

## EINFLUSS DER NEOTEKTONIK AUF DIE RELIEFGENESE DES SLOWAKISCHEN KARSTES

Jozef JAKÁL, Bratislava\*

mit 3 Abb. im Text

### INHALT

1.	Einleitung .....	125
2.	Neotektonische Entwicklung des Slowakischen Karstes .....	126
	2.1 Tektonische Ereignisse im Überblick .....	126
	2.2 Identifizierung der Brüche .....	127
3.	Einfluß der Tektonik auf die Formung des Slowakischen Karstes .....	127
	3.1 Durch die Tektonik beeinflusste Oberflächenkarstformen .....	130
	3.2 Durch die Tektonik bedingte unterirdische Karstformen .....	130
4.	Zusammenfassung .....	132
5.	Summary .....	132
6.	Literaturverzeichnis .....	132

### 1. Einleitung

Die Großformung der grundlegenden Züge des Reliefs der westlichen Karpaten wurde durch die Bruchtektonik während des Neogens bestimmt. Sie bewirkte seinen Mosaikbau, der aus einem Gebirgssystem von Horsten und Graben besteht. Einen Bestandteil dieses Systems bildet das Gebirge Slovenský Kras (Slowakischer Karst), das im südöstlichen Teil der Slowakei liegt.

Der Slovenský Kras zählt zu den Plateaukarsttypen mit einer vollständigen Entwicklung und mit zahlreichen Karstphänomenen mit der Ausnahme der typischen Poljen. Die grundlegenden morphostrukturellen Einheiten, deren Entstehung tektonisch bedingt war, stellen selbständige Plateaus mit hochgelegenen Hochebenen

\* Dr. Jozef Jakál, Geografický ústav SAV, SL-814 73 Bratislava, Štefánikova 49



Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

dar, die sich in Höhen von 500 bis 800 m ü.M. befinden und durch steile, 200 bis 400 m hohe Abhänge von Cañons sowie auch von den benachbarten Becken getrennt sind. Es geht um die Koniarska planina, Plešivská planina, Silická planina, planina Horného vrchu, Dolného vrchu, Zádielska planina und Jasovská planina.

Den geologischen Bau bestimmt die Silicer Decke, die südvergent aus dem Gebiet des Slowakischen Erzgebirges verlagert wurde. Ihre antiklinalen Teile sind mit nicht durchlässigen Werfenerschichten der unteren Trias ausgefüllt (Schiefer, Sandsteine, Mergelkalksteine). Die Synklinalen bestehen aus Karbonatgesteinen der mittleren und oberen Trias, besonders aus massiven Wettersteinkalken, deren Mächtigkeit an manchen Stellen bis zu 600 m reicht. Im gegenwärtigen Relief bilden die Ausfüllungen der Synklinalen Karstplateaus; an die Werfenerschichten knüpfen Becken an.

## 2. Neotektonische Entwicklung des Slowakischen Karstes

### 2.1 Tektonische Ereignisse im Überblick

Die Hochebenen stellen die Reste einer ursprünglich ausgedehnten einheitlichen Verebnungsfläche dar, die in den westlichen Karpaten während des Pannons entstand. Die attische Phase der tektonischen Bewegungen verlief nach dem Pannon und bedeutete ein Emporheben des Slowakischen Karstes und eine Neigung der Hochebenen nach dem Süden. Das Emporheben und die Neigung des Territoriums fand nicht en bloc, sondern in der Form eines abgestuften Emporhebens der mächtigen Kalksteinschollen statt. Die höchste Amplitude bis zu 530 m wurde im Bereich der Plešivská planina erreicht, während es im östlichen und westlichen Teil des Slowakischen Karstes nur um die 100 m, im südlichen Teil an der Grenze zum Rimavská Becken weniger als 100 m waren. In diesem Teil war das Gebiet stärker zersplittert und in kleinere tektonische Schollen mit einer ausgeprägt differenzialen Senkung, respektive relativ kleinen Erhebungen gegliedert. Davon zeugen die unterschiedlichen Mächtigkeiten der Decken der Poltar-Schotterformation, die im Pont abgelagert ist. Kleine Schollen liegen südlich vom Verlauf des älteren prä-neogenen Stitnický-Tiefenbruchs.

Während der Phase des neotektonischen Emporhebens des Territoriums kam es zu einem Individualisierungsprozeß der Plateaus. Der Vorfluter knüpfte an die älteren prä-neogenen Brüche, entlang welcher sich die Bewegungen erneuerten (Štítnik-Tal), jedoch auch an neogene Brüche an (Slaná-Tal). Der Erosionsprozeß knüpfte sich an die Austritte der undurchlässigen Werfenerunterbettung (Turianska Becken). Die jüngere wallachische Phase verlief an der Grenze des Pliozäns-Pleistozäns und differenzierte die tektonische Entwicklung des östlichen Teils des Slowakischen Karstes – durch ein relativ stärkeres Emporheben gegenüber dem tektonisch ruhigerem zentralen Teil. Die rezente Tektonik äußert sich durch eine Gravitationsenkung der Randschollen und der Schollen im Inneren der Karstplateaus.

## 2.2 Identifizierung der Brüche

Der Verlauf der wesentlichen Brüche und Verschiebungen wurde aus geologischen Arbeiten übernommen. Auf den Ebenen wurden die Brüche auf der Grundlage einer hypsometrischen Analyse und Analyse der Gefällegradienten identifiziert. Weiters wurde die Analyse einer Radaraufzeichnung angewendet. Die linearen Grenzen wurden in drei Stufen gegliedert (JAKÁL et al. 1992).

- a) Die ausgeprägtesten linearen Grenzen verfolgen den nördlichen und den südlichen Rand des Slowakischen Karstes und Cañons. Auf ihnen machen sich die ältesten prä-neogenen Brüche bemerkbar, laut welchen die Bewegung in den jüngeren Phasen der tektonischen Entwicklung erneuert wurde.
- b) Lineare Grenzen, die jüngere Brüche indizieren, entlang welchen der Schollenbau des Gebietes im Verlauf der attischen und der wallachischen Phase der Bewegungen entstand.
- c) Nicht ausgeprägte Grenzen, die die Bewegung der Schollen nicht ausdrücken, sondern nur die Klüfte des Kalksteinmassivs, an welche die Linien der Dolinen anknüpfen.

## 3. Einfluß der Tektonik auf die Formung des Slowakischen Karstes

Die jungen tektonischen Bewegungen prägten nicht nur die grundlegenden Züge der Makroformen des Reliefs, sie schlugen sich auch bei der Formung bestimmter Formen des Karstreliefs auf der Karstoberfläche nieder und steuerten den Verlauf der unter der Oberfläche verlaufenden Prozesse. Die Intensität des tektonischen Emporhebens bestimmte die Kraft der Erosions- und Korrosionsprozesse auf der Reliefoberfläche und prädestinierte die Mächtigkeit des vadosen Raumes.

Wir setzen voraus, daß die attische Phase in zwei Etappen gegliedert war. In der ersten Etappe gab es ein relativ geringes, 60 bis 100 m erreichendes Emporheben, das die Tiefenverkarstung auf den Ebenen erneuerte. Die zweite Etappe bedeutete

eine starke, entscheidende Anhebung von einigen hundert Metern und eine Neigung der Flächen nach dem Süden. Die Vorfluter, besonders die Slaná und Štítník, vertieften sich stark, und gegenüber der gegenwärtigen Tiefe waren die Cañons vor dem Pont 530 m tief. Die angeführte Tiefe wurde durch Bohrarbeiten auf dem Grund des Cañons des Slaná Flusses belegt (VASS et al. 1989):

0	-	8 m	Quartär	-	Schotter und Sand
8	-	25,1 m	Pont	-	Sand und Schotter
25,1	-	38 m	Pont	-	Schotter
38	-	50,5 m	Pont	-	Sand
50,5	-	128 m	Pont	-	Schotter
		128 m und tiefer		-	mittlere Trias, Wettersteinkalkstein (Silicer Decke)

Die wallachische Phase des Emporhebens äußerte sich durch ein Anheben des östlichen Teils des Gebietes, was der Querbruch auf der Berührungslinie der Silická planina und der Horný vrch planina bestätigt (vgl. Abb. 2).

#### Legende zu Abb. 2:

1. Relief der Karstplateaus
  - 1.1. Karsthochebenen
  - 1.2. Steile Abhänge der Plateaus zu den Cañons und Becken
  - 1.3. Steile Klammabhänge
  - 1.4. Mäßig geneigte Plateaubahänge gegliedert durch Trockentäler
  - 1.5. Paläopoljen
  - 1.6. Randpoljen
  - 1.7. Uvalen
  - 1.8. Dolinen von großer Dimension
  - 1.9. Strukturell und tektonisch bedingte kuppenförmige Berge
  - 1.10. Höhlen mit einem Übergewicht von horizontalen Gängen
  - 1.11. Vertikale Höhlen – Abgründe
2. Mit dem Karst zusammenhängende Formen
  - 2.1. Suffosiondepressionen – Seen (durch Auslaugung entstanden)
  - 2.2. Exhumierter Karst auf tektonischen Schollen
  - 2.3. Strukturelle, von kristallinen Kalksteinen aufgebaute Härtlinge
  - 2.4. Travertine
  - 2.5. Karstquellen
3. Relief der Becken und Täler im Karst
  - 3.1. Gegliedertes Flußrelief auf undurchlässigen Werfenerschichten
  - 3.2. Relief und Miozän und Pliozänschotter
  - 3.3. Alluviumauen
  - 3.4. Fluviale Täler
  - 3.5. Schwemmkegel
  - 3.6. Strukturelle, von widerstandsfähigen Werfenerschichten aufgebaute Härtlinge
4. Andere Erscheinungen
  - 4.1. Steinbrüche

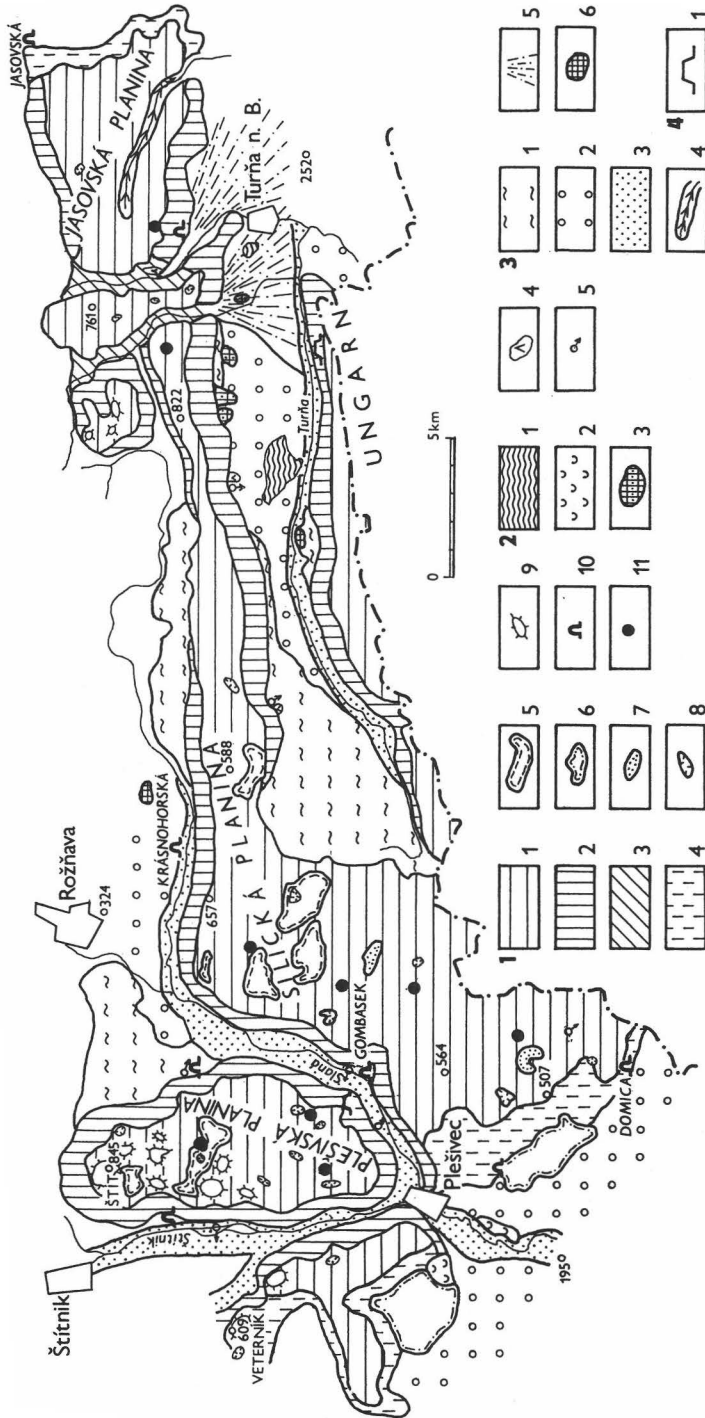


Abb. 2: Geomorphologische Karte des Slowakischen Karstes (JAKAL 1993)

### 3.1 Durch die Tektonik beeinflusste Oberflächenkarstformen

*Paläopoljen* sind abgeschlossene Depressionen mit einem flachen Boden von einer Ausdehnung von über 1 km<sup>2</sup> und einer Tiefe von ca. 60 m, die in einer hängenden Position über dem Niveau des heutigen Vorfluters auf dem Niveau der Karstflächen liegen. In der ersten, schwächeren Etappe der attischen Anhebung kam es zu Prozessen der Tiefenverkarstung. Nach dem Erreichen des Vorfluterniveaus kam es zu Prozessen einer zeitweiligen Überflutung einiger Depressionen und im subtropisch, feuchteren Klima folgten dann Prozesse einer korrosiven horizontalen Ausweitung des Depressionsbodens im Sinne H. LEHMANN'S (1956). Die entscheidende Etappe des Slowakischen Karstes bewirkte, daß sich die ursprünglichen Poljen den morphologischen Charakter von Poljen erhielten, jedoch infolge der Infiltration der Niederschlagswässer in den Untergrund die hydrologischen Merkmale der Poljen verloren. Auf dem Grund erneuerte sich der Prozeß der Tiefenverkarstung, und es entwickelten sich Dolinen.

Die *Cañons* des Slana-Flusses und des Štítníks vertieften sich infolge der ausgeprägten Höhenanhebung in der attischen Phase stark. Während der tektonischen Ruhe im Verlaufe des Ponts wurden sie mit Schotter der Poltarformation gefüllt. Die *Cañons* erreichen eine Tiefe von ca. 400 m, und ihre Breite beträgt auf dem Niveau des Flußsystems 400 bis 800 m. Ihr Alter reicht in die Zeit vor dem Pont zurück. Die *Klammern* sind 200 bis 300 m tief und auf dem Grund stellenweise nur 7: bis 10 m breit. Typisch sind die Zadielska und das Hájska Tal. Wir setzen ihre Anknüpfung an die Brüche aus der Periode der wallachischen Hebungsphase voraus, sie sind daher jünger als die *Cañons*. Ein Beweis dafür ist auch das System der jungquartären Schwemmkegel am Fuße der Plateaus im Turnianska Becken. *Exhumierter Karst auf tektonischen Schollen*. Am Südrand des Slowakischen Karstes liegen eine Reihe selbständiger Schollen, die mit einer Poltarschotterformation bedeckt sind. Ihre Mächtigkeit hängt von der Höhe der Schollenanhebung ab, deren Oberfläche die Reste des Ursprunges einer einheitlichen Verebnungsfläche darstellt. In den relativ höher angehobenen Schollen tritt während des Quartärs und gegenwärtig eine Exhumierung der alten Ebenen auf (bei Plešivec).

### 3.2 Durch die Tektonik bedingte unterirdische Karstformen

An die Bruchlinie knüpft der Verlauf der Höhlengänge an. Der vorherrschenden Bruchrichtung NO-SW, NW-SO, O-W entsprechen im Slowakischen Karst auch die Richtungen der Höhlenräume (JAKÁL 1973, HOCHMUTH 1989). Die sehr ausgeprägte Anhebung des Slowakischen Karstes in der attischen Phase gestaltete einen einige hundert Meter tiefen vadosen Raum. Daß es um eine sehr rasche Anhebung ging, bestätigen folgende Erscheinungen:

*Vertikale Höhlen* sind ein sehr charakteristisches, häufiges und dominierendes Merkmal des Slowakischen Karstes. Die bisher bekannte maximale Tiefe erreicht die Čertova diera mit - 186 m und die Brázda mit - 181 m. Trotz einer intensiven

Forschung sind in den Massiven der Plateaus im wesentlichen Teil ihres vadosen Raumes keine horizontalen oder geneigten Höhlen bekannt (vgl. Abb. 3).

*Horizontale Höhlen* liegen nur auf dem Niveau der heutigen Vorfluter, sie sind das Produkt der Bildung während des Quartärs. Die geringe 8 m Mächtigkeit des Quartärs auf dem Grund der Cañons ermöglicht eine relativ tektonische Ruhe des Gebietes während des Quartärs im zentralen Teil des Slowakischen Karstes vorzusetzen. Zu ihnen gehört die Gombasecká jaskyňa, die Krasnohorská jaskyňa sowie die Brzotínska jaskyňa und weitere. Die Höhlenniveaus des Flußbett-typs in der Jasovská jaskyňa (DROPPA 1964) deuten eine tektonische Bewegung im östlichen Teil des Gebietes an. Die Fossilisierung des niedrigsten Höhlenniveaus der mit Pontschotter der Poltarformation angefüllten Domica-Höhle war infolge der relativen Senkung des Südrandes des Silica-Plateaus noch vor dem Quartär möglich, was davon zeugt, daß die Höhle älter als das Pliozän ist.

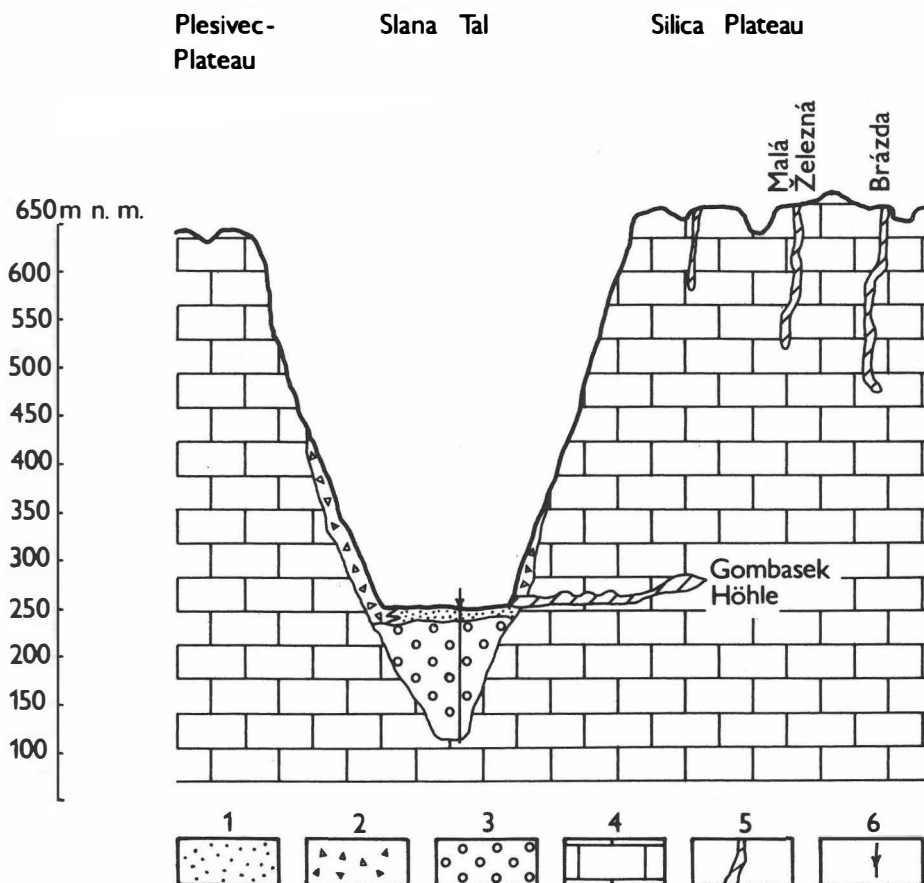


Abb. 3: Schematisches geomorphologisches Profil durch das Tal des Slaná-Flusses  
 1. Schotter und Sand – Quartär; 2. Fußschuttkegel – Quartär; 3. Schotter und Sand der Poltar-schichtenfolge – Pont; 4. Wettersteinkalke – mittlere Trias; 5. Höhlen; 6. Geologische Bohrungen

## 4. Zusammenfassung

Die Genese des Reliefs des Slowakischen Karstes war eng mit der tektonischen Entwicklung des Gebietes in der neotektonischen Phase der vertikalen Bewegungen verbunden. Die Neigung des Gebietes nach dem Süden unterstützt die Auffassungen über ein wölbungsmäßiges Emporheben der westlichen Karpaten. Die differenzierten tektonischen Anhebungen, respektive Senkungen der einzelnen Schollen fanden ihren Niederschlag in der Steuerung der Verkarstungsprozesse und nachfolgend der Gestaltung der Formen des Exo- und Endokarstes.

## 5. Summary

### **Jozef Jakál: Effects of Neotectonics on the Relief Formation of the Slovakian Karst**

The plateaus represent the rests of the Pannonian surface dissected by a system of valleys and basins. This dissection was provoked by young tectonic movements of the Attic phase and Wallachian phase. The first one brought a rapid and marked uplifting and inclination of the plateaus to the south. Pre-Pliocene valleys in the central part of the area were deepened by approx. 530 m as proved by the 130 m layer of Pontian gravels and sands under the river Slaná alluvium. Younger valleys in the eastern part of the area were a consequence of uplifting in the Wallachian phase and they are of Quaternary age. The uplifting of the area created a considerable vadous space with prevailingly vertical caves. In the central part of the Slovakian karst, horizontal caves linked to the streams draining the area were formed during the Quaternary tectonic quiescence.

## 6. Literaturverzeichnis

- DROPPA A. (1964), Geomorphologische und hydrologische Erforschung der Höhle von Jasov. In: Slovenský kras, 5, S. 3-9.
- HOCHMUTH Z. (1989), Die Ergebnisse der Speläotaucherforschung der Höhle Skalický potok. In: Slovenský kras, 27, S. 3-16.
- JAKÁL J. (1973), Genetic Types of the Slovakian Caves and their Relation to Relief. Lithology and Tectonics. In: Slovenský kras, 11, S. 3-13.
- JAKÁL J. (1993), Karst Geomorphology of Slovakia. Typology. Map on the Scale 1 : 500.000. In: Geographia slovacica, 4, S. 38.
- JAKÁL J., FERANEC J., HARČÁR J., LACIKA J., URBÁNEK J. (1992), Using of Radar Images in Geomorphology. In: Mineralia slovacica, 24, S. 257-269.
- LEHMANN H. (1956), Der Einfluß des Klimas auf die morphologische Entwicklung des Karstes. In: Report of the Comm. on Karst Phenomena, IGU, S. 112-122.
- VASS D., KRAUS I., ELEČKO M. (1989), Filling of the Rožňavská kotlina Basin and the Slaná River Valley near Slavec Village. SE Slovakia. In: Mineralia slovacica, 21, S. 71-75.