

# **Oberflächliche Denudationsformen und Wollsackhöhlen im Granit des Velencei-Gebirges (Ungarn)**

## **Surface denudation forms and woolsack caves in the granite of the Velencei Mountains (Hungary)**

ESZTERHÁS, I. <sup>1</sup>

(1) Köztársaság u. 157. - H-8045 Isztimér, Hungary. Pseudokarst Commission of the International Union of Speleology (UIS)

Recibido: 9/8/2007

Revisado: 10/3/2008

Acceptado: 15/6/2008

### **Abstract**

The Velencei Mountains in Hungary are situated in the central part of Transdanubia. They are mainly composed of Paleozoic granite. The granite was intruded into the Silurian-Devonian clay formation during the Variscan orogen. A batholith was formed. Peculiar landforms have been developed as a consequence of the 300 million year old formation and denudation of the granite block. Greater and smaller groups of tors are emerging from the saprolite covered granite ridges. The tors were formed during an earlier tropical climate as a result of the water effected weathering. These tors were exposed later, after the partial denudation of the saprolite. The boulders of the tors are usually rounded off, forming the so-called woolsacks. Between the rounded boulders, which are more or less touching one another, passable holes can be found. These are the woolsack caves. The Author gives a general overview about the formation of the mountains and presents as pseudokarstic phenomena: the development of the woolsacks, with the balanced rocks and the caves amongst them.

**Key words:** ganggestein, Peneplanation, denudation, felsburg (tor), wollsack, wackelstein, verwitterung, hydrolyse, zerfall, zerkleinerung, verwitterungsschutt (saprolit), wollsackhöhle

## EINLEITUNG

Das kleinste, aber älteste Gebirge Ungarns, das Velencei-Gebirge ist in der Mitte der Transdanubien, neben dem Velencei-See befindlich. Sein Gebiet ist ungefähr 40 Quadratkilometer gross und sein höchster Gipfel, der Meleg-Berg ist nur 352 m üNN (Abb. 1.). Im ihren geologischen Aufbau ist bedeutendste der paläozoische Granit. Gestaltung, Denudation des Granits hielt ungefähr 300 Millionen Jahre hindurch, und die führte zur Ausgestaltung der eigentümlicheren Oberflächformen. Die Granitrü-

cken hüllen sich in dem verschieden dicken Verwitterungsmantel, woraus sich kleinere oder grössere Gruppen der Felsburgen (mit dem morphogenetischen Fachwort: „Tor“) losmachen. Blöcke der Tores bilden zu meist abgerundete Wollsäcke und Wackelsteine. Unter den runden Felsenblöcke sind auch zugängliche Räume möglich. Diese nennt man Wollsackhöhle. In dem kleinen Velencei-Gebirge kennen wir 16 Höhlen, davon sind 8 Wollsackhöhlen. Nach dem Entwicklungsabriss des Gebirges zeige ich in meiner Studie die Höhlen unter den Wollsäcke und unter den Wackelsteine vor.

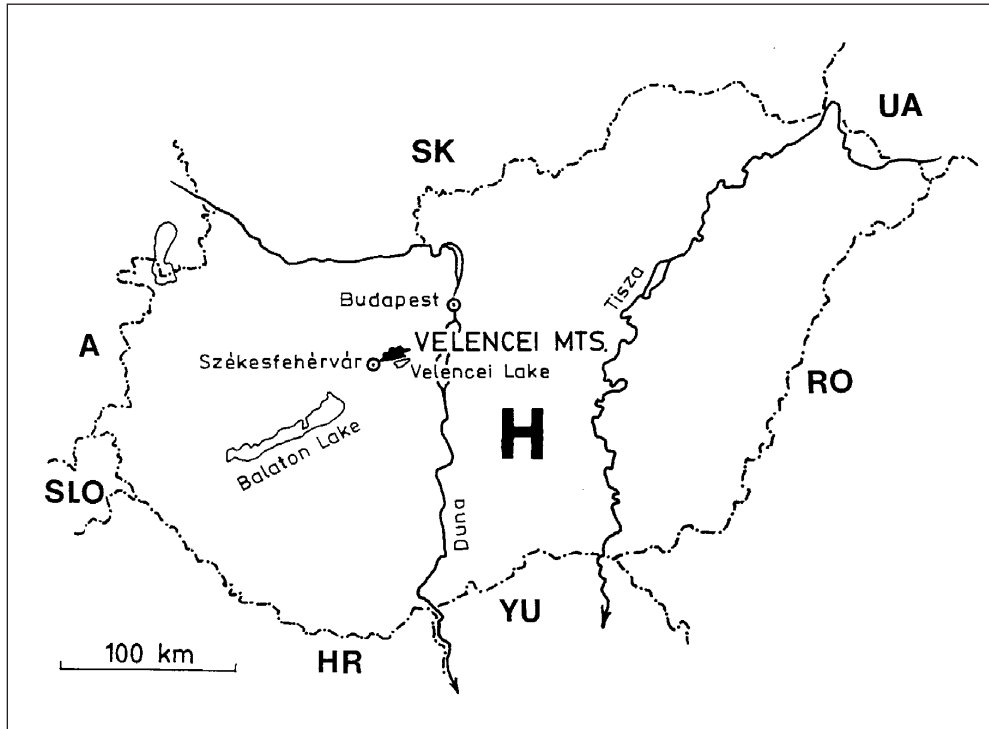


Abb. 1. Lage des Velencei-Gebirges in Ungarn.  
Fig.1. Location of the Velencei Mountains in Hungary.

## ENTWICKELUNGSABRISS DES VELENCEI-GEBIRGES

Die älteste Gesteine des Gebirges sind die Schiefer von dem Silur (JUHÁSZ, 1987), oder von dem Devon (KOCH, 1985) aus abgelagertem Ton entstanden (z.B. Antónia-Berg, Varga-Berg). Unter diese tonige Schichten hat sich im Unterkarbon, während der variskischen Gebirgsbildung eine Granitmasse eingepresst, was einen Batholit gebildet hat. Die metamorphe Umwandlung der Tonschichten zum Schiefer wurde einerseits durch die Wirkung der Hitze des Granits, andererseits durch die Wirkung der späteren Intrusion der Ganggesteine verursacht. Der Granit ist seine Zusammensetzung gemäss ein Biotitgranit, seine drei hauptgesteinbildende Minerale sind der rosenfarbige Orthoklas, der dunkelbraune Biotit, der durchscheinende graue Quarz. In der Nähe der Oberfläche gestockter Granitbatholit schrumpfte sich während der Abkühlung graduell, und darin entstanden tiefe Klüfte (KOCH, 1985; PÉCSI-ÁDÁM, 1988).

In diesen Klüfte hat ein glühendes Magma in der postmagmatischen Phase der Orogenese (wahrscheinlich im Oberkarbon) hineingedrückt. Diese waren in der ersten Etappe Granitporphyr (Pogány-Berg, Sor-Berg), danach Pegmatit (Gécsi-Berg), später Aplit (Meleg-Berg), endlich nur Quarz und Lösungen zur pneumatolitischen, hyd-

rothermalen Erzbildung (JANTSKY, 1953, 1957). Nach dem Abschluss der postmagmatischen ganggesteinbildenden Vorgängen verging eine lange Zeit, als ein Andesitvulkanismus im Eozän nur östlichem Teil des Gebirges aufgetreten ist. Die Kegel der Andesitvulkane hat auf heute völlig abgetragen, nur hydrothermal abgebauter Andesit ist in ehemaligen Schlöte geblieben.

Die Peneplanation des Gebirges geschah in mehreren Etappen vom Perm bis Oberpliozän, aber bedeutendste Phase im Miozän war (PÉCSI-ÁDÁM, 1988). Im der Zeit der miozänen Peneplanation ist viel in mehren Teile die einheitliche Granitmasse zerfallen, und die überliegende Schiefer-schicht wurde abgetragen. Unter der Wirkung des Tropenklimas begann der Zerfall des Granits unter der Oberfläche, bald danach folgte die oberflächliche Denudation der Schichten.

Die festländische Landschaftsentwicklung brach im Oberpliozän ab und das transgredierendes Meer überschwemmte das ganze Gebiet. Später im Pleistozän hat sich die Gegend wieder erhoben und fand eine Denudation statt. Nicht nur die Pliozän- (Pannon-) Schichten, aber auch ein Teil der unterliegenden Gesteinformationen wurden abgetragen. Als Folge die Abtragung wurden die Köpfe der härteren Ganggesteine exhumiert. Diese Vorgang hält sich auch zur Zeit an (Abb. 2.).

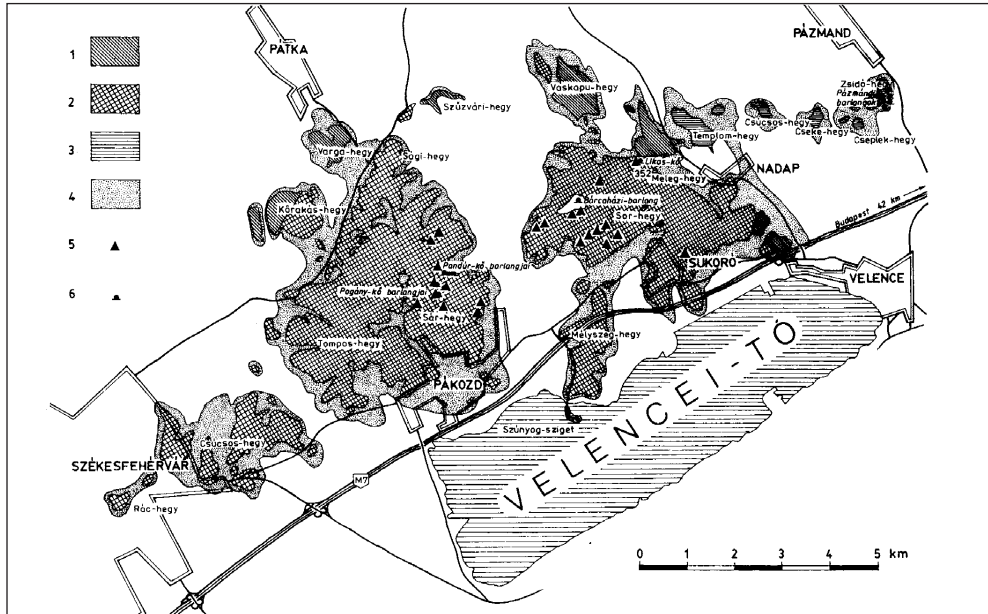


Abb. 2. Geologische Karte des Velencei-Gebirges nach Béla Jantsky Zeichenerklärung: 1. Phyllit, 2. Granit, 3. Andesit, 4. Schuttstrom, 5. Felsburg, 6. Höhle.

Fig. 2. Geological map of the Velencei Mountains after Béla Jantsky Legend: 1. phillit, 2. granite, 3. andesite, 4. derbis, 5. tor, 6. Cave.

## ZERFALL DES GRANITS UNTER DER OBERFLÄCHE

Die Gestaltung der jetzigen Granitoberfläche hat noch im bedeckten Zustand begonnen. Eine dreidimensionale Zerklüftung entwickelte sich in der Granitmasse von der Wirkung der Abkühlung und der Krustenbewegung. In den Granitklüfte konnte das Wasser (beziehungsweise wässrige Lösungen) sowohl von unten, von der Magmakammer, wie von oben, vom Niederschlag eindringen. Vom Standpunkt der Gestaltung der Oberfläche ist in den Klüfte von oben eindringendes Wasser wichtiger, deswegen spreche ich nicht hier und jetzt vor Wirkung der siedenden Lösungen, wer von unten angereifen. Durch den Boden und durch den

Rest der deckenden Gesteine (Phyllit) eingesickertes Wasser verwittert die Feldspäte, die Glimmer des Granits durch Hydrolyse an der Fläche der Klüfte. Die Hydrogenionen des Wassers ersetzen die Kaliumionen der vorgenannten Minerale durch einer mehrstufigen Reaktion. Die entstandenen feinen Zerfallreste (Tonminerale, Hydroxyden, kolloide Kieselsäuren) entfernten sich mit sickernem Wasser. Die Quarzkörnchen und andere weniger lösliche Komponenten des Granits haben sich doch aufgehäuft. Vom Miozän bis heutigen Tage angewachsener Verwitterungsschutt ist stellenweise 10-30 m dick. Als Folge der Verwitterung in dem inneren Brüche des Granits entwickelten sich immer breiteren Spalte (Abb. 3.). Die Verwitterung wirkte auf die Flächen der Gra-

nitwürfel nur von einer Richtung. An den Spitzen stösst der Angriff von drei Richtungen zu, deshalb die verwitternde Wirkung dort mehrmals grösser als an der Mitte der Fläche und am Ende errunden sich langsam die Blöcke (Bild 1. - Abb. 4.). Die Verwitterung des Biotitgranits war intensiver als die Ganggesteine, deswegen der Granit zerfiel tiefer. Die selektive Verwitterung ergab ein Verwitterungsschutt (mit dem morphogenetischen Fachwort: "Saprolit") mit unterschiedlichen Tiefe und in regellosen Formen (BUTZER, 1986). In dem Pleistozän begann

eine bedeutende Hebung und hierzu eine bedeutende Denudation. Unter den zerfallenden Verwitterungsschutt treten die Köpfe der steilgestehenden Ganggesteine aus (PÉCSI-ÁDÁM, 1988). Diese Denudation des Velencei-Gebirges zeigt eine starke Ähnlichkeit zur tropischen Oberflächenentwicklung, die von BÜDEL (1957), THOMAS (1974) und von anderen erwähnt worden. Wir vermuten, dass diese bestimmende Denudation des Gebirges im semitropischen Klima des Miozäns abgespielt haben muss.

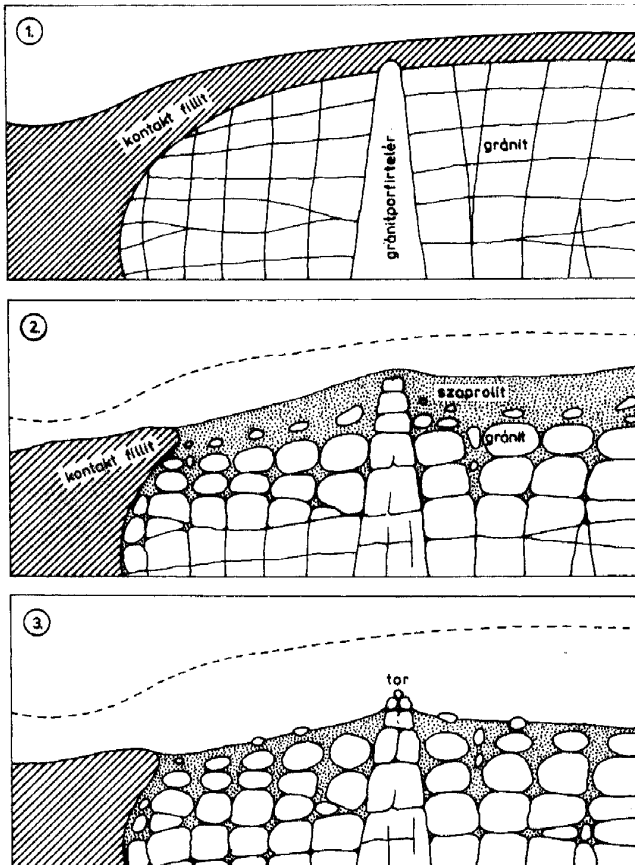


Abb. 3. Denudation des Granits im Velencei-Gebirge.

1.- Durch Abkühlung entstandene Klüfte im Granitbatholith.

2.- Durch Verwitterung entstandene Abrundung der Granitblöcke und Saprolitbildung.

3.- Felsenblöcke kommen auf der Oberfläche nach der Denudation des Saprolites.

Fig. 3.: Denudation of the granite in the Velencei Mountains.

1.- Cooling cracks in the granite batholith.

2.- Rounding of the granitic boulders by the chemical weathering and saprolite accumulation.

3.- The tors are emerging after the denudation of the saprolite.

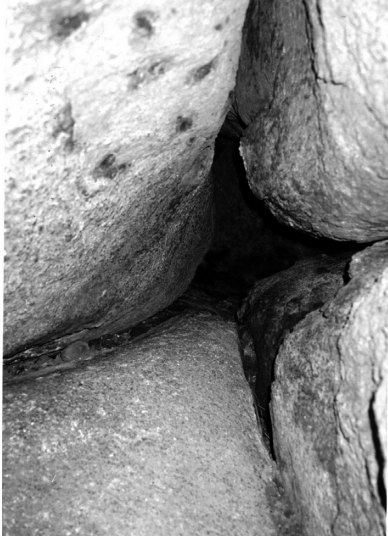


Bild 1. Kantengerundete Granitblöcke.  
Photo 1. The corners of the granite boulders are rounded.

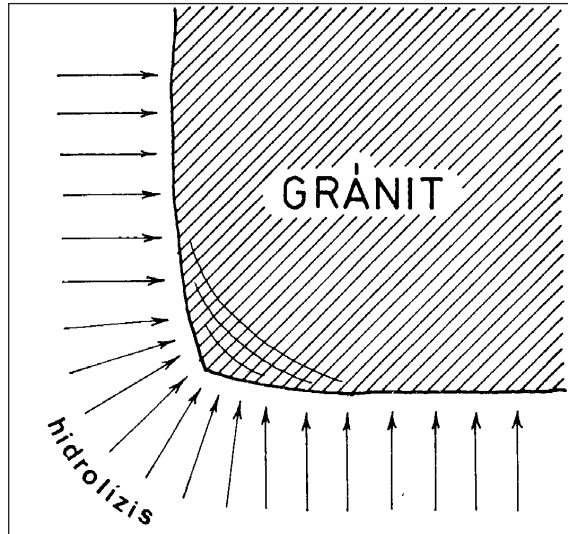


Abb. 4. Die Wirkung der hydrolytischen Verwitterung ist intensiver an den Kanten und an den Spitzen des Granitwürfels.  
Fig. 4. The hydrolytic weathering is more intensive at the edges and at the peaks of the granite cube.

## OBERFLÄCHLICHE DENUDATIONSFORMEN

Typische oberflächliche Formen des Velencei-Gebirges sind kleinere oder grössere Gruppen der Felsburgen (Bild 2.), und deren auffallendste Formen sind die Wollsäcke und Wackelsteine. Diese entstanden vom Oberteil der Granitporphyr- und Quarzgän-

ge nach teilweiser Denudation des Verwitterungsschuttes. Die Materie des Ganggesteines hatten ein stärkerer Widerstand gegen der sogenannten Saprolitsverwitterung, trotzdem entwickelten sich in Formen der getrennten Blöcke oder abgerundeten Blöcke. Vom Pleistozän bis Heute anhaltende Denudation förderte erst die präparierte Köpfe der Ganggesteine zutage.



Bild 2. Der Pandúr-kő (Häscherstein) ist der grösste Felsburg im Velencei-Gebirge.  
Photo 2. The Pandúr-kő (Gendarma Rock), the largest tor of the Velencei Mountains.

Ausgliederung der Blöcke ist an der Oberfläche bis zum heutigen Tage zu beobachten. Der anhäufende Verwitterungsschutt wurde sich unter den Felsenblöcken und von den Klüften der Felsenfläche aufgeräumt. Hierdurch wurde die Oberfläche der Blöcke für die Wärmeschwankungen verursachte Zerkleinerung ausgesetzt. Durch die Wärmeschwankungen springen einerseits dünne Schichten vor der Oberfläche der Felsenblöcke ab, andererseits bewirkt die Frostrisse in der Breschen. Durch diese Zerkleinerung entstehen „Wunden“, welche eine frische, junge Gesteinsoberfläche geben. An diesen Wunden verstärkt sich nochmals der hydrolytische Zerfall der Felspate, der Glimmer. Oberflächliche Zerkleinerung und Verwitterung ründet die Felsenblöcke weiter. An der Berührung der Blöcke und der Schuttoberfläche bewirkt eine kräftigere Saprolitsverwitterungen. Diese Untergrabung könnte im extremen Falle zur ganzen Abschnürung des Blockes führen (BUTZER, 1986; TWIDALE, 1984).

Die Tors formten am Anfang unter der Oberfläche, bald exhumierten, und aus seinen bedeutenden Teil haben sich Wollsäcke und Wackelsteine. Die Wollsäcke sind allein oder gruppenweise stehende, massenhafte (mehrere Meter), rundliche Felsenblöcke, welche meistens durch die Verwitterung geformt sind (Bild 3.). An der Stelle gebliebenen Wackelsteine sind rundliche oder winkelige Felsenblöcke (Bild 4.), welche nach der Denudation in seiner Umwelt zurückblieben, und nur an ein kleiner (manchmal nur einige  $\text{cm}^2$ ) Flächen unterstützt sind. (Ausser der an der Stelle gebliebenen Wackelsteine gibt auch durch Eis oder Gravi-

tation fernbeförderte Wackelsteine.) Diese typische Oberflächenformen des Velencei-Gebirges können wir als pseudokarstische Erscheinungen betrachten. Auf den Felsenflächen finden wir fallweise hinuntergelaufene Furchen (Rillen - Bild 5.) und seichte Steinvertiefungen (Gnammas - Bild 6.). Ihre Entstehung ist nicht ganz bekannt, wahrscheinlich entwickelten sich auf komplexe Einwirkungen (alkalische Lösung, unterirdische und oberflächliche Verwitterung, Erosion usw.) (ESZTERHÁS, 1999, 2005; TWIDALE, 1984).

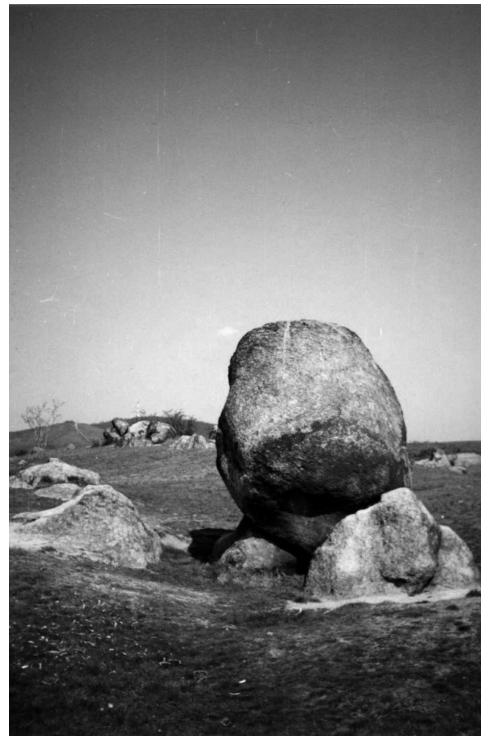


Bild 3. Wollsack neben dem Dorf Sukoró.  
Photo 3. Woolsack near Sukoró village.



Bild 4. Kantegestandener "Würfel" am Pogány-kő (Heidestein).  
Photo 4. On the edge placed "Cube" at Pogány-kő (Pagan Rock).



Bild 5. Auf der Oberfläche der Wollsäcke entstehen manchmal Rillen.  
Photo 5. On the surface of the woolsaks occasionally rills occurring.



Im Velencei-Gebirge sind zirka 400 Wollsack- und Wackelstein-formationen bekannt (PÉCSI-ÁDÁM, 1988). Diese sind meistens an den mit den Gangesteine dicht durchgedungenen Stellen zu finden sind (Tompos-Berg, Sár-Berg, Pogány-Stein, Sor-Berg, Csöntör-Berg usw.). Die spektakulärste Torserscheinungen haben auch eigene Namen, wie auf den Pogány-kő (Abb. 5.): Oroszlán-kő (Löwenstein), Kocka (Würfel), Iker-kő (Zwillingsstein), Gömb-kő (Kugelstein), Kutyafej-kő (Hundkopfstern), Szfinx (Sphinx), Vizilófej-kő (Nilpferdkopfstern) und grösste ist Pandúr-kő (Hästerstein) - auf den Sár-Berg: Gomba-kő (Pilzstein), Kis-cipő (Klein Wecken) - auf Sor-Berg: Medve-kő (Bärenstein) - auf den Meleg-Berg: Likas-kő (Löckerstein) usw. (HOLÉNYI, 1969, 1971).

**WOLLSACKHÖHLEN**

Von den Granitmodifikationen des Velencei-Gebirges kennen wir die Höhlen nur im Granitporphyr. Die Wollsackhöhlen gehören zu den Verwitterungshöhlen von den Genotypen der Granithöhlen, obgleich darinnen auch Wirkung der Zerkleinerung untergeordnet beobachtlich sind (ESZTERHÁS, 1999, 2005; STRIEBEL, 1995; VAQUEIRO, 1999). Übrigens gibt es auch noch weitere Höhlen im Quarz, im hydroquarzitischen Andesitagglomerat und im Löss.

Entstehung der Wollsackhöhlen geschehen in zwei nacheinanderen Phasen:

1. *Versteckte oder kryptogenetische Phase* verknüpft sich zur unterirdischen Desorganisation des Granits durch Hydrolyse (BUT-

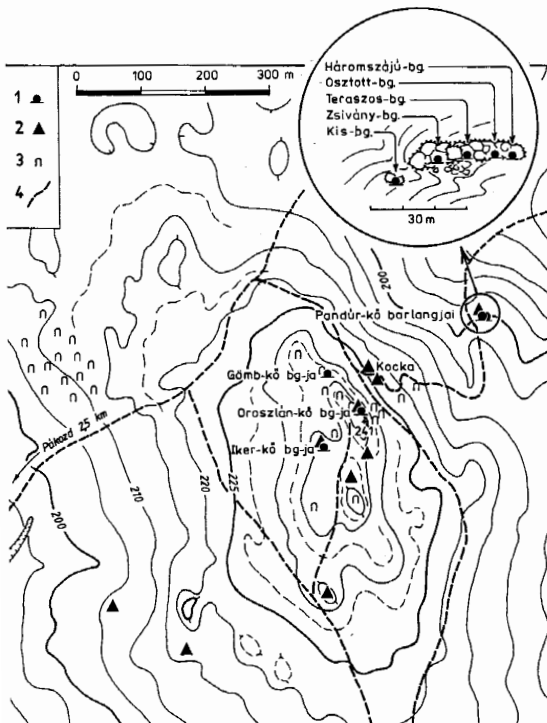


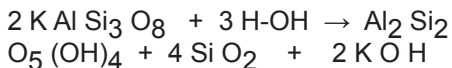
Abb. 5. Felsburgen und Wollsackhöhlen des Pogány-kő (Heidesteines)  
 Zeichenerklärung: 1. Wollsackhöhle, 2. Grössere Felsburg, 3. Kleinerer Wollsack, 4. Feldweg.  
 Fig. 5. Tors and woollsack caves of the Pogány-kő (Pagan Rock)  
 Legend: 1. woollsack cave, 2. bigger tor, 3. smaller woollsack, 4. unpaved road.



Bild 6. Nur unentwickelte Steinvertiefungen sind auf den Granitblöcken des Velencei-Gebirges befindlich.  
Photo 6. Only undeveloped gnammas can be found on the granite boulders of the Velencei Mountains.

ZER 1986). Im Spaltennetz des Granits sickert das Wasser ein, und die Moleküle des Wassers zerfallen zum Ionen im spezifischen Milieu. Die Hydrogenionen des Wassers ersetzen die Kaliumionen der gesteinsbildenden Felspäte und Glimmer. So entstehen lösliche Hydroxyde und feine Zerfallreste (Tonminerale, kolloide Kieselsäuren), die vom Wasserstrom abtransportiert werden (BUTZER, 1986; TWIDALE, 1984). Hier ist zum Beispiel eine typische und vereinfachte Gleichung von vielartigen Reaktionen:

Orthoklas + Wasser → Kaolinit +  
Kies + Kaliumhydroxyd



In erster Phase übersteigt das Mass des Zerfalles des Granits das Mass des Abtransports des entstehenden Schuttes, so sich die Saprolit stufenweise vermehren. Die Spalten werden immer zu den breiteren Klüfte, aber die Zwischenräume des Granits lockere

Masse der Quarzkörnchen und der anderen Verwitterungsreste ausgefüllt, und auch oberhalb der Granitschicht entwickelte sich eine bedeutende (10 - 30 m dicke) Saprolitschicht. So „warten“ beinahe fertige Höhlen ihre Zugänglichkeit.

2. *Sichtbare oder phanerogetische Phase* Denudation der Saprolitschicht beschleunigt sich und deren Mass wird grösser, als Mass des Zerfalles des Granits, so tauchen die getrennte Felsenblöcke unter der langsamen abnehmenden Saprolitschicht auf. Unter der Wolsäcke der Tors entfernen sich die Gesteinsgranülen, so Höhlen werden zu sichtbar. Es ist vergleichbar mit der Geburt des mythologischen Pallas Athene, wer in voller Rüstung auf die Welt kam. Die zugängliche Höhlen erweitern sich weiter durch dem Verwitterung und die Wärmeschwankungen. Wegen der Wärmeschwankungen trennen sich dünne Gesteinplatten von der Wand der Höhle ab und häufen sich auf dem Höhlenboden.

Die Wollsackhöhlen sind sehr ähnlich zu den Blocktrümmelhöhlen, aber diese letzter-

wähnte unter den beweglichen Felsenblöcke geschlossene Räume sind, während die Wollsackhöhle unter den stehengebliebene Felsenblöcke sind, nur ihre Umwelt denudiert. Ihre Wände sind mehr oder minder konvex wegen der kugelförmige Felsenblöcke. Die Höhle sind unter den mehren Felsenblöcke, so diese mehre Öffnungen haben, aber nicht alle durchgänglich sind. Masse und Formen des Innerraums der Höhlen sind sehr abwechslungs-voll. Im Velencei -Gebirge befindet sich 2 m lange, einfache, Durchganghöhle (Gömbkö barlangja) und es gibt 14 m langes, mehrstöckiges Labyrinth mit vier Eingänge und mehrere Öffnungen (Zsivány-barlang).

### **DIE WOLLSACKHÖHLEN DES VELENCEI-GEbirGES**

Alle Wollsackhöhlen öffnen sich im Pogány-kő (241 m) 2 km weit nördlich vom

Dorf Pákozd. Die Höhlen sind in den kleineren und grösseren Wollsacksgruppen, was aus den Granitporphyr stehen (ESZTERHÁS, 1994, 2005; ESZTERHÁS-SZENTES, 2004.).

1. *Iker-kő barlangja (Höhle des Zwillingsteines)* befindet sich in einem dreiergeteilten Wollsack. Durch einem Eingang kann man nur in den 2,10 m langen Hauptgang hineinschlüpfen. Auf der anderen Seite der Felsen öffnen sich weitere unzugängliche Klüfte.

2. *Oroszlán-kő barlangja (Höhle des Löwensteines)* ist eine Durchganghöhle mit zwei Eingängen in einer Felsburg, was am Gipfel des Berges ist. Ihre Hauptgang hat 3,70 m und nur Kriechen zugänglich ist. Mit dem Hauptgang läuft parallel ein niederes „Seitenschiff“. Auf ihrem Boden befindet sich Schutt und Kechricht (Bild 7.)



Bild 7. Auch in der Felsburg des Oroszlán-kős (Löwensteines) gibt es eine Höhle.  
Photo 7. A cave is also in the top of the Oroszlán-kő (Lion Rock).

3. *Gömb-kő barlangja* (*Höhle des Kugelsteines*) ist unter drei zueinander-schmiegenden Wollsäcke. Die ihre dreieckförmigen Eingang folgt einzige Zelle, was 2,00 m

Länge, 1,30 m Breite und 1,50 m Höhe hat. Gegen der Eingang ist ein Fenster auch. Ihren Boden bildet dicken Schuttscicht. (Abb. 6. - Bild 8).

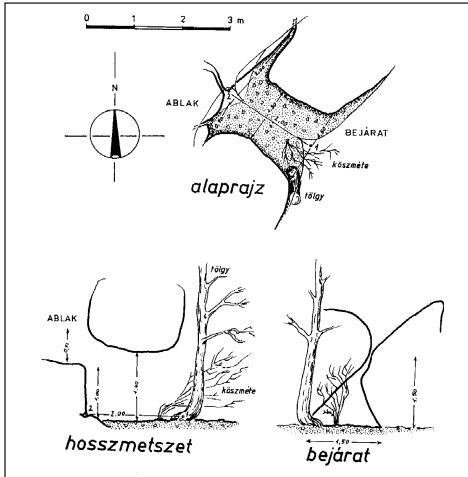


Abb. 6. Plan der Höhle des Gömb-kös (Kugelsteines).  
Fig. 6. Survey of the Cave of Gömb-kő (Spherical Rock).



Bild 8. Eine Höhle unter dem Gömb-kő (Kugelstein).  
Photo 8. A cave below the Gömb-kő (Spherical Rock).

4. *Háromszájú-barlang (Dreimäulige-höhle)* An der nördlichen Seite des Pogány-kős (Heidesteines) befindet sich der grösste, spektakulärste Tor des Gebirges, der Pandúr-kő (Häscherstein), seine Länge 35 m,

seine Breite 5-8 m, seine Höhe 13 m ist. Aus den Wollsäcke stehend Tor hat fünf separate Durchganghöhlen. An östlicher Seite ist die Háromszájú-barlang, was 4,40 m lange und aufrichtend gangbar ist (Bild 9.)



Bild 9. Nördliche Eingang der Háromszájú- (Dreimäulige-) Höhle.  
Photo 9. The northern entrance of the Háromszájú (Tree-mouthed) Cave.

5. *Osztott-barlang (Geteiltehöhle)* ist die zweite Höhle vom östlichen Ende des Pandúr-kős. Eigentlich die ist eine Zwillingshöhle zwischen zwei entgegensehenden Öffnungen. Ihre Gesamtlänge ist 7,80 m. Ihren Boden und Plafond steht abrundende Steinblöcke.

6. *Teraszos-barlang (Terrassenförmige-höhle)* ist an der Mitte des Pandúr-kős. Ihre Länge 5,50 m, ihre Breite 4,30 m ist.

7. *Zsivány-barlang (Räuberhöhle)* ist im westlichen Teil des Pandúr-kős. Ein stockhohes Labyrinth bildet die viereingängliche Höhle. Der untere Höhlenteil ist ein T-förmiger, 9,60 m langer Gang und die obere Etage ist ein 3 m lange Terrasse, woraus ein Schacht im Unterstand leitet. Ihre Durchschnittshöhe ist 1,20 m. Zur ihren beiden Niveaus schlossen sich noch engere und höhere, aber unzugängliche Klüfte an (Abb. 7. - Bild 10.).

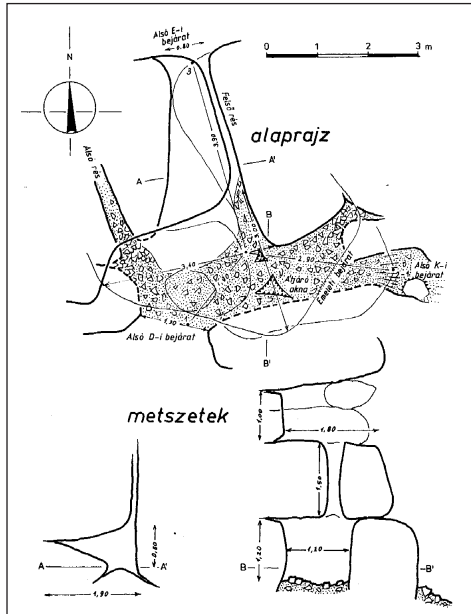


Abb. 7. Plan der Zsivány- (Räuber-) Höhle.  
Fig. 7. Survey of the Zsivány (Bandit) Cave.

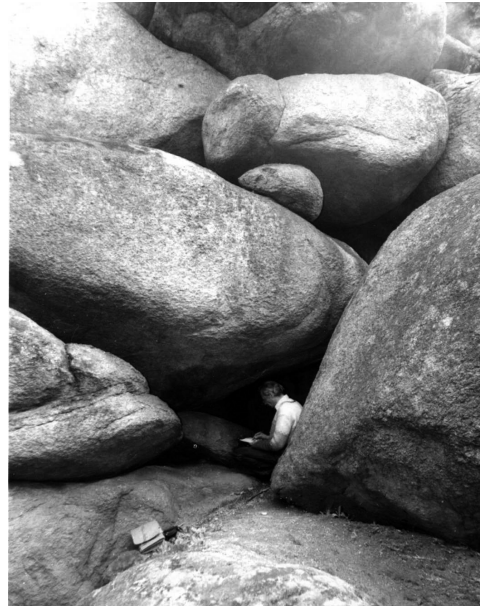


Bild 10. Die Zsivány- (Räuber-) Höhle ist ein kompliziertes Labyrinth unter den Wollsäcke.  
Photo 10. The Zsivány (Bandit) Cave is a complicated labyrinth among the woollacks.

8. *Kis-barlang (Kleinhöhle)* Von der Hauptmasse des Pandúr-kös gibt unweit westlich eine alleinstehende kleine Felsen-Gruppe. In dieser befindet sich die 2,50 m lange Durchgangshöhle. Ihren Boden bedeckt vom eingefallenen Steinschutt.

## ZUSAMMENFASSUNG

Mit den anderen Gesteine zu vergleichen der Zerfall des Granits und die Entwicklung der Denudationserscheinungen ist viel langsamer, weil sein gesteinsbildende Mineralien in erhöhtem Masse der physikalischen und chemischen Verwitterungskräfte widerstehen. Die Abkühlung des Granits ergibt ein eigenartiges, gitterähnliches Spaltensystem. In den Spalten eingesickertes Wasser übt

auf die Gesteinzersetzung eine intensive Wirkung aus. Ein Teil der Mineralien zerfallen, dadurch entwickeln sich Abrundung der Steinblöcke, und häuft grössere Menge Verwitterungsreste auf. Die verwitternde Wirkung des unterirdischen Wassers ist die wichtigste Komponente des Granitzerfalles. Nach der Denudation der Schuttdecke (Saprolit) tritt die Ergebnisse der Wirkung des Wassers auf. Die sind aus den Wollsäcke und aus den Wackelsteine bestehende Felsburgen (Tors). In manchen Felsburgen bestehen zugängliche Hohlräume, die Wollsackhöhlen. Die Wollsäcke und die Wackelsteine, sowie die darunter befindliche Höhlen können wir als das Ergebnis der durch mehrere hundert Millionen Jahren anhaltende pseudokarstischen Entwicklung betrachten.

## LITERATUR

- BUTZER, K. W. (1986). A földfelszín formakincse. *Gondolat Kiadó*, Budapest p. 51-72 and 462-468.
- BÜDEL, J. (1957). Die doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen. *Zeitschrift für Geomorphologie I. Band*, Bonn p. 201-288.
- ESZTERHÁS, I. (1994). A Velencei-hegység barlangjai. *Lychnis, a Vulkánszpeleológiai Kollektíva kiadványa*, Kapolcs p. 52-54.
- ESZTERHÁS, I. (1999). Untersuchungen der Pseudokarst-Sandsteinvertiefungen. *Mitteilungsheft der Höhlenforschungsgruppe Blaustein, Jg. Hemsbach* p. 23.
- ESZTERHÁS, I. (2005). Felszíni denudációs formák és gypjúzsákbarlangok a Velencei-hegység gránitjában. *Manuskript in Vulkánszpeleológiai Kollektíva Évkönyve az MKBT és a BI adattárában*, Budapest p. 33-62.
- ESZTERHÁS, I. and SZENTES, Gy. (2004). A List Non-karstic Caves in Hungary. <http://geogr.elte.hu/nonkarstic>.
- HOLÉNYI, L. (1969). Velencei-tó. Velencei-hegység útikalauz. Sport Kiadó, Budapest.
- HOLÉNYI, L. (1981). Gerecse, Vértes, Velencei-hegység útikalauz. Sport Kiadó, Budapest p. 279-289 and 365.
- JANTSKY, B. (1953). A Velencei-hegység földtani és közettani viszonyai. *MÁFI Évi Jelentése az 1950-es évekről*, Budapest p. 79-82.
- JANTSKY, B. (1957). A Velencei-hegység földtana. *Geol. Hung. Ser. Geol. 11. Band*, Budapest p. 3-166.
- JUHÁSZ, Á. (1987). Évmilliók emlékei. *Gondolat Kiadó*, Budapest p. 28 and 366-369.
- KOCH, S. (1985). Magyarország ásványai. *Akadémiai Kiadó*, Budapest p. 27-56.
- PÉCSI, M. and ÁDÁM, L. (1988). Dunántúli-középhegység regionális földrajza. *Akadémiai Kiadó*, Budapest p. 195-197, 235-239 and 270.
- STRIEBEL, T. (1995). The Genetic Classification of Some Types Non-karstic Caves. *Proceedings of International Working Meeting Preserving of Pseudokarst Caves*, Rimavska Sobota - Salgótarján p. 46-57.
- THOMAS, M. F. (1974). Tropical Geomorphology: A Study in Weathering and Landform Development in Warm Climates. London, New York p. 1-132.
- TWIDALE, C. R. (1984). So-Called Pseudokarst in Granite - *Boletín Soc. Venezolana Espeleológica* No. 21. Caracas p. 3-12.
- VAQUEIRO, M. (1999). The Hercynic Granitic Caves in the Province of Pontevedra. *Proceedings of the VII<sup>th</sup> International Symposium on Pseudokarst*, Arad-Moneasa p. 39-47.