

Magyarországi pliocén maar kráterek nyersanyagai: alginit (olajpala) és bentonit

Raw materials of Pliocene maar craters in Hungary: alginite (oil shale) and bentonite

PÁPAY László

Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék,
Szeged Egyetem u. 2, 6701 Szeged Pf. 651
papay@geo.u-szeged.hu

Abstract

During geological mapping of the basaltic volcanic region of the Bakony-Balaton Uplands in 1973, the geologists of the Hungarian Geological Institute, discovered remains of a Pliocene (approximately 4 million years ago), maar-type basaltic crater lake in vicinity of the village of Pula (Veszprém County), filled with a specific sedimentary rock. The organic matter of this sedimentary rock is primarily constituted by remains of the hydrocarbon-producing Botryococcus algae. Therefore, the term alginite is used as a synonym for oil shale in Hungary.

Following the exploration of the alginite at Pula, further alginite sequences were found in three maar-type basalt tuff craters, in vicinity of Gérce, Várkesző and Egyházaskesző localities. The latter two craters are filled with alginite and together with the coincident basaltic bentonite. By international standards, considering the shale oil yield of alginite, most of the Hungarian alginite is of low quality.

The most economical application of the alginite mined at Pula and Gérce, as fossil biomass, is as a mineral fertilizer for soil melioration in agriculture. Due to its special composition, it is suitable for changing favorably the structure of sandy loose soils, which have low humus and nutrient contents and poor water regime and deflation. Alginite can also be used to form a fertile layer following the replacement of contaminated, infertile soil.

Attempts to use alginite for human and cosmetic purposes have also been successful. Regardless of whether alginite is used as a healing mud or ointment, it is beneficial in the treatment of arthritis and rheumatic disorders. The soothing and anti-inflammatory effect of alginite and the fact that it does not cause allergic reactions, even on the most sensitive skin, makes it suitable for use in cosmetics.

In 1999, the bentonite mine was opened in the maar crater of Egyházaskesző locality, and its modern processing plant was built. The plant produces various products, primarily drilling mud and bentonite for foundries and insulation work

Keywords: maar crater, alginite, Botryococcus braunii planktonic alga, bentonite.

Kivonat

A Bakony-Balaton- felvidék bazalt vulkáni területének geológiai térképezése során 1973-ban a MÁFI (Magyar Állami Földtani Intézet) geológusai egy pliocén (kb. 4 millió évvel ezelőtti) maar típusú bazalt krátertavat tártak fel, a Veszprém megyei Pula község közelében, mely egy speciális üledékes kőzettel, töltődött fel. Ezen üledékes kőzetek szerves anyagát elsősorban a szénhidrogént termelő Botryococcus algák maradványai alkotják és ezért Magyarországon az olajpala szinonimájaként használjuk az alginit kifejezést.

A pulai alginit feltárását követően további alginit rétegeket találtak három maar típusú bazalttufa kráterben, Gérce, Várkesző illetve Egyházaskesző közelében. Az utóbbi két krátert alginit és bazalt bentonit tölti ki. A nemzetközi szabványok szerint a magyar alginit legnagyobb része alacsony minőségű, az alginit palaolaj-hozamát figyelembe véve.

A Pulán és Gércén kitermelt alginit, mint fosszilis biomasz, a leggazdaságosabb módon használható fel a mezőgazdaságban, ásványi műtrágyaként talajjavításhoz. Speciális összetétele miatt alkalmas homokos, laza talajok szerkezetének kedvező megváltoztatására, amelyek alacsony humusz- és tápanyagtartalmúak, valamint rossz vízszabályozási és deflációs képességgel rendelkeznek. Az alginit a szennyezett, terméketlen talaj cseréjét követő termőképes réteg kialakításában szintén felhasználható.

Az alginit humángyógyászati és kozmetikai célra történő hasznosítására irányuló kísérletek is kedvező eredménnyel zárultak. Függetlenül attól, hogy az alginitet gyógyító iszapként, vagy kenőcsként használják, kedvező hatás érhető el ízületi gyulladások, reumatikus bántalmak kezelésénél. Az alginit bőrnyugtató illetve gyulladáscsökkentő hatása, valamint az a tény, hogy semmiféle allergiát még a legérzékenyebb bőrnél sem okoz, alkalmassá teszi arra, hogy a kozmetikumokban használják.

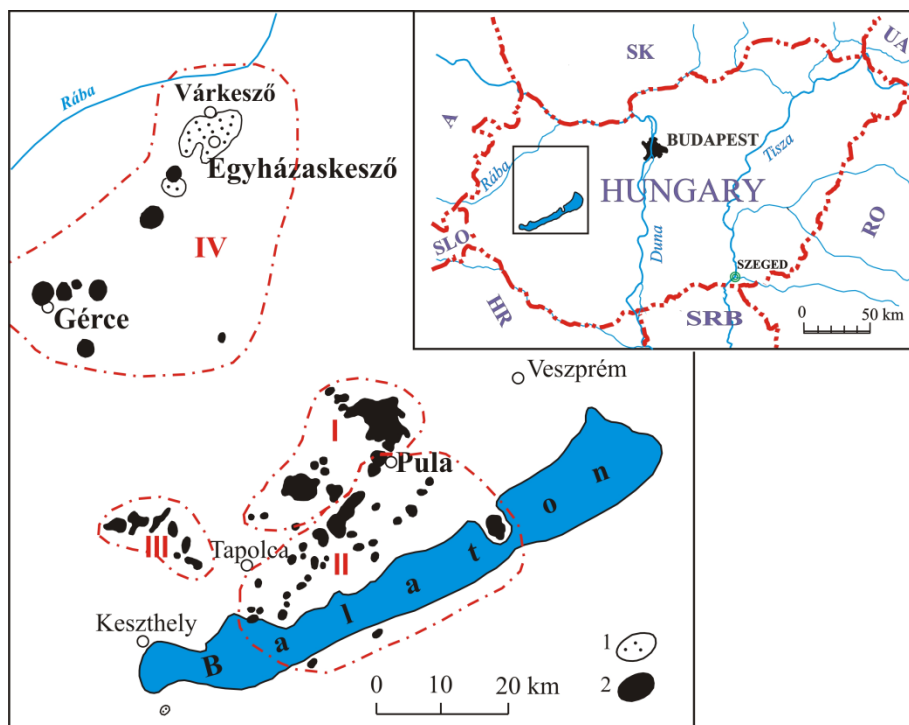
1999-ben az Egyházaskeszői maar kráterben megnyílt a bentonitbánya és felépült a hozzá tartozó korszerű feldolgozóüzem. Az üzem különféle termékeket gyárt, elsősorban fűrészpaport, valamint bentonitot öntödék számára és szigetelési munkákhoz.

Kulcsszavak: maarkráter, alginit, Botryococcus braunii planktonalga, bentonit.

1. A dunántúli bazalt és bazalttufa területek

A fiatal harmadkori bazaltvulkánosság egyik csoportja Nyugat-Magyarország, a Dunántúl, a Balaton tágabb környéke. A Balaton mentén egészen a Rába vonaláig található bazalt és bazalttufa előfordulások között mintegy 60 kitörési centrumot különíthetünk el. A bazaltterületeket a következő csoportokba sorolhatók:

- I. A Déli-Bakony bazalt és bazalttufa területei.
- II. A Balaton-felvidék bazalt és bazalttufa területei. (Idesoroljuk a Balaton déli partján emelkedő két tufakúpot is. Ebbe a csoportba tartoznak a tapolcai medence különálló bazalt-hegyei)
- III. A Tátika-csoport bazalttakarói és bazaltgerincei.
- IV. A Kisalföld bazalt és bazalttufa területei (a Rába vonaláig) [23].



1. ábra.

A dunántúli bazalt és bazalttufa előfordulások [21, 23] felhasználásával, módosítva).

1. Felszín alatti előfordulások, 2. felszíni előfordulások.

I. Déli-bakonyi csoport, II. Balaton-felvidéki csoport, III. Tátika-csoport, IV Kisalföldi csoport.

A vulkáni működés egyik csoportja a robbanásos (explóziós) vulkáni folyamat. Közéjük tartoznak a magmás robbanásos, freatomagmás, freatikus kitérések. A freatomagmás vagy hidrovulkáni kitérés, akkor történik, amikor a forró, felszín felé közelítő magma (láva) –külső vízzel/vizes anyaggal (pl. felszíni vízzel, víztartalmú üledékekkel) –érintkezik. A robbanást a kölcsönhatás eredményeként keletkező nagy mennyiségű gőz és gázfejlődés mechanikai energiája okozza. A vulkáni működést a legritkább esetben kíséri lávafolyás.

A robbanásos kitörés jellegét többek között a víz mennyisége befolyásolja. Ha csak kis mennyiségű víz van jelen, akkor a magma hatékonyan túlfűti ezt a vízadagot, aminek a hirtelen gőzzé válása túlnyomást okoz. A nyomás-fel szabadulás csak kis területet érint, sokszor csak a magma körüli és feletti kőzetoszlopot török darabokra, és kerül a kitörési felhőbe. A felszínre zúduló törmelékanyag nagy része visszahullik a mélykürtöbe (diatrémába), a vulkán körül legfeljebb néhány méter vastag kőzetblokkokkal tarkított vulkáni üledék halmozódik fel, azonban ez a törmelékgyűrű gyakran lepusztul. A robbanás által létrehozott felszíni forma, a széles, tölcészerű kráter (átmérője általában 600-1000 m közötti), a **maar**. Gyakran csak a központi kráter marad meg, ezért e vulkánok a felszínen többnyire negatív formaként (mélyedésként) jelennek meg, „lyuk a Föld felszínén”. Ezeknek a szárazföldi vulkanikus krátereknek a területük, általában <10 km². A maar kráter a felszakított vízzáró és/vagy felszíni vizekből rövid idő alatt feltöltődhet vízzel, ezáltal néhány tíz métertől, akár 200-300 méteres mélységű krátertő jöhet létre [13, 17, 32].

A piroklasztikumból álló, vagy piroklasztikumban gazdag előfordulások túlnyomó része a Kisalföldön van, ami azzal magyarázható, hogy itt a bazalt felszínre jutása közben 1.5-2.0 km vastag laza, víz gazdag neogén üledékoszletet harántolt, mely nagymértékben megnövelte explozivitását. A vulkáni tevékenység egy része gejzirit-tevékenységgel fejeződik be. Gejzirit ismert a Tihanyi-félszigeten, vagy a Pula melletti tufagyűrűben [21].

2. Olajpala kutatások Magyarországon

1973. év végén, a Magyar Állami Földtani Intézet geológusai a Dunántúli-középhegység földtani kutatási program keretében, a Bakony és a Balaton-felvidéket elválasztó völgyben húzódó Pula községtől nyugatra, telepített Put-1 sz. fúrásban, 38 m vastag, akkor még Magyarországon kevéssé ismert, zöldes színű, laza, lemezesen-levelesen rétegzett jellegzetes szagú, feltűnően könnyű, gyufával meggyújtható, nagyon finomszemű összletet találtak [22]. A fúrás környezetében, a földtani térképezéshez szükséges további fúrások dőlésadatinak kiértékelése arra a meglepő felismerésre vezetett, hogy a Put-1 sz. fúrás egy egykori, üledékkel feltöltött maar bazalttufa kráter közepén mélyült [38].

A további kutatások, a pulaihoz hasonló vulkanológiai szerkezetek megtalálását, belsejüket fúrásokkal történő feltárását tűzte ki célul. A következő években Gérce (1974), Várkesző (1975) illetve Egyházaskesző (1986) határában találták meg az alginitet tartalmazó maar tufagyűrűket [7, 22, 39]. A Várkesző, Egyházaskesző kráterekben jelentős mennyiségű bazaltbentonit is található. A dunántúli maar bazalttufa kráterek néhány földtani-bányászati adatait az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat A magyarországi maar alginit telepek néhány földtani-bányászati adatai [40]
*a fedőben megkutatott bazaltbentonit teleppel

	Pula	Gérce	Várkesző	Egyházaskesző
Terület (km ²)	0,445	2,1	0,3	0,63
Max. vastagság (m)	45	70	30	4
A légszáraz alginit vagyon földtani készlete (Mt)	12,1	122,6	10,4	5,0
Fúrások száma (db)	39	33	115	34
Fúrások összmélysége (m)	1858,7	1345,0	3768,7	973,3
Bányanyitás éve	1986	1984	-	1989
Fedővastagság (m)	4-6	4-15	39-42*	30-35*

A maar kráterek bazaltjainak K/Ar radiometrikus kora: Pula 4,15±0,17 millió év, Sitke (Gérce) 4,55±0,31 millió év, Várkesző 4,14±0,32 millió év [4, 5] és Egyházaskesző 4,15±0,34 millió év [39], azaz pliocén koriak.

3. A dunántúli maar-típusú alginitek (olajpalák)

A dunántúli maarok egyes rétege elsősorban elhalt algák maradványaiból (fosszilis alga biomasszából), valamint elmállott bazalttufából keletkezett agyagásványokból (montmorillonitból, illitből), valamint karbonátokból (kalcitból, dolomitból, aragonitból) és a kovasav amorf változataiból álló, nagy szervesanyag-tartalmú kőzet. Ez az algakőzet a gazdaságilag hasznosítható olajpala csoport tagja.

Az olajpala elnevezés ipari jellegű kifejezés, mivel a szóban forgó kőzetek nem „palák” és nem olajjal átítatottak, de a név a kőzet leglényegesebb tulajdonságára utal, tudniillik olajat lehet előállítani belőle. Az első GAVIN által 1924-ben közölt meghatározás szerint [51] az **olajpala**: kompakt, lemezes üledékes kőzet, 33% feletti hamutartalommal, melynek szerves anyaga lepárlás során olajat ad le, azonban az általánosan használt szerves oldószerekkel történő extrakciókor nem nyerhető belőle olaj.

Az olajpalák a szerves anyagban gazdag üledékes kőzetek közé tartoznak. A kőszenektől többek között magasabb hamutartalmuk (kb. 40-90 %; a kőszeneké 40% alatti) és szerves anyaguk eredetében különböznek. Az olajpalák elsősorban különféle típusú tengeri, tavi alga maradványokat tartalmaznak, a spórák, pollenek mellett, valamint csekély mennyiségű magasabb rendű növényi maradványokat. Az olajpalákat három csoportba lehet osztani, leülepedési környezetük alapján: szárazföldi, tavi, tengeri [9].

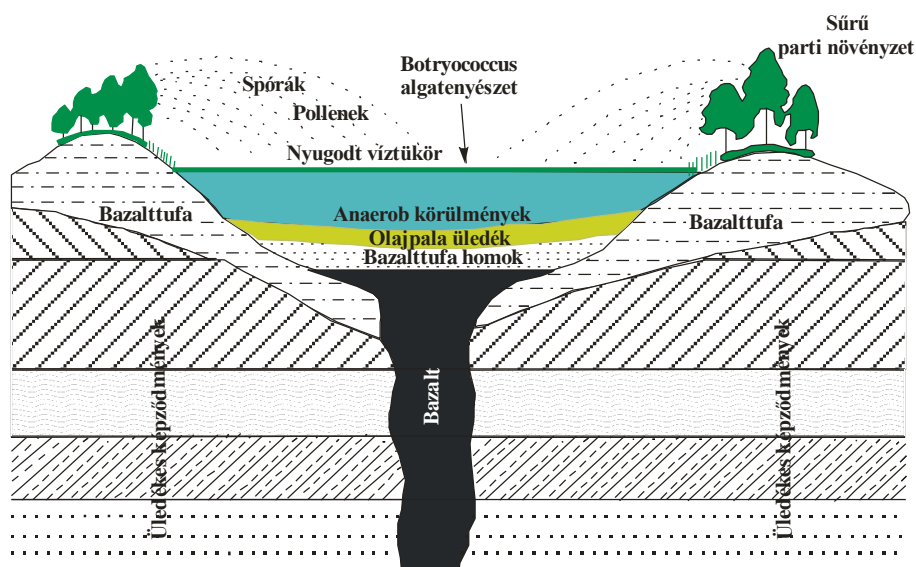
A pulai és gércei fúrások rétegsorának szerves anyaga, a palinológiai elemzések szerint, gazdag spóra-pollen tartalma mellett, nagy mennyiségű *Botryococcus braunii* zöld, planktonmikroalga maradványból áll. Ezen algák sajátosságai közé tartozik többek között, hogy kolóniái olyan nagy tömegben szaporodnak el, hogy a víz felületét teljesen beborítják; bioszintézisük révén többek között szénhidrogéneket, lipideket állít elő, amelynek eredménye a zsíros olaj (fatty oil) illetve viaszanyag; lassú bomlási tulajdonsága miatt alkalmas akkumulációra [30].

Az algákban a lignin mennyisége zérus, a cellulózé 10-20%, viszont sok a fehérje, a zsír, a viasz és a gyantaanyag 40-60 %. Alginitnek az olajalgák olajos-zsíros vegyületekben gazdag testének származékait nevezzük. Ezt az elnevezést 1939-ben DRAHT használta először [48]. A hazai gyakorlatban is az alginit elnevezés honosodott meg, mert a magyarországi olajpalák energetikai szempontból gyenge minőségűek, palaolaj előállításra kevésbé alkalmasak. A pulai és gércei minták technológiai és kémiai vizsgálata szerint, átlagos Fisher-palaolaj-tartalmuk Pula 6,6%, Gérce 4,03% [3]. A palaolajok mennyisége az egyes országokban található olajpaláknál 4-50% közötti, olaj térfogatra számítva kb. 38-568 l/10³kg kőzet. A hazai olajpalák nem tekinthetők potenciális energiatartaléknak.

A mikroflóra vizsgálatok alapján az üledékképződés sekély állóvízben történt, melynek sótartalma csökkent-sósvízi, oligohalin, max. 3 ‰-es, pH-ja 7,6 lehetett. Az üledékgyűjtő vizének hőmérséklete a diatoma-virágzás idején 10-12°C volt, vagyis az éghajlat, meleg mérsékelt égővi lehetett [16].

A kőzettani vizsgálatok alapján az üledékképződés nyugodt, kiédesedésű vízben folyt. Az evaporitok hiánya jelzi, az alacsony sótartalmat. A fáciesre a finomszemű törmelékanyag dominanciája a jellemző. A víz pH-változására, ez 5-9 közötti lehetett, a kovás, diatómás, karbonátos és bitumenes képződmények váltakozó kiválása utal. Alacsony pH tartományban kovaföld, finomlemezes opalit, kovás agyag képződött. Semleges és gyengén lúgos pH-nál diatomitos kőzetek, végül magasabb pH-nál karbonátos kőzetek és szerves anyag felhalmozódás történt. Az üst alakú vízgyűjtő alsó szintjében kialakult anaerob körülmény tette lehetővé összefüggő rétegekben, az elhalt algák szerves iszap formában való felhalmozódását. A reduktív aljzatot igazolja az iszapfaló szervezetek hiánya [36]. A karbonátokat aragonit dolomit és kalcit alkotja. Az aragonit, 29°C-nál magasabb hőmérsékletű vízben képződik, amelyet gejzír biztosíthatott [29]. A gejziritet később megtalálták [37].

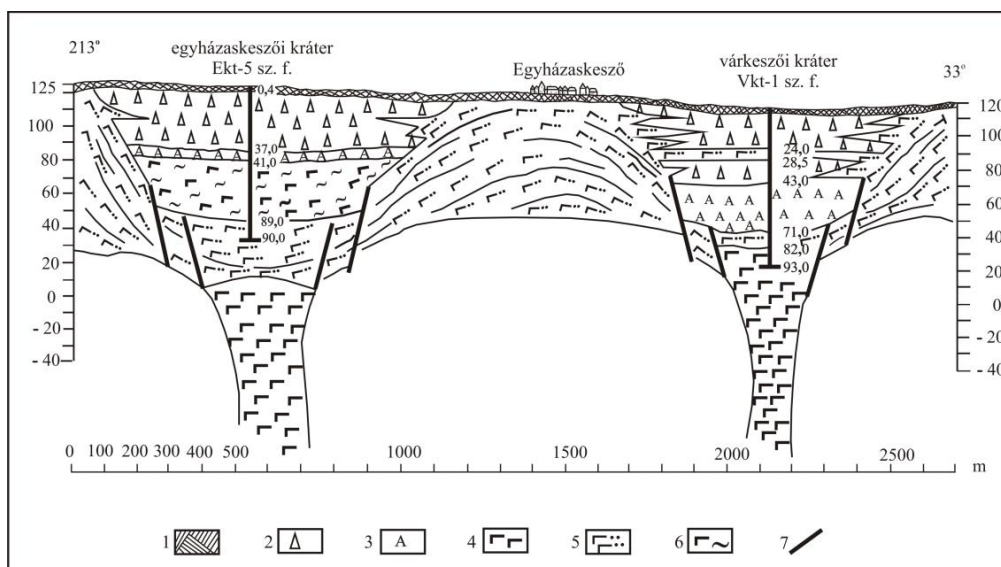
A különböző vizsgálatok bebizonyították, hogy az üledékképződés az elzárt, áramlástól, erős hullámveréstől mentes krátertóban speciális körülmények között történt (2. ábra). A bazalttufa üveg anyagának erőteljes mállása következtében a krátertó vize mikro- és makroelemekben rendkívül gazdaggá vált. A tápanyagokban gazdag tó vize kedvező feltételeket teremtett elsősorban a *Botryococcus braunii* Kütz. a zöldmoszatok törzsébe tartozó algák tömeges elszaporodásához, annyira hogy a tó vizét



2. ábra. Az alginít képződés maar tufakráterben [38] módosítva

virágzás idején biomasszaszerűen beborította. A biomaszra kialakulásához hozzájárult, hogy a vulkáni kitörést követően a vulkanotektonikai hatásokra kissé szétnyílt törésvonalak mentén, gejzír formájában feltörő posztvulkánikus forró víz az átlagosnál jobban felmelegítette a krátert vizét. A magasabb hőmérsékleten az algák olyan tömeges mértékben szaporodtak el, hogy a víz felszínét vastagon beborította az algaszőnyeg. Az elhalt szervezetek megőrzéséhez az üledékgyűjtő vizének szerkezete tette lehetővé, vagy legalábbis ahhoz nagyban hozzájárult. A nyugodt vízű tóban felül melegebb, könnyebb vízréteg, míg alatta hidegebb, nehezebb vízréteg helyezkedett el. A hullámzás és fenékáramlások hiánya miatt a két vízréteg nem keveredett egymással, az alsó szellőzetlenné vált és anaerob körülmény alakult ki, ezáltal az elhalt algák összefüggő rétegben felhalmozódhattak, és megmaradhatott az üledék eredeti lemezes felépítése is. A tó peremén sűrű nád-sás növényzet és a lombos fák (*Ulmus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Quercus*) közötti sűrű aljnövényzet igen erősen megsűrte a bemosódó törmeléket. Az alginít-összetben ezért nem találjuk a durvatörmelékes elegyrészeket [38, 40].

A krátertő „életének” végén az alginít képződést a fokozatosan növekvő mennyiségű montmorillonit leülepedése, az alginites-bentonit keletkezése váltotta fel. Ez mind a négy maar kráterben jól megfigyelhető. Várkeszön és Egyházaskeszőn több tízméteres bentonitos összlet alakult ki (1. táblázat és 3. ábra). Az alginites-bentonitból gazdag emlős csontmaradvány gyűjthető. Ez arra utal, hogy ebben az időben a krátertő már sekélyvízű iszapos mocsár, az állatok kedvelt ivó- és fürdőhelye volt [39].



3. ábra. Az egyházaskeszői iker maar tufakráter földtani szelvénye [39] módosítva
1 Talaj, 2 Bentonit, 3 Alginit, 4 Bazalt, 5 Bazalttufa, 6 Bazalttufit, 7 Törésvonal

A bányanyitást követően először végtagtöredékeket, majd egész orrszárvú csontvázakat találtak Pulán [12, 25], más gerinces ősmaradványok (*Cervidae*, *Suidae*, *Bovidae*) [26], halfossziliák [34] mellett. Ezenkívül a pulai és gércei krátereknek, a flórája is gazdag volt [11, 15, 27]. A várkeszői maar tufagyűrű területén lemélyített furások magjaiból különböző gerinces leleteket, *Rhinocerotidae* nyakcsigolya töredéket, *Tadormina* sp. lábszárcsontot, *Testudo* sp. töredékeket sikerült gyűjteni [7].

A pulai alginit telep jellegzetessége, hogy az összletben két jól elkülöníthető jellegzetes típusú alginit települt. A lemezes típus (4. ábra) szürke, barnásszürke mikrorétegzett, levelesen-lemezesen rétegzett, kiszáradva papírlapszerűen szétnyílik. Szervesanyag-tartalma alacsonyabb, agyagásvány tartalma nagyobb, mint az ún. tömeges típusé. A tömeges típusú alginit zöld, sárgászöld színű, feltűnően könnyű, laza, porló, rétegzetlen, magas szervesanyag-tartalmú, szerves anyaga főleg algakolóniákból áll. A telepen belül a két típus váltakozva fordul elő. A gércei alginit telepben az alginitek lemezes-leveles elválású típusa található. A pulai telepben előforduló tömeges alginit típus itt nem ismert [40]. A pulai alginitet 1985-ben minősítették talajjavító ásványi nyersanyaggá. Kereskedelemben Vázsonyi alginit néven, ásványi trágyaként kapható. A gércei alginit 2014-től a Magyar Értéktárban a „Természeti környezet” kategóriában a Kiemelkedő Nemzeti Értékek között van.



4. ábra. A pulai leveles és tömeges alginit [42]

A várkeszői alginitek is lemezes-leveles rétegzettségűek, leveles elválásúak, „vegyszer” szagúak, puhák, késsel faraghatók [7].

4. A dunántúli maar típusú alginitek fő felhasználási lehetőségei

4.1. Mezőgazdaság

Az alginit, mint fosszilis alga biomassa magas humusz, mész, agyag, nitrogén, kálium, magnézium és más makro-, mikroelemeket tartalmazó ásványi anyag (2. táblázat). Talajjavító hatását teljes körű kísérletsorozatokkal igazolták.

A gyenge termőképességű laza homoktalajok jellemzői: 1) Igen nagymértékű vízáteresztés, egyben rossz víztárolás. 2) Nagyfokú szellőzőssége folytán gyors a szerves anyag lebomlás. 3) Kolloid- és humuszszegénysége miatt gyenge szorpciós kapacitás. 4) Tápanyag megkötés hiányában gyors humusz- és tápanyag-lemosódás [10]. A talajjavító anyaggal szembeni elvárás, hogy egyidejűleg savanyú kémhatást lúgos irányban mozdítsa el, javítsa a szervesanyag-készletet, szerkezetjavítás, vízgazdálkodás javítás (ezáltal a növények szárazságtűrő képessége nő), komplex tápanyag-utánpótlás és a Ca- és Mg-tápanyaghiányát is enyhítse [1].

Az alginitek ugyanakkor, nagy kolloidtartalmú és szélsőséges vízmegkötő tulajdonságokkal jellemezhető anyagok, melyeknek rendkívül kicsi a vízvezető képességük. Tekintélyes szervesanyag-készletük (8-12 %) mellett kedvező az oldható káliumtartalmuk is. A nitrogén- és humuszvizsgálati eredmények azt mutatták, hogy rendkívül nagy összes N-tartalom (230-300 mg/100 g) mellett igen kedvező, könnyen oldható nitrogénkészletük (10-12 mg/100 g) [19].

2. táblázat A magyar alginitek talajtani vizsgálati eredményei [18, 44, 47]

^a HARGITAI L. elemzése; a többiek SZABÓ V. elemzése.

Olajpala lelőhely	pH				Ammónium-laktátban oldható			Összes N
	H ₂ O (átlag)	KCl (átlag)	Humusz % (átlag)	CaCO ₃ % (átlag)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	mg/100g (átlag)							
Pula	(7,9)	(7,75)	4-56 ^a (25) ^a (26,0)	(15-33) ^a (25,1)	(24,1)	76-318 ^a (201) ^a (183,0)	(66,0)	
Gérce	7,51-7,67 ^a (7,56) ^a		8,6-12,8 ^a (11) ^a	9,7-11,3 ^a (10,4) ^a	8-20 ^a (12,5) ^a	51-74,5 ^a (61) ^a	77-121 (102)	232-301 ^a (267) ^a
	7,2-7,8 (7,6)	6,9-7,5 (7,5)	6,8-12,8 (10)	8-28 (14)	18-50 (25,7)	41,5-70 (50,6)		138-400 (236)
Egyházas- kesző	7,6-8,6 (8,2)	6,8-7,2 (7,0)	0,40-4,88 (1,84)	0,34-20,9 (2,2)	22-275 (161,8)	53-172 (113,6)	253-503 (396)	100-400 (230)

A gércei alginittel végzet kísérletek során a konyhakerti (paprika, paradicsom, karfiol) és szántóföldi (búza, napraforgó, lucerna) növényeknél tapasztalt többletermés mellett, az alginit nagyfokú ammóniamegkötő képességét mélyalmos birkahodály levegőjének megjavítására is alkalmazták. 100 g/m² alginitet hetenként egyszer az alomra szórva a kezdeti 450-700 mg NH₃/1000 liter levegőben ammónia-koncentrációt egy hónap alatt sikerült lecsökkenteni 50 mg körüli értékre [47].

A gércei alginit homokos, savanyú talajok szerkezetét kedvezően megváltoztatja, a savanyú kémhatást lúgos irányba mozdítja el, növeli humusztartalmukat, jó hatással van a talaj vízmegtartó képességére, megakadályozza a növények számára szükséges, fontos tápanyagok kimosódását, így segíti elő azok folyamatos tápanyagellátását [1]. Nemcsak a savanyú homoktalajokon, hanem a meszes talajokon is eredményesen alkalmazható a talajok termőképességének fokozására és a vízháztartásának javítására [45].

Az alginit talajjavítás szempontból kiváló beltartalmi paramétereit ki lehet egészíteni olyan könnyebb térfogattömeggű, a javítandó talaj fizikai tulajdonságainak megfelelő szemcseméretű és halmazsűrűségű duzzasztott perlitel, amely a talajok víz-, levegő- és tápanyag-gazdálkodását tovább tudja javítani. A perlit szemcsék nemcsak a talaj szerkezetére hatottak kedvezően, hanem a növények gyökérzete számára folyamatosan tudtak nedvességet biztosítani [33]. A későbbi vizsgálatok is alginit és perlit növény vízháztartásra gyakorolt kedvező hatását bizonyították, üvegházi körülmények között, paradicsom jelzőnövényen. Az alginit alkalmazásakor alacsonyabb összes párolgás volt tapasztalható. Az eredmények azért meglepőek, mert az alginites kezelések takarékosabban bántak a vízzel, kevesebbet használtak abból, ennek ellenére lett a növényhőmérsékletük kiegyenlítettebb. Az alginit adagolásakor valószínűsíthetően az élettani változások következtében a növények vízigénye csökken [2].

Az egyházaskeszői bentonitos alginit magas pH-, nátrium- és magnézium-tartalma a szikesedésre hajlamos területeken az alkalmazását kizárja. A vizsgálatok igazolták a képződményben található rendkívül nagy mennyiségű könnyen mobilizálható foszfor- és káliumtartalmat. A kalciumellátottság alacsonyabb szintű, de növénytermesztési szempontból megfelelő. Nagymértékű a könnyen oldható magnézium mennyisége is. Egy elem van káros feleslegben, és ez a nátrium. Ugyanakkor bebizonyosodott, hogy az alginites-bentonit kezdetben káros nátriumsói öntözéssel, a természetben esővel kimosódnak a talajból és utána terméshozadék érhető el. Már 2,5% alginites bentonit jól mérhető kedvező változást okoz futóhomok-talajokon [44].

Az alginit minden szántóföldi és kertészeti kultúrában használható 2-4 kg/m² mennyiségben (laza homoktalajok esetében 4-6 kg/m²), egyenletesen a talajon elterítve és 10-20 cm mélyen bedolgozva. Szerves trágya vagy komposzt alkalmazásával, annak arányában csökkenthető a dózis. Különösen a tápanyag- és humuszszegény, savanyú, homokos, szerkezetnélküli, rossz vízgazdálkodású talajok javítására alkalmas. Hatását 4-6 évig fejti ki. Az alginittel történt talajjavítás eredményeképpen a dózistól függően, jelentős terméshozadék érhető el [42].

Az alginit a szennyezett, terméketlen talaj cseréjét követő termőképés réteg kialakításában szintén felhasználható. Amint az a híradásokból ismertté vált, az elmúlt évtizedek egyik legsúlyosabb ipari-környezeti katasztrófája történt Ajkán, 2010. október 4-én. A Magyar Alumínium Termelő és Kereskedelmi Zrt. ajkai timföldgyárának X-es vörösiszap tározókazetta gátja átszakadt, amelynek következtében 700 000 m³

vörösiszap és erősen lúgos víz elegye (pH >10) ömlött a Torna patakba és a környező településekre (Kolontár, Devecser, Somlóvásárhely), illetve az ezeket övező mezőgazdasági területekre. A személyi és anyagi károk mellett, ökológiai csapás érte a környező folyóvizek (Torna patak, Marcal folyó) élővilágát, valamint mintegy 800 hektár termőföldet. A kármentesítési eljárásokban azért, hogy a talaj újra visszanyerje termőképességét, talajcserét kellett végezni. A talajélet újraindítására különböző anyagok (gipsz, gilisztahumusz és komposzt, dudarit) alkalmazása mellett, gércei alginitet is használtak.

Megjegyzendő, hogy az alginit talajjavító hatása, nevezetesen, hogy előnyösen befolyásolja a homoktalajok szerkezetét és vízgazdálkodását, részben a benne levő agyagásványoknak, elsősorban a montmorillonitnak köszönhető. Adszorpciós és ioncserélő képessége, amely a tápanyag-gazdálkodás szempontjából előnyös, szintén ehhez az agyagásványhoz köthető (*l. még* 5. fejezetben). A montmorillonit-tartalmú bentonit felhasználását EGRSZEGI SÁNDOR, az általa kidolgozott (szántott réteg alatti **aljítrágyázási módszer** [10] homoktalaj-javítási eljárás során, már 1953-ban javasolta. A vonatkozó szakirodalom szerint az ásványi kolloidok önmagukban homoktalajok javítására nem alkalmasak, de szerves kolloidokkal keverve kedvező hatást mutatnak [52]. Az alginit összetétele ezért is szerencsés kombináció, mert benne az ásványi kolloidok mellett jelentős szervesanyag-tartalmuk is.

4.2. Humán célú felhasználás

Az 1980-as évek végére a kutatási eredmények bizonyították az alginit azon különleges tulajdonságát, hogy kedvező hatással van a talaj élővilágára, a növények ellenálló képességére, fejlődésére, az állatok növekedésére, immunrendszerük erősödésére. Ezen tények ismeretében indultak el az alginit humángyógyászati és kozmetikai hatásának vizsgálatára irányuló kísérletek.

Az alginit, amint azt az előző fejezetekben megismerhettük, természetes földtani képződmény, üledékes kőzet, elhalt algák és agyaggá elmállott vulkáni anyagból álló fosszilis szervesanyag-tartalmú biomassza, amely rendkívül gazdag makro- és mikroelemekben. Ezek az elemek a hármás rétegrácsú szilikátokban, illetőleg humuszanyagokhoz, huminsavakhoz kapcsolódva vannak jelen. Víz hozzáadásával belőle, hatóanyagokban rendkívül gazdag iszappá keverhető. Ennek alkalmazásával, hasonló hatás érhető el az ízületi, reumatikus fájdalmak kezelésére, mint a hazai, elismert gyógyiszapok esetében (pl. kolopi, marosi). Tartósítós, vivő, gyógy- és kondicionáló adalékok hozzáadásával, sikerült előállítani az Algalit reumakenőcsöt (egy mesterséges gyógyiszapot), melynek jótékony hatását klinikai tesztek, kedvező beteg-tapasztalatok igazolták. Alkalmazásakor, semmiféle mellékhatást nem okoz, allergiás vagy egyéb tünet a bőrön nem jelentkezik, még állandó használata esetén sem. A kezeléseknél jelentkező pulzáló hatás annak következménye, hogy az alginitben lévő, nagyszámú makro- és mikroelem a bőrön keresztül a szervezetbe jutva vérbőséget okozva az ízületek jobb mozgását teszik lehetővé. A végeredmény, az Algalit reumakenőcs, az Országos Gyógyszerészeti Intézet minősítése alapján (1995. június 29) orvosilag igazolt hatású, "gyógyszerek nem minősülő gyógyhatású készítmény" reumatikus bántalmak csökkentésére [43].

A forgalmazott Algalit reumakenőcs felhasználásának megkönnyítése és hatásának növelése érdekében további kísérleteket végeztek. Az alginithez gyógynövény kivonatokat adagoltak, ezáltal a fosszilis iszap és a gyógynövény önmagában is jelentkező hatását tovább lehetett fokozni. Az eredmény, egy halvány mogyorószínű, a gyógynövények illatát adó, bőrre kenve kellemes érzést adó Bio alginit kenőcs. A kísérleti mintapéldányok tesztelése során az Algalit reumakenőcs hatásával megegyező kedvező hatásokról számoltak be, a reumakenőcs használatának kedvezőtlen alkalmazása (dunsztkötés, párakötés) nélkül.

Az Algalit reumakenőcs kórházi kipróbálásakor a pakolást levéve az orvosok azt tapasztalták, hogy a kezelt felületen a korábban ráncos bőr rendkívül sima, bársonyos tapintású lett. Ezt tapasztalva egyes hölgybetegek eredménnyel próbálták ki, mint ráncalanító pakolást. Ezen a visszajelzések hatására 1996-ban, felkértek három kozmetikust, hogy adjanak szakvéleményt az alginit hatásáról. Tapasztalataik főbb megállapításai között, a bőrnugtató hatást, a gyulladáscsökkentő hatást emelték ki, valamint azt, hogy semmiféle bőrirritációt, allergiát még a legérzékenyebb bőrnél sem okozott. Kedvező visszajelzéseket kaptak arcpakolásakor, arcradírba, masszírozó krémbe keverve történő használatakor. Vérbőséget okozó hatása által revitalizálja a felhámot, elősegíti a sejtek megújulását. Az egyik kozmetikus szerint az alginit hatásosabb volt, mint az összehasonlításként használt Holt-tengeri, izraeli iszap készítmény. A Holt-tengeri iszappól 21 elemet mutattak ki, az alginitből több mint hatvanat [41].

Sajnálatos tény, hogy a reumakenőcs gyógyszerárban már nem kapható. A kifejlesztésében meg volt ugyan a képesség, szorgalom és a kitartás, az üzleti érzék azonban hiányzott. Két-három évig volt forgalomban. A betegtapasztalatok jók voltak. A "kényszervállalkozási cégünk" a Zelba (Zeolit-Bentoin-Alginit) megszűnt, a forgalomba hozatali engedély lejárt (SOLTI G. személyes közlése).

5. Magyarország alginit termelése

Tíz évvel az első alginit lelőhely felfedezését követően, 1984-ben Gércén megnyílt az ország első alginit bányája. Ezt követte Pulán 1986-ban a második üzembe helyezése. Azóta mindkét bánya üzemel, működő bányák. Az alábbi 3. táblázatban látható, hogy a kitermelés esetenként egy-egy évig szünetelt, majd újra indult a termelés.

A 3. táblázatban levő adatokat 1993-ig a Központi Földtani Hivatal, majd 1994-től a Magyar Geológiai Szolgálat, 2007-től a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, míg 2017 július 1-től a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) ásványvagyon nyilvántartásából lehet(ett) beszerezni. A földtani és bányászati hatóságok 2008-ig tonnában, ezt követően m³-ben adták meg a termelési adatokat. A kettő közel azonos, mert az alginit térfogatsúlya 1,04 t/m³. Az MBFSZ tájékoztatása alapján 2020. 01. 01-én a kitermelhető alginit vagyon 51 441 461 m³, ebből az addig kitermelt mennyiség kevesebb mint 200 000 m³ volt.

3. táblázat Magyarország alginit termelése (Pula + Gérce) 1985-2021 között

Év	A termelés összesen (t)	Év	A termelés összesen (t)	Év	A termelés összesen (m ³)
1985	11 000	1997	4 840	2009	895
1986	0	1998	990	2010	590
1987	22 000	1999	2 910	2011	1 020
1988	6 000	2000	3 030	2012	1 914
1989	0	2001	7 800	2013	2 719
1990	5 000	2002	27 020	2014	2 706
1991	2 000	2003	8 590	2015	2 426
1992	6 000	2004	5 710	2016	2 320
1993	2 000	2005	1 400	2017	2 478
1994	520	2006	930	2018	1 451
1995	5 580	2007	26 850	2019	1 864
1996	2 240	2008	18 327	2020	1 022
				2021	1 546

A bányák nem túl nagy kitermelésének az az oka, hogy bár az alginit kiváló tulajdonságokkal rendelkezik, sőt Magyarországon 2018-ban a Magyar Földtani Társulat szavazásán az év nyersanyagának választották, de a gazdasági számítások szerint, kb. 30-50 km-en túl nem gazdaságos a szállítása.

6. A bentonitok tulajdonságai és felhasználási lehetőségei

A bentonit elnevezést W. C. KNIGHT (1898) használta először a Wyoming állambeli (USA) Rock Creek környéki kréta üledékekben (Benton Formation) található, korábban taylorit nevet viselő agyagkőzetre [6]. Olvasta ugyanis azt, hogy ez a név Angliában már egy másik ásványt jelöl, ezért határozta el, hogy a tayloritot bentonitnak nevezi át. A bentonit aztán a 20. század elején sok országban lassanként kiszorította az erre a kőzetre már korábban meghonosított helyi neveket.

Hazánkban is régóta ismerték ezt az ásványi nyersanyagot, amit fullerföld, kallóföld, csapóföld, ványolóföld, kövelő, szappan(os)föld néven alkalmaztak gyapjúk zsírtalanítására, vízelzárásra, különböző festékek adalékanyagaként stb. A mélyfúrásokban, fúróiszap-javító adalékanyagként először „esztonit” néven vezették be ESZTÓ PÉTER soproni egyetemi professzor tiszteletére [8].

A bentonit lágy, plastikus, porózus, világos színű kőzet, amely lényegében a montmorillonit (szmektit) csoport agyagásványából, valamint kolloid kovasavból áll, és a kísérő vulkáni anyag, általában tufa vagy vulkanikus finom törmelék (hamu) kémiai átalakulásával jön létre. A kőzet zsíros, szappanos tapintású és általában képes nagy mennyiségű vizet felszívni, ezáltal térfogata megduzzad [6].

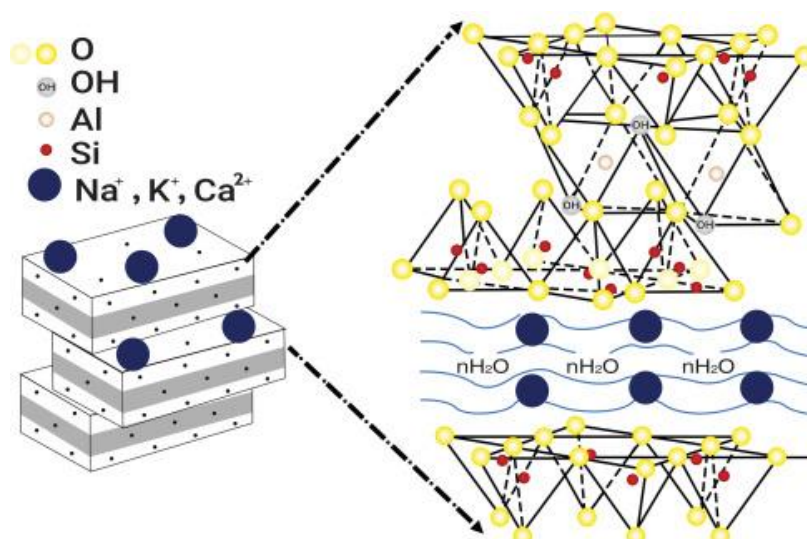
Bentonitnak tehát az olyan agyagkőzetet nevezzük, amely egyrészt sok (a magyar szabványok 50% montmorillonit-tartalmat követelnek meg) és 5 µm átmérőjűnél kisebb szemcsetartalmú montmorillonit és rokon agyagásványt (nontronitot, beidellit) tartalmaz, és ennek következtében általában különleges tulajdonságokkal, mint duzzadóképeség, kationcserélő-képeség, kis vízleadás, nagy fajlagos felület, tixotróposág stb. rendelkezik. Ezek a sajátságok azonban a Ca- és Mg-bentonitok esetében csak mesterséges úton, pl. szódás (nátrium-karbonátos) kezelés, ún. aktiválás után teljesebben ki. A bentonitok másodlagos képződmények, amelyek különböző kőzetek arra hajlamos ásványainak (kőzetüveg, földpát, piroxének,

amfibolok stb.) víz hatására történő átalakulása következtében keletkeznek üledékes, vagy hidrotermális környezetben [20].

A bentonit tulajdonságait a többségben levő alkotó, a szmektitek – (2:1) típusú ásványcsoport – jellegzetes képviselője a montmorillonit határozza meg. A rétegszilikátok közé tartozó montmorillonit három réteggkomplexumból, azaz kettő SiO_4^{4-} tetraéderek alkotta rétegből és egy oktaéder-rétegből áll, benne a központi helyzetű kationt Al^{3+} oktaédes elrendezésben, OH^- és O^{2-} ionok veszik közre. Mind a tetraédes; mind az oktaédes rétegekben gyakoriak a kation helyettesítések. A központi helyzetű Si^{4+} iont nemcsak Al^{3+} , hanem az utóbbit Fe^{3+} , esetenként Fe^{2+} , Mg^{2+} , sőt más ionok is helyettesíthetik. A helyettesítések miatt előálló negatív töltéstöbbletet, a lazán kötött rétegekzi, könnyen lecserélhető ionok ellensúlyozzák. A montmorillonitnak az ioncserélő-képessége mellett, jellegzetes tulajdonsága, a reverzibilis duzzadóképesége. Nagy mennyiségű rétegekzi vizet képes felvenni, ezáltal jelentősen megnő a rétegek távolsága anélkül, hogy a szerkezete összeomlana. Természetesen vízvesztéskor zsugorodik. További kedvező tulajdonsága, a szerves és szervetlen anyagok adszorptív megkötésére való hajlama [31, 32].

A természetben előforduló montmorillonitok leggyakrabban nátrium- vagy kalcium-montmorillonitok. Az előbbi bentonitnak, az utóbbi fullerföldnek a fő alkotója. Megjegyzendő, hogy az amerikai szóhasználatban egy szálas, hidratált magnézium- alumínium-szilikátot, az attapulgitot is nevezik fullerföldnek [14]. A kalcium-montmorillonitok, mint fentebb olvasható, mesterséges úton nátrium-karbonáttal, ún. aktiválással, nátrium-montmorillonittá átalakíthatók. Ezáltal nagymértékben megnövelik az ásvány reverzibilis vízfelszívó képességét és duzzadását.

Ipari szempontból fontos tulajdonsága e csoportnak a tixotrópia. Ez azt jelenti, hogy vízzel alkotott kolloid rendszere, meghatározott mechanikai erőhatásig szilárd anyagként viselkedik, de nagyobb erőhatásra elfolyósodik. Az erőhatás megszűnésével az eredeti állapot helyreáll.



4. ábra A bentonit szerkezeti geometriája [35]

A bentonitok talajra gyakorolt hatását több kutató is vizsgálta. Néhány megállapítás közülük: kis vízleadó, vízmegkötő képességük révén kedvezően befolyásolják a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait [46]. Homoktalajon, hatására a talajkolloidok mennyisége megnőtt. A pórustér csökkenése következtében nagyobb volt a vízemelés mértéke. A talajoszlopban hatására – a dózistól és bekeverés mélységétől függően – az átszivárgó víz mennyisége csökkent, míg a visszatartott víz mennyisége nőtt [28]. Alkalmasságát savanyú homok textúrájú talajok kémhatásának növelésére, víz- és tápanyag-gazdálkodásuknak javítására és közvetve ezek által a mikrobiológiai aktivitás serkentésére [49]. Amennyiben az agyagásványok felületét szintetikus módon módosítjuk szerves polissal, a kapott szerves-ásványi komplexek tovább javíthatják a talajszerkezetet [50].

Az előző tulajdonságok ismeretében nyilvánvaló, az alginitek miatt alkalmasak mezőgazdasági hasznosításra. A természet létrehozott egy olyan ásványi nyersanyagot, amelyben az agyagásványok mellett ott a szerves anyag is, ráadásul nem igényel mesterséges felületkezelést.

A krátertavak feltöltődésének vége felé, Pulán is Gércén is vékony, maximálisan néhány méter vastag, bentonitréteg keletkezett. Ezzel szemben az Egyházaskesző környéki tufagyűrűben, több tíz métert is elérő vastagságú a bentonittelep. Feltehetően nem csak a kráterperemről bemosódó, hanem valószínűleg a gyűrűtől keletre lévő újabb kiterítési centrumból is nagy mennyiségű, finomszemű, csaknem teljes egészében vulkáni üvegből álló portufa anyag „terítette” be a krátertavat. A vízbe hullott tufából, annak földpátjaiból a mállás

során bazaltbentonit képződött. A bazaltbentonit a derivatográfias vizsgálatok alapján 51-95% montmorillonit-tartalmú [39].

A Várkesző melletti bazalttufa-sáncsal körülvett egykori krátertóban szintén találtak szürke, esetenként pelites huminittel színezett, gyakorlatilag mészmentes bentonitot. Anyagának 60-100%-át agyagásványok alkotják, amelyek illit, illetve montmorillonit szerkezetűek. A szelvény felső, beidellites részében az agyagásványok részaránya nagyobb, mint a telep alsó felében [7].

A Várkesző Vkt-1sz. fúrás anyaga, a laboratóriumi vizsgálatok szerint, értékes ipari nyersanyag, bentonit. Fő agyagásványa beidellit, Ca-montmorillonit, tartalmaz továbbá illitet is. Sok az adszorbeált szerves anyag is. A bentonit ipari felhasználására a következő területeken lehet számítani a megfelelő kezelések után: mélyfúrási illetve öntődei bentonitként, derítőföld-gyártásban [24].

1999-ben az egyházaskeszői maar kráterben megnyílt a bentonitbánya és felépült a hozzá tartozó korszerű feldolgozóüzem. Az **Imerys Bentonite Hungary Kft.** honlapja különböző alkalmazási területekre hirdeti termékeit. Közülük a legnagyobb mennyiséget fúrásoknál, öntődékekben, szigeteléseknél használják. Földalatti munkánál, sekély és mélyfúrásoknál fúróiszapként, fúrópajzsoknál öblítő- és kenőanyagként, aknamélyítésnél, csősajtolásnál kenőanyagként használják. Öntődékekben, a formahomokban kötőanyagként, szigetelési munkáknál depóniák alap- és felületi szigetelésre, hulladéklerakóknál vízszivárgás megakadályozására használják a bentonitot.

Irodalmi hivatkozások

- [1] Ágh P. 1985: Savanyú homoktalaj javításának lehetőségei alginittel. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 49-52, Budapest.
- [2] Anda A. 2003: Az alginit és a perlit különböző arányú keverékeinek üvegházi vizsgálata tőzeggel dúsított homoktalajokon. VII. Nemzetközi Alginit Szimpózium 2002. *Földtani kutatás* **XL/I-II**, 70-73, Budapest.
- [3] Arató J-né, Bella L-né 1976: A pulai és gércei olajpala technológiai és kémiai vizsgálata. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1974 évről*, Műszaki Kiadó, 287-300, Budapest.
- [4] Balogh K., Árva-Sós E., Pécskay Z., Ravasz-Baranyai L. 1986: K/Ar dating of post-Sarmatian alkali basaltic rocks in Hungary. *Acta Miner. Petr.* **XXVIII**, 75-93, Szeged.
- [5] Balogh K., Jámor Á., Partényi Z., Ravaszné Baranyai L., Solti G. 1982: A dunántúli bazaltok K/Ar radiometrikus kora. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1980. évről*, Műszaki Kiadó, 243-259, Budapest.
- [6] Bates R. L., Jackson J. A. (Eds.) 1980: *Glossary of geology*. 2nd Edition. American Geological Institute, Falls Church, 751 p., Virginia, USA.
- [7] Bence G., Jámor Á., Partényi Z. 1979: A Várkesző és Malomsok környéki alginit- (olajpala-) és bentonitkutatások eredményei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1977 évről*, Műszaki Kiadó, 257-267, Budapest.
- [8] Benke I. 2016: Az esztonit. A magyar bentonit alkalmazásának története a mélyfúrásban. *Bányászattörténeti Közlemények*, **11/2**, Érc- és Ásványbányászati Múzeum Alapítvány, 79-88, Rudabánya.
- [9] Dyni J. R. 2003: Geology and resources of some world oil-shale deposits. *Oil Shale*, **20/3**, Estonian Academy Publishers, 193-252, Tallinn.
- [10] Egerszegi S. 1953: *Homokterületeink termőképességének javítása „aljtrágyázással”*. Agrokémia és Talajtan **2/2**, Akadémiai Kiadó, 97-108, Budapest.
- [11] Fischer O., Hably L. 1991: Pliocene flora from the alginite at Gérce. *Annls hist.-nat. Mus. nat. hung.*, **83**, 25-47 Budapest.
- [12] Futó J. 2001: Orrszarvú leletek Puláról. In: Pálffy J. (szerk.): *Program, Előadás kivonatok, Kirándulásvezető. 4. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*. Magyarhoni Földtani Társulat, 13-14, Budapest.
- [13] Graettinger A. H. 2018: Trends in maar crater size and shape using the global Maar Volcano Location and Shape (MaarVLS) database. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **357**, 1-13.
- [14] Greenwood N. N. & Earnshaw A. 1997: *Chemistry of the elements*. 2nd edition. Butterworth-Heinemann. Fordították (1999): Brücher E., Farkas E., Király R., Kiss T., Lázár J., Sóvágó I., Tóth I., Várnagy K. *Az elemek kémiája I*. Nemzeti Tankönyvkiadó, 476-477 Budapest.
- [15] Hably L. 2013: Pula pliocén flórája és vegetációja. In: Katona L. T. (szerk.): *A pulai kráter-tó – 40 éves az olajpala-kutatás*. Bakonyi Természettudományi Múzeum Baráti Köre, 11-15, Zirc.
- [16] Hajós M. 1976: A pulai Put-3. sz. fúrás felsőpannoniai képződményeinek diatoma flórája. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1974 évről*, Műszaki Kiadó, 263-285, Budapest.
- [17] **Harangi Sz. 2015: Vulkánok – A Kárpát-Pannon térség tűzhányói**. Második bővített és javított kiadás. GeoLitera, SZTE TTK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, 141-155, 275-301, Szeged.
- [18] Hargitai L. 1981: Dunántúli olajpala mezőgazdasági hasznosítása. Olajpala kertészeti-agrokémiai vizsgálata és értékelése. *Kertészeti Egyetem Talajtani Tanszék. Kutatási jelentés*, MÁFI Adattár, 208, Budapest.
- [19] Hargitai L. 1985: Az alginitek agrokémiai értékelése és felhasználási lehetőségük. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 29-33, Budapest.
- [20] Jámor Á., Kovács-Pálffy P., Kónya P. 2013: A magyarországi bentonitok keletkezési lehetőségeinek áttekintése. *Földtani közlöny* **143/1**, 47-66., Budapest.

- [21] Jámbor Á., Partényi Z., Solti G. 1981: A dunántúli bazalt vulkanitok földtani jellegei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1979. évről*, Műszaki Kiadó, 225-239, Budapest.
- [22] Jámbor Á., Solti G. 1976: A Balaton-felvidéken és a Kemenesháton felkutatott felsőpannoniai olajpala-előfordulás földtani viszonyai. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1974. évről*, Műszaki Kiadó, 193-219, Budapest.
- [23] Jugovics L. 1969: A dunántúli bazalt és bazalttufa területek. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1967. évről*, Műszaki Kiadó, 75-82, Budapest.
- [24] Juhász A. Z. 1989: A várkeszői bentonittípus technológiai tulajdonságai. *Földtani kutatás* **32/4**, 65–70 Budapest.
- [25] Katona L. T., Kutasi Cs., Papp B., Tóth S. 2014: Újabb szenzációs őslénytani leletek a pulai alginittányából. *A magyar természettudományi múzeum évkönyve*, **106**, 117-140, Budapest.
- [26] Kordos L., Lacombar F., Katona L. T. 2013: Gerinces ősmaradványok a pulai alginittányából In: Katona L. T. (szerk.): **A pulai kráter-tó – 40 éves az olajpala-kutatás**. Bakonyi Természettudományi Múzeum Baráti Köre, 22–29, Zirc.
- [27] Kvaček Z., Hably L., Szakmány Gy. 1994: A gércei pliocén flóra. *Földtani közlöny* **124/1**, 69-87, Budapest.
- [28] Lazányi J. 2003. Bentonitos tufa jelentősége a homoktalajok javításában. In: Lazányi J. Nábrádi A. (szerk.): *Agrárgazdaság Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA)*, Debrecen, 2003. április 1–2, **Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar (DE ATC)**, 4–8, Debrecen.
- [29] Mezösi J., Mucsi M. 1976: Data on the Geology and Mineralogy of the oil shale occurrence at Pula, Hungary. *Acta Miner. Petr.* **XXII/2**, 195-220, Szeged.
- [30] Nagy L-né 1976: A dunántúli olajpala-kutató fúrások rétegsorának palinológiai vizsgálata. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1974 évről*, Műszaki Kiadó, 247-261, Budapest.
- [31] Nemezc E. 1973: *Agyagásványok*. Akadémiai Kiadó, 19-62, 129-182, Budapest.
- [32] Pápay L. 2006: *Kristálytan, ásvány-, kőzettan*. JATEPress, 242-247, 371-413, Szeged.
- [33] Papp K. 1985: Alginitt és perlitkeverék hatása a termőközegben. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 39-48, Budapest.
- [34] Pászti A. 2004: A pulai alginittánya halfossziliáinak őslénytani és paleoökológiai vizsgálata. *A Nógrád Megyei Múzeumok Évkönyve 2003–2004*, **XXVII-XXVIII**, 291–298, Salgótarján.
- [35] Pourhakkak P., Taghizadeh M., Taghizadeh A., Ghaedi M. (2021): Adsorbent, in: *Interface Science and Technology* **33/ 2**, Elsevier, 71-210, Amsterdam.
- [36] Ravasz Cs. 1976: A pulai és gércei olajpala kőzettani vizsgálata. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1974 évről*, Műszaki Kiadó, 221-245, Budapest.
- [37] Solti G. 1981: A pulai gejzirit. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1979 évről*, Műszaki Kiadó, 241-247, Budapest.
- [38] Solti G. 1985: Az alginitt (olajpala) kutatása és felhasználási lehetősége Magyarországon. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 11-20, Budapest.
- [39] Solti G. 1988: Az egyházaskeszői tufakráterekben települő bentonitt és alginitt telep. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1986 évről*, Műszaki Kiadó, 379-397, Budapest.
- [40] Solti G. 1996: Az olajpala, alginitt földtana. A Kárpát-medence olajpala és alginitt telepei. In: Hetényi M. (szerk.) *Maar típusú olajpala Magyarországon. Szerves geokémiai jellemzők*. JATEPress, 4-33, Szeged.
- [41] Solti G. 2006: *Gyógyító kőzetek. Alginitt gyógytermékek és kozmetikumok*. Kézirat, 26 o., Piliscsaba.
- [42] Solti G. 2007: Alginitttel jobb, egészségesebb... *Biokultúra*, Biokontroll Hungária Nonprofit Kft, **XVIII/5**, 7-8, Budapest.
- [43] Solti G. 2021: ALGINITT a Kiemelkedő Nemzeti Érték. Általános földtani és geofizikai ismeretek. CD Piliscsaba.
- [44] Solti G., Szabó V. 1985: Az egyházaskeszői alginitt-bentonitt talajtani vizsgálata. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 95-111, Budapest.
- [45] Solti G., Szolnoky Gy., Földi I., Juhász T. 1985: Meszes homoktalajok javításának lehetősége alginitttel Izsákon. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 53-57, Budapest.
- [46] Stefanovits P., Filep Gy., Füleky Gy. 1999: *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó 470 o., Budapest.
- [47] Szabó V. 1985: Alginitttel végzett növénytermesztési adszorpciós kísérletek. *Földtani kutatás* **XXVIII/1-2**, 21-27, Budapest.
- [48] Szádeczky-Kardoss E. 1952: *Szénkőzettan*. Akadémiai Kiadó, 25-28, 100-101, Budapest.
- [49] Tállai M. 2011: *Bentonitt és zeolitt hatása savanyú homoktalajok tulajdonságaira és biológiai aktivitásának változására*. Értekezés a doktori (Ph.D) fokozat megszerzés érdekében a növénytermesztési és kertészeti tudományágban, 147 o., Debrecen.
- [50] Tombác E., Szekeres M., Baranyi L., Michéi E. 1998: Surface modification of clay minerals by organic polyions, *Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Elsevier, **141/3**, 379–384.
- [51] Yen T. F., Chilingarian G. V. (Eds.) 1976: *Oil shale: Developments in Petroleum Science 5*. Elsevier Scientific Publishing Company, 1-12, Amszterdam-Oxford- New York.
- [52] Zentay T., Vitális Gy. 1987: *Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagai*. Módszertani közlemények **XI**, Magyar Állami Földtani Intézet, 120 o., Budapest.