Földtani kirándulás a Balaton-felvidéken

Hegyes-tű (Monoszló)

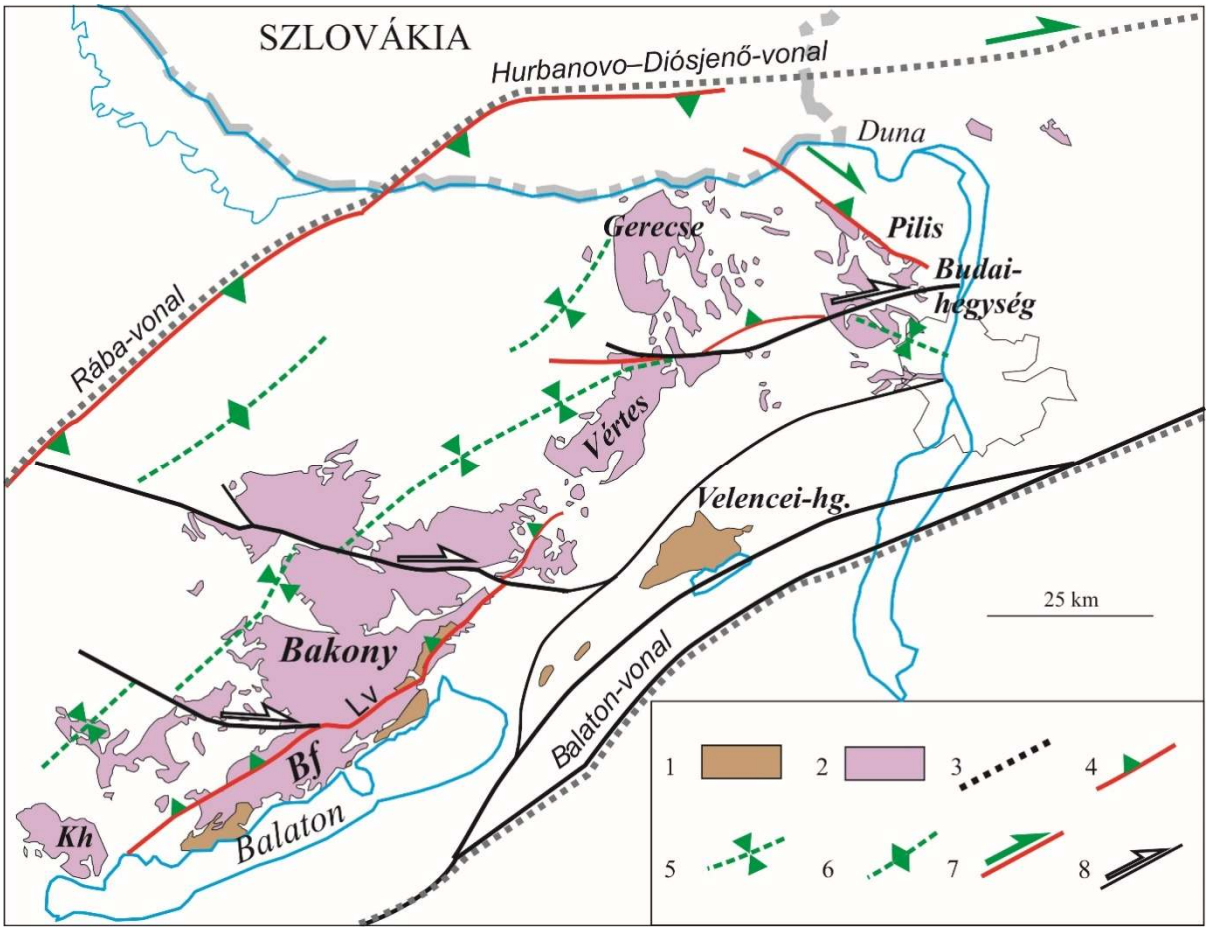
Kirándulásvezető

A Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesületének
2019. évi vándorgyűlése
Balatonfüred

A Balaton-felvidék földtani helyzete

Szerkezeti helyzetét tekintve a Balaton-felvidék a Dunántúli-középhegységi–egységhez, azon belül a Bakonyhoz tartozik (**1. ábra**). A Bakonyt felépítő kőzetek közül a legidősebbek az ópaleozoikum során (kb. 500–360 millió évvel ezelőtt) képződtek, amelyek a variszkuszi tektonikai ciklus során szenvedtek kis fokú metamorfózist. A hegység tömegének túlnyomó részét képező üledékes kőzetek a paleozoikum végén (a perm időszak során) és a mezozoikum idején képződtek (250–65 millió évvel ezelőtt), amelyeket nem ért metamorf hatás.

A rétegsor az alpi tektonikai ciklus során szenvedett gyűrődést a kréta közepén, mintegy 100–105 millió évvel ezelőtt. Ekkor alakult ki a Dunántúli-középhegység jellegzetes, ÉK–DNy-i irányban elnyúlt szinklinális szerkezete (**1. ábra**), amelynek a déli szárnyát alkotja a Balaton-felvidék. A kompressziós tektonika eredményeként jöttek létre a Balaton-felvidék földtani felépítésében meghatározó szerepet játszó hosszanti (a szinklinális tengellyel párhuzamos) feltolódások. Ezek közül a legjelentősebb a Litéri-vonal, amely mentén a felső-triász képződményekre paleozoikumi vagy idősebb triász rétegek tolódtak fel. A feltolódást több szakaszán kísérik gyűrt redős szerkezetek, antiklinálisok és szinklinálisok.



1. ábra A Balaton-felvidék helyzete a Dunántúli-középhegységi–egység szerkezetében, a paleozoos és mezozoos képződményeinek felszíni elterjedésével és főbb szerkezeti elemeivel (BALLA, DUDKO 1989; TARI 1994; FODOR et al. 2005 után). 1 – paleozoos képződmények; 2 – mezozoos képződmények; 3 – a Dunántúli-középhegységi–egység szerkezetének határa; 4 – mezozoos feltolódás; 5 – szinklinális tengely; 6 – antiklinális tengely; 7 – mezozoos eltolódás; 8 – kainozoos eltolódás. BF – Balaton-felvidék; KH – Keszthelyi-hegység; Lv – Litéri-vonal

A kirándulás programja

A kirándulás megállópontjait úgy választottuk ki (**2. ábra**), hogy azok reprezentálják a Balaton-felvidék földtani felépítésében meghatározó képződményeket, illetve amelyek tájképi vagy egyéb szempontokból érdekesek, esztétikusak. A feltárások leírásánál elsősorban a Balaton-felvidék földtani kirándulásvezetőjét (BUDAI et al. 2002) és a Magyarhoni Földtani Társulat „A múlt ösvényein” című kiadványát (HAAS szerk. 2010) használtuk fel.

2. ábra A kirándulás útvonaltérképe
1. Balatonarács, vasúti bevágás: perm–triász határ; 2. Felsőörs, Forrás-hegy: középső-triász alapszelvény; 3. Tihany, Levendula Ház; 4. Monoszló, Hegyestű: felső-miocén bazalt; 5. Pula: pliocén maar üledék

1. Balatonarács, vasúti bevágás: perm–triász határ

A balatonarácsi vasúti bevágás a Balaton-felvidék egyik legrégibb védett geológiai szelvénye, amely a 19. század elején zajló vasútépítés során létesült (**3. ábra**). A szelvény a felső-perm Balatonfelvidéki Homokkő legfelső és az alsó-triász Nádaskúti Dolomit legalsó szakaszát tárja fel.

A felső-permi rétegsort a feltárásban vörös homokkő és aleurolit alkotja, amely a több száz méter vastag, ciklusos folyóvízi kifejlődésű Balatonfelvidéki Homokkő legfelső szakaszát képviseli. Erre következik szögeltérés nélkül az alsó-triász sekélytengeri rétegsor, amelynek alsó szakaszát szürke aleurolit és homokkő, feljebb vékonyréteges homokos dolomit alkotja. A réteglapokon gyakoriak a hullámbarázdák, a dolomit rétegekben pedig az ooid szemcsék. A triász rétegsor alsó szakasza gyakorlatilag ősmaradvány mentes, a kagylókból (*Claraia*) és brachiopodákból (*Lingula*) álló szegényes fauna a határ fölött kb. 8 méterrel jelenik meg.

Értelmezés

A Dunántúli-középhegység területe a perm időszakban a Pangea afrikai részén lévő folyóvízi síksághoz tartozott, amelyen több száz méter vastag ciklusos folyóvízi üledék rakódott le. A Neotethys-óceán a triász kezdetén öntötte el a kontinens peremét, amelyen karbonátos és törmelékes üledékek lerakódásával jellemzett sekélytengeri self jött létre a kora-triászban. A fanerozoikum legnagyobb mértékű tömeges kihalási eseménye a perm végén zajlott le, a sekélytengeri élővilág csak jóval a krizist követően kezdte elfoglalni a megüresedett élőhelyeket.

3. ábra A felső-perm Balatonfelvidéki Homokkő és az alsó-triász Köveskáli Formáció Nádaskúti Tagozatának határszelvénye az arácsi vasúti bevágásban

2. Felsőörs, Forrás-hegy: középső-triász alapszelvény

A Dunántúli-középhegység egyik leghíresebb, nemzetközi rangú alapszelvénye Felsőörs nyugati szélén, a Malom-völgy peremén lévő Forrás-hegyen található. A geológiai tanösvénnyé kiépített alapszelvény az anizuszi emelet közepétől a ladin emelet közepéig tárja fel a Balaton-felvidék középső-triász rétegsorát (**4. ábra**).

A szelvény alsó szakaszán az alsó-anizuszi legfelső részét alkotó Megyehegyi Dolomit padjai tanulmányozhatóak. Az ösvény mentén efölött rosszul rétegzett, márgás, kalapálásra bitumen szagot árasztó dolomit következik. A fölötte települő Felsőörsi Mészkő alsó szakaszát világosszürke, pados, sötétszürke tűzkő gumókat tartalmazó mészkő építi fel, amelyet felfelé egyre vastagabb márgaközök tagolnak. E fölött márgás, rosszul rétegzett mészkő alkotja az alsó szelvény legfelső szakaszát, amely kőzetalkotó mennyiségben tartalmaz krinoidea és brachiopoda maradványokat. Az alapszelvény felső szakasza a Felsőörsi Mészkő legfelső, jól rétegzett, bitumenes mészkőből álló szakaszát tárja fel, amely igen gazdag ammonitesz maradványokban. Az e fölött települő Vászolyi Formáció világoszöld tufaösszletét sárgásbarna, kovás mészkőből álló rétegek, lencsék tagolják. A tufa fölött települő Buchensteini Mészkő alsó szakaszát világosszürke, feljebb halvány vörös, igen kemény, kovás, pados, gumós, vörös tűzkövet tartalmazó mészkő alkotja.

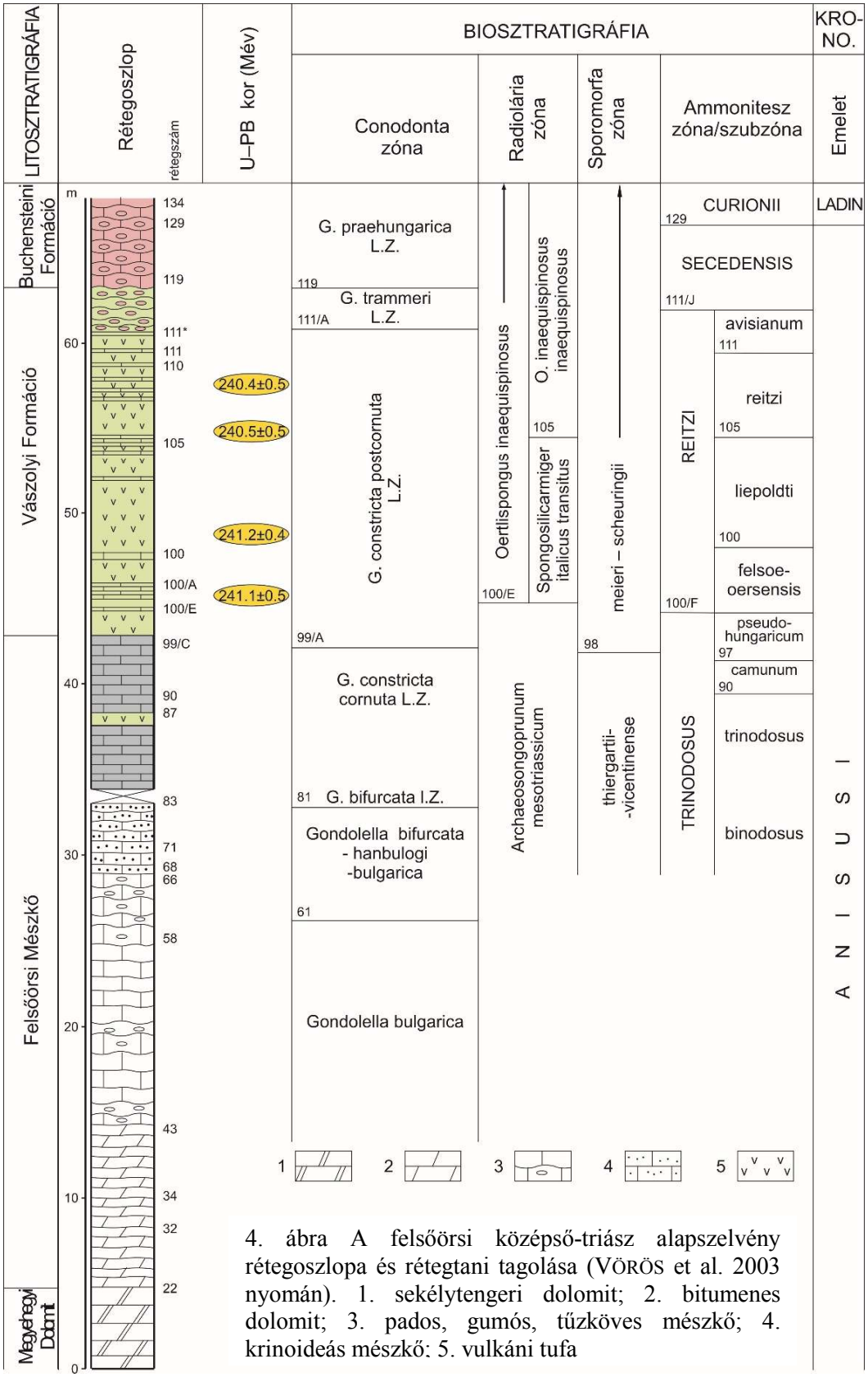
Értelmezés

A rétegsorból előkerült ammoniteszek, radioláriák és osztrakódák vizsgálata alapján megállapítható, hogy a sekélytengeri Megyehegyi Dolomit fölötti rétegsor üledékei a középső-triász során egyre mélyülő nyílt tengerben képződtek, ahol a karbonát-iszap képződését vulkáni tufaszórások anyagának lerakódása szakította meg az anizuszi korszak végén.

Nemzetközi jelentőség

A földtörténeti tagolás különböző szintű (időtartamú) kategóriáinak hierarchikus rendszerében a középső-triász kort anizuszi és ladin korszakra osztják a nemzetközi kronosztratigráfiai skálán. Az egyes kategóriák egymástól történő lehatárolásának hagyományos eszközéül a biosztratigráfia szolgál. A középső-triász két emeletének, az anizuszi és a ladin emeletnek a határát több ősmaradvány csoport alapján is meg lehet határozni. A felsőörsi szelvényben az

1980-as évektől a 2010-es évekig intenzív őslénytani és rétegtani kutatások zajlottak, amelyek eredményeként ezt a határt nem csak ammoniteszek, hanem radiolariák és conodonták alapján és ki lehetett mutatni (VÖRÖS et al. 2003, 2008).



4. ábra A felsőörsi középső-triász alapszelvény rétegoszlopa és rétegtani tagolása (VÖRÖS et al. 2003 nyomán). 1. sekélytengeri dolomit; 2. bitumenes dolomit; 3. pados, gumós, tűzköves mészkő; 4. krinoideás mészkő; 5. vulkáni tufa

A két emelet nemzetközi határsztratotípusának (Global Stratotype Section and Point – GSSP) kijelölésére azonban több szelvény is esélyes volt, amelyeket nemzetközi konferenciákon mutattak be és értékeltek a triász rétegtannal foglakozó kutatócsoportok. Végül az anizuszi és a ladin emelet határát jelképező aranyszöget a Déli-Alpok egyik szelvényében, Bagolinoban ütötték be, de ez nem csökkenti a nemzetközi jelentőségét a felsőörsi Forrás-hegy alapszelvényének.
A szelvény másik fontos értéke, hogy a vulkanit-rétegekből szeparált cirkon ásványokon lehetséges volt radiometrikus korok mérése is (PÁLFY et al. 2003). Ennek alapján meghatározható volt a vulkanizmus ideje, amely egyben pontosította az anizuszi és a ladin korszak fordulójának a dátumát is.

3. Tihany

„A Balatonnak legérdekesebb, legbájosabb pontja kétségkívül a Tihanyi félsziget, amelynek belseje az ő két sajátszerű lefolyástalan medenczéjével, hepehupás térszínével, gejzír eredésű forráskúpjaival a Balaton környék egyéb részeinek morfológiájától élesen elüt és ezért megérdemli a körülményes leírást.” (LÓCZY, 1913).

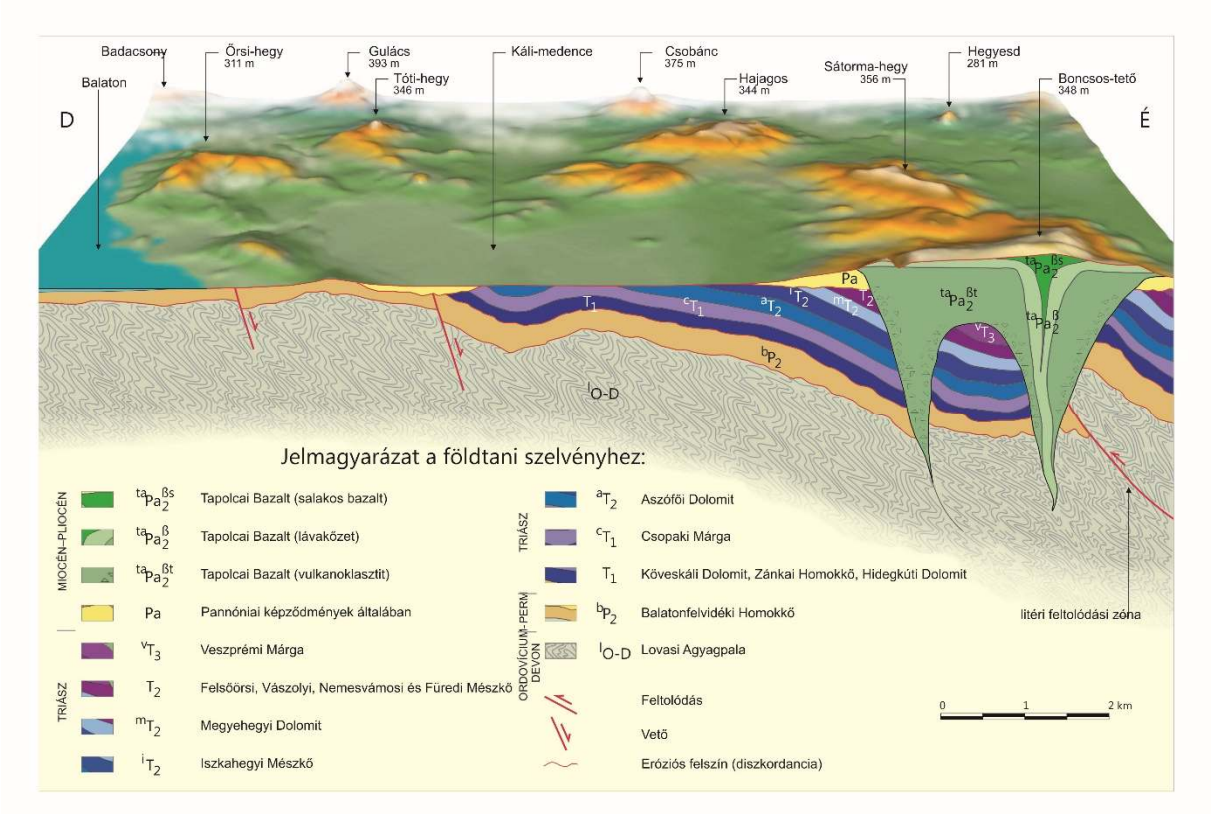
A Tihanyi-félszigetet túlnyomó részben maar-típusú vulkáni és utóvulkáni üledékes kőzetek alkotják, az ezek alatt települő pannóniai tavi üledékek csak néhány helyen, főként a félsziget K-i peremén bukkannak a felszínre (**5. ábra**).

5. ábra A Tihanyi-félsziget egyszerűsített földtani térképe (BUDAI et al. 2002 nyomán). 1. Felső-miocén (pannóniai) tavi üledékek; 2. piroklasztitok; 3. maar-tavi üledékek; 4. rétegdőlés; 5. feltételezett kráterperem. A csillag a Levendula Ház helyét jelzi.

A tihanyi-maar rétegsorát olyan vulkáni törmelékes üledékek alkotják, amelyek robbanásos kitörések eredményeként rakódtak le, mintegy 7-8 millió évvel ezelőtt. A rétegsorok elemzése alapján a felfelé nyomuló alkáli bazalt olvadék vízzel, illetve vízdús üledékkel találkozott, amelynek eredményeként hirtelen nagy mennyiségű vízgőz keletkezett. A kitáguló gőz feszítőerejének hatására a bezáró kőzetek kirobbantak, és azok anyaga kitörési felhőt alkotott, a víz hűtő hatására hirtelen megdermedt lávatöredékekkel keveredve. A kitörési felhő a robbanás energiájának hatására magasba emelkedett, melyből a vulkáni por visszahullott a felszínre. A magma-víz kölcsönhatásra bekövetkezett robbanások a kitörési központtól körkörösen távolodó piroklaszt torlóárak keltettek, amelyek lerakódott üledékét az aláhulló vulkáni por fedte be.
A fejlődéstörténeti értelmezések szerint a vulkanizmus több fázisban zajlott. Az első kitörések a félsziget középpontjában következhettek be, de ezzel részben egy időben a félszigettől K-re is történtek kitörések. A következő fázisban új kürtő jött létre a félsziget nyugati partján, ahol sekélyebb mélységben bekövetkezett explózióra és szárazabb alapi torlóárak működésére lehet következtetni a rétegsorok alapján. Ezt követően a kitörési centrum ismét a félsziget belsejébe tevődött át, újabb maar-krátert hozva létre (ennek maradványa lehet a Külső-tó).
A vulkáni működés eredményeként kialakult maar-tavakban és az egykori vulkáni terület peremén számos hévforrás működött az utóvulkáni periódusban. Ezek nyomai szinte mindenütt megtalálhatóak a félszigeten, de legnagyobb számban a Belső-tótól DNy-ra lévő Gejzír-mezőn fordulnak elő. A tavi üledékeket lemezes szerkezetű édesvízi mészkő, dolomit és kovarétegek építik fel, míg a forráskúpokat általában tömeges kiválások alkotják.
Hazánk első tájvédelmi körzetét a Tihanyi-félszigeten hozták létre 1952-ben. Az élő természeti értékek mellett a terület nemzetközi hírnevét a vulkáni és utóvulkáni képződmények és morfológiai elemek adják, amelyek 2003-ban elnyerték az Európa Diplomát. Ezeket az értékeket mutatja be a tihanyi Levendula Ház.

5. Zánka, Hegyes-tű

Zánkától É-ra, Monoszló határában emelkedik a Balaton-felvidék leglátványosabb vulkáni kúpja, a Hegyes-tű, amely, amelynek belső szerkezetét egykori bazaltbánya tárja fel. A bányaudvar jelenleg természetvédelmi bemutató terület, ahol a környék földtani térképe és a területet felépítő főbb kőzettípusok is tanulmányozhatók.
A Hegyes-tű a pannon vulkáni működés során keletkezett, bazalt lávakőzettel kitöltött kürtő, amelyet a pannon utáni erózió preparált ki környezetéből.
A vulkáni test fő tömegét fekete bazalt alkotja. A kőzet oszlopos elválása a láva hűlése során jött létre. Az alsó szinten hólyagos és úgynevezett „kukoricaköves” bazalt is található. A hólyagüregek elhelyezkedésében helyenként irányítottság figyelhető meg.
A bánya szélén ösvény vezet a hegy csúcsára, ahonnan gyönyörű kilátás nyílik a Káli-medencére, amelynek aljzatát paleozoos és triász képződmények, tanúhegyeit pedig pannóniai bazaltvulkánok alkotják (**6. ábra**).



6. ábra A Káli-medence árnyékolt domborzati képe és földtani szelvénye a Hegyes-tű csúcsáról (BUDAI et al. 2002)

5. Pula: pliocén maar

Pula határában a közelmúltban létrehozott tanösvény egy vulkáni kráter környezetét mutatja be, amely a pliocén során keletkezett. A mintegy 4 millió évvel ezelőtt zajló igen heves kitörések során alakult ki a több 100 m átmérőjű maar-típusú kráter. A kiszórt anyag nagy része vulkáni porból, lávatörmelékből és az áttört, idősebb rétegek anyagából felépülő gyűrűt formált a kitörés centruma körül, amelynek rétegsora a tanösvény elején látható (**7. ábra**).

7. ábra A pulai maar-kráter gyűrűjét alkotó rétegsor feltárása a temetőtől induló tanösvény mentén

A vulkáni működést követően lefolyástalan tó alakult ki a kráterben, amelynek tápanyagban gazdag vízében óriási tömegben szaporodtak el az algák (Botryococchus-félék). A tó fenekén – feltehetően az évszakok változásának megfelelően – papírvékonyságú, az algákból származó szervesanyagban gazdag, sötét és szervesanyagban szegényebb, világosabb rétegek egymással váltakozva rakódtak le (**8. ábra**). A kráter pereméről, a vulkáni gyűrű belső oldaláról a vízfolyások időnként por, homok és kavics méretű törmeléket szállítottak a tóba, így az fokozatosan feltöltődött.
A finomszemcsés tavi üledékben kiváló fosszilizációs körülmények között őrződtek meg az egykori élőlények maradványai. A kőzetlemezeket „lapozgatva” levél- és hal-lenyomatokat viszonylag gyakran lehet találni, de ezeken túl előkerültek közel teljes orrszarvú csontvázak és szinte tökéletesen ép ízeltlábú maradványok is.
Magas szervesanyag- és ásványianyag-tartalma miatt az alginit gyakorlati felhasználása igen sokféle lehet, elsősorban a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben. 2018-ban az alginitet választották az év ásványi nyersanyagának.

8. ábra Lemezes alginit feltárása a pulai bányában

Felhasznált irodalom

BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L., MAJOROS GY. 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. – *Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* **197**, 257 p.

BUDAI T., CSILLAG G., KOLOSZÁR L., MÜLLER P., NÉMETH K. 2002: A Balaton-felvidék. – Geológiai kirándulások I., Veszprém, 101 p.

BUDAI T., GYALOG L. (szerk.), ALBERT G., CHIKÁN G., CSILLAG G., HORVÁTH A., KERCSMÁR ZS., KOLOSZÁR L., KONRÁD GY., KORBÉLY B., KORDOS L., KOROKNAI B., KUTI L., PELIKÁN P., PRAKFALVI P., SELMECZI I., ZELENKA T. 2010: Magyarország földtani atlasza országjáróknak, 1:200 000. – *Földtani Intézet kiadványa*, 276 p.

HAAS J. (szerk.) 2010: A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből. – Magyarhoni Földtani Társulat kiadványa, 195 p.

VÖRÖS A., BUDAI T., HAAS J., KOVÁCS S., KOZUR H., PÁLFY J. 2003: A proposal for the GSSP at the base of the Reitzi Zone (sensu stricto) at Bed 105 in the Felsőörs section, Balaton Highland,

Hungary. – In: GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point). Proposal for the base of Ladinian (Triassic). – *Albertiana* **28**, 35–47.

VÖRÖS, A., BUDAI, T., SZABÓ, I. 2008: The base of the Curionii Zone (Ladinian, Triassic) in Felsőörs (Hungary): improved correlation with the Global Stratotype Section. – *Central European Geology* **51/4**, 325–339.