation R' . If the behaviors in R and R' are not different, there is no interaction, and elements behave independently with respect to the relations R and R' .“

Je preto rozdiel medzi gravitačným procesom mimo katény a tým istým gravitačným procesom v rámci katény. Elementárny gravitačný proces zahrnutý do katény si v rámci jej organizácie nezachováva identitu. Keďže každá časť katény má schopnosť posunúť gravitujúci materiál ďalej, je celkový efekt elementárneho procesu zahrnutého do katény výrazne zosilnený. Katéna určuje celkový efekt gravitačného pohybu, kontroluje do určitej miery povahu prvkov (elementárnych procesov), z ktorých sa skladá. Pravdepodobne sú to geometrické vlastnosti katén, ktoré zabezpečujú túto kontrolu.

Katéna má hranicu, súbor foriem spojených gravitačným procesom je ohraničený. Keďže katénu považujeme za systém, je povaha tejto hranice kľúčová. Je katéna zatvoreným alebo otvoreným systémom? Skúsenosti s konkrétnymi katénami naznačujú, že odpoveď znie: „aj-aj“. Katéna je aj otvoreným aj zatvoreným systémom v tom zmysle, že pulzuje, že sa otvára a zatvára. Ak by pulzovanie prestalo, systém sa rozpadne.

Model takéhoto systému sa dá načrtnúť (obr. 2). Oprieme sa pritom o analogickú situáciu, ktorú opísal A. Grünbaum (1964). Spod snehovej pokrývky vzniká kameň. Ak je kameň teplejší ako sneh, vzniká systém „kameň-sneh“, v rámci ktorého sa vyrovnávajú teplotné rozdiely, rastie entropia. Tento zatvo-

rený systém sa otvorí, ak cez deň začne svietiť naň slnko. Slnčné lúče zahrievajú kameň viac ako sneh. V otvorenom systéme „slnko-kameň-sneh“ rastú teplotné rozdiely medzi kameňom a snehom, klesá entropia. Večer, po západe Slnka, sa systém opäť uzavrie a v rámci zatvoreného systému sa teplotné rozdiely začnú vyrovnávať, entropia rastie. Ak by sa vyrovnali, systém by sa rozpadol. Nestane sa tak, pretože ráno sa opäť systém otvorí a entropia v otvorenom systéme začne klesať. Takýmto spôsobom systém pulzuje, otvára a zatvára sa. Nie je výlučne zatvoreným, ani výlučne otvoreným systémom, ale aj zatvoreným aj otvoreným. Ak by systém „kameň-sneh“ bol permanentne zatvoreným, alebo permanentne otvoreným systémom, tak v oboch prípadoch zanikne. Ak by bol stále zatvorený, tak by sa teplotné rozdiely medzi kameňom a snehom vyrovnali, entropia by dosiahla maximum, k žiadnej interakcii medzi snehom a kameňom by nedochádzalo, systém by zanikol. Ak by bol systém permanentne otvorený, vystavený účinkom Slnka, sneh okolo ohrievaného kameňa by sa roztopil, kontakt „sneh-kameň“ by sa stratil, systém by sa rozpadol.



Obr. 2. Pulzujúca katéna

a) – symboly k_1 a k_2 označujú dve zatvorené, neinteragujúce katény, b) – katéna k_1 sa otvorila, vstúpila do interakcie s katénou k_2 a vytvorila spolu s ňou väčšiu katénu k_3 ; materiál transportovaný v rámci k_1 je po otvorení katény transportovaný ďalej, katéna k_3 je z hľadiska transportu výkonnejšia ako dve izolované katény k_1 a k_2 , c) – katéna k_1 sa opäť uzavrela, opakuje sa východisková situácia

Model pulzujúceho systému sa dá aplikovať aj na katénu. Katéna sa určitú dobu správa ako zatvorený systém. Skladá sa z dvoch základných častí, eróznej a akumuláčnej. Korelácia medzi eróziou a akumuláciou je úplná, gravitujúci materiál neopúšťa katénu, zastavuje sa v jej hraniciach. Po čase sa katéna otvorí, materiál, transportovaný v rámci katény, prekročí jej hranice. Otvorená katéna sa stáva súčasťou väčšieho systému. Po určitom čase sa opäť zavrie.

Pulzovanie, zatváranie a otváranie sa katény je predpokladom jej existencie. Permanentne zatvorená katéna zaniká, transport materiálu v nej postupne doznieva. Zaniká však aj katéna, ktorá je permanentne otvorená. Stráca svoju autonómiu v rámci väčšieho celku.

Pohyb katény je zdvojený. Pulzácia katény znamená pohyb jej externej hranice. Tento pohyb je neoddeliteľný od zmien jej vnútornej štruktúry. Katéna sa diferencuje, hranice medzi jej časťami sa pohybujú, menia, premiestňujú, zanikajú, vznikajú. Tento zdvojený, pohyb externých a interných hraníc je pohybom katény. Inými slovami, dynamická stránka katény je zdvojeným pohybom definovaná. Oba pohyby prebiehajú simultánne, sú na sebe závislé. Pravdepodobne sú dvomi stránkami jedného procesu – samoregulácie katény. O samoregulácii

svedčí skutočnosť, že katéna v určitých časovo-priestorových dimenziách trvá, a to aj v rámci meniaceho sa okolia. Má značnú inerciu, určitý prah zotrvačnosti, určitú stabilitu. V tomto kontexte sa pojem stability vzťahuje na určitú dynamiku. Dynamika v podobe pulzácie a diferenciácie katény je to, čo trvá.

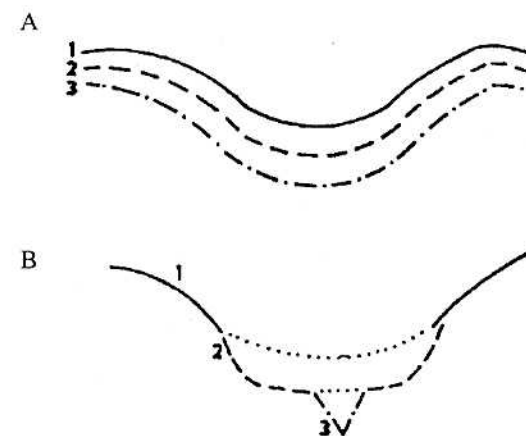
Pokúsili sme sa načrtnúť pojem katény, abstrahujúc od jej konkrétnych prejavov. Keby sme však ostali iba pri tomto abstraktnom všeobecnom pojme, unikla by nám jedna z podstatných črt katény, a to je jej rozmanitosť. Na pozadí pojmu katéna jestvuje veľmi široké a pestré spektrum konkrétnych katén. Rozmanitosť katén sa pokúsime iba načrtnúť.

Prvú skupinu tvoria *efemérne katény*. Sú iba naznačené, takže ťažko ich odlíšiť od gravitačných procesov. Ťažko nájsť „nad“ gravitačnými procesmi dajakú ich organizáciu, býva to iba náznak organizácie. Týmto katénam ťažko priradiť nejaké výraznejšie povrchové tvary či výraznejšie hranice. Sú efemérne, rýchlo sa rozpúšťajú v okolitých tvaroch. No aj ony, iba naznačené, už anticipujú črty rozvinutejších katén a dajú sa aj rozlišovať (Urbánek 1989).

Druhú, diferencovanejšiu skupinu tvoria *embryonálne katény*. Organizácia gravitačných procesov je už evidentná a rovnako zreteľná je aj vnútorná diferenciácia katén. Prejavujú sa výraznými povrchovými tvarmi a pomerne zreteľnými hranicami. Embryonálne katény majú už schopnosť samoregulácie. Táto je však značne obmedzená, relatívna. Na katénach sa dajú pozorovať výrazné črty ich degradácie, ako sa reťazenie gravitačných pohybov prerušuje, ako sa hranice katén zmazávajú a katény sa rozpúšťajú v okolitých formách. Nepozorovať stopy po výraznejšom pulzovaní katén. Pravdepodobne vznikajú ako reakcia na extrémny impulz „zvonka“. Po krátkej etape rastu či niekoľkých pulzoch nasleduje dlhšia etapa degradácie. Typický je vzťah embryonálnych katén k veľkým povrchovým tvarom, k formám, na ktorých katény ležia. Veľké povrchové tvary nie sú katénami, ktoré na nich vznikajú a zanikajú porušované. Dochádza k javu (obr. 3), ktorý možno nazvať ako *traditionale Weiterbildung* (Bremmer 1989). Vo vzťahu k týmto veľkým a pretrvávajúcim povrchovým tvarom sú embryonálne katény javmi s výrazne menšími časovo-priestorovými dimenziami. Veľké formy akoby limitovali ich rozvoj. O týchto katénach sme písali v starších štúdiách (Urbánek 1993 a 1998), zmienky o podobných javoch nájdeme v štúdiách M. Stankovianskeho (2003), aj keď nie pod názvom *embryonálne katény*.

Tretiu, zrejme najdiferencovanejšiu skupinu tvoria *rozvinuté katény*. Reťazenie gravitačných procesov je evidentné, vnútorná diferenciácia katén je výrazná, zložitá a dynamická, tvary sa pohybujú. Katény sa prejavujú ako zložito komponované systémy povrchových tvarov, ktoré majú voči okoliu zreteľnú hranicu, často vo forme terénnej hrany. Rozvinuté katény zreteľne pulzujú, otvárajú a zatvárajú sa. Ekvivalentom týchto procesov je rast katény do okolia. Katéna rastie na úkor susedných foriem. Veľké povrchové tvary, na ktorých sa rozvinuté katény nachádzajú, sa deštruujú, rozbiehajú či prelamiujú. Vzniká kompozícia (obr. 3) typu *Verschachtelung* (Bremmer 1989). To všetko sú zrejme prejavy, ktoré možno zahrnúť pod pojem samoregulácie. Samoregulácia sa prejavuje aj v tom, že katéna trvá aj napriek rôznym impulzom zvonka. Reaguje na tieto impulzy, jej reakcia nie je však – vďaka samoregulácii – jednoznačne determinovaná, do značnej miery je kontrolovaná samotnou katénou. Rôzne katé-

ny reagujú na rovnaké impulzy rôzne. Väzba medzi impulzom a reakciou katény nemá charakter jednoduchého (jednoznačného) vzťahu medzi príčinou a účinkom. Zo zložitej kompozície rozvinutých katén sa často dá dešifrovať ich genéza. Nezriedka siaha až do pleistocénu a v niektorých katénach zrejme i ďalej. O samoregulácii svedčí aj skutočnosť, že z kompozície katén sa síce dá vyčítať ich genéza a vek, ale veľmi ťažko sa dá anticipovať forma ich zániku. Prejavy deštrukcie alebo dekompozície týchto katén sú ťažko identifikovateľné. Jestvujúca zložitá a organizovaná povrchová tvárnosť rozvinutých katén zrejme stimuluje reťazenie gravitačných procesov, diferenciu a pulzáciu katény, jej rast. Pravdepodobne ide o pozitívne späť väzby medzi systémom tvarov a procesov.



Obr. 3. Časovo-priestorové vzťahy medzi generáciami foriem

A – mladšie formy kopírujú formy staršie (*traditionale Weiterbildung*), B – mladšie formy sa vkladajú do starších (*Verschachtelung*), 1, 2, 3 – generácie foriem

Existencia takejto výraznej samoregulácie je zrejme príčinou, že dynamiku rozvinutých katén možno ťažko kontrolovať, tlmiť. Tieto ťažkosti sú evidentné najmä pri katénach, v ktorých výmole, zosuny a podobné procesy majú dôležité postavenie.

Rozvinuté katény predstavujú širokú, výrazne diferencovanú triedu. Dajú sa v nej vyčleniť určité dobre definovateľné typy, ktoré sa vzťahujú na početné konkrétne katény v teréne. Zrejme ide o zákonitý jav. Niektoré z typov rozvinutých katén sú opísané v samostatných štúdiách (Urbánek 1986 a 1998). Pokus o klasifikáciu zosunov v našej staršej štúdii (Urbánek 1968) spočíva tiež na podobnom princípe. Zosuny sú v nej klasifikované na základe organizácie zosuvného procesu.

To, čo sme predložili v tejto kapitole, nemožno považovať za klasifikáciu v pravom slova zmysle. Je to iba náčrt klasifikácie, pre náš cieľ však asi stačí. Chceli sme iba ukázať, že diferenciácia katén je skutočnosťou, že katény varírujú v širokom rozpätí. Ak túto klasifikáciu premietneme do konkrétneho priestoru na mapu, dostaneme pestrú mozaiku katén. Katény sú systémami so zreteľnými prejavmi samoregulácie, mozaika je preto trvalým javom v rámci určitých

časovo-priestorových dimenzií – je konštantou. Keďže jednotlivé katény pulzujú, otvárajú a zatvárajú sa, bude v rámci mozaiky dochádzať k interakcii. Interagujúce katény sa budú ako časti podieľať na kompozícii systému, ktorý je hierarchicky vyšším útvarom ako katény a zároveň je útvarom, ktorý má väčšie časovo-priestorové dimenzie. Na tejto úrovni, nad katénami, sa objavujú nové systémové vlastnosti. Dá sa predpokladať, že práve tu sa objaví nový druh stability, metastabilita.

BAZÉN

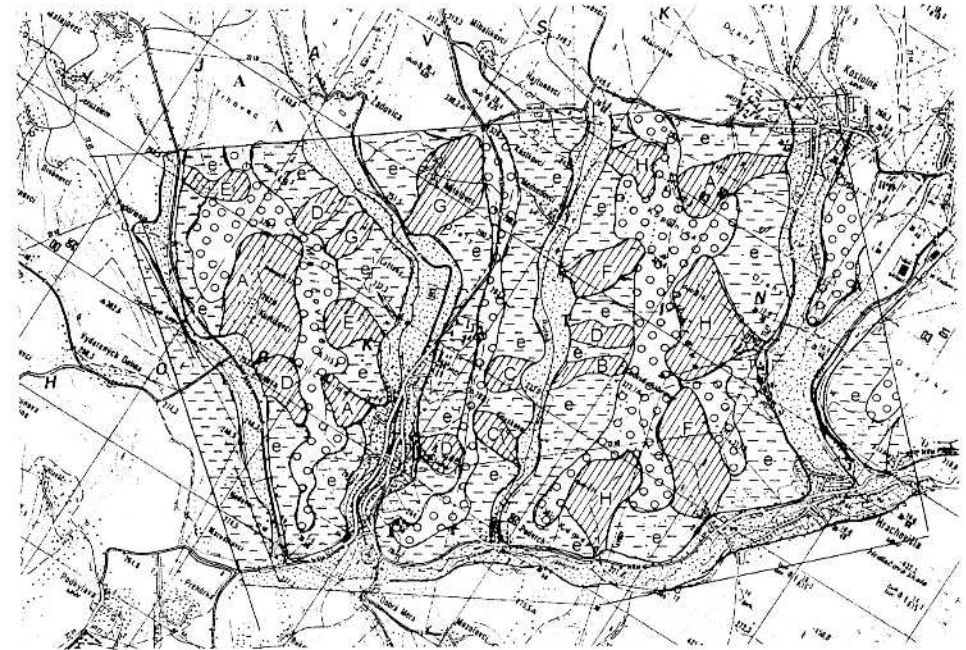
Geomorfologická katéna je systémom vo vzťahu ku gravitačným procesom, ktoré interagujú vytvárajú katénu. Je to však iba jedna tvár katény. Katéna je zároveň aj prvkom hierarchicky vyššieho systému. Jednotlivé katény interagujú, vytvárajú bazén (presnejšie by bolo možné povedať, že katény majú vysoký podiel na jeho stavbe). Na gravitácii závislý transport materiálu sa teda deje nielen v rámci katén, ale aj v rámci bazénu. V rámci bazénu sa však deje vo väčších časovo-priestorových dimenziách, iných časovo-priestorových rytmoch ako v jednotlivých katénach. Je to inak organizovaný, kvalitatívne iný transport materiálu.

V predchádzajúcej kapitole sme načrtli klasifikáciu katén. Je systémom, ale tento systém je nepriestorový, pretože je vytvorený na základe vzťahu podobnosti a nie na základe interakcie. Naproti tomu bazén je iným druhom systému. Je to priestorový systém, ktorý sa skladá z interagujúcich katén. Nie podobnosť, ale susedstvo je jeho podstatou. V ďalších riadkoch sa pokúsime načrtnúť hypotetickú predstavu bazénu (obr. 4 a 5).

Prvým krokom je jednoduché premietnutie klasifikácie katén do konkrétneho priestoru, na topografickú mapu študovaného územia, čo znamená identifikovať v teréne jednotlivé typy katén a zakresliť ich do mapy. Nepriestorová klasifikácia sa stane priestorovým útvarom, pestrou mozaikou. Mozaika však neobsahuje informácie o interakcii susediacich katén, je zatiaľ iba priestorovou sumou, nie systémom. Aby sa stala systémom, treba venovať pozornosť určitým privilegovaným miestam. Sú to uzlové body, v ktorých jednotlivé katény vstupujú do kontaktu s okolím. Inými slovami, v konkrétnom priestorovom kontexte treba identifikovať externé väzby jednotlivých katén. Katény sa tak menia na čierne schránky. Nezaujímá nás – aspoň nie v prvom rade – ich vnútorná štruktúra, ale miesto a spôsob ich interakcie s okolím. V uzlových bodoch sa rozhoduje o tom, aký charakter má transport materiálu v bazéne, či bazén je – z hľadiska tohto pohybu – kontinuálnym alebo diskontinuálnym priestorovým systémom. Materiál transportovaný určitou katénou na jej výstup môže, ale nemusí byť transportovaný ďalej. Katéna môže byť zatvorená, otvorená, alebo môže pulzovať. Jej pulzy majú určitý časovo-priestorový rytmus, reagujú na určité impulzy „zvonka“, alebo majú svoj vnútorný rytmus. Pulzy katény zasahujú bližšie alebo ďalej do okolia.

Kľúčovými vlastnosťami bazénu je značná rozmanitosť katén a ich počet. Ak je počet vysoký a aj stupeň ich rozmanitosti značný, tak je málo pravdepodobné, že všetky katény budú v danom čase otvorené, alebo všetky zatvorené, že všetky budú pulzovať simultánne (obr. 5). Je nepravdepodobné, že bazén ako celok bol v danom čase dokonale diskontinuálnym, alebo dokonale kontinuálnym

ným priestorovým systémom. Pri vysokom počte výrazne diferencovaných katén je pravdepodobné, že ich pohyb bude nesimultánny, že ich pulzy, ich otváranie a zatváranie nebude prebiehať simultánne. Na úrovni elementárnych procesov budú prebiehať čulé gravitačné procesy. Na úrovni katén bude prebiehať intenzívny pohyb – pulzovanie. Bazén ako celok bude však stabilný v tom zmysle, že miera jeho kontinuity, resp. diskontinuity sa bude udržiavať v stredných hodnotách. V každom časovom úseku bude približne rovnaký počet katén otvorených a zatvorených. Túto formu stability nazývame metastabilitou. Má určité analógie s rovnovážnym stavom, s entropiou, keď v uzavretej nádobe s plynom sú rýchlo a pomaly sa pohybujúce molekuly distribuované rovnomerne.

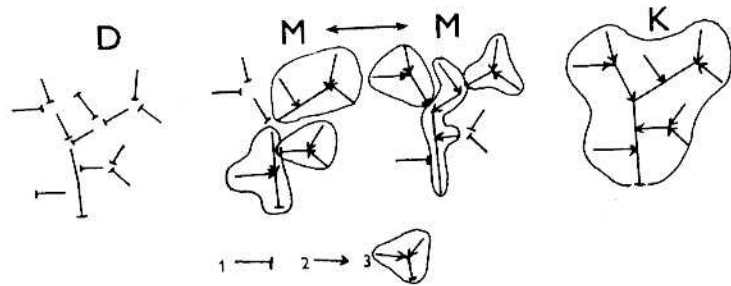


Obr. 4. Časť bazénu Jablonky

1 – široké ploché chrby (zvšyky poriečnej rovne?), na ktorých takmer neprebiehajú žiadne gravitačné procesy, 2 – časti svahov, kde prebiehajú elementárne gravitačné procesy. Miestami sa tu formujú efemérne a embryonálne katény. Tieto svahy sú prevažne priame alebo mierne konvexné (v smere spádnic i vrstevnice), 3 – veľkými písmenami od A po H je vyjadrená diferenciácia rozvinutých katén. Jednotlivé písmená nie sú symbolmi pre určité typy katén. Množina písmen A-H je však symbolom pre diferencovanú množinu katén, symbolizujúcu rozpätie, v ktorom katény varírujú, 4 – hranica rozvinutých katén, 5 – uzlové body, prostredníctvom ktorých sa rozvinuté katény začleňujú do bazénu, 6 – dna dolín

V metastabilnom bazéne sú vždy – v každej etape – zatvorené a otvorené katény distribuované rovnomerne. Tento makrostav (stav bazénu) sa nemení,

hoci v rámci jednotlivých mikrostavov (katén) dochádza k ustavičnej zmene, jednotlivé katény sa otvárajú a zatvárajú.



Obr. 5. Metastabilita bazénu

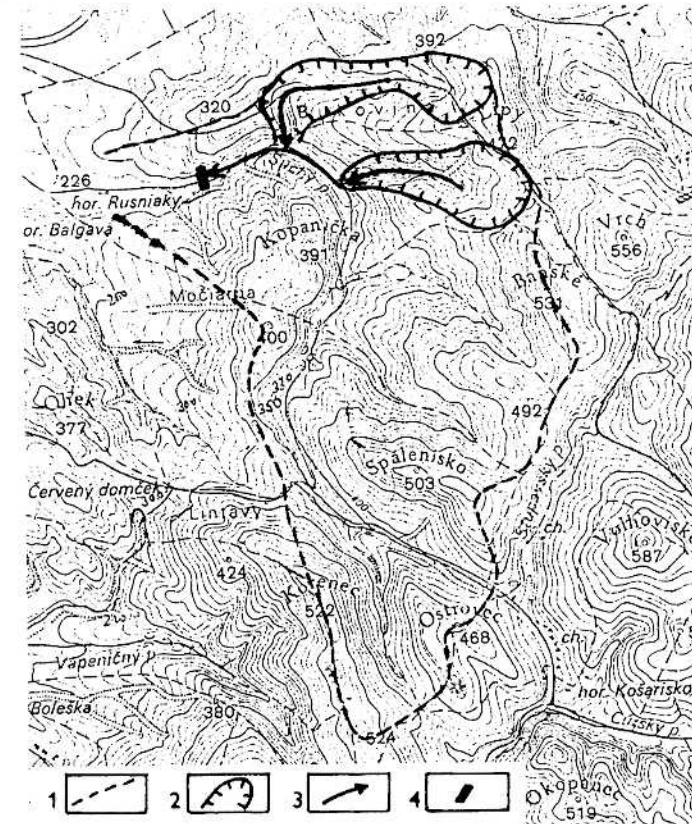
1 – zatvorená katéna, 2 – otvorená katéna, 3 – systémy katén: D – diskontinuálny bazén, K – kontinuálny bazén, M – metastabilný bazén. Dvojsmerná šípka označuje pohyb bazénu.

Rozmanitosť katén vyjadrená v klasifikácii sa po premietnutí do konkrétneho priestoru javí ako ich nesimultánnosť. Je to rozmanitosť v rytmoch, rozmanitosť v časovo-priestorových vlastnostiach. Pestrá a mnohopočetná mozaika katén má funkciu nárazníka v tom zmysle, že metastabilný bazén, zložený z početných výrazne diferencovaných katén, je odolný voči impulzom *zvonka*. Univerzálny impulz (impulz pôsobiaci na celý bazén) sa na pestrej mozaike katén rozptýli, rozdiferencuje. Vďaka rozmanitosti katén univerzálna príčina nebude mať univerzálne, ale diferencované účinky. Pestrá mozaika katén bude fungovať ako „nárazník“, na ktorom sa aj silný impulz rozptýli a stlmí, takže na úroveň bazénu neprenikne. Bazén ostane metastabilný.

Metastabilným bazénom, s mozaikou katén vo funkcii nárazníka, je veľmi pravdepodobne aj spomínaný bazén Jablonky. Tento bazén bol vystavený silnému impulzu „zvonka“ v podobe veľkoplošných zmien vo využívaní krajiny, vyvolaných kolektivizáciou poľnohospodárstva. Sila tohto impulzu sa výrazne prejavila na mnohých lokalitách i katénach. Reakcia na týchto úrovniach však bola výrazne diferencovaná. Rozmanitosť katén pôsobila ako tlmič, rôzne reakcie jednotlivých katén akoby sa kompenzovali. Preto sa kolektivizácia poľnohospodárstva nepremietla až do úrovne bazénu Jablonky. Bazén ostal metastabilným napriek intenzívnym gravitačným procesom i procesom na úrovni katén. Nasledujúca formulácia je však asi presnejšia. Bazén ostal metastabilným vďaka tomu, že gravitačné procesy, ako aj procesy na úrovni katén, boli určitým spôsobom organizované, že katény vďaka vysokej rozmanitosti pulzovali nesimultánne.

Práca M. Stankovianskeho (2003) podrobne analyzuje zmeny vo využívaní krajiny i zmeny klimatické. Veľmi konkrétne opisuje aj reakciu geomorfologických procesov na tieto zmeny. Z nášho hľadiska by však bolo zaujímavé dozvedieť sa, či na tieto environmentálne zmeny reagovali aj bazény študovaného územia, resp. či mozaika katén tieto impulzy neutlmila, zachovajúc metastabilitu bazénu.

Funkcia nárazníka je výrazná, ale limitovaná. Diferencovaná mozaika katén funguje ako nárazník iba po určitý prah. Ak sila impulzu tento prah prekročí, nárazník prestane fungovať a bazén stráca metastabilitu. Nestabilným sa stáva ako celok, mení sa geomorfologický systém vysokej hierarchickej úrovne. Asi by bolo správne v tejto súvislosti vraviť o metanestabilite.



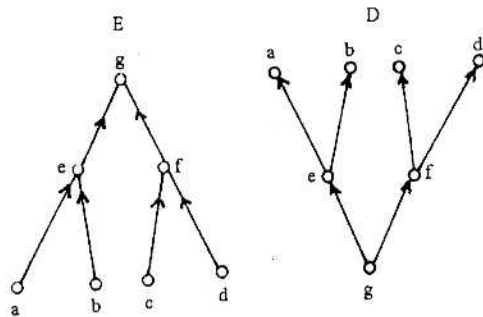
Obr. 6. Bazén Suchého potoka

1 – hranica bazénu, 2 – pulzujúce katény, 3 – dráha transportovaného materiálu, 4 – miesto približného ukončenia transportu

Udalosti, ktoré naznačili, ako asi môže vyzerat' proces, keď bazén stráca metastabilitu, sa udiali v roku 1997 v doline Suchého potoka v Malých Karpatoch (obr. 6). Po opakovaných búrkových lejakoch bola pôda dokonale nasiaknutá vodou. Ďalší mimoriadne silný lejak vyvolal preto v bazéne súvislý *povrchový odtok* s následným extrémnym vzduťím hladiny hlavného toku. Z hľadiska pohybu vody sa bazén správal ako dokonale kontinuálny systém. Voda nikde nevsakovala, ale súvisle tiekla po nepriepustnom povrchu od rozvodia až po ústie doliny. Z hľadiska transportu pevného materiálu sa bazén správal inak, no bola tu jasná tendencia kopírovať pohyb vody. Bazén sa aj z hľadiska transportu pevného materiálu stával stále viac kontinuálnym systémom. Na mnohých miestach

sa dali do pohybu veľké objemy pôdy a zvetralín. Pohybovali sa na krátku vzdialenosť – spravidla niekoľko metrov – a opäť sa stabilizovali. V bazéne vzniklo veľa efemérnych katén, ktoré mali vzhľad veľkých *jaziev*, porušujúcich vegetačný a pôdny kryt. Tieto katény neinteragovali, nevytvárali systém. Značná časť bazénu reagovala na intenzívne zrážky takto, zachovávajúc si vysoký stupeň diskontinuity. Inak ale reagovali dve bočné doliny. V nich došlo k interakcii gravitačných procesov, resp. malých katén. Počas lejaku tu vznikla výrazná katéna, v rámci ktorej bol celkový efekt gravitačných procesov výrazne umocnený. Cez obe doliny sa pohybovalo neočakávane veľké množstvo materiálu – piesok, štrk, balvany (doliny sú zarezané v nespevných neogénnych sedimentoch). Časť pohybujúceho sa materiálu sa akumulovala na náplavových kužloch, ktorými bočné doliny ústia do hlavnej. Časť sa pohybovala ďalej po dne hlavnej doliny a akumulovala sa tam. Obe bočné doliny sa pred touto udalosťou javili ako výrazne diskontinuálne útvary. Početné stupne v pozdĺžnom profile naznačovali, že tu ide o sled viac-menej izolovaných veľkých katén. Počas lejaku sa tieto katény otvorili a spojili. Vytvorili jednu veľkú katénu, ktorá vstúpila do interakcie s hlavnou dolinou. Po daždi sa katéna zatvorila a rozpadla, zanechala však po sebe celý systém nových foriem, ktoré ovplyvnia ďalší vývoj na postihnutom území. Táto udalosť naznačila, ako môže vyzeráť strata metastability bazénu. Silný impulz zvonka – séria lejakov – rozbíja organizáciu bazénu v tom zmysle, že zmažava rozmanitosť katén. Všetky sa začínajú správať rovnako, simultánne sa otvárajú. Bazén sa stáva systémom s vysokým stupňom priestorovej kontinuity, transport pevného materiálu kopíruje povrchový odtok.

Ak o metastabilite bazénu rozhoduje vysoká miera rozmanitosti katén, tak potom je veľmi dôležitý *princíp ekvifinality*. Je to tendencia, keď sa dva odlišné systémy vyvíjajú k rovnakému finálnemu štádiu. Keďže tento princíp má veľmi širokú platnosť, treba s ním rátať aj v geomorfológii. Ak by kontroloval aj procesy v bazéne, viadol by ku strate metastability bazénu. V extrémnom prípade by bol výsledkom bazén skladajúci sa z vysokého počtu rovnakých, simultánne pulzujúcich katén. Keďže k takémuto extrémnemu prípadu dochádza v konkrétnych podmienkach zriedka – ak vôbec – tak zrejme jestvuje komplementárny princíp, *princíp diferenciácie* (obr. 7).



Obr. 7. Ekvifinalita a diferenciácia

E – Ekvifinalita – klesá rozmanitosť katén. Pôvodne široké spektrum katén sa postupne redukuje na jediný typ katény, D – Diferenciácia – rastie rozmanitosť katén. Pôvodne jediný typ katény sa postupne diferencuje do širokého spektra katén. Písmená a-g označujú rôzne typy katén.

Existencia dvoch hypotetických princípov má závažné dôsledky pre prax. Rôzne spôsoby veľkoplošného využívania zeme ovplyvňujú rozmanitosť geomorfologických katén, a tým aj metastabilitu bazénov. Vnásajú do bazénov uniformitu alebo rozmanitosť. Toto je veľmi dôležitý moment, pretože v súčasnosti sa pod vplyvom meniacich klimatických podmienok mení organizácia geomorfologických procesov. Do pohybu sa dávajú veľké geomorfologické systémy. Sú to bazény, ktoré začínajú strácať metastabilitu. Spoločnosť cez formy využívania zeme vždy mala a vždy bude mať na tomto procese účasť. Ide však o to, aby jej vplyv bol vedome nasmerovaný správnym smerom, aby rozmanitosť geomorfologických katén bola stimulovaná, nie odbúravaná. Toto záverečné tvrdenie by však nemalo upadnúť do polohy všeobecného, neúčinného výroku. Treba si totiž uvedomiť, že tu nemáme na mysli nejakú všeobecnú rozmanitosť, ale rozmanitosť geomorfologických katén, rozmanitosť, ktorá znamená *určitú časovo-priestorovú organizáciu* bazénu. Zároveň si treba uvedomiť, že výraz *určitá časovo-priestorová organizácia* označuje organizáciu, o ktorej dosiaľ vieme málo. Z princípu metastability vyplývajú totiž aj vážne metodologické dôsledky. Vnásia do geomorfologickej metodológie dôležité rozdiely. Ak platí princíp metastability, treba starostlivo rozlišovať jednotlivé hierarchické úrovne. Geomorfologické mapovanie i geomorfologická analýza sú iné na úrovni elementárnych gravitačných procesov, iné na úrovni katén a iné na úrovni bazénu. K takémuto rozlíšeniu nás však núti nielen logika geomorfologického výskumu, ale aj spoločenská prax, pretože v súčasných klimatických podmienkach sa začína strácať to, na čo sa dlhé roky dalo spoliehať – metastabilita bazénov.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu č. 2/7049/22 „Nová koncepcia vývoja reliéfu Slovenska na základe výskumu jeho morfoštruktúrnych a morfodynamických aspektov“, finančne podporovaného grantovou agentúrou VEGA.

LITERATÚRA

- BERTALANFFY, L. (1956). General system theory. *General Systems*, 1, 1-10.
 BERTALANFFY, L. (1968). *General system theory*. New York (George Braziller).
 BERTALANFFY, L. (1972). *Človek – robot a myšlienka*. Praha (Svoboda).
 BREMMER, U. H. (1989). *Allgemeine Geomorphologie*. Berlin a Stuttgart (Gebrüder Bornträger).
 GRÜNBAUM, A. (1964). *The nature of time: frontiers of science and philosophy*. London (George Allen and Unwin).
 JANTSCH, E. (1986). *Die Selbstorganisation des Universums*. München (Deutscher Taschenbuch Verlag).
 PAULOV, J. (2002). Komplexita a geografia. *Geografický časopis*, 54, 393-398.
 STANKOVIANSKY, M. (1998). *The response of fluvial systems to large scale land use changes. Case study: The Jablonka Catchment, Slovakia*. Final Report. Institute of Geography, Slovak Academy of Sciences, Bratislava.
 STANKOVIANSKY, M. (2003). *Geomorfologická odozva environmentálnych zmien na území Myjavskej pahorkatiny*. Bratislava (Univerzita Komenského).
 STRAHLER, N. A. (1952). Dynamic basis of geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63, 923-938.
 URBÁNEK, J. (1968). Slide classification. *Geografický časopis*, 20, 221-236.
 URBÁNEK, J. (1986). Geomorfologické pomery Bestín a prilahlej časti Bošáckych bradiel. *Geografický časopis*, 38, 300-321.

- URBÁNEK, J. (1989). Súčasný geomorfologické procesy v Malých Karpatoch medzi Bratislavou a Pezinkom. *Geografický časopis*, 41, 274-292.
- URBÁNEK, J. (1993). Princíp katény v geomorfológii. *Geografický časopis*, 45, 197-212.
- URBÁNEK, J. (1995). Reakcia fluvialneho systému na veľkoplošné zmeny vo využívaní krajiny. *Geografický časopis*, 47, 183-200.
- URBÁNEK, J. (1998). Geomorphological events of medium scale. *Geografický časopis*, 50, 221-234.
- URBÁNEK, J. (2001). Princíp metastability. In Prášek, J. ed. *Současný stav geomorfologických výzkumů*. Ostrava (Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity a Česká asociace geomorfologů), pp. 92-95.

Ján Urbánek

HYPOTHESIS OF RELIEF METASTABILITY

The aim of the paper is to present the hypothesis of relief metastability, which presumes that a specific kind of stability – metastability occurs in geomorphological systems composed of high number of forms. This hypothetical idea was developed into a more particular form during the Jablonka basin survey. It is the basin of the 5th order with an area of 163 square kilometres. The following reflections are therefore related above all to detailed geomorphological systems.

Metastability is linked to a comparatively complicated hierarchic organization of geomorphological processes. The gravitational processes are at the lowest level. The middle level of organization is represented by geomorphological catenas. The third and highest level of organization is the basin. One manifestation of this level is the presumed metastability.

Gravitational processes result from the action of gravitational forces upon elastic, plastic or liquid material. They proceed respecting the principles of earth mechanics and hydrodynamics. They can also be classified according to these principles. It is a wide spectrum of known processes such as creeping, solifluction, sheet wash, etc. These processes in function of elements take part in building of complex systems of processes, in the building of geomorphological catenas. Catenas represent a certain organization of gravitational processes which cannot be derived from the principles of earth mechanics and hydrodynamics, though it does not infringe these principles. The geomorphological catena is the system of forms which interact through gravitational processes. The organization of gravitational processes in the framework of the catena ensures the continuous transport of material. Every form, which is part of catena composition, is capable of moving further the gravitating material. In relation to their environs, organization of gravitational processes is such that the catena pulses, opens and closes. Gravitational material does not leave the closed catena. When it opens, the transported material passes over its limits and enters the neighbouring material or other geomorphological system. The pulses respond either to outer impulses (climatic changes, anthropic interventions, and the like) or are manifestations of the dynamics of the catena itself, its self-regulation. Due to pulsing, the catena exists and grows. The variability of catenas is considerable, catenas differ in terms of their inner fabric and way of interacting with their environs. Catenas represent a highly differentiated set of forms.

Catenas occupy the positions of elements in relation to basins. They take part in the building of this hierarchically higher form. From the point of view of the basin, they are important nodal points, or places where individual catenas interact with their environs. It is in these nodal points where the nature of material transport within the basin is decided: whether and to what extent the transport is continuous or discontinuous. Because

of the high number of catenas it is not probable that all of them pulse simultaneously, it is not probable that they are all open or all closed at a certain moment, and it is not probable that the basin is a perfectly continuous or discontinuous form (from the point of view of material transport) at a certain moment. Given the high number of different catenas, the basin is composed of a certain number of closed and a certain number of open catenas at every moment. The rate of continuity or discontinuity of basin is therefore constantly moving around mean values. Intensive gravitational processes, processes at the level of catenas are intensive, catenas pulse in such basin. The rate of continuity or discontinuity of a basin, however, does not change, the basin behaves in a metastable way.

The system of numerous, distinctly differentiated catenas functions as a buffer. The strong impulse from "outside" differentiates in this system. Different catenas respond in different way and their responses compensate. The impulse is buffered at the level of the catena and does not reach the level of the basin. The basin becomes metastable. This is probably the way the Jablonka basin responded to large-area land use changes (collectivization of agriculture). The power of this impulse is distinctly manifested in gravitational processes taking place in individual localities. It also manifested at the level of catenas. The impulse did not penetrate to the level of the unstable basin.

This metastability hypothesis also anticipates meanings for practical use. If metastability of form systems depends on differentiation of catenas, then it should be respected rather than diminished by land use enhancement.

Translated by H. Contrerasová