

## A Tétényi-fennsík szarmata bentonit-előfordulásai

KOVÁCS-PÁLFFY Péter<sup>4</sup>, KÓNYA Péter<sup>1</sup>, FÖLDVÁRI Mária<sup>1</sup>, THAMÓNÉ BOZSÓ Edit<sup>1</sup>, SZEGŐ Éva<sup>1</sup>, ZELENKA Tibor<sup>2</sup>,  
PÉCSKAY Zoltán<sup>3</sup>, VÁCZI Tamás<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

<sup>2</sup>Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc-Egyetemváros.

<sup>3</sup>MTA ATOMKI, 4026 Debrecen Bem tér 18c.

<sup>4</sup>2518 Leányvár, Bécsi út 62.

<sup>5</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C.

### *The Sarmatian bentonite occurrences from the Tétény Plateau (Hungary)*

#### Abstract

The investigated area is situated on a calcareous plateau to the south-west from the centre of Budapest. The bentonite occurrences are intercalated with Sarmatian limestones of the Tinnye Formation. There are 1–6 bentonite strata with respective thicknesses of 0.1–0.8 m. Given their stratigraphical position, mineral composition, and total silica vs. alkali content, it is clear these strata were produced by the hydrodiagenetic alteration of dacitic tuffs (e.g. the Galgavölgy Rhyolite Tuff).

According to the X-ray and thermal analyses the montmorillonite content of the bentonite samples is between 58–96 wt%. The other mineralogical components of the samples are biotite, quartz, zircon and apatite. These bentonites are characterized by the absence of cristobalite.

According to the K-Ar dating on biotite the age of these bentonites is between 11.7 (Sóskút) and 13.2 (Budatétény) My.

Frequently Sarmatian Foraminifera association of *Elphidium* (*E. macellum*, *E. aculeatum*) and *Cibicides lobatulus* is present in the samples.

The bentonite and the limestone in this region were mined underground at Budatétény (Endre-Gallery) and Nagytétény between 1934 and 1965. The main product was limestone blocs, which were used in construction.

The predominant exchangeable cation is Ca<sup>2+</sup>, and subordinately Na<sup>+</sup>. The respective cation exchange capacities (meqv/100g) of the samples are as follows: Ca<sup>2+</sup> (0.57–0.75), Mg<sup>2+</sup> (0.12–0.24), Na<sup>+</sup> (0.02–0.33) (Budatétény) and Ca<sup>2+</sup> (0.90–0.95), Mg<sup>2+</sup> (0.06), Na<sup>+</sup> (0.05–0.07) (Sóskút).

The swelling capacity ranges from 6.6 to 14.0 (natural) and from 14 to 29 (activated, ml/2g).

The bentonite was used predominantly to purify mineral oils and bond foundry sands, and it was exported as activated bentonite to Germany (former East Germany), Poland and former Czechoslovakia.

*Keywords:* Hungary, Tétény Plateau, bentonite, mineralogy, geochemistry, age, genesis, mining, applied domain, foraminifera

#### Összefoglalás

A vizsgált terület Budapest Ny–DNY-i részén helyezkedik el, ahol a szarmata ooidos mészkő kiterjedt fennsíkot képez. A bentonit-előfordulások a szarmata Tinnye Formáció durvamészkő-rétegei között vékony közbetelepüléseket alkotnak.

A bentonitok a „felső riolittufa” (Galgavölgyi Riolittufa Formáció) hydrodiagenetikus átalakulása révén képződtek. A bentonitosodott tufarétegek száma 1–6, vastagságuk 0,1–0,8 m között változik.

A bentonit montmorillonit-tartalma 58–96 s% között változik (röntgendiffrakciós és termoanalitikai vizsgálatok alapján). Ásványi összetevői közül a biotit, rezorbeált kvarc, cirkon és apatit azonosítható. Feltűnő a cristobalit hiánya. A bentonitosodott tufarétegek kora a bennük található biotitkristályok K-Ar kormeghatározása alapján 11,7 (Sóskút) és 13,2 (Budatétény) millió évesek.

A bentonitosodott vulkáni tufában különböző, viszonylag jó megtartású, szarmata foraminiferák azonosíthatók, mint *Elphidium* (*E. macellum*, *E. aculeatum*) és *Cibicides lobatulus*.

Ezt a bentonitot 1934–1965 között mélyszinti műveléssel bányászták, mint melléktermékként a szarmata durvamészkő mellett, amit építészetben használtak, mint faragott kötőanyagot (Endre-táró és Nagytétény).

Kationcserre-képessége változó, általában Ca<sup>2+</sup>, alárendelten Na<sup>+</sup> jellegű (Budatétény). Ezek a következő értékek között változnak: Na<sup>+</sup> (0,02–0,33), Ca<sup>2+</sup> (0,57–0,75), Mg<sup>2+</sup> (0,12–0,24) (Budatétény) és Na<sup>+</sup> (0,05–0,07), Ca<sup>2+</sup> (0,90–0,95), Mg<sup>2+</sup> (0,06) (meq/100g) (Sóskút).

Duzzadókéességük 6–14 (természetes állapotban) és 14–29 (aktivált állapotban) (ml/2g).

A bentonitot, mint derítőföldet alkalmazták ásványi olajok tisztítására és öntődei formázó homok kötőanyagaként. Exportálták a volt Német Demokratikus Köztársaságba és Csehszlovákiába, valamint Lengyelországba.

*Tárgyszavak:* Magyarország, Tétényi-fennsík, bentonit, ásványtan, geokémia, kor, genetika, bányászat, alkalmazás, foraminifera

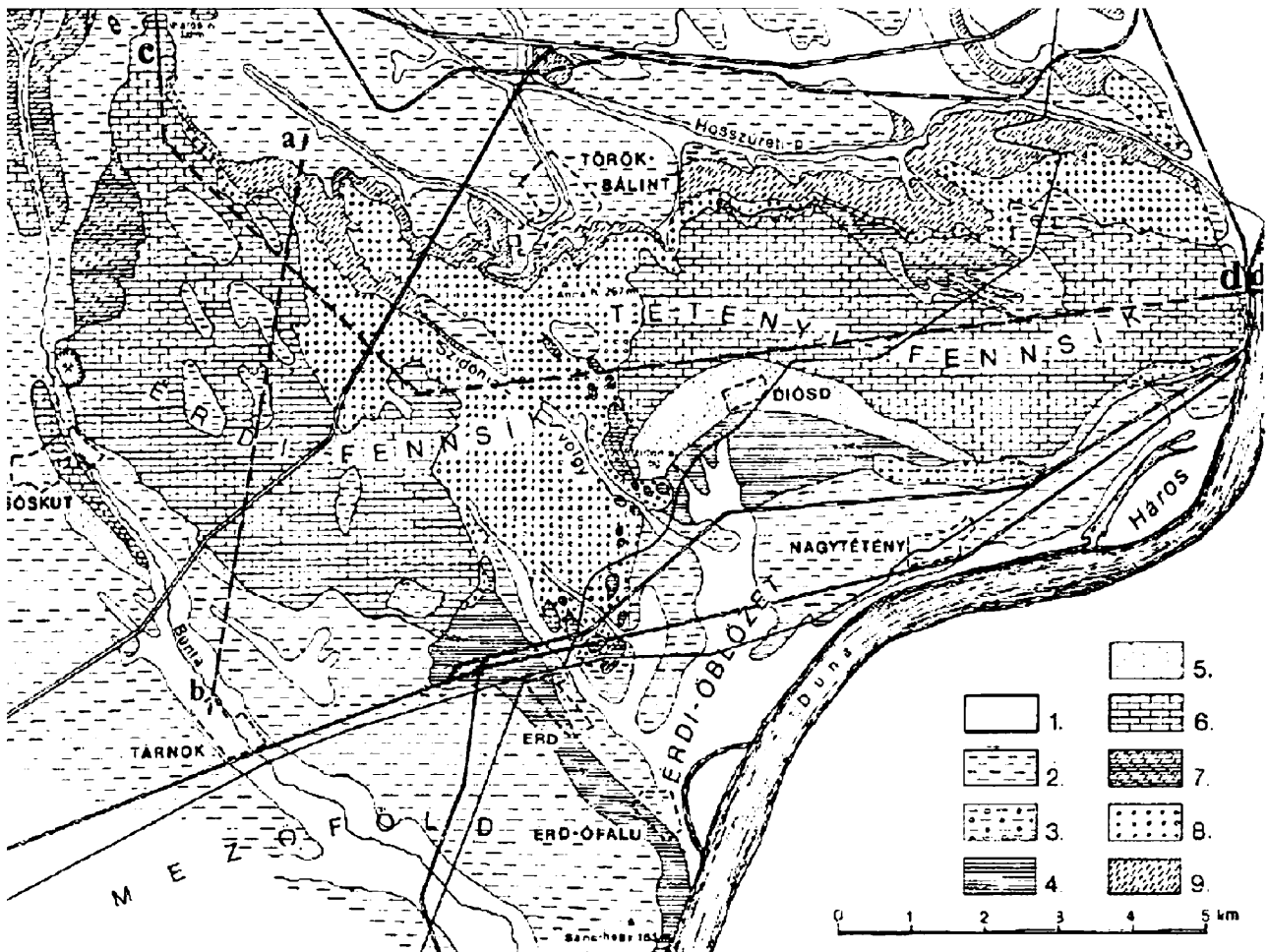
## Bevezetés

A Tétényi-fennsík Budapest DNY-i részén (XXII. kerület), valamint tőle nyugatra helyezkedik el. A terület a legújabb kistájkataszter szerint (DÖVÉNYI 2010) a tagolatlan fennsíkok kategóriájába sorolható kistáj (Dunántúli-középhegység nagytáj, Dunazug-hegyvidék középtáj, Tétényi-fennsík kistáj).

A Tétényi-fennsík a Budai-hegység déli nyúlványa, an-

nak fő tömegétől a Kőér-berek patak völgye (Hosszúréti-patak, Törökbalint) választja el (Budaörsi-medence) (1. ábra).

A kisebb völgyekkel harántolt kopár-száraz Tétényi-fennsíkot É-on a Budaörsi-medence, Ny-on a Biatorbágyi-medence, valamint a Benta-patak határolja, mely Százhalombatta fölött ömlik a Dunába. A fennsík K-i és D-i irányban lankásan ereszkedik le a Duna-völgyébe. A fennsíkot a Hamzsabégyi-erdő–Szidónia-völgy alsó-miocén



**1. ábra.** A Erd-Tétényi-fennsík földtani térképe (SZENTES 1956 után módosítva BALÁZS 1989)

1 – jelenkori (holocén) ártéri üledék (öntésagyag, öntéshomok, iszapos homok stb), 2 – felső-pleisztocén lösz, homokos lösz, löszös lejtőtörmelék, 3 – felső-pleisztocén kavicsos homok (a Duna II. és IV. terasza), 4 – pliocén és felső-miocén (felső-pannoniai) agyag és homok (*Congerina* kagylókkal), 5 – felső-miocén (alsó-pannoniai) homok, kavicsos homok, homokkő, 6 – középső-miocén (szarmata) durvamész-kő, 7 – középső-miocén (badeni) Lajtai Mész-kő, 8 – alsó-miocén (kárpati?, ottngangi és eggenburgi) kavics és homok nagyméretű pectenekkel, 9 – felső-oligocén homok, homokkő, agyag (*Pectunculus obovatus*=*Glycymeris obovata* kagylókkal)

**Figure 1.** Geological map of Erd-Tétényi Plateau (modified by BALÁZS 1989 after SZENTES 1956)

1 – Quaternary flood-plain sediment (alluvial clay, alluvial sand, muddy sand, etc.), 2 – Upper Pleistocene loess, sandy loess, loessal talus), 3 – Upper Pleistocene pebbly sand (terrace No. II. and IV. of Danube), 4 – Pliocene and Upper Miocene (Upper Pannonian) clay and sand (with *Congerina* shells), 5 – Upper Miocene (Lower Pannonian) sand, pebbly sand and sandstone, 6 – Middle Miocene (Sarmatian) porous limestone, 7 – Middle Miocene (Badenian) limestone, 8 – Lower Miocene pebbles and sand with large *Pecten* (Karpathian?, Ottngangian and Eggenburgian), 9 – Upper Oligocene sand, sandstone and clay (with *Pectunculus obovatus*=*Glycymeris obovata* shells)

(homok, kavics) rétegei két, a nyugati sós-kúti („Érd-fennsík”) és a keleti budatétény–diósi („Tétényi-fennsík”) (BALÁZS 1989) részre osztják (1. ábra).

A két blokk köztrétegeinek dőlésirányai eltérnek egymástól, a sós-kúti DNy-ra, míg a budatétény–diósi DK-re mutatnak (2. ábra). Ezt a dőlésirány-változást az utólagos tektonikai mozgások eredményének tulajdonítják (PALOTÁS 1991).

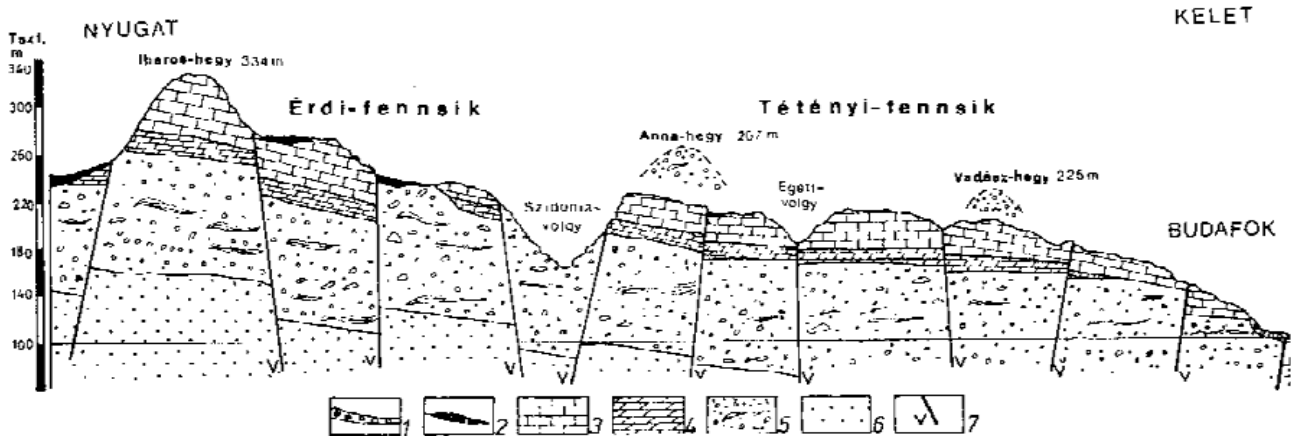
A Tétényi-fennsík erdőtlen mészkőfennsík, 1990 óta természetvédelmi terület, „Natura 2000” területként tartják számon. A terület 39 védett növény és 79 védett állatfajnak ad otthont.

1:50 000 méretarányú földtani térképét, mely az Érd–Tétényi-fennsíkot is ábrázolja (1. ábra).

A Tétényi-fennsík földtani-földrajzi kutatásának történetét részletesen mutatta be BALÁZS (1989), valamint annak miocén–negyedkori felépítésével részletesen BALDI (2003) és CSONTOS (2010) foglalkoztak.

Földtani felépítésében a triász karbonátos alaphegységre (Budaörsi Dolomit Formáció) települő középső–felső-eocén (Kosdi Formáció) és felső-eocén (Szépvölgyi Mész-kő Formáció), majd felső-oligocén (Mányi és Török-bálinti Formációk) találhatóak.

Az alaphegységre és a paleogén rétegsorokra az alsó-



2. ábra. Az Érd–Tétényi-fennsík Ny–Kei túlmagasított földtani szelvénye (c–d vonal az 1. ábrán, BALÁZS 1989)

1 – Duna-kavics (pleisztocén teraszok), 2 – pleisztocén lösz, 3 – középső-miocén, szarmata mészkő (durvamész-kő), 4 – középső-miocén Lajtai Mész-kő, 5 – alsó-miocén kavics és homok, agyapadokkal, 6 – felső-oligocén homok, homokkő és agyag, 7 – valószínűsíthető törésvonalak

Figure 2. West–East vertical exaggerated geological cross section of Érd–Tétény Plateau (c–d line on Figure 1)

1 – Pebbles from Danube (Pleistocene terraces), 2 – Pleistocene loess, 3 – Upper Miocene, Sarmatian limestone (porous limestone), 4 – Upper Miocene limestone, 5 – Lower Miocene pebble and sand with clay pan, 6 – Upper Oligocene sand, sandstone and clay, 7 – possible fault

A fennsík magassága 150–280 m tszf között változik, legmagasabb pontjai a fennsík ÉNy-i részében az Iharos-hegy (334 m), majd alacsonyabban a török-bálinti Anna-hegy (267 m). A fennsík nevezetes látványossága a föld alatti mészkőbányászattól visszamaradt hatalmas „barlangrendszer” (kb. 40 km), amelyet a bányászattól gombatermesztésre, pezsgőgyártásra, borkezelésre-tárolásra, barlanglakásként stb. hasznosítják.

A fennsíkon tanösvény vezet át. A területet jelenleg a rendezetlenség és a (főleg a felhagyott kőfejtőkben) nagy mennyiségű személtérakás jellemzi, ami nagymértékben megnehezíti a földtani feltárások elérhetőségét.

### Földtani felépítés

BEUDANT (1822) elsőként vázolta fel Promontor (mai nevén: Budafok) és Tétény vidékének földtani viszonyait.

SCHAFARZIK (1922) megszerkesztette Érd, Diósd, Tétény és Sós-kút felszíni képződményeinek 1:25 000 méretarányú geológiai térképét, majd PÁVAY-VAJNA (1932–1933) közreadta Budapest és Nagytétény földtani térképét, szintén 1:25 000 méretarányban.

SENTEK (1956) készítette el Budapest és környékének

miocén (kárpáti?–ottnangi–eggenburgi) Budafoki Formáció kavicsos homokja, homokkőve és agyagos homokja (nagypectenese rétegek, ostreás-anomiás homok) települ. A rétegek között a budafoki Sas-hegy keleti lejtőin földes megjelenésű, kvarcban és biotitban gazdag riolittufa-réteg (kb. 16 millió éves, CSONTOS 2010) található, melynek vastagsága akár 12 m is lehetett (FÖLDEVÁRI 1929). BALDI (1958) szerint ez a tufaszint valószínűleg 25–30 m vastag és megfelel a miocén, kárpáti-badeni határán lezajlott vulkáni tevékenységnek. Szerintünk ez a „középső-riolittufának” felel meg.

Következik a badeni lithothamniumos–molluszkás mészkő, majd a transzgressziós jellegű kavicsos mészkő és konglomerátum (Rákosi Mész-kő Formáció = „Felső lajta-mész-kő”).

Erre települ a szarmata rétegsor, a molluszkás agyagmárga, alárendelten homok-homokkő, mézsmárga, vékony bentonitosodott riolittufa betelepülésekkel (Kozárdi Formáció = „Szarmata agyagmárga”).

Ezután következik a biogén, rövid ideig csökkent sós vízi, majd hipersalin, molluszkás, cerithiumos–oolitos, ooidos mészkő, durvamész-kő, kavicsos mészkő, kavicsos homok, bentonitosodott riolittufa beágyazódásokkal (Tinnyi Formáció = „Szarmata durvamész-kő”). A rétegek

vastagsága ezen a területen csak 30–50 m közötti lehet (WEIN 1977, BALÁZS 1989), amelyeket felső-miocén–panóniai és negyedidőszaki üledéksorok követnek.

A Tétényi-fennsík szarmata környezetét tengeri platformnak, illetve platform peremi övnek tekinthetjük, amelyben a zátonyöv is megtalálható. Az egész területen biogén törmelékből álló mészhomokkővet és ooidos kifejlődéseket találunk. Ezekre a szarmata képződményekre jellemző a nagy léptékű, íves kereszttrétegződés, az erős hullámozás, valamint a gyakori viharesemények nyomai. Az egész területre az erős vízmozgatottság volt jellemző (nagy szemcseméret, nagyméretű dűnék, ooidos kifejlődés) (PALOTÁS 1991).

### Kutatástörténet

A szarmata cerithiumos mészkövek porlékony rétegeiben található vékony „biotit-trachittufa” beágyazódásokkal a 19. század vége óta foglalkoztak. Erre először SZABÓ József hívta fel a figyelmet 1879-ben Tétény és Törökbálint vidékén, amely szerinte „zöldes agyaggá mállott”.

A későbbiek során többen foglalkoztak a tufabetelepülésekkel (riolit-, trachit- vagy andezittufának nevezve) és (csak részben) ennek „zöldes színű málladékaival” (SZABÓ J. 1883; HALAVÁTS 1902, 1910; SCHAFARZIK 1914).

A szarmata emelet legalsó részén bontott vagy üde állapotban Magyarország túlnyomó részén végig követhető egy vékony dácittufa betelepülés, amelyet SCHRETER (1923) „felső riolittufának” nevezett.

VENDL (1920, 1938) a tufa anyagát cirkonban bővelkedő biotitos dácittufának tekintette (csekély kvarctartalma miatt közelebb állónak az andezittufához) és ő vizsgálta először a zöld „kövelőszerű” agyagot (steatargillit, azaz montmorillonit). Magyarországon először nevezi bentonitnak ezt az anyagot.

SCHAFARZIK & VENDL A. (1929) a Diós-árokban (Baross Gábor-telep) található kőbányák szarmata mészköveiben 0,16–0,34 m vastag zöldesszürke „kövelőszerű”, szappanos tapintású elagyagosodott biotit-dácittufa betelepüléseket írtak le. Ugyanakkor megemlítik, hogy a Baross Gábor-telep és Érd között több helyen is megtalálható ez az agyagosodott tufabetelepülés. De nem említették ennek az anyagnak az ipari felhasználhatóságát. 1934-ben az Amerikai Egyesült Államokból hazatért KLEIN Elemér a külföldi tapasztalatok alapján felismerte derítőképességét és elkezdte fullerföldként, majd öntődei homok kötőanyagaként alkalmazni.

Később AJTAY (1935), VITÁLIS I. (1936a, b, 1937), VITÁLIS S. (1936a) tanulmányozta a Budafok–Budatétény–Nagyttény környékéről ismert agyagosodott tufalelőhelyeket és azok bányászátát. Diósd és Törökbálint környékén VITÁLIS S. (1936b) néhány cm-es vastagságú dácittufabetelepülést ír le a szarmata mészkövekben. Ebben a térségben többen említették az agyagosodott biotitos dácittufa jelenlétét szarmata mészkövekben (SZALAI 1949, GEDEON 1949, VARIJÚ 1953).

FÖLDVÁRINÉ VOGL (1948) az agyagosodott kőzetben található cirkon értékesítési lehetőségével foglalkozott.

Az 1950-es évekig ezt a nyersanyagot minden megjelent tanulmányban „fullerföld”-nek nevezték. ÁRKOSI & BARNA (1952) szerint a fullerföldök attapulgitot (=paligorszkit) tartalmazó kőzetek. Az irodalmi adatok áttekintése alapján megállapíthatjuk, hogy e nagy múltú kereskedelmi elnevezés egyaránt vonatkozhat montmorillonitos és paligorszkitos agyagokra is, míg a térségbeli előfordulások montmorillonitot tartalmaznak, tehát célszerűbb bentonitként említeni őket.

1950-ig a térségben négy kiemelt területen végeztek fúrásokat e potenciális nyersanyag megkutatására. A fúrások különböző számú, vastagságú és minőségű bentonitréteget harántoltak: Budatétény (11 fúrás, 0,14–0,47 m), Nagyttény (4 fúrás, 0,10–0,30 m), Érd-Ilkamajor (6 fúrás, 0,15–0,60 m) és Sósút (3 fúrás, a 3. sz. fúrásban 0,80 m rossz minőségű) (szn 1950, a fúrások helye azonban nem azonosítható azok koordinátáinak hiányában).

Az elvégzett kutatások alapján megállapítható, hogy a telepek átlagvastagsága Budatéténynél 0,45 m, Nagytténynél 0,65 m (Magyar Állami Földtani Intézet 1956).

SZABÓ I. (1957, 1959) felhívta a figyelmet a fúrásokból ismert gyors fáciesváltozásokra, a bentonitrétegek elhomokosodására, a telepek elvékonyodására és kiékelődésére, sőt hiányára is. Hangsúlyozta a Nagyttény Nt–3 fúrásban található bentonitos rétegek többszörösen áthalmazott jellegét.

1956–1960 között 19 db sekély fúrást (1956: Bt–1–Bt–7; 1959: Bt–8–Bt–11; 1960: Bt–12–Bt–19) mélyítették Budatétény térségében, melyek alátámasztják a fenti megállapításokat. Ugyanis a Bt–8 – Bt–11 fúrásokban és ezektől nyugatra nem jelentkeznek a bentonitosodott tufacsíkok, a badeni összlet is felszínközben található egy tektonikai törésvonal miatt (Csiperke utca mentén, Budapest XXII. kerület). Így a budatétényi bányaterület és a Diós-árok között egy kiemelkedett rész található, amelyben a bentonitos szint már lepusztult.

A szarmata durvamészkőben több bentonitosodott tufaszintet azonosítottak, amelyek egymástól 2–3, sőt 15–20 m-re települnek (VIRÁGH & PANTÓ 1962).

JÁMBOR et al. (1966) hangsúlyozták, hogy a K felé egyre mélyebb szinten elhelyezkedő szarmata bentonitlepek helyzete az ÉNy–DK-i irányú törésvonalak mentén bekövetkezett K-i irányú lépcsőzetes lezökkenést bizonyítja.

A Tököl–1 fúrásban, a Duna bal partján ugyanezek a szarmata bentonitosodott tufacsíkok az erőteljes lezökkenés miatt már 747–755 m mélységben található meg, sőt leírtak a badeniben is egy 30 cm-es sötétzöld bentonitréteget 795,5–795,8 m között (JÁMBOR Áron rétegsora alapján CSICSELY 1969).

Az 1970-es évek elején a sósúti durvamészkőbánya területén 5 kutatófúrást mélyítették, melyek 1–7 biotitos, néha homokos, zöldes–zöldesszürke, többé-kevésbé bentonitosodott tufaszintet harántoltak 0,03–7,90 m vastagságban (NÉMEDI VARGA 1973a, b; TREGLE 1974).

Budatétény–Nagyttény térségében helyenként 3–4 egymáshoz közelfekvő bentonitréteg is előfordul, de csak egy szint volt műrevaló (KISHÁZI 1981).

A Tétényi-fennsík szarmata mészköveinek üledék- és szerkezetföldtani vizsgálatait PALOTÁS (1991) végezte el, és néhány, vékony meszes, bentonitosodott tufabetelepülésről tett említést Sós-kút és Biatorbágy környékén.

JÁMBOR (2010) ismertette a magyarországi szarmata emelet alsó harmadában képződött, az ország nagy területén jelenlévő, korábban „felső riolittufának”, ma többnyire Galgavölgyi Riolittufa Formációnak (HÁMOR 1985) nevezett (egy vagy több, részben belső áthalmozás eredményeképpen) vékony riolácittufa-betelepülés elterjedését, kifejlődési jellegeit és rétegtani jelentőségét. Részletezte a Kelet-Dunántúl–Pesti-síkság területén előforduló Galgavölgyi Riolittufa Formáció többé-kevésbé bentonitosodott szintjeit is (Tétényi-fennsík).

A sós-kúti durvamész-kőbánya ásványvagyonának újra vizsgálata alkalmával a bányaművelés újabb bentonitosodott tufaszintet tárt fel (ZELENKA 2010).

A Tétényi-fennsík ismert bentonit-előfordulásainak rövid genetikai, teleptani és gazdasági jelentőségét KOVÁCS-PÁLFFY et al. (2012a, b), JÁMBOR et al. (2013) mutatták be.

### A Tétényi-fennsík bentonit-előfordulásai

A Tétényi-fennsíkon a szarmata Tinnyei Formáció durvamész-kő-rétegei között, mint azt a fentiekben említettük, több szerző több helyen tett említést a bentonitosodott tufaszintek előfordulásáról Sós-kút–Érd–Budatétény környékén (3. ábra).

Az 1950-es évektől kutatófúrásokat végeztek Budatétény és Nagytétény térségében, amelyek 1–6 bentonitosodott riolittufaszintet harántoltak, 0,05–0,70 m vastagságban a szarmata mészkő rétegei között. Ezek a „telepek” vékonyak és nagyon változó kifejlődésűek, közülük csak egy szint volt műrevaló 0,30–0,70 m vastagságban.

### Budatétény

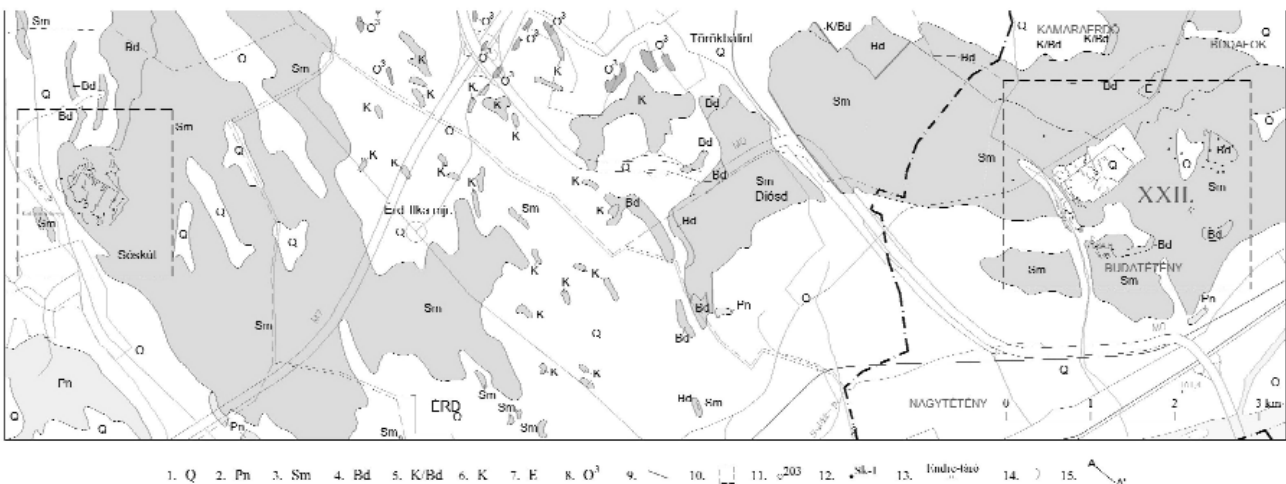
A Budatétényi terület a Tétényi-fennsík K-i részén helyezkedik el 155–195 m tszf magasságban. A földtani kutatás kezdetben a Diós-árok területén 20–40 m-es kézfúrásokkal történt (14 db), melyet bányászati kutatás és feltárás követett mind a Diós-árokban (Endre-, Edit- és István-tárók), mind Budatétényben (4. ábra).

A legtöbb felszíni előfordulás a Baross Gábor lakótelep (Budapest, XXII. kerület) Diós-árok felőli részén található meg a IX. utca, a X. utca, a XI–XII. utcák között a Dónát-hegy déli oldalában, a XIII. utca torkolatánál a Dónát-hegy északi oldalában (Nikolétin-kőfejtő), a XVII–XI. utcák térségében, a Diós-árokban felhagyott bányák (Maloschek-féle villa mellett, Klein-kőfejtő), az Endre-táró és környéke, valamint a balatoni 7-es út bevágásában (VITÁLIS I. 1936a, b, 1937) (5. ábra). Sajnos ezek a lelőhelyek ma már fel vannak töltve szeméttel és sűrű bozót borítja őket.

A szarmata mészköves formációban a miocén vulkáni működés hamuszórásai, valamint ezek többszörös áthalmozása következtében 9 bentonitosodott tufa-beágyazódást ismerünk, a felszíntől számítva 1,00 m (Bt–17 fúrás) és 31,00 m (Bt–18 fúrás, ill. a nagytétényi bánya II. ereszkéje) mélység között. Vastagságuk 0,02–0,80 m között változik. A legtöbb szintet (7–9 db) szintén az említett két fúrás harántolta (6. ábra).

Vízszintesen nem folytonos a bentonitrétegek elterjedése, lencseszerűen, foltokban vagy kivékonyodva jelennek meg. A bentonitosodott biotitos tufa színe zöldessárga, zsíros-szappanos tapintású, eléggé szívós, tömör, jól faragható, biotitban általában gazdag. Törése egyenetlen, darabos, néhol kagylós. Helyenként meszes beszivárgások, mészszipakérgék észlelhetők, amelyek rontják a nyersanyag minőségét.

A bentonitszintek dőlése 4–5°/DK, ebben az irányban helyzetük mélyül és vastagszanak, ÉNy-on a 7-es út mellett

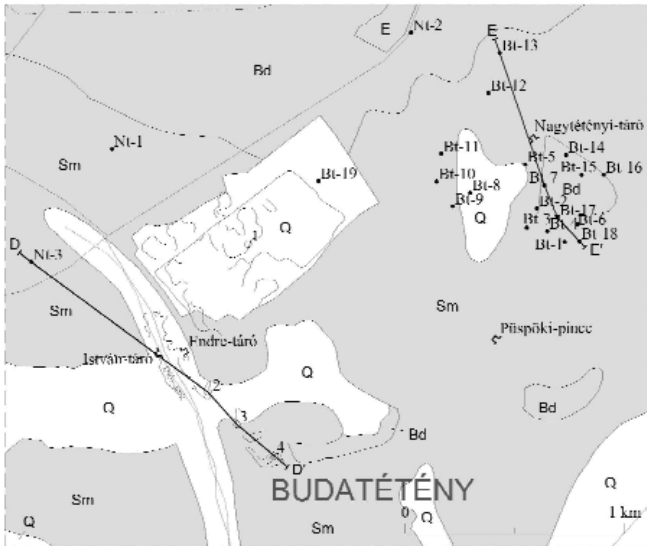


3. ábra. A Tétényi-fennsík egyszerűsített földtani térképe (RAINCSÁK Gy-né 2001 alapján)

1 – negyedidőszak, 2 – pannóniai, 3 – szarmata, 4 – badeni, 5 – kárpáti/badeni, 6 – kárpáti, 7 – eggenburgi, 8 – felső-oligocén, 9 – törésvonal, 10 – kivágat, 11 – feltárás, 12 – fúrás, 13 – bányavágat, 14 – kőfejtő, 15 – földtani szelvény nyomvonala

Figure 3. Simplified geological map of Tétényi Plateau (after Raincsák Gy-né 2001)

1 – Quaternary, 2 – Pannonian, 3 – Sarmatian, 4 – Badenian, 5 – Karpatian/Badenian, 6 – Karpatian, 7 – Eggenburgian, 8 – Upper Oligocene, 9 – fault, 10 – cutting, 11 – outcrop, 12 – borehole, 13 – gallery, 14 – quarry, 15 – line of geological section



4. ábra. Budatétény és környékének földtani térképe (RAINCSÁK Gy-né 2001 alapján)

(Jelmagyarázat I. 3. ábrát)

Figure 4. Geological map of Budatétény and its surroundings (after Raincsák Gy-né 2001)

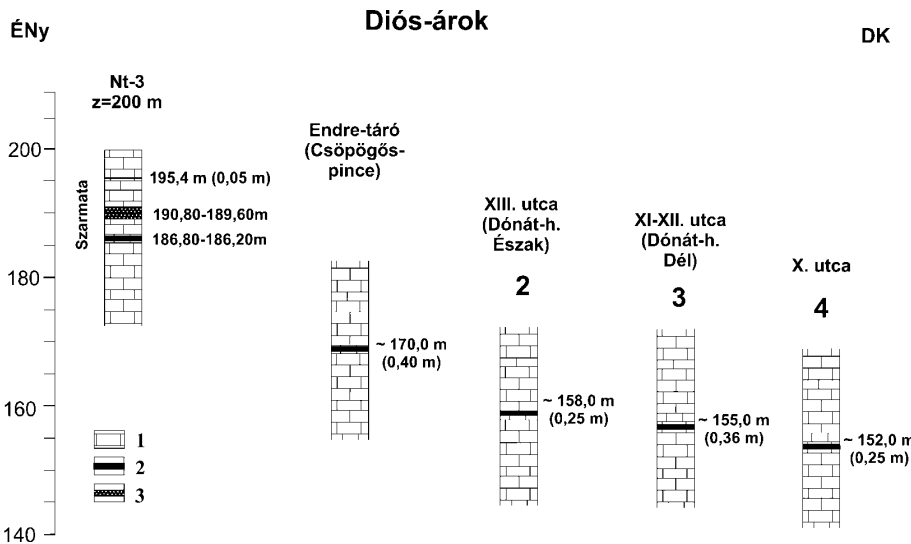
(For legend see Figure 3)

és Ny-on kivékonyodnak, kiékelődnek és elhomokosodnak (SZABÓ I. 1957).

A gombatermesztő Csöpögös-pincében (Endre-táró, Bartók Béla út 165.) feltárt bentonitréteg kb. 0,35–0,40 m vastagságú, közvetlen fektüje és fedője kizárólag a szarmata mészkő (7. ábra).

Itt a bentonit a következő rétegekre tagolódik:

- alsó, sötétzöld, gélszerű, szappanos tapintású kemény bentonit (0,05 m),
- erősen biotitos, enyhén tufahomokos, bentonitosodott tufa (0,15 m),

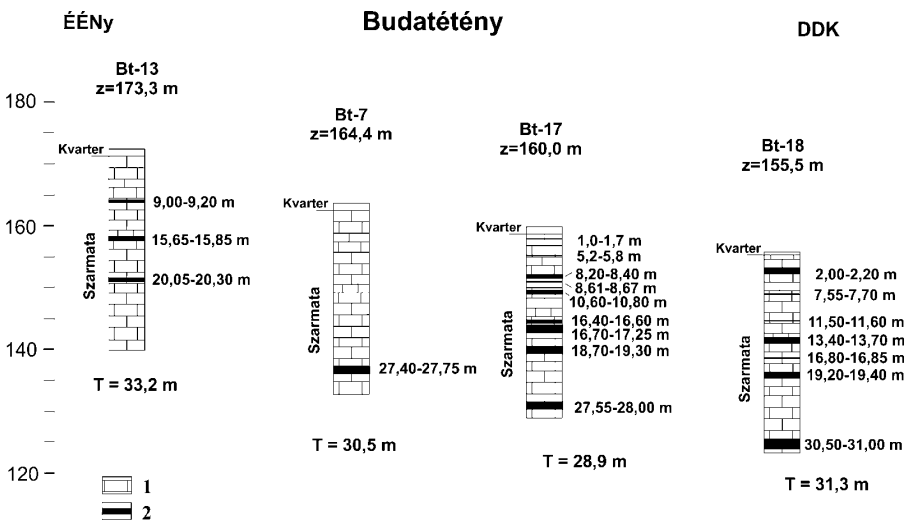


5. ábra. Diós-árok ismert bentonit-előfordulásainak földtani rétegoszlopai (összeállítva VITÁLIS I. 1936 a, b, 1937, SZABÓ I. 1959 adatai alapján)

1 – mészkő, 2 – bentonit, 3 – tufás bentonit

Figure 5. Geological columnar sections on known bentonite occurrences in Diós-árok (composed after VITÁLIS I. 1936 a, b, 1937; SZABÓ I. 1959)

1 – limestone, 2 – bentonite, 3 – tuffaceous bentonite



6. ábra. A budatétényi fúrásokból ismert bentonit-előfordulások földtani rétegoszlopai (összeállítva VIRÁGH & PANTÓ 1962 adatai alapján)

1 – mészkő, 2 – bentonit

Figure 6. Geological columnar sections on known bentonite occurrences in Budatétény based on boreholes (composed after VIRÁGH & PANTÓ 1962)

1 – limestone, 2 – bentonite



7. ábra. A budatényi Csöpögös-pincében található bentonitréteg (Fotó: KOVÁCS-PÁLFFY Péter)

Figure 7. Bentonite strata in the Csöpögös cellar from Budatény (Photo by KOVÁCS-PÁLFFY Péter)

- kevés biotitot tartalmazó, gélszerű bentonit (0,10 m),
- felső, zöldessárga, biotitot tartalmazó, enyhén morzsolékony, tufás bentonit (0,05 m).

Ásványos összetételében a röntgendiffrakciós vizsgálat szerint uralkodóan jelen van a montmorillonit, alárendelten a biotit, kevés a kvarc, és a földpát (I. táblázat).

Az agyagosodott kőzet „álbreccsás”, foltos, rétegzett, vitroklastros tufa, amelyben finomszemű agyagos halmazok,

#### I. táblázat. A Tétényi-fennsík bentonit mintáinak ásványos összetétele (s%)

Table I. Mineralogical composition of bentonite samples from the Tétényi Plateau (wt%) based on X-ray and thermoanalytical investigations

Sorszám	Mintaszám	Montmorillonit	Kaolinit	Klorit	Muskovit	Biotit	Kvarc	Kálföldpát	Plagioklász	Goethit	Kalait	Amorf fázis (opál)
1.	Bt-1 Csöpögös-pince	76	3			11	3					7
2.	Bt-2 Csöpögös-pince	94 (96)				1	ny					5
3.	Bt-3 Csöpögös-pince	83				10	1					6
4.	Bt-4 Csöpögös-pince	78				16	2					4
5.	Bt-5 Csöpögös-pince	93 (93)				1	ny					6
6.	Bt-Püspöki- pince	77 (77)				12	4					7
7.	Sk-Kálvária	60	2			2	7	2	2		21	4
8.	Sk-É-a	48	2		5		8		1	2	29	5
9.	Sk-É-f	85									7	8
10.	Sk-É-I-a	58				3	2				36	1
11.	Sk-192	93				3	1					3
12.	Sk-195	69		3		2	5		2	2	14	3
13.	Sk-D-a (203)	92 (93)				3	1					4
14.	Sk-D-f (203)	80	6			6	2					6
15.	Nt, házi gyűjtemény	86	1		7		2					4

A montmorillonit oszlop értékeinél zárójelben a termoanalitikai vizsgálat által meghatározott montmorillonit-tartalom szerepel. Bt=Budatény, Sk=Sóskút, Nt=Nagy-tétény, É=észak, D=dél, a=alsó, f=felső.

Montmorillonite content based on determined by thermoanalytical investigations in the brackets in the montmorillonite column. Bt=Budatény, Sk=Sóskút, Nt=Nagy-tétény, É=North, D=South, a=lower, f=upper.

horzsakő litoklasztok (200 µm), valamint többgenerációs és több méretű, táblás és lemezes biotit (50–400×100–1000 µm, 4–5%) és felemészített szélű kálföldpát fenokristályok (50–90×100–150 µm) figyelhetők meg mikroszkópban. A felhős, montmorillonit-foltos alpanyagban finomszemű kvarc-kaolinit-illit és vulkáni üvegklastrok (50–100 µm) voltak meghatározhatók.

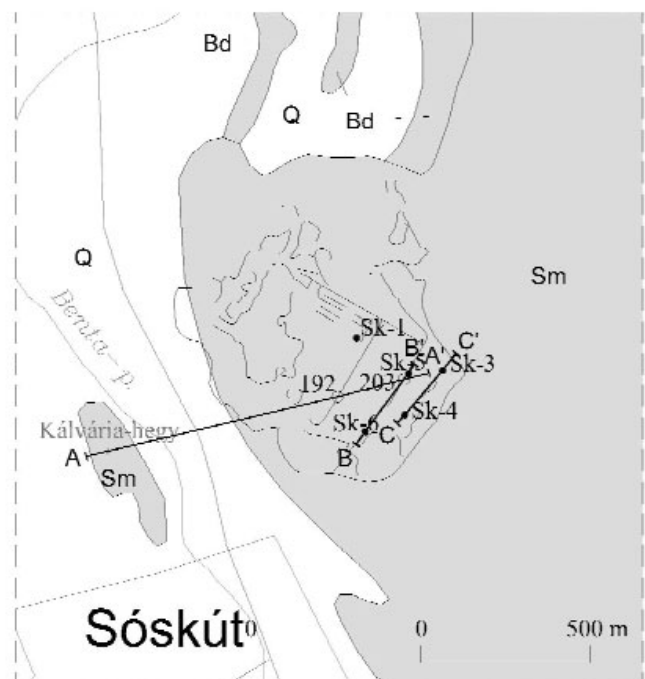
### Sóskút

Sóskút területén több ponton azonosíthatók agyagosodott tufacsíkok (8., 9. ábra):

1. A Kálvária-domb meredek K-i oldalában, a szarmata durvamészköben (PALOTÁS 1991) egy 0,5 m vastag, vízszintesen laminált puha mészsizapból álló réteg található. A réteg fedője alatt 1–3 cm vastag zöldesszürke bentonitosodott tufacsík van jelen, amely montmorillonitot és sok kalcitot tartalmaz (I. táblázat). Az elagyagosodott tufacsík megakadályozta a freatikus vizek mozgását, így az alatta lévő mészsizap cementálódását is (9. ábra).

2. 2–4 agyagosodott tufacsíkot (legfeljebb 2 cm vastagságúak) a Frühwald-mészköbánya (a régi Angol-bánya) É-i és K-i részében azonosítottunk a szarmata durva, keresztreztegetett mészkőben, mely tufacsíkok sok montmorillonitot és sok kalcitot tartalmaznak, de feltűnő a biotit hiánya (I. táblázat).

3. A mai kőbánya alsó udvarában a szarmata, keresztreztegetett, hullámveréses parton képződött durvamészköben található egy kb. 0,35 m vastag bentonitosodott tufa-

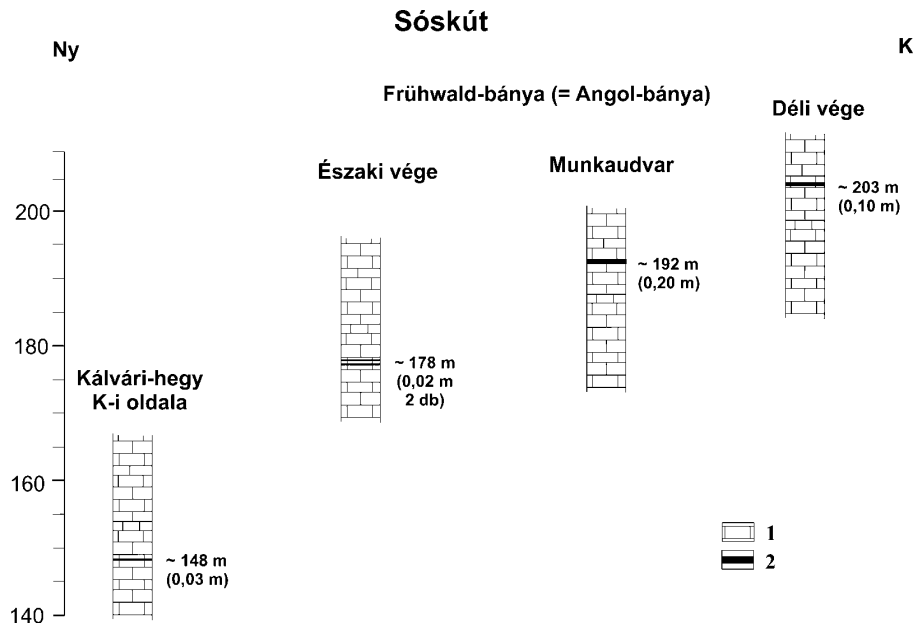


8. ábra. Sóskút és környékének földtani térképe (RAINCSÁK Gy-né 2001 alapján)

(Jelmagyarázat I. 3. ábrát)

Figure 9. Geological map of Sóskút and its surroundings (after RAINCSÁK Gy-né 2001)

(legend on Figure 3)



9. ábra. Sós-kút környékén ismert bentonit-előfordulások földtani rétegoszlopai (saját megfigyeléseink alapján)

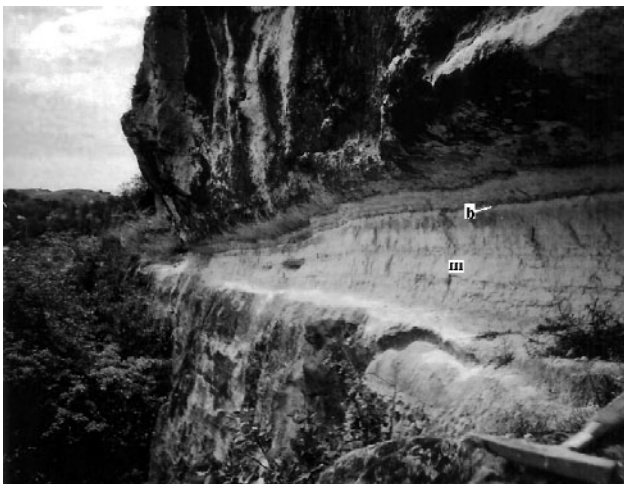
1 – mészkő, 2 – bentonit

Figure 9. Geological columnar section on known bentonite occurrences in Sós-kút (after Author's observations)

1 – limestone, 2 – bentonite

csík (Sk–192), melyben sok az aprószemcsés biotit (10. ábra). A kőzet sárgás–zöldesfehér, finom–középszemű mikropelites–mikrorétegzett, zsíros, enyhén morzsolódó kőzet, erősen agyagosodott alapanyaggal (kb. 90%), amelyben agyagásványosodott horzsakő-klasztok (200–400×400–1200 µm) mellett biotit, amfibol, kvarc, földpátok, cirkon stb. található.

4. A kőbánya aktív udvarában (Sk–195), majd D-i végének a tetején (Sk–203), szintén a szarmata, keresztarétegzett durvamészkkőben 0,03, illetve 0,10 m vastag réteget alkot a bentonit, ez utóbbinak felső része (0,05 m) barnás színű, kissé morzsalékony tufás, alsó része (0,05 m) pedig zöldes színű, biotitban gazdag kőzet (11. ábra).



10. ábra. Bentonitos tufacsík a mésziszap fedőjében (Sós-kút, Kálvária-domb)  
b: bentonit, m: mésziszap

Figure 10. Bentonitic tuff band covering the lime mud (Sós-kút, Kálvária Hill)

b: bentonite, m: lime mud

A bánya területén hat sekély fúrás mélyítették a bányászható mészkő továbbkutatása céljából, ezek a fúrások is harántoltak több bentonitosodott szintet, különböző vastagságban (TREGELE 1974, ZELENKA 2010) (12. ábra). Szerintünk a valóságban ezek vastagsága sokkal kisebb a leírásban megadottnál, s minőségük sem fogadható el, ugyanis csak egyetlen ásványtani vizsgálat állapítja meg a montmorillonit uralkodó jelenlétét kevés illit mellett (Sk–3: 55,80–55,85 m), méregzöld, kagylós törésű, meszes hárttyákkal átszótt bentonitrétegben (Sk–3: 55,60–57,60 m).

A keresztarétegzett mészkőpadok közötti bentonitos tufacsíkok 12–30°/DNy dőlésűek.

Sós-kút szélén a Marczinkovics-féle ház mögött egy, ma már elérhetetlen feltárás volt, amelyben 3 bentonitosodott tufaszintet említett VITÁLIS I. (1936b, 1937) 0,12–0,23 m vastagsággal.

### Biatorbágy

1. A Nyakas-kő feltárásaiban (Gomba-szikla) egy 0,5 m vastag, tömör, cementálatlan mésziszapréteget ismertett PALOTÁS (1991), amely a durvamészkkőbe települ. Felső részében, helyenként vékony zöld színű, valószínűleg bentonitos agyagcsík látható.

2. Bia község határában VITÁLIS I. (1936b) említett egy 0,8–1,0 m vastagságú bentonitosodott tufaréteget, melyet kútásás során találtak.

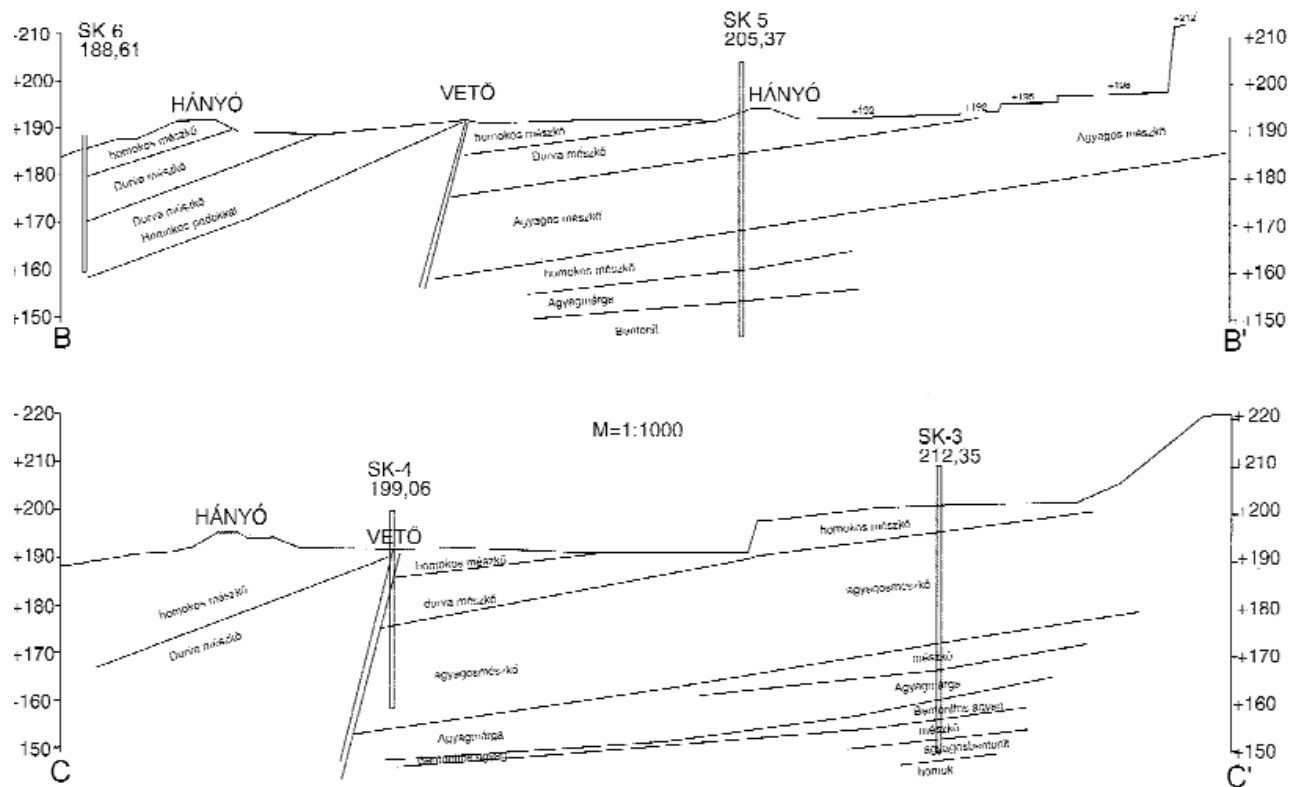
### Érd

1. Érd-felső vasútállomástól ÉÉNy-ra (140 m magassági pont ÉK-i oldalában) egy 10 cm vastag, zöld bentonitréteg található, közvetlenül a cerithiumos durvamészkkő alatt





11. ábra. A Frühwald-bánya két bentonit rétege, fenti két fotó az Sk-192 rétegről a hullámveréses, parti övezetből és a lenti két fotó az Sk-203 rétegről  
 Figure 11. Two bentonite strata in Frühwald mine. Upper pictures: Sk-192 bentonite stratum from beach environment, lower pictures: Sk-203 bentonite stratum



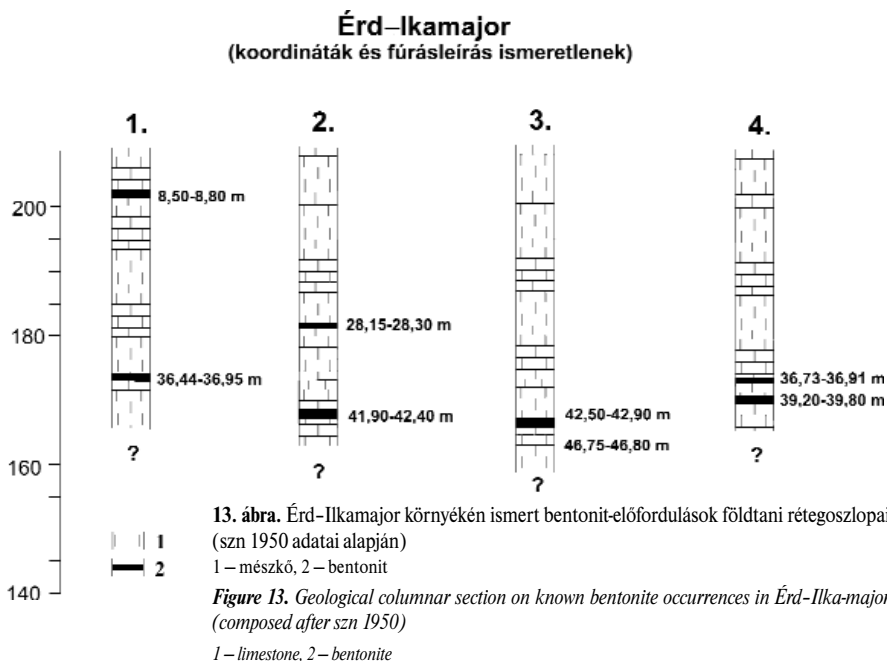
12. ábra. A sóskúti mészkőbánya bentonitosodott tufaszintjeit ábrázoló szelvények (ZELENKA 2010)  
 Figure 12. Cross sections of the bentonitic tuffs from limestone quarry in Sósút (ZELENKA 2010)

(BÁLDI 1958). Ez a kőfejtő ma már fel van töltve, nem érhető el (BÁLDI 2003).

2. Érd-Ilkamajor területén (a Hamzsabégi erdő DK-i részében) az 1950-es évek elején mélyítettek 6 db sekély fúrást (szn 1950), amelyekből 4 fúrás 2–2 bentonitosodott réteget harántolt, ezek vastagsága 0,16–0,60 m között változik (13. ábra).

léső és kiértékelésű Derivatograph-PC szimultán TG, DTG, DTA készülékekkel (MFGI), korund tégelyben, 1000 °C-ig 10 °C/perc felfűtési sebességgel és Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inert anyaggal készültek.

A mikromineralógiai, infravörös spektroszkópiás és mikropaleontológiai vizsgálatokat az MFGI munkatársai végezték.



### Egyéb területek

Hasonló többé-kevésbé bentonitosodott tufakibúvá-sokat említettek:

1. Törökbálinton a porlómész-kő-padok között vékony, zöldes agyaggá állott „biotit-trachyttufa” réteget azonosítottak (SZABÓ J. 1879).

2. Diósd és Törökbálint környékén VITÁLIS S. (1936b) néhány cm-es vastagságú dácittufa betelepülést ír le a szarmata mészkövekben.

3. A budafoki Törley mauzóleum mögötti Udvarhegyen, a Sas-hegy északi oldalában és a Tompa utca és a Csipkebogyó utca környékén. Rezorbeált kvarcsczemcséket és sötétbarna, ill. fekete, állhatszöges biotitkristályokat tartalmaznak (KÖRMENDY 2005).

### Ásványtani vizsgálatok

#### Vizsgálati módszerek

A röntgendiffrakciós vizsgálatokat (RTG) számítógépes vezérlésű és kiértékelésű Philips PW 1730 diffraktométerrel végeztük (MFGI) a következő felvételi körülmények között: Cu antikatód, 40 kV és 30 mA csőáram, grafit monokromátor, goniométersebesség 2°/perc.

A termoanalitikai vizsgálatok (TA) számítógépes vezér-

Mikroszkópos vizsgálatokat a Miskolci Egyetemen készítettünk.

Raman-spektroszkópiai mérésekre az Eötvös Loránd Tudományegyetemen került sor a TTK Központi Kutató- és Műszercentrum Raman-laboratóriumának HORIBA JobinYvon LabRAM HR típusú berendezésével. A szeparált ásványszemcséket 632,8 nm-es lézerefénnyel gerjesztettük (a mintára eső teljesítmény kb. 10 mW), a szórt fény detektálása 50 μm-es konfokális apertúra és 600 vonal/mm-es optikai rács alkalmazásával történt, így a spektrális felbontás kb. 2,3 cm<sup>-1</sup> volt.

A teljes kémiai elemzések a MFGI Kémiai laboratóriumában LiBO<sub>2</sub> feltárással, induktív csatolású plazma atom-emissziós spektrometriás módszerrel készültek, JY 70 szimultán-szekvenciális ICP emissziós spektrométer segítségével.

Duzzadó- és kationcsereképesség meghatározás az MTA–TTK Anyag- és Környezetkémiai Intézetében, míg a fajlagos felület mérések a BME Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszékén készültek.

A fentiekben ismertetett bentonitosodott tufaelőfordulásokon végzett saját új vizsgálataink eredményei mellett a hajdani Magyar Állami Földtani Intézet laboratóriumaiban készült ásványtani vizsgálatokat (röntgendiffrakció, termoelemzés, infravörös spektroszkópia, mikroszkópia), és az irodalomban említett vizsgálati eredményeket is bemutatjuk.

A Tétényi-fennsík fent ismertetett, és még ma is elérhető lelőhelyeiről származó, általunk gyűjtött minták ásványos összetétele az I. táblázatban található.

Saját vizsgálataink, valamint az irodalmi adatok alapján a következő ásványok találhatóak a felső bentonitosodott tufa mintáiban:

1. A montmorillonit az uralkodó ásvány, mikroszkóp alatt zöldes színű, apró pikkelyes vagy rostszerű halmazokat alkot (VENDL 1938).

Elektronmikroszkópos vizsgálatok alapján kimutatható, hogy a bentonit pehelyszerű (14. ábra), de a montmorillonitrészecskék nagyobb része méhsejtszerű állhatóságos agglomerátumokat képez (ÁRKOSI & BARNA 1952).

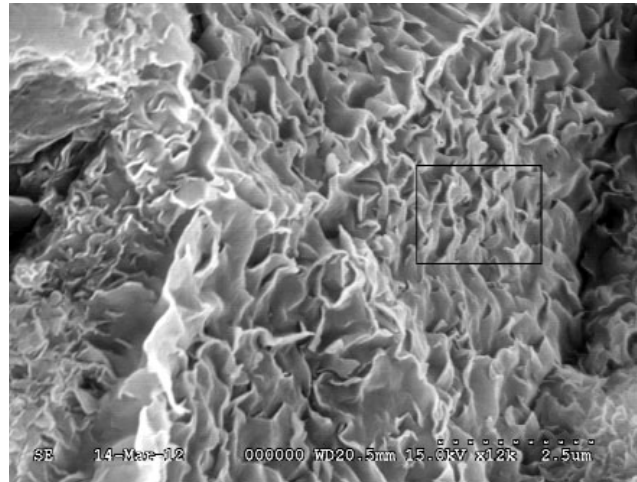
Röntgendiffrakciós vizsgálataink alapján a montmorillonit mennyisége 48–94%, erős, nagy intenzitású 001 bázisreflexiókat mutat,  $d_{001}$  értéke 14,830–15,785 Å között változik,  $Hb_{001}=0,91-1,28^{\circ}2\theta$ ,  $d_{060}$  értéke 1,491–1,501 Å (15. ábra).

A  $<2 \mu\text{m}$  agyagfrakcióban a montmorillonit erősen feldúsul (91–99%), a bázisreflexió félértékszélessége kezdetlen állapotban  $Hb_{001}=0,88-1,12^{\circ}2\theta$ , etilénlikolos kezelés (gőzben) után  $Hb_{001}=0,84-0,88^{\circ}2\theta$ , v/p értéke 1,00–1,04, a  $d_{001}$  értéke 16,873–17,185 Å-ra duzzad.

2. Kis mennyiségben kaolinit is megtalálható a mintákban (0–6%).

3. A kvarc mennyisége nyom–8%, néha rezorbeált szemcséket is találni (KÖRMENDY 2005).

4. A földpátok (káli-földpát és plagioklász) nagyon kis mennyiségben (2–3%) határozhatók meg a sóskúti Kálvária-domb és a Frühwald-bánya alsó bentonitcsíkjában, ezek helyezkednek el rétegtanilag egymáshoz képest a legközelebb (10–15m).



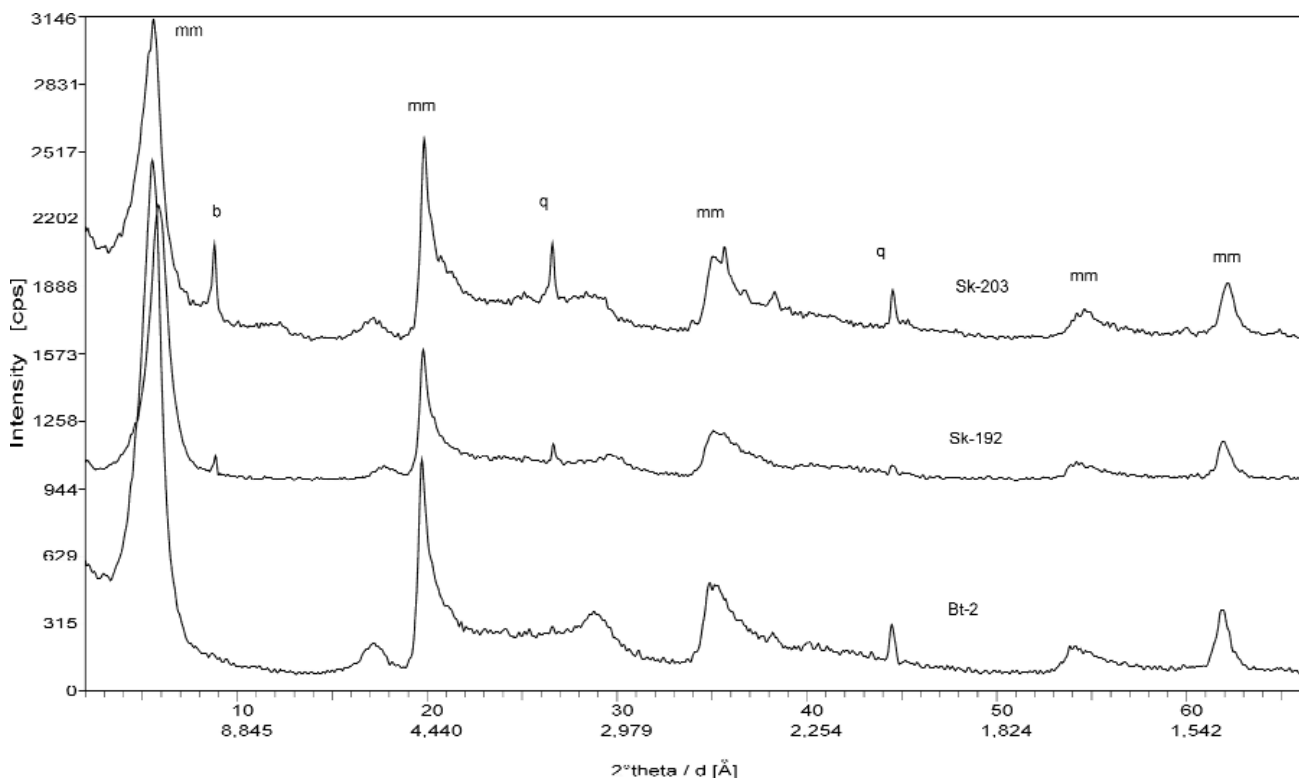
14. ábra. A montmorillonit „méhsejt”-szerű megjelenése (Budatétény, Csöpögőspince, elektronmikroszkópos felvétel, Debreceni Egyetem)

Figure 14. Honeycomb-like texture of montmorillonite (Budatétény, Csöpögőscellar, SEM micrograph, University of Debrecen)

5. A biotit sötétbarna, ill. fekete, szabályos hatszöges kristályok alakjában jelenik meg, ezt korábban többen is vizsgálták (100–1000  $\mu\text{m}$  méretűek, VENDL 1920).

6. Néhány mintában muszkovit, klorit és goethit is kimutatható volt.

7. Cirkon: rózsaszínű, teljesen átlátszó, 50–300  $\mu\text{m}$  hosszú és 20–100  $\mu\text{m}$  széles prizmákként, vagy zömök kristályok szilánkjaiaként (gyakori) fordul elő (16. ábra).



15. ábra. A vizsgált bentonitok röntgendiffraktogramjai

Bt-2: Budatétény, Sk-192, -203: Sóskút; mm = montmorillonit, b = biotit, q = kvarc

Figure 15. X-ray diffraction patterns of investigated bentonites

Bt-2: Budatétény, Sk-192, -203: Sóskút, mm = montmorillonite, b = biotite, q = quartz

16. ábra. Rutilzárványos cirkonkristályok a budatétényi Csöpögös-pince bentonitjában (fotó: TÓTH László)

Figure 16. Zircon crystals with rutile inclusions in the bentonite from the Csöpögös cellar (Budatétény) (Photo by László Tóth)

Először SCHAFARZIK (1914) tett róla említést. Részletes vizsgálati eredményeket közölt VENDL (1920). FÖLDVÁRINÉ VOGL (1948) vizsgálatai alapján a kőzet 0,014–0,016%  $Zr_2O_3$ -t tartalmaz. (A földkéreg magmás kőzeteinek átlagos Zr-tartalma 0,024%).

8. Fekete színű ércszemcsék illetve zárványok biotitban (titanban gazdag magnetit) (VENDL 1920).

9. Apatit: színtelen vagy zavaros, mikrométeres nagyságú, hosszúkás prizmák, vagy éppen hatszöges, koptatott táblák és amfibol is előfordul (VENDL 1920).

10. Előfordul kalcit is a beszivárgó oldatokból történő kicsapódás eredményeként.

11. Említették még a cristobalit jelenlétét is (VIRÁGH & PANTÓ 1962, DORMÁN et al. 1987, PÜSPÖKI et al. 2005), de az általunk vizsgált mintákban egyáltalán nem volt azonosítható ez az ásvány (I. táblázat).

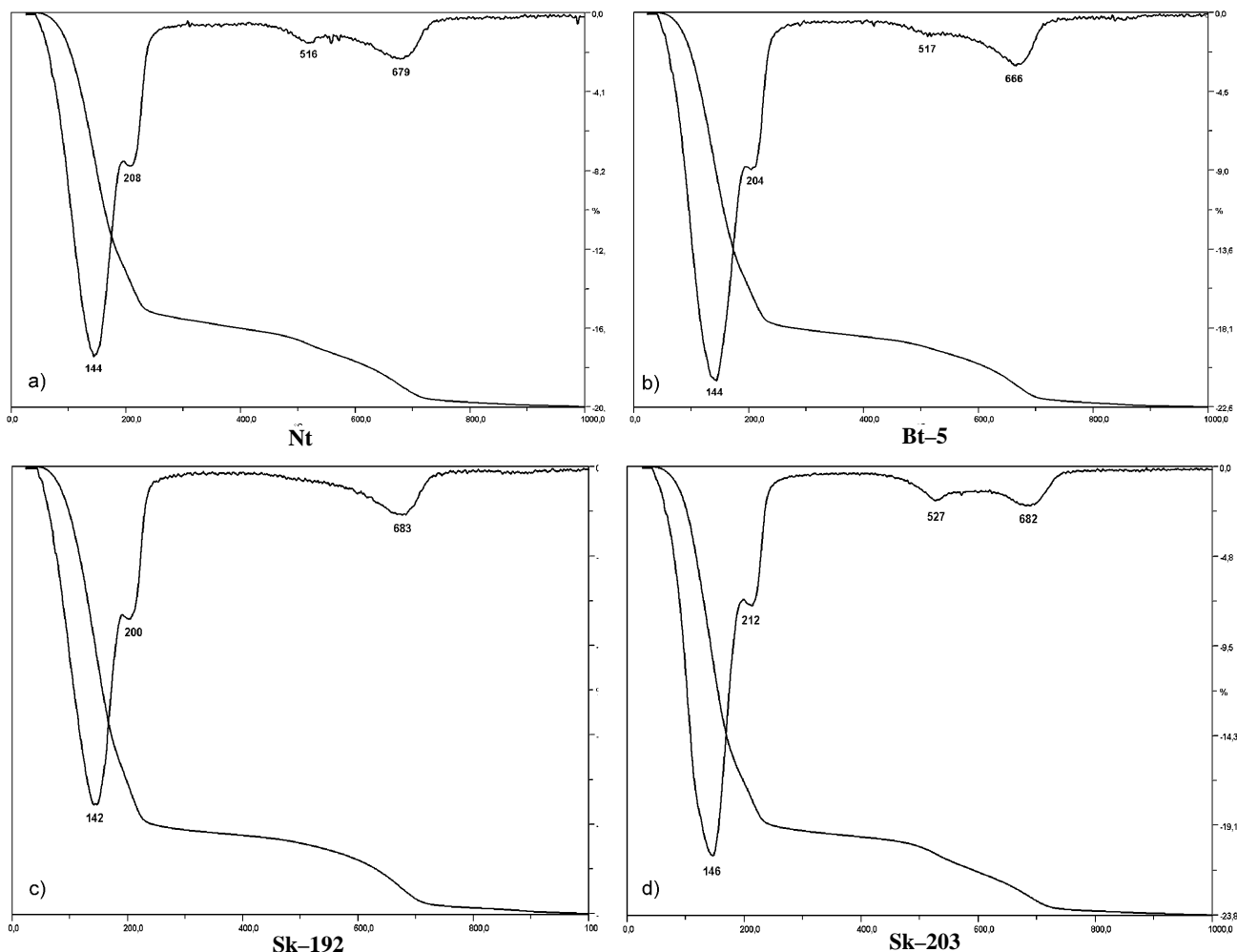
Az esetenként fellépő nagy mésztartalom a bentonitnál minőségi problémát okozott.

A fedő szarmata durvamészke mindig tartalmaz bio-



titot. Közvetlenül a telepek fölött 5–10 cm vastagságban krétaszerű, rétegebb és keményebb szint azonosítható. Ahol vastagabb a fedőréteg, ott vastagabb a telep is.

A Nagytétény–Budatétény lelőhelyű bentonitminták termoanalitikai vizsgálata alapján megállapítható, hogy a rétegek közötti tér Ca-montmorillonitot tartalmaz, melyet két dehidroxilációs csúcs jellemez. A nagyobb méretű, magasabb hőmérsékletű reakció (cisz vakanciás oktaédes pozí-



17. ábra. A vizsgált minták derivatogramjai

Figure 17. Thermoanalytical curves of investigated samples

ció) 665–680 °C közötti csúcshőmérséklettel jelentkeznek, míg a minden esetben kisebb, alacsonyabb hőmérsékletű (transz vakanciás oktaédes pozíció) dehidroxilációs folyamat csúcshőmérséklete kb. 515–518 °C-nál van (17. ábra Nt, Bt–5).

A Sós-kútról származó két vizsgált minta kissé különbözik egymástól. Mindkét minta Ca-montmorillonitot tartalmaz, de az Sk–192 mintára egy magas hőmérsékletű dehidroxilációs reakció jellemző (683 °C), míg az Sk–203 minta 682 °C-os dehidroxilációs reakcióján kívül 527 °C-os csúcshőmérséklettel egy alacsonyabb hőmérsékletű dehidroxilációs csúcs jelentkezik, ami az előzőkhöz hasonlóan transz vakanciás oktaédes pozíció (mállás) vagy vas beépülését jelezheti (17. ábra, Sk–192, Sk–203).

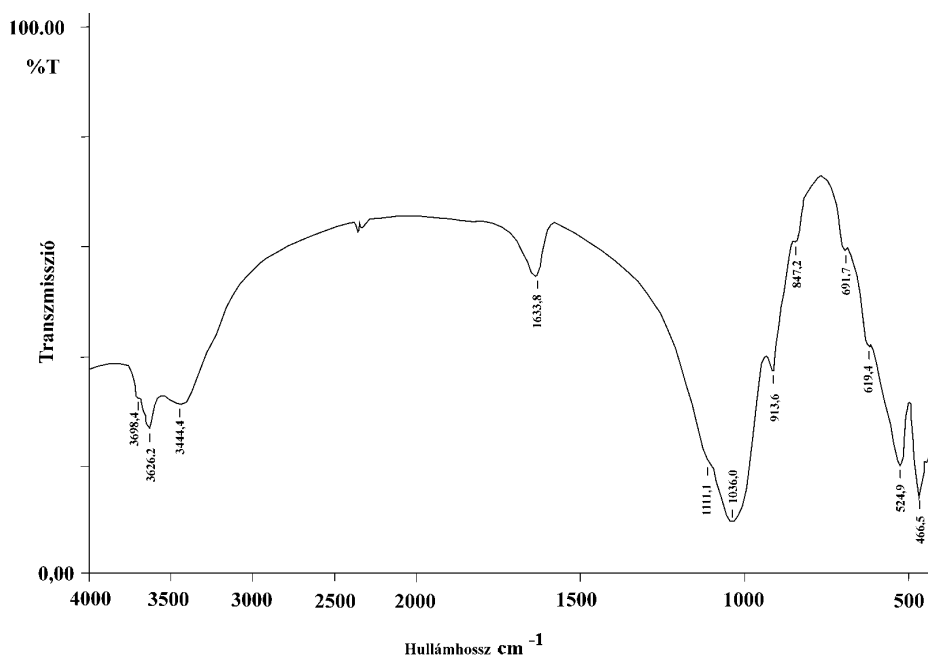
## II. táblázat. A vizsgált minták infravörös spektroszkópiás adatai (cm<sup>-1</sup>)

Table II. Infrared spectroscopic data (cm<sup>-1</sup>) of the investigated samples

1.	2.	3.	mm (cm <sup>-1</sup> )	A sávok értelmezése
3698,4				kaolinit OII vegyértékrezgési sáv
3626,2	3620	3620	3620 3670	OII vegyértékrezgési sáv
3444,4	3350	3380	3430	A ILO OII vegyértékrezgési sáv
1633,8	1620	1620	1650	A ILO OII deformációs rezgési sáv
1111,1			1110–1045	Si-O vegyértékrezgési sáv
1036,0	1020	1030		Si-O vegyértékrezgési sáv
913,6	900	905	920	Al-OH deformációs rezgési sáv
			885	Fe, Al-OH deformációs rezgési sáv
847,2		845	840–855	Al, Mg-OH vegyértékrezgési sáv
524,9	510	520	525	Si-O deformációs rezgési sáv
			470	Si-O deformációs rezgési sáv
466,5	450	460	440	Si-O deformációs rezgési sáv

1. Budatétény Bt–2 2µm (Perkin Elmer), 2. Budatétény bentonit eredeti Nr. 5. felvétel (Specord), 3. Nagytétény bentonit eredeti Nr. 17. felvétel 480. (Specord).

2. Budatétény, sample No. 5 original (Specord), 3. Nagytétény, Sample No. 17 original (Specord, registration number: 480).



18. ábra. A Bt–2 minta infravörös spektroszkópos felvétele

Figure 18. Infrared spectrum of sample Bt–2

Infravörös spektroszkópiás felvételeken a montmorillonitnak megfelelő fontosabb sávok azonosíthatók (18. ábra, II. táblázat).

## Mikromineralógiai vizsgálatok

A korábbi mikromineralógiai vizsgálatok (Sós-kút Sk–4: 49,00–49,10 m) szerint nagy többségben vannak jelen metamorf ásványok (69%: gránát, epidot, kianit, turmalin, zoisit, rutil), kevesebb magmás (14%: kvarc, muszkovit, biotit, ortoklász, plagioklász, diopszid, ilmenit, magnetit stb.) és epigén eredetű (17%: limonit, kalcit) ásvány mellett (NÉMEDI VARGA 1973a, b).

Saját vizsgálataink szerint a budatétényi és sós-kúti bentonitok 0,2 mm-nél nagyobb frakcióját elsősorban agyagos és limonitos-agyagos bontott szemcsék, valamint biotit alkotja. A sós-kúti és a Bt–1 mintákban az agyagos szemcsék, a Bt–2 mintában a limonitos-agyagos szemcsék, a többi mintában pedig a biotit túlsúlya jellemző, amelynek mérete általában eléri az 1 mm-t. Néhány kvarc, földpát, ilmenit (Sk–192, Sk–203) és cirkon (Bt–2) szemcse, valamint foraminiferák (Sk–192, Sk–203, Bt–1, Bt–3), szivacsstűk (Bt–5), szenesedett növénymaradványok (Sk–192, Sk–203, Bt–4) és barna gyökérmaradványok (Sk–192, Sk–203, Bt–2, Bt–Pp) is előfordulnak.

A minták 0,06–0,2 mm-es frakciójában a nehézásványok részaránya bromoformos leválasztás után 9,6–54,3 tömeg % között változik (III. táblázat). A Bt–4 minta rendelkezik a legkisebb nehézásvány-tartalommal, valamint a sós-kúti és a Bt–1 minták is viszonylag kevés nehézásványt tartalmaznak. A fekete vagy szürkésfekete színű nehézfrakcióban a Bt–5 minta kivételével a biotit dominál (65–88 db%), de apatit, ilmenit, magnetit, cirkon, limonit, leukoxén és rutil is

## III. táblázat. A vizsgált bentonitok könnyű és nehézásványai

Table III. Light and heavy minerals of the investigated bentonites

Minta	Nehézásvány-tartalom tömeg-%	Nehézfrakció összetétele (db%)										Könnyűfrakció összetétele (db%)									
		Biotit	Apatit	Cirkon (színtelen)	Cirkon (rózsaszín)	Cirkon (sárgás)	Rutil	Ilmenit-magnetit	Limonit	Leukoxén	Összesen	Biotit	Agyagos bontott szemese	Limonitos-agyagos bontott sz.	Kvarc	Plagioklász	Bontott földpát	Közetüveg	Kalcit	Foraminifera maradvány	Összesen
Sósikút, SK-192	21,28	64,9	28,1	2,8	x			0,9	2,3	0,9	99,9	39,7	45,5	13,7	0,6	0,3	0,2	?			100,0
Sósikút, SK-203	12,64	67,8	22,1	3,8	1,4			1,2	2,9	0,8	100,0	18,9	55,8	6,1	3,0	x	2,3			13,9	100,0
Budatétény, Bt-1	18,98	87,9	0,8	3,8	0,4	x	0,4	3,3	2,9	0,4	99,9	22,2	57,9	18,4	1,2		x			0,4	100,1
Budatétény, Bt-2	36,32	66,7	4,4	1,1	0,8		0,4	16,7	7,9	2,0	100,0	64,8	23,8	8,4	1,0	0,5	0,5	0,8			99,8
Budatétény, Bt-3	54,26	84,1	2,8	0,5	x			11,7	0,5	0,5	100,1	82,4	0,0	0,0	2,1	0,8	10,7			4,0	100,0
Budatétény, Bt 4	9,57	83,9	1,4	0,7	0,7			7,7	5,6	x	100,0	8,8	84,3	6,4	0,4	x					99,9
Budatétény, Bt 5	41,42	19,3	44,6	3,3	1,5		0,4	18,9	10,8	1,1	99,9	91,3	2,9	0,0	3,9	1,0	0,9		x		100,0
Budatétény, Püspöki-pince (Bt-Pp)	49,39	85,6	5,5	0,8	0,4			6,7	1,2	x	100,2	24,9	73,3	1,1	0,3		0,4				100,0

előfordul. A biotit sötétbarna, barna, ritkán zöldesbarna színű (Bt-1, Bt-2), általában üde, vagy kissé bontott, és minden mintában előfordul több-kevesebb szép álhatszögös lemezkéje is. A Bt-5 mintában „rojtos” szegélyű biotitok is vannak. Az apatit színtelen, víztiszta, kevés egyenetlen felszínű, vagy fogazott végű visszaoldott szemcséje is akad minden mintában. A cirkon színtelen, vagy rózsaszín, néha sárga színű (Bt-1), zömök vagy nyúlt. A színtelen cirkonszemcsék szinte zárványmentesek, a rózsaszín és sárga szemcsék viszont sok és főleg tús rutilzárványt tartalmaznak. Az ilmenit és a magnetit gyakran szemcsés felszínű, az ilmenit (és ilmenit-magnetit) álhatszögös és rezorbeált, a magnetit néha oktaédres (Bt-2, Bt-4) megjelenésű. Megállapítható, hogy minden mintában több az ilmenit, mint a magnetit. A rutil sötétbarna, barna. A Bt-Pp mintában sok az egyenetlen, oldott felszínű nehézásványszemcse.

A minták könnyűfrakciójában az agyagos bontott szemcsék (Sk-192, Sk-203, Bt-1, Bt-4, Bt-Pp) vagy a biotit (Bt-2, Bt-3, Bt-5) a leggyakoribb. Az előbbieket részaránya eléri a 84 db%-ot (Bt-Pp), a biotit a 91 db%-ot (Bt-5). A biotit, amelynek a sűrűsége 2,7–3,3 g/cm<sup>3</sup>, ritkán jelenik meg ilyen nagy gyakorisággal a 2,89 g/cm<sup>3</sup> sűrűségű bromoformmal leválasztott könnyűfrakcióban, de már VENDL (1920) is ugyanezt tapasztalta a Kistétényről vizsgált biotitos dácittufa ásványainak szeparálásakor.

A könnyűfrakcióban előfordulnak még limonitos-agyagos bontott szemcsék, legtöbb a Bt-1 és a Sk-192 mintákban, valamint kevés kvarc, földpát, közetüveg (Bt-2, Sk-192?), kalcit (Bt-5), és foraminiferamaradványok (Sk-203, Bt-1, Bt-3). Az agyagos, ill. limonitos-agyagos, bontott szemcsék között minden mintában (kivéve Bt-5) akadnak rostos-szálas szerkezetűek is, amelyek az eredeti horzsakőszemcsék szerkezetét őrzik. A biotit könnyűfrakcióba került kisebb sűrűségű változatai fekete-sötétbarna, barna, világosbarna, szürkésbarna, sárgásbarna, zöldesbarna, vagy zöld színűek, néha

limonitfoltosak. A kvarc színtelen, víztiszta, legtöbbször szabálytalan szögletes, de néhány hexagonális bipiramisos (Sk-192, Bt-3, Bt-5), valamint rezorbeált (Sk-192), ill. gömbölyű (Sk-192, Bt-5, Bt-Pp) kristálya is akad. A földpátokat főként neutrális és részben savanyú plagioklászok alkotják, egy részük bontott. Ikerlemezes (Bt-3) és zónás (Bt-2, Bt-3) plagioklász is előfordul.

A vizsgált bentonitok a mikromineralógiai vizsgálat alapján dácittufa, riodácittufa átalakulásával keletkezhetnek, amit jelen vizsgálat is alátámaszt. Az agyagos és limonitos-agyagos bontott szemcsék közetüveg, ill. horzsakő elbontott maradványai lehetnek. A sósikúti minták és a Bt-5 minta egymáshoz hasonló, és a többi mintától kissé eltérő nehézásványos összetételű. (A Bt-5 minta nehézfrakciójában ugyan kevés a biotit, de összességében mégsem kevés, mivel a sűrűsége miatt a könnyűfrakcióba került.)

## Raman-spektroszkópia

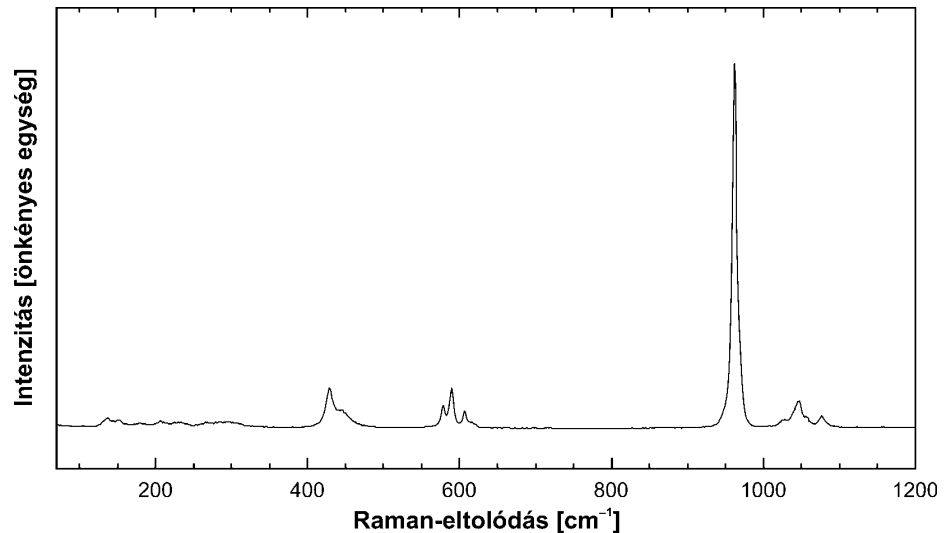
A budatétényi Bt-3 és Bt-Pp jelű minták 0,06–0,2 mm-es nehézásvány-frakciójából kiválogatott apatitszemcsékről készített, jellemző Raman-spektrum a 19. ábrán látható.

## Geokémia

Az általunk feldolgozott 12 bentonitminta kémiai vizsgálati eredményeit (főkomponensek) a IV. táblázatban mutatjuk be.

Az izzítási veszteség 7,68–16,21% között változik, amely a nagyfokú agyagásványosodást támasztja alá.

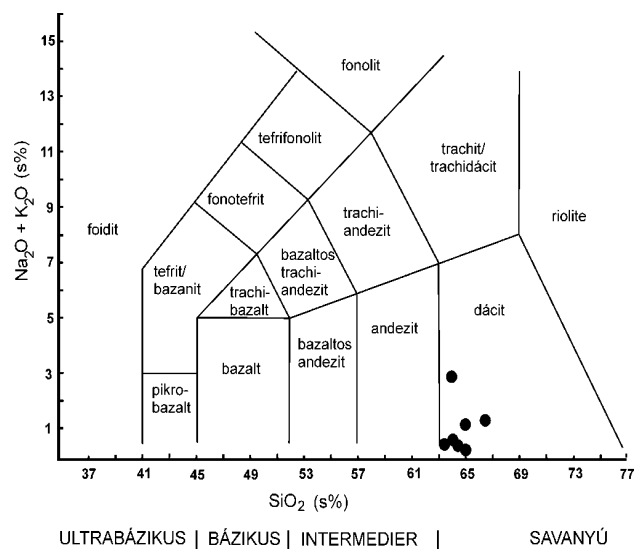
A SiO<sub>2</sub>-tartalom az intermedier kőzeteknek megfelelő tartományban található (48,2–61,79, átlag 55,22%). A SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O eloszlása alapján (20. ábra) egyértelmű a kiinduló eredeti kőzetek kizárólagos dácitos jellege.



19. ábra. Az apatit Raman spektruma  
Figure 19. Raman spectrum of apatite

Lelőhely	Minta	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	BaO	SrO	Izz. Vesz.	Σ	Invalider:	
Nagyvétény-3	757:3	55,3	0,90	16,80	3,21		5,60	1,82											14,49	98,12	SZABÓ 1957
Nagyvétény-3	757:2	59,2	1,10	13,92	6,93		3,88	2,57											11,96	99,56	SZABÓ 1957
Nagyvétény-3	757:1	58,3	1,00	10,89	4,10		8,81	2,28											14,33	99,71	SZABÓ 1957
Nagyvétény	üzemi minta	61,8	0,53	17,74	4,86		2,55	3,82	0,64	0,94									7,68	100,55	FÖLDVÁRHELY VÖGEL 1948
Nagyvétény	üzemi minta	58,2	0,56	16,29	4,31		2,61	3,34											15,39	100,70	JÁMBOR et al. 1966
Nagyvétény	üzemi minta	60,6	0,56	14,10	4,36		2,97	3,23											14,80	100,62	JÁMBOR et al. 1966
Isztván-láró	üzemi minta	54	0,34	20,60	3,30		2,50	1,41	1,10										16,21	99,50	GÉBES T. 1950
Endre-láró	Bt-2	50,4	0,54	17,80	3,26	0,22	0,01	2,16	3,79	0,09	0,30	13,20	7,92	<0,02	0,19	<0,15	0,01	0,02		99,91	MAFI 2008
Endre-láró	Bt-5	51,2	0,518	17,7	3,26	0,09	0,007	2,18	3,87	0,089	<0,2	12,9	8,07	<0,02	<0,15	0,409	0,016		99,909	MAFI 2008	
Budatény	felő szint	50,3	0,35	17,21	2,63	0,16	ny	2,08	4,71	0,14	0,09	17,93	4,49	ny	0,18	0,01			100,24	CsÁKOSHY et al. 1957	
Fűhwaldbánya	SK-203	48,2	0,60	18,00	3,50	0,27	0,012	2,67	2,80	0,037	0,26	14,90	8,42	<0,02	0,21	<0,15	0,02	0,006		99,897	MAFI 2008
Sós-kút-3	3:55	55,28	0,50	15,46	5,42	0,40	2,78	3,15	1,28	1,30			1,24						13,35	100,26	NÉMEDI VARGA Z. 1973

IV. táblázat. A vizsgált bentonitok kémiai összetétele  
Table IV. Major elements of the investigated bentonites



20. ábra. A vizsgált bentonitminták a SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O diagramban  
Figure 20. The investigated bentonite samples in the SiO<sub>2</sub> vs. Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O diagram

Radiometrikus kormeghatározás

A biotitos bentonitosodott tufa anyagából kiperarált biotiton K-Ar kormeghatározást a debreceni Atomki szaklaboratóriuma készített.

Az eredmények (V. táblázat) alátámasztják a vizsgált tufaszintek „felső riolittufa”-ként ismert Galgavölgyi Riolittufa Formációhoz való tartozását (Bt-3 és Sk-203). Ez egy erőteljes vulkáni explózió légi úton szállított, országos elterjedésű finomszemű terméke.

A bentonitosodott tufaanyagból kinyert cirkonon is meghatározták a radioaktív kort, ami 13,5 millió évesnek bizonyult (BALDI 2003).

JÁMBOR (2010) részletezte a Kelet-Dunántúl–Pesti-síkság területén előforduló Galgavölgyi Riolittufa Formáció többé-kevésbé bentonitosodott szintjeit (Tétényi-fennsík). Ennek radioaktív korát HÁMOR et al. (1980) 13,7±0,8 millió évnél adják meg.

V. táblázat. Bentonitminták biotiton mért K-Ar kora

Table V. K-Ar data of biotites from bentonite samples

ATOMKI felvétel	Telóhely	K (%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{radi}}$ ( $\text{cm}^3 \text{gx} 10^{-6}$ )	$^{40}\text{Ar}_{\text{radi}}$ (%)	Kor (millió év)
6720/2005	Sóskút, Sk-203 Frühwald-bánya D-i vége	4,02	1,834	60,1	11,70±0,40
6721/2005	Budatétény, Bt-3 Csöpögös-pince (Lindre-táró)	3,99	2,053	60,3	13,19±0,44

### Foraminifera vizsgálatok

A bentonit mintákban a következő, jó megtartású foraminifera volt azonosítható: *Elphidium macellum*, *E. aculeatum*, *E. reginum*, *E. josephinum* és *Cibicides lobatulus*, amelyek a szarmatára jellemzőek (21. ábra).

A budatétényi (Bt-1) és sóskúti (Sk-192) mintákból meghatározott foraminiferafaunából levonható biosztratigráfiai és paleoökológiai következtetések az alábbiak:

— Mindkét mintára az alacsony diverzitás és viszonylag nagy egyedszám a jellemző. A foraminifera vázak általában jó megtartásúak. Az asszociációkat az *Elphidium*ok dominanciája jellemzi.

— A vizsgált rétegekben kimutatható *Elphidium reginum* (D'ORBIGNY) indexfosszília, aminek alapján az alsószarmata rétegsor az *Elphidium reginum* zónába sorolható (CÍCHA et al. 1998, GÖRÖG 1992).

— A mátrixban meghatározó jelleggel résztvevő tüskés *E. aculeatum* (D'ORBIGNY) és az éllel rendelkező *E. macellum* (FICHEL et MOLL) algákra tapadva epifita, szuszpenzió-szűrő életmódot folytatott. A sóskúti együttesben előforduló *Cibicides lobatulus* (WALKER et JACOB) szintén gazdag aljnövényzetet feltételez, mivel rögzült életmódjuk folytán többnyire ezekre tapadva éltek.

A foraminifera fauna jelenléte a bentonitrétegekben azok 50 m-nél sekélyebb, mérsékelt meleg, jól szellőző beltengeri környezetben való leülepedését jelzi. Nehezebb kérdés az itteni tengervíz sótartalmának megítélése. REUSS (1850) és SUESS (1866) óta a szarmata rétegek faunáját sok

évtizeden keresztül csökkent sós vizek tartották az azzal foglalkozók. A Zsámbéki-medence, továbbá néhány más hazai medenceterület szarmata rétegsorából 1974-ben előkerült evaporitrétegek (JÁMBOR 1976), amelyek környezetében a szokványos szarmata csökkent sós vízi fauna volt jelen, felvetette azok hipersalin voltát, amit a fauna már nem tudott jelentős változásaival jelezni. A foraminifera faunák azóta végzett célirányos vizsgálata (GÖRÖG 1992, TÓTH 2009) bizonyította, hogy egyes foraminifera elváltozásai jelzik a szarmata tengervíz alkalmankénti normál, sőt hipersalin sótartalmúvá válását.

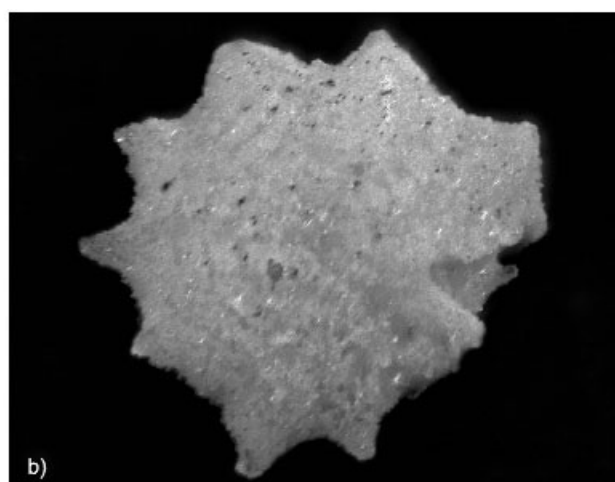
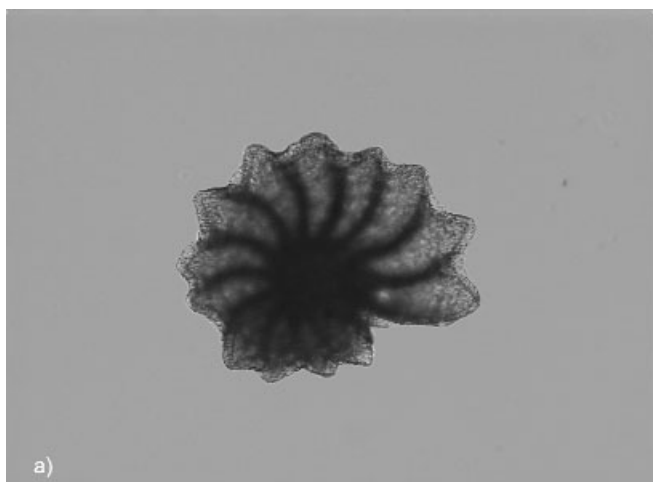
### Genetika

A bentonit SZABÓ J. (1879), VITÁLIS I. (1937) és SCHAFARZIK & VENDL A. (1929) szerint távolról idehordott biotit-dácituffa hamu elagyagosodása révén keletkezett és a tufa mállástermékének tekintették.

VENDL (1938) szerint a bentonitosodott szintek ismételt vulkáni hamuhullás eredményei, amelyek a vulkáni üveg devitrifikálódása és hidrokémiai átalakulása révén képződtek.

Ez egy erőteljes explózió légi úton szállított, regionális elterjedésű finomszemű terméke. A szarmata kontinentális és tengeri képződményeiben egyaránt megtalálható.

SZABÓ I. (1957) szerint ezek a vékony telepek partközeli, erősen mozgatott, finom terrigén anyag beszállításával jellemezhetőek, mely anyag többszöri áthalmozása lehetséges (Nagytétény).



21. ábra. Az *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY) és az *Elphidium josephinum* (D'ORBIGNY) foraminifera fajok a bentonitokban (Fotó: TÓTH László, *E. josephinum*)  
 Figure 21. *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY) and *Elphidium josephinum* (D'ORBIGNY) foraminifera species in bentonites (Photo by László TÓTH, *E. josephinum*)



VIRÁGH & PANTÓ (1962) szerint vulkáni tufaszórások eredménye, dácit- vagy trachittufának, újabban riolittufának jelölik, mely tengervízbe hullott és halmirolízis útján bomlott és alakult bentonittá. Többszöri, különböző erejű vulkáni kitörés szolgáltatta tufák voltak vagy bizonyos részük áthalmozódott.

VARJÚ (1966) szerint a tétényi bentonit dácit- (esetleg riolit-) tufa hidrodiaenezise (halmirolízise) útján helyben keletkezett. KISHÁZI (1981) és BÁLDI (2003) szerint tengerbe hullott dácit-, esetleg riolittufa halmirolízise révén képződött.

Következtetésképpen megállapítjuk, hogy a távoli kitörési központokból (Bükkalja, Tokaj?) származó dácitos összetételű vulkáni tufa a szarmata tengerbe hullása után helyenként nagymérvű átalakuláson ment keresztül. Az alapanyag üvege devitrifikálódott, hidrokémiailag átalakult, a földpátok elbomlottak és újonnan képződött agyagásványok keletkeztek, amelyek a bentonitot képezik. A bentonit kiinduló kőzete a hidrodia-genetikusan elbomlott, többrendbeli tufaszórásból vagy különböző idejű és erejű lepusztulásból/áthalmozásból származó dácittufa.

## Bányászat

Kezdetben a kutatók kimondottan csak a tufa ásványtani-geokémiai jellegével foglalkoztak, az elagyagosodott kőzet hasznos tulajdonságait nem ismerték fel.

VENDL (1938) nevezte először bentonitnak az innen származó, elagyagosodott tufát. Megvizsgálva a kőzetet (részletes montmorillonit vizsgálat) felhívta a figyelmet annak abszorbeáló-képességére.

Az agyagosodott tufában rejlő ipari érték felismerése korábbi, KLEIN Elemér bányavállalkozó nevéhez fűződik, aki 1934-ben kezdte el a bányászatát ennek a nyersanyagának. 1935. év végén Magyar Bányaművelő cégnévvel egy új vállalat alakult mészkőbányászat céllal, amely a nagytétényi Diós-árokban található bentonitos nyersanyagának a kibányászását is célul tűzte ki.

Ezen a területen a durvaméző tömbökben való bányászata mellett a bentonitot 1933–1965 között bányászták, főleg mélyműveléssel (Diós-árok, Nagytétény) és helyben feldolgozták derítőföldnek, vagy öntődei bentonitnak. Ez Magyarország legrégebb bentonitbányája (HORUSITZKY 1950).

A bentonit kitermelése céljából 1934-ben indították el az Edit-tárót a Diós-árok (Budatétény) felső részében (csak öt hónapig folyt a termelés, a telep nagyfokú elvékonyodása miatt), mely egy 30–35 cm vastag bentonitlepet tárt fel. Majd 1937-ben Nagytétényben megépült a bentonit feldolgozására-aktiválására a Thera Chemia Vegyipari Rt., ahol évi kb. 4000 tonnát dolgoztak fel.

Ezt követte az Endre- és az István-táró. Az Endre-táró egy 30–70 cm vastag, nagy kiterjedésű telepet tárt fel. A Diós-árok területén több mint 10 évig folyt a bányászat, majd az államosítás után 1950-ben Budatéténybe helyezték

át a termelést (Vöröscsillag Vállalat) egészen 1965-ig a bánya bezárásáig.

Csupán 1934 és 1950 között Budatétény és Nagytétény bányáiból kb. 115 000 tonnát termeltek ki (VITÁLIS I. 1938a, FRITS 1951).

Az 1953–1956 közötti készletkimutatások szerint Nagytétény és Budatétény térségében kb. 187 000 t kategorizált bentonitkészlet volt (BAUMA 1952, Magyar Állami Földtani Intézet 1956, Pestvidéki Ásványbánya Vállalat 1956, SZABÓ I. 1956).

Az 1963. 01. 01. készletnyilvántartás szerint a Pestvidéki Ásványbánya Vállalat által működtetett budatétényi bánya összesen 87 000 t földtani készlettel rendelkezett (VARJÚ 1965). A bányák nyersanyagkészletének kimerülése, valamint a bányák környékén elvégzett földtani kutatások eredménytelensége (Nagytétény, Budatétény, Érd-Ilkamajor, Sósút) következtében a termelést beszüntették.

VIRÁGH & PANTÓ (1962) perspektívát látott D felé, ahol kb. 0,4 m vastagsággal rendelkező telep húzódik. A kimerülő félben lévő telepek további üzemeltetése azonban a kicsiny készletek miatt már nem volt gazdaságos (JÁMBOR et al. 1966). A belterületi rendezés miatt a termelés lehetlenné vált.

## Alkalmazhatóság

A budatétényi bentonit magas montmorillonit-tartalma miatt hazánk egyik legjobb minőségű bentonit-előfordulása volt. 1934 óta használták derítőföldként, hazai, de főleg export célokra (VIRÁGH & PANTÓ 1962), mivel a nyersanyag jó derítőképességgel rendelkezett, amit aktiválással jelentősen fokozni lehetett (VÉGHÉ 1967, KISHÁZI 1981).

A bentonitot elsősorban derítőföldgyártásra használták (relatív derítőképessége 95–100%), valamint jó kötőképessége és magas nyers szilárdsága miatt (900–1000 g/cm<sup>2</sup>) öntődei célokra is alkalmazták. Legfontosabb technológiai tulajdonságai: természetes víztartalom (48,65–52,13%), sűrűség (2,03–2,52 g/cm<sup>3</sup>), térfogatsúly (1,69–1,73 t/m<sup>3</sup>), hézagterfogás (45,20–53,60%), folyási határ (109,60–122,50%), plasztikus index (41,43–45,25%), egyirányú nyomószilárdság rétegre merőlegesen (14,40–16,40 kg/cm<sup>2</sup>), Poisson szám (2,4–2,5) (VIRÁGH & PANTÓ 1962).

A termelés nagy része exportra került (Anglia, egykori Csehszlovákia, egykori NDK) (VITÁLIS I. 1938b, VARJÚ 1953). Csehszlovákiában (Pozsony, Nobel-gyár) és Lengyelországban (Katowice) nagytétényi bentonitból állítottak elő derítőföldet (VITÁLIS I. 1938b).

Az általunk gyűjtött és megvizsgált bentonitminták fontosabb jellemzői a következők:

— Kationcserélő-képességük változó, általában Ca<sup>2+</sup>-, alárendelten Na<sup>+</sup>-jellegű (Budatétény), ezek a következő értékek között változnak: Na<sup>+</sup> (0,009–0,338), Ca<sup>2+</sup> (0,574–1,180), Mg<sup>2+</sup> (0,126–0,242) (Budatétény) és Na<sup>+</sup>

(0,005–0,022),  $\text{Ca}^{2+}$  (0,904–0,910),  $\text{Mg}^{2+}$  (0,0621–0,0629) (Sóskút) (meé/100g) (VI. táblázat). A budatétényi bentonit

VI. táblázat. A vizsgált bentonitminták kationcsere-képessége (meé/100g)

Table VI. Cation exchange capacity (meq/100g) of investigated bentonites

Lelőhely	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	Összeg
Budatétény Bt 1	0,3389	0,5804	0,1299	0,0205	1,0697
Budatétény Bt 2	0,3129	0,5743	0,1254	0,0197	1,0323
Budatétény Bt-5/1	0,0257	0,7583	0,2386	0,0176	1,0402
Budatétény Bt-5/2	0,0255	0,7534	0,2427	0,0173	1,0389
Budatétény	0,0090	1,0600	0,1700	0,0000	1,2300
Nagytétény	0,0220	1,1800	0,1260	0,0330	1,3390
Sóskút Sk 192/1	0,0061	0,9047	0,0629	0,0197	0,9933
Sóskút Sk-192/2	0,0059	0,9033	0,0625	0,0193	0,9910
Sóskút Sk-203/1	0,0070	0,9103	0,0621	0,0196	0,9989
Sóskút Sk-203/2	0,0070	0,9080	0,0625	0,0192	0,9967

magasabb kationcsere képességet mutat, mint a kazári bentonit ( $\text{Ca}^{2+}+\text{Na}^+ = 0,52\text{--}0,58$ ), magasabb  $\text{Na}^+$  értékei révén, a sóskúti viszont kimondottan  $\text{Ca}^{2+}$  jellegű, közel azonos minőségű, mint az istenmezejei és komlóskai bentonit.

— Duzzadókéességük 6–14 (természetes állapotban) és 14–29 (aktivált állapotban) (ml/2g) (VII. táblázat). A

VII. táblázat A vizsgált bentonitminták duzzadókéessége (ml/2g)

Table VII. Swelling capacity (ml/2g) of investigated bentonites

Lelőhely	$\Gamma_{\text{eredeti}} 20$ óra után	$\Gamma_{\text{eredeti}}+5\%$ szóda	Megjegyzés
Budatétény Bt-2	14,00	29,00	
Budatétény Bt 5	6,60	14,00	
Sóskút-192	6,20	6,30	diffúzió- opálos
Sóskút-203	6,40	6,50	diffúzió- opálos

budatétényi aktivált bentonit duzzadókéessége közel azonos az istenmezejei (22) és a kazári (34) és a mádjhegyi (31) bentonitokéval. A sóskúti bentonit duzzadókéessége viszont csekély.

— Fajlagos felület (BET) 94,3 (Bt-2) és 89,1 (Sk-203)  $\text{m}^2/\text{g}$ , szemben a pétervásárai (86), istenmezejei (101) és egyházaskeszői (134) bentonitoknál mért értékekkel.

## Következtetések

A Tétényi-fennsík miocén üledékes összeleiben több szinten ismerünk bentonitosodott tufaszinteket:

— az alsó-miocén (eggenburgi) Budafoki Formációban ismeretes egy vastag földes megjelenésű, kvarcban és biotitban gazdag riolittufa-réteg (valószínűleg ez is bentonitosodott), melynek radiometrikus kora kb. 16 millió év,

— a vulkáni tufa nagy területen tengervízbe hullott a szarmata idején, így a Tétényi-fennsík területén is több vékony réteggként jelentkeznek, amit korábban „felső riolittufának”, ma Galgavölgyi Riolittufa Formációnak (HÁMOR 1985) nevezünk,

— a szarmata durvamészkövekben több tufaszint képződött, amelyek részben helyben, részben áthalmozás révén keletkeztek,

— a K-Ar meghatározások a következő korokat adták: Budatétény (Bt-3)  $13,19\pm 0,44$  millió év, Sóskúton (Sk-203)  $11,70\pm 0,40$  millió év,

— kémiai összetételük alapján ezek a tufák dácitos jellegűek voltak,

— ezeknek a tengervízbe hullott tufáknak az anyaga kémiai mállással, hidrodigenetikusan zöldes színű agyaggá, bentonittá alakult át, magas montmorillonit-tartalommal,

— ezeket a bentonitokat 1934–1965 között főleg mélyműveléssel bányászták, elsősorban derítőföldgyártás céljából, jó minősége következtében Magyarország legjobb minőségű bentonitja volt, amit nagyobb mennyiségekben exportáltak is.

— a bányák nyersanyagkészletének kimerülése, valamint azok környékén elvégzett további földtani kutatások eredménytelensége és a belterületi rendezés miatt a termelést beszüntették.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönjük SZURKOS Gábornak és HERMANN Viktornak a földtani térkép szerkesztésében (RAINCSÁK GY.-NÉ 2001), KÖRMENDY Reginának a régi feltárások felkutatásában nyújtott segítségét, PAPP Jánosnak (MTA-TTK Anyag- és Környezetkémiai Intézet Környezetkémiai és Katalízis Osztály) a kationcsere- és duzzadókéesség és LÁSZLÓ Krisztinának (BME Fizikai-Kémia és Anyagtudományi Tanszék) a fajlagos felület meghatározását. Raman-spektroszkópiai méréseket a Baross Gábor Program keretében (REG-KM-09-2009-0044) beszerzett műszeren végeztük. A kéziratot és a publikált dokumentációkat tanulmányozása elősegítéséért köszönet illeti a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet könyvtárának és adattárának dolgozóit.

Köszönjük lektoraink, JÁMBOR Áron és NÉMETH Tibor észrevételeit, pontosításait és értékes kiegészítéseit.

## Irodalom — References

- AJTAY Z. 1935: Ütemterv. A Nagytétény Diósárok dűlőben lévő fulleragyag bányüzemének ismertetése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, (T: 10037).
- ÁRKOSI K. & BARNA J. 1952: Hazai bentonitok elektronmikroszkópos vizsgálata. — *Bányászati Lapok* **5**, 1–6. (Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, Bn/45).
- BALÁZS D. 1989: Érd és környéke földtörténeti vázlata. — *Földrajzi Múzeumi Tanulmányok* **6**, 25–44.
- BAUMA V. 1952: Feljegyzés Magyarország bentonit-készleteiről. Bánya- és Energiaügyi Minisztérium, Ásványbányászati Önálló Osztály. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 2 p. (T:4579).
- BÁLDI T. 1958: Adatok Budafok és Törökbálint környékének rétegtani viszonyaihoz. — *Földtani Közlemények* **88/4**, 428–436.
- BÁLDI T. 2003: *Egy geológus barangolásai Magyarországon. Az utolsó húszmillió év nyomában*. — Tudomány – Egyetem sorozat, Vince Kiadó, Budapest, 200 p.
- BEUDANT, F. S. 1822: *Voyage minéralogique et géologique en Hongrie pendant l'année 1818. Tome 1–4*. — Paris.
- CICHA, I., RÖGLE, F., RUPP, CH. & CTYROKA, J. 1998: Oligocene–Miocene foraminifera of the Central Paratethys. — *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* **549**, 325 p.
- CSICSELY GY. 1969: Tököl–1 szerkezetkutató fúrás befejező jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, (1720/1).
- CSONTOS L. 2010: A Tétényi-fennsík és környezete. — In: PALOTAI M. (szerk.): *Geológiai kirándulások Magyarország közepén*. Hantken Kiadó, Budapest, 14–26, 226 p.
- DORMÁN J., KAKASY GY.-NÉ, KANYÓ L.-NÉ, MÁTYÁS E., MIZSÉR J., RADOVITS L., SASS P., SOHA I., SOLTI G., SZÉPVÖLGYI GY., SZÜCS I. & ZELENKA T. 1987: A hazai bentonitok földtani, bányászati, előkészítési, feldolgozási, kereskedelmi helyzete és távlati fejlesztési lehetőségei. — *Kézirat*, Magyarhoni Földtani Társulat, 202 p.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: *Magyarország kistájainak katasztere*. — MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 876 p.
- FÖLDEVÁRI A. 1929: Adatok a Bia-Tétényi-plató oligocén–miocén rétegeinek stratigráfiájához. — *Annales Musei Nationalis Hungarici* **26**, 35–59.
- FÖLDEVÁRINÉ VOGL M. 1948: A nagytétényi fullerföld (bentonit) cirkon-tartalmának szinképanalitikai meghatározása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése B) Beszámoló a vitaülésekről X* (1–5), Budapest, 65–76.
- FRITS J. 1951: Bentonit-fullerföld előfordulások készletei (1950–1951). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 6 p. (T:4579).
- GEDEON T. 1949: Adatok a fullerföld előfordulásokhoz. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 18 p. (Bn/35).
- GÖRÖG, Á. 1992: Sarmatian Foraminifera of the Zsámbék Basin, Hungary. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica* **29**, 31–153.
- HALAVÁTS GY. 1902: *Magyarázatok a Magyar Korona Országainak részletes földtani térképéhez. Budapest és Tétény vidéke, 16. zóna, XX. lap, 1:75 000*. — Budapest.
- HALAVÁTS GY. 1910: A neogénkorú üledékek Budapest környékén. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **17/2**, 283 p.
- HÁMOR G., RAVASZNÉ BARANYAI L., BALOGH K. & ÁRVÁNÉ SOÓS E. 1980: A magyarországi miocén riolittufa-szintek radiometrikus kora. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1978. évről*, 65–73.
- HÁMOR G. 1985: A Nógrád-cserhádi terület földtani viszonyai. — *Geologica Hungarica series Geologica* **22**, 307 p.
- HORUSITZKY F. 1950: Jelentés Magyarország bentonit készletéről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 13 p. (Bn/41).
- JÁMBOR Á. 1976: Üledékes kéntelep a zsámbéki-medence szarmata sorozatában. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1974-es évről*, 185–191.
- JÁMBOR Á. 2010: A „felső riolittufa” magyarországi előfordulásainak általános földtani jellegei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése a 2008-as évről*, 63–85.
- JÁMBOR Á., MOLDVAY L. & RÓNAI A. 1966: *Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térkép sorozatához, L-34-II*, Budapest. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 358 p.
- JÁMBOR Á., KOVÁCS-PÁLFFY P. & KÓNYA P. 2013: A magyarországi bentonitok keletkezési lehetőségeinek áttekintése. — *Földtani Közlemények* **143/1**, 47–66.
- KISHÁZI P. 1981: *Magyarország teleptana (a kőszenek és kőolajok kivételével)*. — Központi Bányászati Fejlesztő Intézet, Sopron, 210 p.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., KÓNYA P., FÖLDEVÁRI M., THAMÓNÉ-BOZSÓ E., SZEGŐ É., ZELENKA T. & PÉCSKAY Z. 2012a: A Tétényi-fennsík szarmata bentonitosodott riolittufa lelőhelyei (Magyarország). — *XIV. Székelyföldi Geológus Találkozó, Marosvásárhely (Tg. Mureș-Románia), 2012. 10. 19–21*, pp. 15–17.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., KÓNYA P., FÖLDEVÁRI M., THAMÓNÉ-BOZSÓ E., SZEGŐ É., ZELENKA T. & PÉCSKAY Z. 2012b: Bentonite occurrences in the Budatétény-Sóskút Region (Central Hungary). — *Joint 5<sup>th</sup> Mineral Sciences in the Carpathians Conference and 3<sup>rd</sup> Central-European Mineralogical Conference, Miskolc, Hungary*. — *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* **7**, p. 74.
- KÖRMENDY R. 2005: A budafoki bentonittelep keletkezése, bányászata és mikroásványai. — *Geoda* **15/1**, 4–9.
- MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET 1956: Készletmérlegekhez magyarázó szöveg. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, (T.2308).
- MURRAY, J. W. 1991: *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. — Longman Scientific and Technical, London, 397 p.
- NÉMEDI VARGA Z. 1973a: Sóskút–3 számú kutatófúrás anyagvizsgálati eredményei. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, (T:5926/VI).

- NÉMEDI VARGA Z. 1973b: Sós-kút–4 számú kutatófúrás anyagvizsgálatai eredményei. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, (T:5926/VII).
- PALOTÁS K. 1991: Üledék- és szerkezetföldtani vizsgálatok a Tétényi-fennsíki szarmatában. — *Kézirat*, Szakdolgozat, ELTE Természettudományi Kar, Földtani Tanszék, 103 p.
- PÁVAY-VAJNA F. 1932–1933: Budapest és Nagytétény földtani térképe 1:25 000. — Magyar Állami Földtani és Geofizikai Intézet Térképtár, A-5062/1–4.
- PESTVIDÉKI ÁSVÁNYBÁNYA VÁLLALAT 1956: Nagytétény–budatétényi bentonit készletmérlege. Magyarázó szöveg. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 15 p. (T:2308 XV).
- PÜSPÖKI, Z., KOZÁK, M., KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M., MCINTOSH, W. R. & VINCZE, L. 2005: Eustatic and tectonic/volcanic control in sedimentary bentonite formation. – A case study of Miocene bentonite deposits from the Pannonian Basin. — *Clays and Clay Minerals* **53/1**, 73–93.
- RAINCSÁK GY.-NÉ 2001: A Budapesti Agglomeráció területfejlesztésének mérnök-hidrogeológiai megalapozása. Földtani térkép, 1:50 000. — Magyar Állami Földtani és Geofizikai Intézet Térképtár
- REUSS, A. E. 1850: Die fossilen Entomostraceen des österreichischen Tertiärbecken. — *Haidinger's Naturwissenschaftliche Abhandlungen* **31**, 1–92.
- SCHAFARZIK F. 1914: Újabb ásvány-lelőhelyek Budapest környékén. — *Földtani Közlemény* **44**, p. 88.
- SCHAFARZIK F. 1922: Budapest főváros legújabb térképezéséről. — *Mathematikai és Természettudományi Értesítő* **39**, 181–198.
- SCHAFARZIK F. & VENDL A. 1929: *Geológiai kirándulások Budapest környékén*. — Stadium Sajtóvállalat Részvénytársaság, Budapest, 72–74.
- SCHRÉTER Z. 1923: Földtani felvétel a Bükk hegység DK-i oldalán. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1920–23. évről*, 36–38.
- SUESS, E. 1866: Untersuchungen über den Charakter der österreichischen Tertiärlagerungen, II. Über die Bedeutung der sogenannten „brachischen Stufe“ oder der „Cerithienschichten“. — *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* **54**, 1–40.
- SZABÓ I. 1956: Nagytétény–budatétényi bentonit készletmérlege. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, (T:2308/XV).
- SZABÓ I. 1957: A Nagytétény–Budatétény környéki bentonit-előfordulások környékén 1957. év őszén mélyített perspektivikus bentonit-kutató fúrások eredményeinek összefoglalása. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 20 p. (Bn/63).
- SZABÓ I. 1959: Földtani adatok a nagytétényi bentonit-előfordulások ismeretéhez. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1955–56. évről*, 325–330.
- SZABÓ J. 1879: *Budapest geológiai tekintetben*. — Magyar Királyi Egyetemi Könyvnyomda, Budapest, 50 p.
- SZABÓ J. 1883: *Geológia*. — Budapest, 451 p.
- SZALAI T. 1949: Hazai fullerföld-bentonit előfordulások. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 2 p. (Bn/36).
- SZENTES F. 1956: Budapest és környékének földtani térképe M=1:50 000. — In: PÉCSI M. (szerk.) 1958: *Budapest természeti képe*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 744 p.
- szn 1950: A tétényi plató meta-bentonit-előfordulásainak földtani kerete. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 11 p. (Bn/42).
- TÓTH, E. 2009: Paleoenvironmental changes in the Central Paratethys during the Sarmatian: Paleontological study of the microfauna and geochemical analysis. — *Manuscript*, PhD Eötvös Loránd University, Budapest, 143 p.
- TREGELY K. 1974: A sós-kúti mészkő részletes kutatásának összefoglaló földtani jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 45 p. (T:5926).
- VARJÚ GY. 1953: A magyar bentonit jelenlegi helyzete. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 11 p. (Bn/53).
- VARJÚ GY. 1965: Magyarország bentonit-előfordulásainak katasztere és távlati kutatási terve. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 102 p. (T:1820).
- VARJÚ GY. 1966: In: JANTSKY B. (szerk.): *Ásványtelepeink földtana*. — Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 315 p.
- VENDL M. 1920: Biotitos dacitufa Kistétényről. — *Földtani Közlemény* **50**, 34–38.
- VENDL M. 1938: Újabb adatok a Tétényi kallóföld (bentonit) ismeretéhez. — *Matematikai és Természettudományi Értesítő* **57/3**, Budapest, 1108–1115.
- VÉGH S.-NÉ 1967: *Nemércek földtana*. — Tankönyvkiadó, Budapest, 283 p.
- VIRÁGH J. & PANTÓ GY. 1962: Összefoglaló földtani zárójelentés és készletszámítás a budatétényi bentonit előfordulásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 17 p. (T:1808).
- VITÁLIS I. 1936a: Jelentés a budapestvidéki Fuller-föld előfordulásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 5 p. (Bn/5).
- VITÁLIS I. 1936b: Jelentés a budafok-budatétény-nagytétényi derítő (Fuller)-föld előfordulásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 6 p. (Bn/1, B III.21).
- VITÁLIS I. 1937: A nagytétényi fullerföld és bányászata. — *Matematikai és Természettudományi Értesítő* **55**, 971–984.
- VITÁLIS I. 1938a: Feljegyzések Magyarország, Anglia és az északamerikai Egyesült Államok fullerföld forgalmáról és termeléséről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 5 p. (Bn/15).
- VITÁLIS I. 1938b: Előzetes jelentés a fullerföld értékesítési lehetőségeiről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 4 p. (Bn/11).

VITÁLIS S. 1936a: Jelentés a Budafokon és Nagytétényben a derítőfölddel kapcsolatosan végzett munkálatokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 2 p. (Bn/1).

VITÁLIS S. 1936b: Jelentés a Diósd és Törökbálint határában végzett geológiai bejárásról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 2 p. (Bn/4).

WEIN Gy. 1977: *A Budai-hegység tektonikája*. — A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, Budapest, 76 p.

ZELENKA T. 2010: Jelentés a Sós-kúti durvamészke bányatelek ásványvagyonának felülvizsgálatáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 20 p.

Kézirat beérkezett: 2013. 09. 22.