

# MIKROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN DES SCHLAMMES EINES WASSERLOSEN TEICHES DER AGGTELEKER BARADLA-HÖHLE

(Biospeologica Hungarica, VIII)

Von

L. VARGA und T. TAKÁTS

BODENBIOLOGISCHES FORSCHUNGLABORATORIUM DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER  
WISSENSCHAFTEN, SOPRON

(Eingegangen am 30. Januar 1960)

## 1. Einleitung

Der Boden und die unteren Teile der Baradla-Höhle bei Aggtelek sind mit einem ziemlich dicken, sehr feuchten, gelblichbraunen Ton bedeckt («Höh-lenton»). Diese Schicht fehlt nur dort, wo sie durch den rasch fließenden Bach weggespült wurde. Die langsam fließenden oder sickernden, wenig Wasser führenden Bächlein und Rinnen schwemmen dagegen die Tonschicht nicht fort, sondern fließen entweder auf ihrer Oberfläche selbst, oder graben sich in sie ein.

Aus ähnlichem Ton besteht meist auch der Schlammgrund eines durch einen Damm abgesperrten Teiches, der sich nur bei Hochwasser mit Wasser füllt. Sein Wasser verschwindet aber sehr rasch und der Grund bleibt trocken zurück. Der Teich liegt etwa 400 bis 770 m von dem Aggteleker Eingang entfernt. Aus seinem ausgetrockneten Grund sammelte Herr Prof. DR. E. DUDICH am 3. Jänner 1958 eine Probe, die wir in unserem Laboratorium mikrobiologisch untersuchten. Ursprünglich wollten wir nur die Mikrofauna der Probe bestimmen. Da aber mikrobiologische Untersuchungen im Schlamm eines trockenliegenden Teiches in der Baradla-Höhle bisher noch nicht durchgeführt wurden, hielten wir es für angezeigt, die Probe mit den in unserem Laboratorium üblichen Methoden auch bodenbiologisch zu bearbeiten und dabei auch die wichtigsten physikalischen und chemischen Faktoren zu bestimmen.

## 2. Physikalische Verhältnisse

Die Farbe des Schlammes ist gelblichbraun; er ist fast geruchlos, weich, ziemlich locker und schmierig, anscheinend mit sehr kleinem Porenvolumen und 100%-igem Wassergehalt. Er besteht aus sehr kleinen, meist abgerundeten Mineralkörnchen, die im mikroskopischen Bild stark glänzen. Die organischen, sehr lockeren Flocken erscheinen zwischen den Mineralkörnchen schwarz (Abb. 1.).

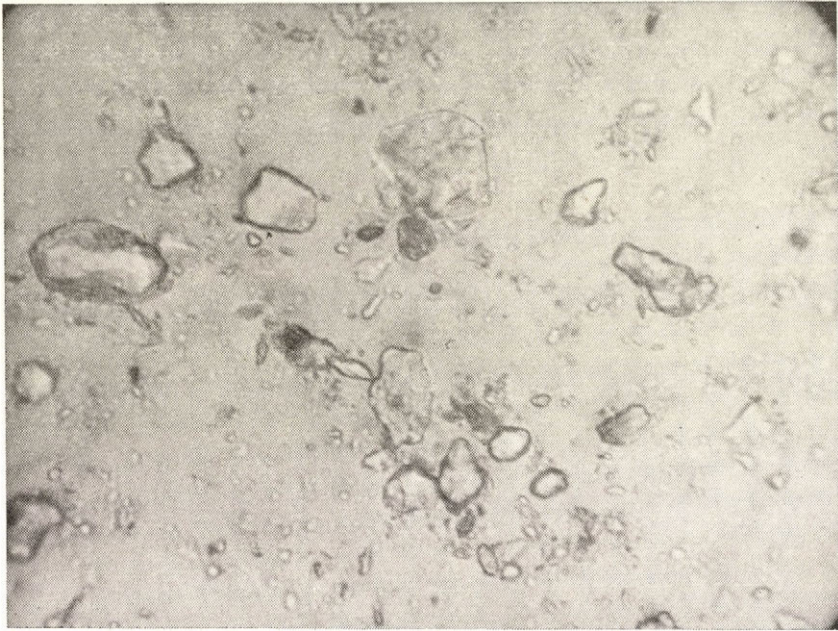


Abb. 1. Mikrophotographische Aufnahme des Schlammes aus dem wasserlosen Teich der Baradla-Höhle. Vergr. 560 $\times$ . — Aufnahme P. GYURKÓ

### 3. Chemische Verhältnisse

Wir bestimmten nur diejenigen chemischen Faktoren der Schlammprobe, die im allgemeinen für das Leben der Mikroflora und Mikrofauna des Schlammes maßgebend sind.

Die Bestandteile wurden hauptsächlich nach den in der Bodenkunde üblichen Methoden bestimmt (BALLENEGGER, 1953, SAJÓ, 1959).

pH = 5,33 (elektrometrisch bestimmt).

Die wichtigsten chemischen Bestandteile (in %):

Gesamt-C .....	1,64
Gesamt-N .....	0,05
Gesamtes organisches Material .....	1,48
CO <sub>2</sub> aus dem Gesamt-CO <sub>3</sub> .....	3,01
Glühverlust .....	9,91
Glührückstand .....	90,09
SiO <sub>2</sub> .....	68,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	4,44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , TiO <sub>2</sub> und Oxyde seltener Metalle .....	11,34
CaO .....	3,00
MgO .....	1,34
K <sub>2</sub> O .....	0,22
C:N .....	17,00:1

Bekanntlich werden die Ackerböden nach ihren für das Pflanzenleben wichtigsten chemischen Komponenten beurteilt (PÁTER, K. 1957). Danach kann der Schlamm des wasserlosen Teiches der Baradla-Höhle als »Ackerboden« folgendermaßen charakterisiert werden: nach dem Gehalt an gesamtem organischem Material (1,48%): »arm«; nach dem Gehalt an  $P_2O_5$  (0,21%): »schwach mittelmäßig«; nach dem Gehalt an  $K_2O$  (0,22%): »schwach mittelmäßig«; nach dem Gesamt-N (0,05%): »sehr arm«. Das ist natürlich nur ein oberflächlicher und gezwungener Vergleich zur Charakterisierung der chemischen Verhältnisse in dem untersuchten Schlamm. Ackerboden und Höhlenschlamm sind ja so heterogene Gebilde, daß sie sich miteinander nur schwer vergleichen lassen. Wir arbeiteten aber bodenbiologisch und deshalb erscheint es zweckmäßig, auch diesen Vergleich heranzuziehen, sind uns aber dessen bewußt, daß der Höhlenschlamm nie als Ackerboden benützt werden kann. Als Biotop einer Mikrobiocönose ist er aber — wie wir sehen werden — sehr günstig.

#### 4. Mikroflora

Die Zahl der aeroben, anaeroben und Gesamtbakterien, ferner die der Pilze wurde mit der Plattenguß-Methode bzw. in Burry-Röhrchen, die Menge der physiologischen Bakteriengruppen (N-bindende, aerobe und anaerobe zellulosezersetzende, nitrifizierende und denitrifizierende Bakterien) jedoch auf speziellen differenzierenden Nährböden bestimmt, die aeroben Bakterien an Bodenextrakt-Agar und Fleischextrakt-Gelatin, die anaeroben an Traubenzucker-Agar (FEHÉR, 1953).<sup>1</sup> Die Untersuchungsergebnisse wurden auf 1 g feuchten Bodenschlamm bezogen.

Zahl der Bakterien:

a) aerobe Bakterien .....	10,650.000
b) anaerobe Bakterien .....	315.000
c) Anzahl der gesamten Bakterien .....	10,965.000

Aus diesen Angaben geht hervor, daß im Schlamm des trocken liegenden Sees ziemlich viele Bakterien lebten. Ihre Gesamtzahl entspricht der eines als Acker benutzten Sandbodens in der ungarischen Tiefebene. Es ist auffallend, daß die Anzahl der anaeroben Bakterien sehr klein ist (2,95% der aeroben Bakterien). Daraus geht hervor, daß die Durchlüftung des Schlammes während der Probeentnahme sehr gut war. Unseren Erfahrungen nach ist die Gesamtzahl der anaeroben Bakterien im Verhältnis zu der der aeroben in der oberen, 0—20 cm dicken Schicht eines gewöhnlichen Ackerbodens viel größer (bis etwa 10—20%).

<sup>1</sup> Für ihre sorgfältige bakteriologisch-technische Mitarbeit sei auch hier Frl. E. SZABÓ bestens gedankt.

Die ziemlich hohe Anzahl der Bakterien deutet darauf hin, daß im Schlamm des trockenen Teiches genügende organische Nährstoffe vorhanden sind (siehe oben den Wert des organischen Materials). In dem Schlamm des Sees findet deshalb eine ziemlich rege Humifikation und Mineralisation der organischen Bestandteile des Schlammes durch die Bakterien statt.

Auch N-bindende Bakterien konnten — allerdings in sehr geringer Anzahl — nachgewiesen werden. Von den aeroben N-bindenden Bakterien war Azotobakter mit 100 Individuen in 1 g und das anaerobe *Clostridium* ebenfalls durch 100 g Individuen vertreten. Dieser Umstand weist darauf hin, daß auch im Bodenschlamm eines trockenliegenden Höhlensees Azotobakter und *Clostridium* vorhanden sind und daß durch sie die Bindung des freien Stickstoffes der Luft erfolgen kann.

Die aeroben und anaeroben zellulosezersetzenden Bakterien waren gleichmäßig in je 10.000 Individuen/g vorhanden. Ihre Anzahl ist mittelmäßig und entspricht den Verhältnissen in einem schwachen Sandboden, der auch ackerbaulich benützt wird. Auffallend ist nur, daß die aeroben und anaeroben zellulosezersetzenden Bakterien in gleicher Anzahl vorhanden sind. Nach unseren Erfahrungen beträgt nämlich im allgemeinen die Anzahl der anaeroben Bakterien in gewöhnlichen Ackerböden (obere 20 cm dicke Schicht) etwa 10–20% der der aeroben zellulosezersetzenden Bakterien. In dem Bodenschlamm des wasserlosen Teiches ist demnach eine ziemlich große Menge von Zellulose vorhanden.

Von den nitrifizierenden Bakterien konnten nur 100 Individuen/g nachgewiesen werden. Das weist darauf hin, daß im Bodenschlamm des untersuchten Teiches eine sehr niedrige Nitrifikation von Seiten der nitrifizierenden Bakterien stattfindet.

Die denitrifizierenden Bakterien sind dagegen in beträchtlicher Anzahl (10.000 Individuen/g) vorhanden. Die Tätigkeit der nitrifizierenden und denitrifizierenden Bakterien ist eng miteinander verbunden. Das bei der Zersetzung nitrogenhaltiger Stoffe freiwerdende Ammoniak wird zunächst von den nitrifizierenden Bakterien verwertet. Der Nitrifizierungsprozeß geht in gut durchlüfteten Böden ziemlich rasch vor sich. Den zur Verfügung stehenden Nährstoff brauchen die ausgesprochen aeroben nitrifizierenden Mikroorganismen rasch auf. Sie können sich deshalb nicht sehr stark vermehren. Die durch die Tätigkeit dieser Bakterien entstandenen Nitrate werden — als in Wasser leicht lösliche Salze — ausgewaschen und den denitrifizierenden Bakterien zur Verfügung gestellt, die dadurch günstige Vermehrungsmöglichkeiten vorfinden. Ihre Anzahl ist deshalb auch im Bodenschlamm beträchtlich höher als die der nitrifizierenden Bakterien. Es müssen jedoch für die denitrifizierenden Bakterien auch andere Nitratquellen vorhanden sein, die durch ihre hohe Anzahl abgebaut wird. Über diese wissen wir aber vorläufig nichts.

Die mikroskopischen Pilze sind in sehr großer Anzahl vorhanden. Auf

saueren Nährböden konnten nach WAKSMAN (FEHÉR, 1953) 270.000 Individuen/g gezählt werden. Eine so hohe Anzahl weisen aber nicht einmal die bei uns vorkommenden Ackerböden auf; nur in den ungarischen subalpinen Waldböden (z. B. bei Sopron) konnten ähnliche Verhältnisse (286.600 Individuen/g) beobachtet werden (FEHÉR—VARGA—HANK, 1954).

Die mikroskopischen Pilze des Bodens sind luftbedürftige, der Temperatur und Sonnenstrahlung gegenüber ziemlich empfindliche Mikroorganismen. Ihre hohe Anzahl im Bodenschlamm des trockenen Teiches der Baradla-Höhle deutet darauf hin, daß sie dort sehr günstige ökologische Verhältnisse vorfinden. Anscheinend steht ihnen in entsprechender Menge Nahrung zur Verfügung. Der Bodenschlamm ist gut durchgelüftet, bei ständiger Temperatur (auch zu Winter um 10° C); auch der gleichmäßige, hohe Wassergehalt (100%) begünstigt das Leben der mikroskopischen Pilze. Dazu kommen noch die ständige Finsternis (das vollkommene Fehlen der Sonnenstrahlen) und der niedrige, für die mikroskopischen Bodenpilze sehr günstige pH-Wert.

### 5. Mikrofauna

Von tierischen Organismen züchteten wir die in größter Anzahl vorkommenden Protozoen in speziellen Nährlösungen und auf Agar-Nährböden (VARGA, 1934; VARGA—TELEGDY KOVÁTS, 1953). Mit der von uns gebrauchten Verdünnungsmethode wurde die Gesamtzahl der in 1 g Schlamm lebenden Protozoen, ferner die Anzahl der aktiven und enzystierten Protozoen (Zysten) bestimmt. Die in den Nährlösungen sowie in den Agar-Nährböden auftretenden Protozoen-Arten wurden auch determiniert. (Die Agar-Nährböden wurden nur für dieses Ziel gebraucht.)

Zahl der Protozoen:

a) Gesamtzahl der Protozoen (in 1 g feuchten Schlammes) .....	75,000
b) Gesamtzahl der Zysten .....	100
c) Gesamtzahl der aktiven Protozoen .....	74,900

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, daß im Bodenschlamm des wasserlosen Teiches der Baradla-Höhle eine ziemlich reiche Protozoenfauna lebt. Im allgemeinen werden in besseren, aber nicht oft gedüngten Ackerböden ähnliche Verhältnisse gefunden. Es ist aber sehr charakteristisch, daß die Gesamtzahl der Zysten sehr niedrig ist: nur 0,13% der Gesamtzahl. Solche Verhältnisse fanden wir bei unseren langjährigen Untersuchungen bisher nicht. In natürlichen Böden (Wald-, Wiesenböden) sowie in Ackerböden sind die Zahlen der Zysten immer bedeutend höher und betragen 10—25% der Gesamtprotozoen. Diese Erscheinung läßt sich durch den hohen Wassergehalt, gute

O<sub>2</sub>-Verhältnisse und die ständige Temperatur des Bodenschlammes erklären. Die aktiven Protozoen sind nämlich nicht gezwungen, sich auf die Wirkung der sehr oft wechselnden Umweltfaktoren (hauptsächlich Austrocknung) hin zu enzystieren, d. h. in Anabiose überzugehen. Ob diese Erscheinung als eine spezielle Anpassung an die Höhlenverhältnisse aufzufassen ist, müssen weitere Untersuchungen entscheiden. Wir wissen nämlich, daß die bodenbewohnenden Protozoen auch unter optimalen Lebensbedingungen enzystieren, wenn sie einen gewissen, eine bestimmte Zeit in Anspruch nehmenden Zyklus ihres Lebens beendet haben. Der Ruhezustand gehört zu ihren Lebensfunktionen und ist für sie unentbehrlich. Er dauert unter Umständen mehrere Monate und die bodenbewohnenden Protozoen schlüpfen nach dieser Pause aus den Zysten mit erhöhter Aktivität aus. Die sehr kleine Anzahl der Zysten im Bodenschlamm des trockenliegenden Teiches der Baradla-Höhle steht nun mit diesen Erfahrungen nicht in Einklang.

Anläßlich unserer Untersuchungen bestimmten wir auch die im Schlamm vorkommenden Protozoen-Arten.

1. **Flagellata.** Die farblosen, heterotroph lebenden Zooflagellaten sind überaus kleine (5—30  $\mu$ ) Protozoen. Zahlenmäßig sind sie unter den schlamm-bewohnenden Protozoen in größter Menge vertreten. Sie ernähren sich hauptsächlich von Bakterien, doch verzehren sie auch winzig kleine, abgestorbene Pflanzenreste (Detritus). Aller Wahrscheinlichkeit nach nehmen sie auch die bei der mikrobiellen (Bakterien, mikroskopische Pilze) Zersetzung entstehenden gelösten Kohlenhydrate auf.

Die beobachteten Flagellata-Arten sind folgende:

<i>Astasia klebsii</i> LEMM.	<i>Monas arhabdomonas</i> MEYER
<i>Bodo angustus</i> BÜTSCHLI	<i>Monas dangeardi</i> LEMM.
<i>Bodo celer</i> KLEBS	<i>Monas guttula</i> EHRBG.
<i>Bodo ovatus</i> STEIN	<i>Monas obliqua</i> SCHEW.
<i>Bodo putrinus</i> LEMM.	<i>Monas vivipara</i> EHRBG.
<i>Bodo rostratus</i> KLEBS	<i>Monas vulgaris</i> SENN.
<i>Bodo saltans</i> EHRBG.	<i>Oicomonas mutabilis</i> KENT
<i>Cercobodo agilis</i> MOROFF	<i>Oicomonas termo</i> KENT
<i>Cercomonas crassicauda</i> ALEX.	<i>Phyllomitus undulans</i> STEIN
<i>Cercomonas longicauda</i> DUJ.	<i>Pleuromonas jaculans</i> PERTY
<i>Euglena proxima</i> DANG.	<i>Polytoma uvella</i> EHRBG.
<i>Mastigamoeba invertens</i> KLEBS	<i>Proleptomonas faecicola</i> WOODC.
<i>Mastigamoeba reptans</i> STOKES	<i>Tetramitus rostratus</i> PERTY

In dem untersuchten Biotop wurden also insgesamt 26 Flagellata-Arten gefunden. Sie sind alle auch in verschiedenen Böden, Stalldünger, Abwässern, usw. vorkommende, weit verbreitete, euryöke und eurytope Organismen. *Euglena proxima* DANG. besaß keine grüne Chromatophoren und ernährte sich also ebenfalls heterotroph.

Einige Arten wurden schon von DUDICH (1932) aus den Gewässern der Aggteleker Tropfsteinhöhle erwähnt.

**2. Rhizopoda.** Wir wissen, daß sehr viele Arten dieser Tiergruppe auch in den verschiedenen Böden regelmäßig vorkommen. Von den Amöbinen konnten folgende 12 Arten gezüchtet werden:

<i>Amoeba albida</i> NÄGLER	<i>Amoeba spumosa</i> GRUBER
<i>Amoeba botryllis</i> PEN.	<i>Amoeba terricola</i> EHRBG.
<i>Amoeba fluida</i> GRUBER	<i>Amoeba verrucosa</i> EHRBG.
<i>Amoeba guttula</i> DUJ.	<i>Naegleria gruberi</i> SCHARD.
<i>Amoeba proteus</i> SCHAFFER	<i>Vahlkampfia magna</i> JOLLOS
<i>Amoeba spathula</i> PEN.	<i>Vahlkampfia tachypodia</i> GLÄSER

Wie aus dieser Zusammenstellung ersichtlich wird, ist die Anzahl der gefundenen Arten nicht sehr hoch. Die Amöbinen können in sehr kleinen Poren, an der Oberfläche der Sandkörnchen herumkriechen. Sie ernähren sich hauptsächlich von Bakterien und feinkörnigen Resten abgestorbener Pflanzen (Detritus) sowie von Flagellaten; doch kommen unter ihnen auch viele Fälle von Kannibalismus vor.

Die gefundenen Arten sind — mit Ausnahme von *Amoeba spumosa* GRUBER, von welcher schöne, gut entwickelte (60—70  $\mu$ ) Individuen vorhanden waren — euryöke und eurytope Organismen. Sie kommen fast regelmäßig auch in Waldböden in der Waldstreu sowie in Ackerböden vor. Einige Arten wurden bereits von DUDICH (1932) aus der Aggteleker Tropfsteinhöhle erwähnt.

Von den Testaceen wurden folgende 4 Arten beobachtet:

<i>Cochliopodium granulatum</i> PEN.	<i>Euglypha ciliata</i> EHRBG.
<i>Cryptodiffugia oviformis</i> PEN.	<i>Trinema lineare</i> PEN.

Alle wurden lebend beobachtet. Die gefundenen leeren Schalen gehörten ebenfalls nur diesen 4 Arten an. Ihre Lebensweise ist der der Amöbina ähnlich. Auch sie sind in den verschiedenen Böden weit verbreitet, ihre Anzahl ist aber immer gering.

**3. Ciliata.** Diese sind schon größere, lebhaft umherschwimmende oder kriechende Tierchen, die größere, mit Wasser gefüllte Poren beanspruchen. Ihre Nahrung besteht aus Bakterien und organischem Detritus, doch finden sich unter ihnen auch räuberische Arten, die hauptsächlich Flagellaten angreifen. Ihr Sauerstoffbedarf ist etwas höher als der der Flagellaten und Rhizopoden.

Es wurden folgende 7 Arten gezüchtet:

<i>Colpidium campylum</i> STOKES	<i>Colpoda inflata</i> STOKES
<i>Colpidium colpoda</i> STEIN	<i>Colpoda steini</i> MAUPASS
<i>Colpoda cucullus</i> MÜLLER	<i>Cyclidium glaucoma</i> MÜLLER
<i>Euplotes charon</i> MÜLLER	

Alle Ciliaten sind ziemlich kleine (bis etwa 50  $\mu$ ), weit verbreitete, eurytope und euryöke Tierchen, die auch in Böden, Waldstreu und Abwässern gefunden werden können.

Es sei noch erwähnt, daß in unseren Kulturen auch die amoeboiden Formen der zu der *Acrasia*-Gruppe der *Mycetozoa* gehörenden kleinen (5–12  $\mu$ ) Arten auftraten. In den gebrauchten Verdünnungskulturen vermehrten sie sich sehr rasch. Qualitativ konnten sie aber nicht identifiziert werden.

Aus dem Schlamm des trockenen Teiches der Baradla-Höhle bei Aggtelek konnten also insgesamt 49 Protozoen-Arten gezüchtet werden. Der tonige, sehr feuchte Schlamm bietet den Protozoen anscheinend entsprechende Lebensverhältnisse. Die gleichbleibende Temperatur, die ständig guten Wasser-Verhältnisse und die vollkommene Finsternis, ferner pH-Werte und Nahrung sind solche ökologische Bedingungen, die das Leben vieler Protozoen-Arten begünstigen. Wären auch die Porenverhältnisse günstiger, so könnten wahrscheinlich noch mehrere Amoebinen, Testaceen und auch größere Ciliaten erscheinen. Die Porenverhältnisse wirken bei den beobachteten Protozoen in der Richtung, daß diese im allgemeinen kleinere Körpermaße aufweisen (Troglodytismus) als ihre z. B. in Tümpeln mit offenem Wasser, oder im Stall-dünger vorkommenden Artgenossen. Dies ist übrigens auch für die boden-bewohnenden Protozoen kennzeichnend, als Ergebnis ihrer Anpassung an die äußerst kleinen Räume (Poren) zwischen den Bodenpartikelchen und Sand-körnchen.

Nach den älteren Auffassungen könnte der Troglodytismus der schlamm-bewohnenden Höhlen-Protozoen auch mit Nahrungsmangel erklärt werden. Hauptsächlich auf Grund der ungarischen Höhlenforschungen wissen wir aber, daß die Höhlentiere keinen Hunger leiden, sondern daß ihnen im Gegenteil überall reichliche Nahrung zur Verfügung steht (DUDICH, 1930, 1959).

### Zusammenfassung

Eine von Herrn Prof. DR. E. DUDICH am 3. Jänner 1958 aus dem Schlamm des trockenliegenden Teiches der Baradla-Höhle bei Aggtelek entnommene Probe wurde nach den in der Bodenbiologie angewandten Erfassungsmethoden untersucht. Vor allem war es von Interesse, die für das Leben der Mikroflora und Mikrofauna (Protozoen) wichtigsten chemischen Verhältnisse, die Anzahl der Bakterien und der physiologischen Bakteriengruppen, die Zahl der mikro-skopischen Pilze sowie die Anzahl und die Artzugehörigkeit der Protozoen zu erfassen.

Der gelblichbraune, weiche, tonige Schlamm ist dem die unteren Teile der Höhle bedeckenden »Höhlenton« ähnlich. Er war mit Wasser 100%-ig gesättigt. Der Schlamm besteht aus sehr kleinen Mineralkörnchen und Flocken organischen Ursprungs.

Es wurden die Gesamtzahl der Bakterien (aerobe und anaerobe) sowie die der wichtigsten physiologischen Gruppen (aerobe und anaerobe N-bindende

und zellulosezersetzende, nitrifizierende, denitrifizierende Bakterien) bestimmt. Ihre ziemlich hohe Anzahl deutet darauf hin, daß im Schlamm des trockenen Teiches genügend organische Nährstoffe vorhanden sind. Die Anzahl der mikroskopischen Pilze ist auffallend groß.

Die Anzahl der Protozoen ist ziemlich hoch. Auffallend erscheint es, daß die Zahl der enzystierten Protozoen sehr gering ist. Die Arten der Flagellata, Rhizopoda und Ciliata wurden determiniert. Es konnten insgesamt 49 Arten (26 Flagellata-, 12 Amoebina-, 4 Testacea- und 7 Ciliata-Arten) nachgewiesen werden, meist euryöke und eurytope Arten, welche auch in Acker- und Waldböden sowie in Stalldünger vorkommen.

Die gefundenen Protozoen zeigen einen gewissen Grad von Troglodytismus, der mit den äußerst geringen Ausmaßen der Poren des Schlammes erklärt wird.

#### SCHRIFTTUM

1. BALLENEGGER, R. (1953): Talajvizgálati módszerkönyv. (Methodenbuch für die Bodenuntersuchungen). — Budapest, pp. 410.
2. DUDICH, E. (1930): Az aggteleki barlang állatvilágának élelemforrásai. (Nahrungsquellen der Tierwelt der Aggteleker-Höhle). — Állatt. Közlem., 27, p. 67—85.
3. DUDICH, E. (1932): Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle »Baradla« in Ungarn. — Wien, Speläolog. Monographien, 12, pp. XII + 246.
4. DUDICH, E. (1959): A barlangbiológia és problémái. (Höhlenbiologie und ihre Probleme.) — Magyar Tud. Akad. Biol. Csup. Közlem., 3, p. 323—357.
5. FEHÉR, D. (1953): A talajlakó baktériumok és gombák vizsgálatára alkalmas módszerek. (Methodik der Untersuchungen über die bodenbewohnenden Bakterien und Pilze.) — in BALLENEGGER: Talajvizgálati módszerkönyv. Budapest, p. 271—352.
6. FEHÉR, D., VARGA, L., HANK, O. (1954): Talajbiológia (Bodenbiologie). — Budapest, pp. 1263.
7. PÁTER, K. (1957): Talajtan, I. (Bodenkunde). — Agrártud. Egyetemi jegyzet, Gödöllő, pp. 87.
8. SAJÓ, I. (1959): Komplexometria. — Budapest, pp. 135.
9. THUN, R. (1955): Methodenbuch, I. Die Untersuchung von Böden. — Berlin, pp. XVI + 271.
10. VARGA, L. (1934): Nährflüssigkeiten zur Züchtung der Protozoenfauna des Bodens. — Zentralbl. Bakter. Parasitenkunde, Infektionskrankh. II. Abt. 90, p. 249—254.
11. VARGA, L. (1953): Die Wirkung der verschiedenen Düngervergärungsmethoden auf die Mikrofauna des Düngers. — Acta Agronom. Hung., 3, p. 343—384.
12. VARGA, L. (1959): Beiträge zur Kenntnis der aquatilen Mikrofauna der Baradla-Höhle bei Aggtelek. (Biospeol. Hung. III.) — Acta Zool. Hung., 4, p. 428—441.
13. VARGA, L.—TELEGDY KOVÁTS, L. (1953): A talajlakó apró állatok vizsgálatára alkalmas módszerek. (Methoden zur Untersuchung der bodenbewohnenden Kleintiere.) — In BALLENEGGER: Talajvizgálati módszerkönyv, Budapest, p. 353—387.