

Tűzhányók öröksége

Vulkanológiai tanösvényeken a
Bakony-Balaton UNESCO Geopark területén

Harangi Szabolcs

Tűzgyűrű tanösvény, Badacsony

Turistaút jelzése: **T**



Tanösvény megállópontok:

1. Indulópont
2. Balaton
3. Miért van itt vulkán?
4. Bazaltkő
5. Oszlopos bazalt
6. Vulkánból tanúhegy
7. Kőszivacs és magmahab
8. Kezdeti robbanásos kitérők
9. Kőbástyák és kőzsákok
10. Vulkán, szőlő, bor



A Balaton turisztatérkép, illetve a Balaton-felvidék, Keszthely-hegység turistikalauz térképrészletét a Cartographia Kft. hozzájárulásával közöljük.

M = 1 : 40000 1 km

Harangi Szabolcs

Tűzhányók öröksége

Vulkanológiai tanösvényeken a Bakony-Balaton UNESCO Geopark területén

Fotók: Harangi Szabolcs (2,3,4,5,6,7,9,10,11,13,15,17,18,26,
28,30,32,33,35,38,40,41, hátlap), USGS (12,23,31,39), Németh Károly (1,14,34),
Kiss Balázs (8), Mészáros Eszter (16), Goran Pavic (20), Hateg UGGP (21),
Korbély Barnabás (29), Ipach Ildikó (30), Jankovics M. Éva (38), Paul Cole (37),
Szenthe Zoltán (címlap)

Kiadványterv: Lapillus Bt.

Szerkesztés: Jacob Péter

Turistatérképek: Cartographia Kft.

A Cartographia Kft. írásbeli engedélye nélkül tilos a térképeket részben vagy
egészben sokszorosítani vagy bármely módon rögzíteni és hasznosítani.

Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság

Felelős kiadó: Puskás Zoltán igazgató

Csopak

2019

Innovariant Nyomdaipari Kft., Szeged

ISBN 978-615-80144-5-8



Tűzhányók és vulkándetektívek: új vulkáni tanösvényeken

Az erős kar megragadta a fújtatót, és a tűzhelybe jutó levegő szikrázva kavarta fel a kemence szenes és kénes anyagát, miközben sűrű, fojtó szagú füst tört fel. A tűzben nyugvó felforrósított éles kardpenge az üllőre került, és lendült a kalapács! Minden egyes ütés során újabb és újabb szikrák pattantak ki. A hegy gyomrában lévő kovácsműhelyben folyó munka rejtve maradt az emberek szeme elől, azonban a kéményen kijövő jelekből, az orrfacsaró, szemet könnyeztető gázokból és tűzijátékszerű jelenségekből (1, 2) egyértelmű volt: istenek fegyverei, eszközei készülnek lent, mégpedig a tűz istene, Vulcanus irányításával. A kovácsműhely helyét hol az Etna, hol a Lipari-szigetek valamelyik kúp alakú hegye alá képzeltek. A természeti jelenségeket pontosan lejegyezték és magyarázták az akkori kor felfogásának megfelelő módon. Ma már azonban másképpen értelmezzük azt, hogy mi történik e hegyeken és mi okozza ezeket a jelenségeket. A közös tő, azonban Vulcanus: e hegyeket ugyanis szerte a világon vulkánoknak nevezik. A magyar nyelv ehhez egy képszerű elnevezést csatol: tűzhányó e „tűzi” folyamatokat (1) mutató hegyek neve.

A vulkáni működés folyamata azonban nem néhány ezer évre tekint vissza, az végigkísérte bolygónk 4,6 milliárd éves történetét. Alapvető szerepe volt abban, hogy a Földön

létrejőjjön a földkéreg, a vízburok és a légkör. A vulkáni működés ma is formálja környezetünket.

Az ember kezdetektől fogva vonzódott bolygónk e különleges helyeihez. A Kelet-afrikai-hasadékvölgyben az Australopithecus afarensis 3,5 millió éve hátrahagyott lábnyomait vulkáni hamuüledékben találták meg. Jóval később, mintegy 74 ezer évvel ezelőtt, drámai találkozás történt a vulkáni működés és a modern ember között. A szumátrai Toba vulkán elementáris erővel tört ki, hihetetlen mennyiségű, több mint 2800 köbkilométer térfogatú horzsaköves vulkáni hamuanyag* hagyta el a több kilométer hosszan felnyílt földfelszíni repedéseket. A környező területeken, így a Maláj-félszigeten és Indiában helyenként több méter vastagságban halmozódott fel a vulkáni üledék. Erre az időszakra tehető a modern ember Afrikából való kivándorlása, a genetikai kutatások szerint pedig ekkor a modern ember fajszáma csupán néhány ezerre csökkent. Többen úgy gondolják, hogy az események között összefüggés van, és a fajszámcsökkenés a Toba gigantikus vulkánkitörésével hozható összefüggésbe. Ugyanakkor egy biztos: voltak túlélők, sőt a túlélők lassan birtokba vették a Földet, bolygónk népessége pedig mára meghaladta a 7 milliárd főt. Az emberiség kötődése a vulkánokhoz azonban nem szűnt meg. Egy friss felmérés szerint jelenleg a Föld népesség-



gének mintegy 10 százaléka, azaz 700 millió ember él olyan vulkán közelében, aminek volt a történelmi időkben kitörése, és egy újabb feléledés beláthatatlan következményekkel járna. A tűzhányók működésének megértése tehát létkérdés, és a jelenségek modern megfigyelői, a vulkanológusok, már minden eszközt bevetnek, hogy megfejtsék a vulkánkitörések okait, a vulkáni működés lefolyását. Ehhez az igény pedig most már nem pusztán az alapismeretek bővítése, manapság már egyre fontosabb szempont az is, hogy jobban ismerjük a vulkánkitörésekkel járó veszélyeket. A modern kor tűzhányó-megfigyelőinek munkája emberek tízezreinek életét óvta meg már eddig is. De vajon hogyan igyekeznek megérteni a vulkánok működését? A vulkánkitörések általában nem tartanak sokáig, aztán sokszor hosszú szunnyadási időszak* következik. A kulcskérdés annak feltárása, hogy mi indítja el a magmát felfelé, milyen gyors ez a folyamat, hogyan tör ki a magma és milyen jelek előzhetik meg mindezt. A vulkanológusoknak tehát sokszor a tűzhányók alá kell nézniük (3). A technikai eszközök jelentős mértékben bővültek, azonban szükség van tanúk vallatására is. Olyan tanúkra, akik részt vettek a mélybeli eseményeken. Ezek pedig maguk a kitörési képződmények, azaz a vulkáni kőzetek. A vulkáni kőzetek és a felépítő kristályok megjelenéséből, valamint kémiai összetételéből, továbbá a vulkáni rétegsor szerkezetéből kiol-

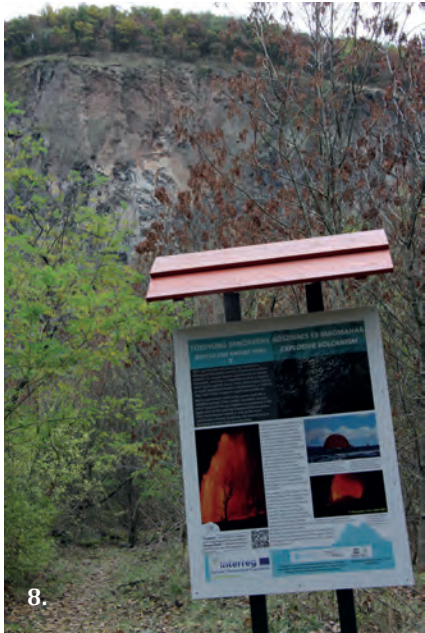
vasható a kőbe zárt történet, a magma-képződéstől kezdve a magmakamra* folyamatain át egészen a vulkánkitörés lezajlásáig. Ez egyfajta detektívmunkát igényel (4, 5): vannak megmaradt nyomok, amelyeket felismerni és értelmezni kell, amelyek egy folyamatsor különböző elemeit tükrözik. Egyfajta mozaikok, amelyekből összerakható egy részletes történet. A lávaöntéssel vagy robbanásos kitöréssel képződött vulkáni képződmény megjelenése a felszíni folyamatokról árulkodik: hogyan folyt a láva, milyen fizikai tulajdonságok befolyásolták előrehaladását, vagy miért történt robbanásos kitörés, hogyan kerültek a kürtöből* kitódult kisebb-nagyobb vulkáni szemcsék, kőzetdarabok a felszínre. Még mélyebbre nézve, a kőzetek kémiai összetétele, a bennük lévő kristályok a magma* kialakulásáról, a kitörést megelőző, esetlegesen az azt elindító folyamatokról adnak információt. Végül, maguk a vulkánok, a tűzhányók megjelenése is árulkodik: vajon magasba tornyosuló, szabályos kúp alakú hegyek jönnek létre vagy kis vulkáni dombok, esetleg csupán egy mélyedés marad vissza? Egyetlen tűzhányó alakul ki, vagy egy nagy területen elszórt sok-sok kis vulkán? Miért épülnek, esetenként miért omlanak össze a vulkáni hegyek? A vulkanológusok számára fontos tanúk tehát a vulkáni működés során létrejött képződmények, ezeket kell vallatni. A Kárpát–Pannon térség, illetve a Duna régió tágabb területe bővelke-

dik a vulkáni örökségben, amelyek az elmúlt mintegy 20 millió évben rendkívül változatos vulkáni működés során alakultak ki. E vulkáni történet szorosan kapcsolódik Európa szívének földtörténetéhez. A Bakony–Balaton UNESCO Globális Geopark területén egy 2,5–8 millió évvel ezelőtt zajlott bazaltvulkáni működés képződményei adnak különleges lehetőséget a vulkanológusoknak, hogy jobban megértsék e kitörések okát, az itt élőknak pedig ezek olyan természeti értéket jelentenek, ami erősítheti a környezethez való kötődést, lehetőséget ad fejlesztésekre.

A Bakony–Balaton UNESCO Geoparkot fenntartó Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság volt az egyik partnere az Interreg Dunai GeoTúra pályázat-

nak, amelynek keretében két meglévő tanösvényt felújítottunk, illetve egy újat létrehoztunk a vulkáni értékekben gazdag helyszíneken. A Badacsony és a Szent György-hegy vulkáni működését 17 új tábla mutatja be, míg a Hegyes-tűtől a Kopasz-hegyig vezető, mintegy 26 km hosszú útvonalon 14 magyarázó tábla segít betekintést nyújtani a bazaltvulkáni működés részleteibe (6, 7, 8). Az alábbi füzet egy izgalmas detektívmunkára hív: mit kezdhünk a vulkáni örökséggel, miképpen lehet a vulkáni kőzetek, a megmaradt vulkáni felszínforma vallatásán keresztül a régmúlt vulkáni működéseit felfedni? Helyszíneink az újonnan kialakított tanösvényeken lesznek, ezek térképei a belső borítókön és a középső oldalpáron láthatók.





Vulkánetektív oknyomozás

Mi olvasható ki egy vulkáni kőzetből (10, 11)? Egy kis darabot a kezünkbe véve nem sokat látunk, különösen egy bazalt-lávakőzetben, amelynek sötét anyagában alig csillan ki egy-egy nagyobb kristály. Keletkezésük megértéséhez azonban fontos ismernünk, hova helyezhető vissza ez a kőzetdarab, milyen földtani rétegsorból származik. Egy sziklafal, egy völgyfalban vagy útmenti rézsűben előbukkanó kőzetest már pontosabb információkat ad, és a vulkáni történet rekonstruálása is itt kezdődhet (9). A kőzetest szerkezete, a feltárt kőzettípusok jellege tükrözi a keletkezés módját: a tömeges, homogén lávakőzet elkülönítése viszonylag egyszerű az olyan



képződménytől, ami számtalan kisebb-nagyobb kőzetdarabot tartalmaz. Ez utóbbiak képződhetek robbanásos vulkáni kitörés során, ekkor piroklasztitnak* nevezzük, bár nem zárható ki az sem, hogy tömegmozgás, folyóvíz szállította jelenlegi helyére, azaz a megjelenés nem az elsődleges vulkáni folyamatot tükrözi.



A robbanásos vulkáni kőzetek rendkívül változatosak, a sok-sok kőzetdarab elrendeződése, méretük és anyaguk a vulkáni esemény lefolyását tükrözik. A kőzettörmelékek közül különösen nagy fontossága van a magmát képviselő, úgynevezett juvenilis* alkotóknak. A vulkáni kitörés jellegét, végső soron egy tűzhányó megjelenését a felszínre törő

magma fizikai és kémiai tulajdonságai határozzák meg. A juvenilis kőzetdarabok minderről fontos információt adnak. A kőzet kémiai összetétele és a benne lévő kristályok mennyisége alapján következtethetünk a magma viszkozitására, azaz belső ellenállásának, egyszerűen szólva folyékonyságának mértékére. A nagy szilíciumtartalmú, sok kristályt tartalmazó magmák lassan mozognak, azokban a kiváló gázbuborékok is nehezen nőnek, ezért nagy belső nyomóerőt fejtenek ki. Ezekben tehát sokkal inkább benne van a nagy robbanásos kitörés lehetősége, mint a könnyen folyós bazaltos magmákban. A robbanásos kitörést sok esetben a magmatest felső részén feldúsuló gázbuborék halmaz túlnyomása okozza (12). Amennyiben valóban ez az ok, akkor ez a felszínre jutó juvenilis kőzetdarabokban is tükröződik: tele vannak kisebb–nagyobb üreggel, vannak, amelyek szinte úgy néznek ki, mint egy szivacs (13), sőt egyes szilíciumgazdag képződmények esetében annyi bennük az üreg (ezeket horzsakőnek nevezik), hogy sűrűségük a víznél kisebb, ami miatt úsznak a vízben. E kőzeteket tanulmányozva nincs kétség afelől, hogy keletkezésük egy felhabzó magmatest szétrobbanására vezethető vissza. A robbanásos kitörést azonban más tényező is előidézheti, ilyen például a magma és víz, vagy vizes üledék felszín alatti keveredése. Ez hasonló folyamat ahhoz, mint amit az atomenergiai eljárásokban is különösen nagy figyelemmel kísérnek:



12.



13.

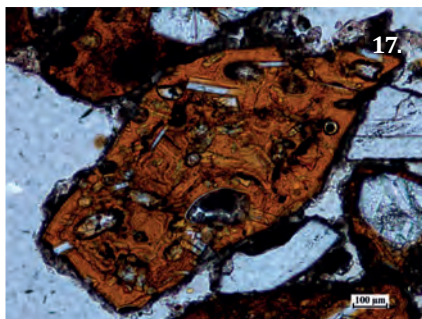
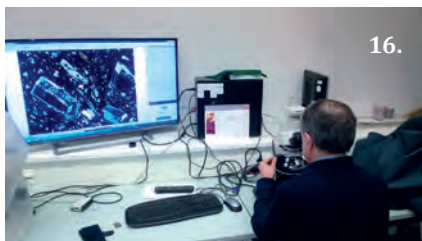


14.



15.

amennyiben forró olvadt anyag keveredik hideg vízzel, egy olyan lánreakció játszódik le, aminek a végső eredménye, hogy nagy erejű gőzrobbanás következik be. A túlfűtött víz hirtelen gőzzé alakulása térfogatnövekedéssel, a felszín alatt hatalmas nyomásnövekedéssel jár, ami végül szétveti a magmát, felrepesztja a fellelte lévő kőzettestet és felszínre zúdítja a törmelékanyagot (14). Egy ilyen robbanás akkora energiát szabadít fel, hogy milliméteres szemcsékre szakítja szét a magmát, és töri fel a környező kőzeteket (15). A kizúduló vulkáni anyagba bekerülhetnek a mellékkőzet kisebb-nagyobb darabjai is, sőt van olyan vulkánkitörés is, amikor ez utóbbiak vannak túlsúlyban, a magma anyaga nem is jut a felszínre. Ezeket freatomagmás* vagy hidrovulkáni, az utóbbiakat freatikus*



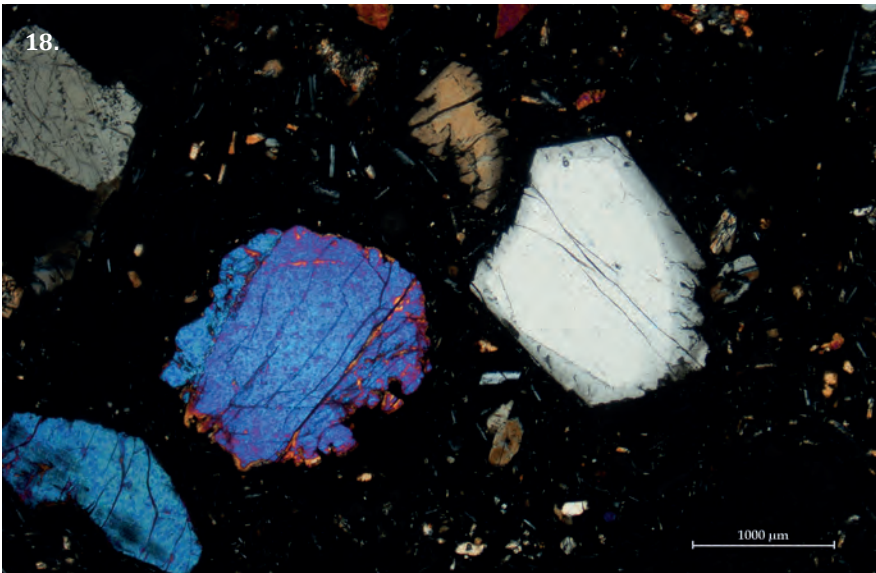
kitöréseknek nevezik. A kőzetekben tükröződnek a kitörést előidéző folyamatok és a vulkáni működés lefolyása. Az úgynevezett fizikai vulkanológiai kutatásoknak pontosan ez a célja: a vulkáni képződmények jellemzésén, a megfigyelt tulajdonságok alapján rekonstruálni a vulkánkitörések lejátsszódását. Az elsődleges kérdések ebben az esetben: hogyan kerül a felszínre a magma, a kikerült vulkáni anyag hogyan szállítódik, hogyan rakódik le, miképpen formálódik a tűzhányó?

A nyomozás egy másik területe kifejezetten a magma fejlődésével foglalkozik. Ekkor az első alapvető kérdés a magmaképződés okának és körülményeinek megfejtése, ami minden vulkán kialakulásának kezdeti, indító eseménye. Továbbá, rekonstruálni kell a magmatározóban* zajló folyamatokat, a kitörést megindító eseményeket és a magma felnyomulásának körülményeit. Ezeket a történéseket nem lehet közvetlenül megfigyelni, ez már valóban olyan detektívmunka, amikor kis mozaikokból, kőzetek vizsgálatán keresztül kell összerakni azt, hogy mi történt. Kísérleteket kell végezni, ami reprodukálhatja a nagy nyomáson és magas hőmérsékleten zajló magmás folyamatokat. A kőzetek elemzése során sokszor nem elég csupán a szabad szemmel történő elemzés. Kellenek eszközök, mint például a kőzetani mikroszkóp (16, 17), amivel még a sötét bazaltkőzetből is elő lehet hívni a színes ásványvilágot (18). A kőzetek

kristálytartalma nem véletlenszerű: csak olyan ásványok válhatnak ki az olvadékból, amelyek az adott nyomáson és hőmérsékleten kialakulhatnak. Kémiai összetételük szintén a környezeti állapottól függ. Ez nagy segítség, mivel ezek az elméleti ismeretek alapozzák meg a megfigyelések értelmezését. Kielemezve a kristályok kémiai összetételét, akár számszerűen is megadhatjuk, hogy milyen nyomás- és hőmérséklet-viszonyok között keletkeztek, sőt követhetjük azt is, hogy miképpen változtak ezek az állapotjelzők. Nem ritkán tapasztalható az, hogy egy kristály belső összetétele a kristálymagtól a perem felé változik. Ez magyarázható a változó összetételű olvadékból csökkenő hőmérséklet mellett való kristályosodással. De olyan eset is előfordul, hogy egy ásványszem-

cse összetételbeli változása hőmérséklet emelkedését jelzi a kristályosodás előrehaladtával. Ez úgy értelmezhető, hogy a hűlő magmatározóba egyszerűen csak egy forró magmatömeg nyomult. Számos esetben ez okozza a kőzetolvadék felszínre törését, azaz magát a vulkánkitörést.

A vulkán-detektív munka nem csupán egy alaptudományos megismerési feladat. A tűzhányók működésének, a vulkánkitörések okainak jobb megértése hozzásegít ahhoz, hogy adott esetben, egy veszélyhelyzetben emberek életét meg lehessen óvni, hatékony veszélykezelést lehessen lefolytatni. Az ezt megalapozó tudást azonban leginkább békeidőben lehet megszerezni, azaz a vulkánok szunnyadási idejében zajló vagy a már inaktív vulkánok vizsgálatával.



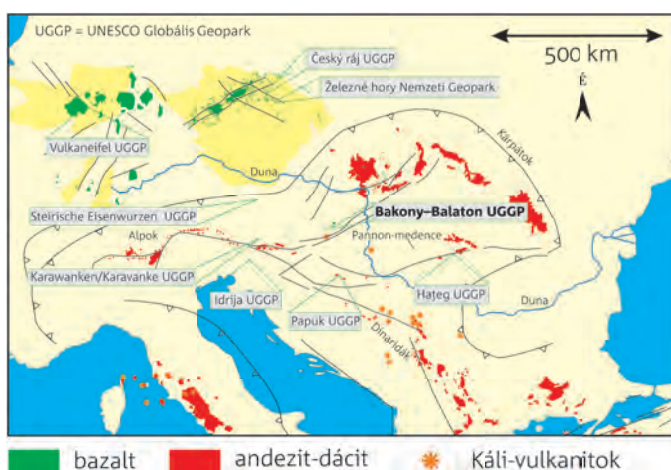
A Duna-régió és a Kárpát-medence vulkáni öröksége

Az elmúlt 20 millió évben változatos vulkáni működés zajlott Európa területén (19). Bazaltos*, andezites*, valamint nagy szilíciumtartalmú riolitos* magmák törtek a felszínre. Európa legnagyobb vulkánkitörései ebben az időszakban a Kárpát-medencében történtek, amikor 14–18 millió évvel ezelőtt számos hatalmas, több száz köbkilométer mennyiségű vulkáni anyagot felszínre juttató vulkáni működés alakította át a környezetet. Hasonlóan jelentős hatású volt az andezites–dácitos* tűzhányók felépülése, ami 16 millió éve kezdődött és ehhez kapcsolódnak a térség legutolsó vulkáni kitörései is, amelyek a székelyföldi Csomádon történtek. Voltak azonban kevésbé pusztító, ugyanakkor látványos vulkánkitörések is, amelyeket bazaltos magma táplált. Ezek kiterjedt vulkáni mezőket hoztak létre. Az Alpok északi és keleti előterében zajlott vulkáni működés alapvetően

a litoszféra*, azaz a Föld legkülső merev kőzetburkának elvékonyodásához kapcsolódott. Így jött létre a Kárpát-medence is, amit a földtudományi szakemberek Pannon-medencének hívnak.

Ez a gazdag vulkáni örökség különleges természeti értéket jelent a Duna régió geoparkjaiban. A német Vulkaneeifel alapító tagja volt az Európai Geopark Hálózatnak: területén közel 350 bazaltvulkáni kitörési központ található. A legkülönlegesebbek a magma és víz felszín alatti keveredése során történt mély robbanások által kialakult maar* vulkánok. A kerekded mélyedésekben több helyen tavak helyezkednek el, ezek az „Eifel szemei”. A Cseh Paradicsom (Český ráj UNESCO Globális Geopark) területén az egykori bazaltvulkáni működés lepusztult maradványai, egykori völgyeket kitöltött lávafolyamok kőzetei és a kürtőzónák kipreparálódott képződményei jelentenek egyedi

19. ábra



természeti értéket (pl. Kozákov, Trosky sziklaalakzata). Ugyanehhez a miocén* korú vulkáni működéshez tartoznak a Železná hory (Vas-hegység) Nemzeti Geopark területén lévő, sziklakibúvások, amelyek oszlopos bazaltjai egy egykori vulkán kürtőzónáját képviselik.

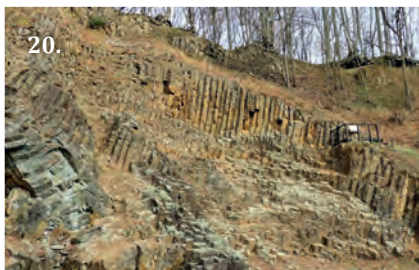
A horvát Papuk UNESCO Globális Geopark területén lévő Rupnica a vulkáni működés egy másik izgalmas vulkáni jelenségét tárja fel. Itt az oszlopos elválású szerkezet riolit kőzetben alakult ki. A négy-, illetve ötszögű oszlopok (20) egy sekély mélységben megakadt magma hűlése, majd a későbbi erózió során alakultak ki.

A romániai Hațeg UNESCO Globális Geopark elsősorban a Hátszegi-medence dinoszaurusz lelőhelyére alapult, azonban bemutatóhelyén egy vulkánház is léte-sült (21), ahol különböző programokon keresztül ismerkedhetnek meg a látogatók a tűzhányók világával.

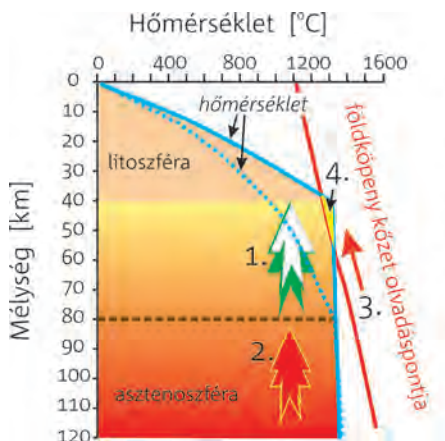
A Kárpát–Pannon térségben az elmúlt 20 millió év során nagyon változatos összetételű magmák jutottak a felszínre és okoztak vulkáni kitöréseket. Nemzetközi szinten is különleges, hogy földtörténeti léptékben rövid idő alatt, egy viszonylag kis területen, ennyire változatos vulkáni működés történjen. Ez a vulkáni tevékenység szorosan kapcsolódott a Pannon-medence kialakulásához és fejlődéséhez, a terület alatti litoszféra és földkéreg jelentős elvékonyodásához. A legutolsó kitörések mindössze néhány 10 ezer éve történtek, tehát nem mond-

hatjuk egyértelműen, hogy ez a történet befejeződött, és nem lesz több vulkáni működés.

E vulkanizmus egyik leglátványosabb eseménye a bazalttűzhányók kialakulása volt, ami több kiterjedt vulkáni mezőt hozott létre. A Bakony–Balaton-felvidék területén közel 50 bazalttűzhányó alakult ki a 8 és 2,5 millió évvel ezelőtti időszakban. Ezek között vannak pajzsvulkánok*, salak-kúpok*, tufagyűrűk* és maarok, azaz a bazaltvulkáni működés szinte minden formája megjelenik. Hasonló bazaltvulkáni mező adja a Novohrad–Nógrád UNESCO Geopark kiemelt természeti értékét, erre épült a Steirische Vulkanland Ausztriában, és jelentős erőfeszítések történnek, hogy megfelelő védelem és ismertség alá kerüljenek a romániai Persány-hegység bazaltjai is.

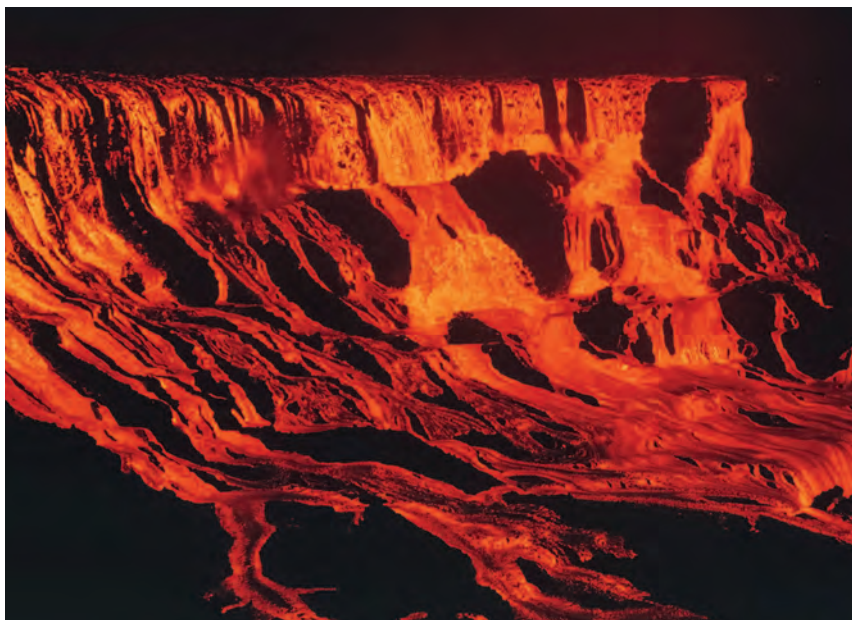


22. ábra



A magma keletkezésének receptje:

Amennyiben a litoszféra vékonyabbá válik (1), az alatta lévő szilárd, de képlékeny és ezért lassú mozgásra képes asztenoszféra anyaga felfelé mozog (2). A nyomás csökkenése miatt alacsonyabb lesz az olvadáspontja (3), ami akár kisebbé válhat, mint a földköpeny hőmérséklete, ezért olvadás kezdődik (4) és ezáltal bazaltos magma keletkezik.



Vulkánkitörések a forrástól a felszínig

A vulkáni működés, egy tűzhányó kialakulása nem véletlenszerű. Ez csak ott történhet, ahol a Föld mélyebb részein megvan a lehetőség a magma-képződésre, és a magma a felszínre is tud törni. Habár ez egyszerűnek hangzik, mégis csak egy ritka és különleges esetet jelent, a magmák jelentős része ugyanis nem képes arra, hogy elérje a felszínt. A vulkánkitörések megértéséhez Jules Verne hőseihez hasonlóan le kell ereszkedni egy tűzhányó kúrtóján keresztül a Föld belsejébe egészen a forrásig, azaz a magma kialakulásának helyszínéig.

Bolygónk belső felépítéséről a kísérleti kőzettan eredményei és a földrengéshullámok sebességértékei alapján ma már meglehetősen jó ismereteink vannak. Tudjuk, hogy a Föld túlnyomórészt szilárd kőzetekből épül fel, csupán a földmag külső része folyékony. Ismerjük azt is, hogy a mélységgel hogyan változik a nyomás és a hőmérséklet, és tisztában vagyunk a különböző, mélyben előforduló kőzetek olvadáspontjával, annak nyomásfüggő változásával is. Mindezek alapján olvadás, azaz magmaképződés (22), csak egy nagyon szűk mélységtartományban, a földköpeny* felső részén történhet. A bazaltos magma a földköpeny peridotit* kőzetanyagának részleges olvadása során alakul ki. A magmaképződéshez az szükséges,

hogy a hőmérséklet meghaladja a kőzet olvadáspontját. Ez általában úgy valósul meg, hogy a merev kőzetburok alatt lévő asztenoszféra* kőzetanyaga lassan felfelé mozog és emiatt a nyomásfüggő olvadáspontja csökken. Adott mélységben – 60–120 km mélyen – ez akár az uralkodó hőmérséklet alá kerülhet, és ezzel a peridotitban olvadás indul meg. Az asztenoszféra kőzetének mozgása azzal magyarázható, hogy ekkora mélységben és ekkora hőmérsékleten (> 1300 °C) a földköpeny anyaga rugalmas alakváltozásra képes, az eltérő sűrűségű anyaga pedig a fizika törvényeinek megfelelően felfelé vagy lefelé áramlik. A mozgás nagyon lassú, átlagosan évente néhány centiméter, ez azonban a földtörténeti időskálán, millió évek alatt már jelentős távolságot jelent.

Amennyiben tehát az asztenoszféra peridotit anyaga lassan felfelé áramlik – ami történhet a felette lévő litoszféra elvékonyodása vagy a litoszféra–asztoszféra közötti meredek határ miatt – az olvadáspont csökkenés következtében magmaképződés indulhat meg, és ezzel bazaltos kőzetolvadék jön létre. A bazaltos magma sűrűsége kisebb a megolvadó kőzeténél, ezért ha egy bizonyos térfogatot elér, a ráható felhajtó erő felfelé hajtja. Nem egyszerű mindez, mivel felette a merev litoszféra szilárd kő-



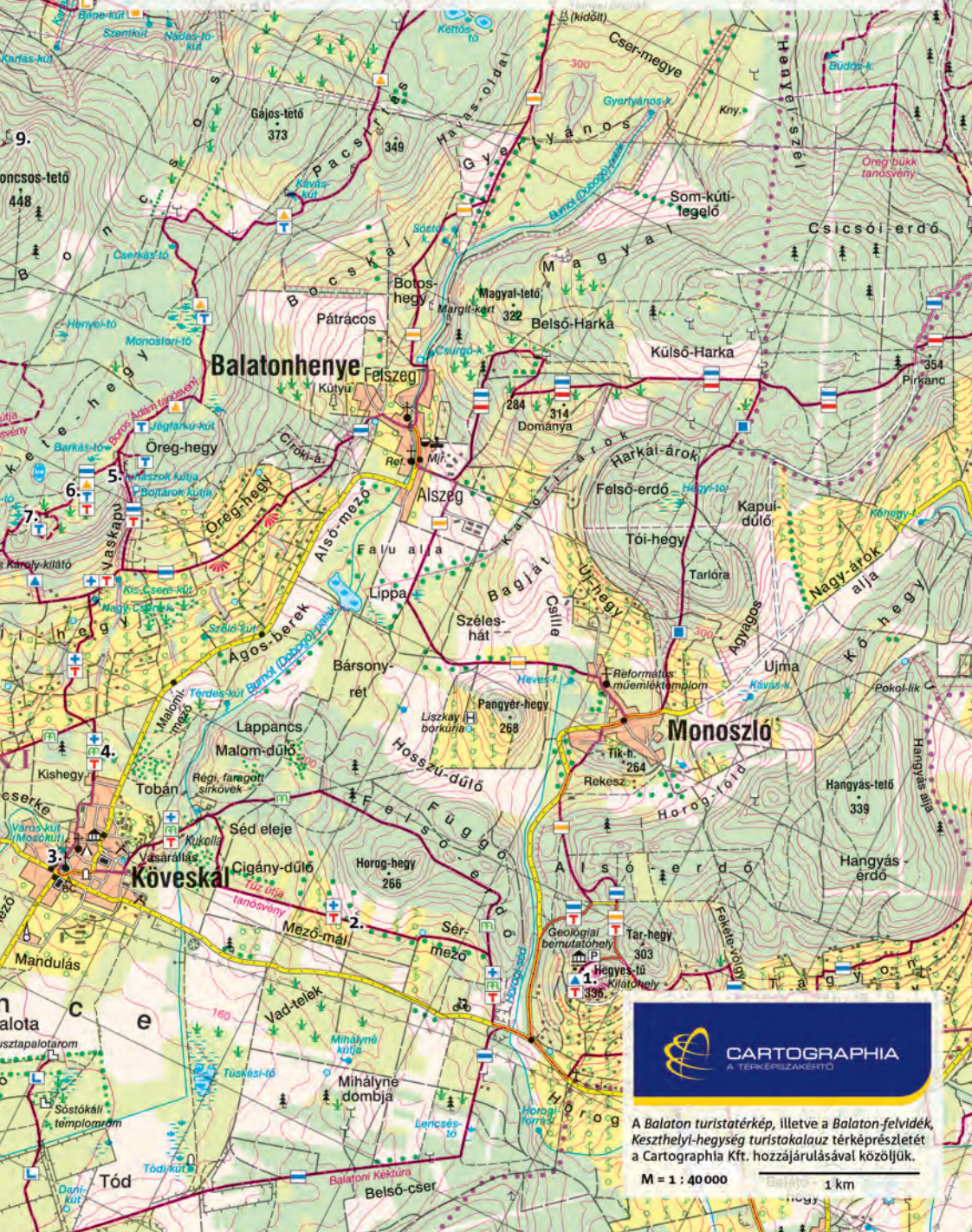
Tanösvény megállópontok:

1. Indulópont
2. Vulkanai örökség
3. Mosóház
4. Bazalt lávaplató
5. Bazalt
6. Salak- és lávafröccs-kúp
7. Tavak a lávaplátón
8. Bazaltláva
9. Lávatűzijáték
10. A legfiatalabb bazaltvulkán
11. Piroklaszt-ár
12. A földköpeny kőzete
13. Monogenetikus vulkáni mező



Tűz útja tanösvény, Hegyestű–Kopasz-hegy

Turistaút jelzése: **T**



A Balaton turistatérkép, illetve a Balaton-felvidék, Keszthelyi-hegység turistakalauz térképrészletét a Cartographia Kft. hozzájárulásával közöljük.

M = 1 : 40000

1 km

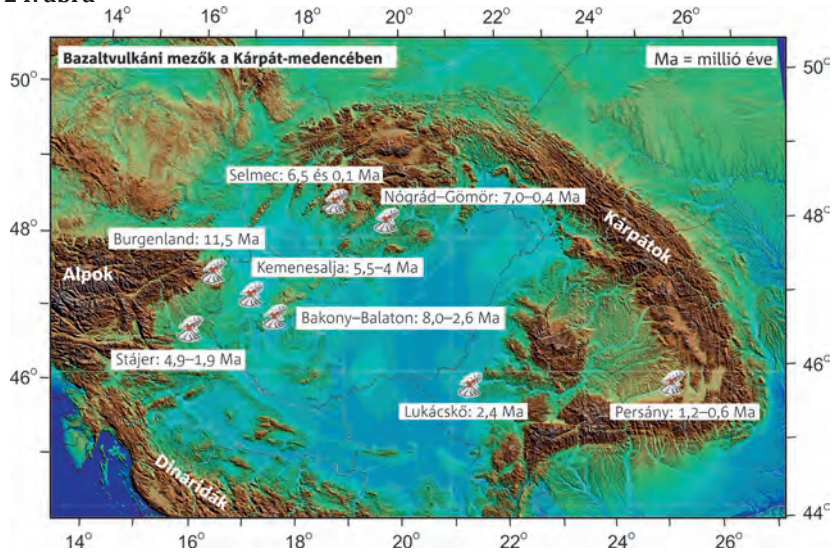
zetteste van. A sűrűségkülönbségből azonban olyan hatalmas belső nyomás alakul ki, hogy ez képes legyőzni a kőzetek szilárdsági ellenállását, és töréseket, repedéseket hoz létre. A magma felszínre jutásának feltétele az, hogy ez az állapot mindvégig megmaradjon. A földkéreg* és földköpeny határán azonban ez a sűrűségkülönbség elfogy, mivel a földkéreg kőzeteinek fizikai tulajdonságai erősen különböznek a földköpeny kőzeteitől. Ezért a bazaltos magmák nagy része a földkéreg alatt megakad és itt kiterjedt magmatározók alakulnak ki. Ahhoz, hogy feljebb, akár a felszínig eljussanak, még valami szükséges!

A magma nem tiszta olvadék, azaz nem teljesen folyékony anyag. Van benne szilárd kristályok és vannak benne olyan anyagok, úgynevezett illóanyagok, amelyek a felszínen folyadék vagy gáz halmazállapotban vannak, mint például víz, szén-dioxid, kén-dioxid, kén-hidrogén stb. Ezek a magmában nagy mélységben oldott állapotban vannak. Ahogy azonban a magma emelkedik, ezzel csökken a kőzetolvadékra ható nyomás (ami a magma feletti kőzettömeg súlyából származik), az oldhatóság változik és egy bizonyos mélységben megszűnik, azaz az illóanyag kiválik az oldatból, azaz gázfázisba jut. Ez azonban egy térfogatnövekedéssel járó folyamat, ami miatt a kőzetek közé zárt magmatestben megnő a belső nyomás.

Továbbá, a gázbuborékok megjelenésével csökken a magma sűrűsége is, ami tovább növeli a magma belső nyomását, hiszen egyre nagyobb felhajtóerő is hat rá. Nos, ez már elegendő lehet arra, hogy a kőzetolvadék tovább törje a felette lévő kőzeteket és nyomuljon felfelé.

A magmafeláramlás sebessége nagyon változó, azonban magyar kutatók vizsgálatai is azt jelzik, hogy a bazaltos kőzetolvadék akár néhány nap alatt átszelheti a földkéreget és vulkánkitörést okozhat. Ez pedig nagyon-nagyon kevés idő, gondoljunk csak a kitörés előrejelzésre. Ha nincsenek érzékeny műszerek, akkor gyakorlatilag minden előjel nélkül is elindulhat egy vulkánkitörés! A magma felszín alatti történetét a vulkáni kőzetek aprólékos vizsgálatával lehet feltárni. Ismét csak magyar kutatók mutattak arra rá, hogy a bazaltos magma akár hosszú ideig is tartózkodhat a földkéreg és földköpeny határán és ott többször keveredhet frissen felnyomult olvadékkal. Ezek pedig apró jeleket küldhetnek a földfelszínre, ami ebben az esetben reményt adhat a kitörés előrejelzésre. De vajon, hogy tör a magma a felszínre, milyen vulkánkitörést okoz (23)? – ehhez további detektívmunkára van szükség! A szintér most már valóban az új tanösvény nyomvonal, a Bakony–Balaton UNESCO Geopark területe!

24. ábra



25. ábra



Milyen vulkán?

A vulkánokról sokaknak a magasba tornyosuló, szabályos kúp alakú hegyek jutnak eszükbe. A Bakony–Balaton-felvidék területén azonban nem találjuk ennek nyomát, e helyett több tucatnyi, elszórt kis vulkán maradványa jelenik meg (25, 26). A vulkanológusok ezeket az egyedi tűzhányókat nem különítik el működésük szempontjából, a katalógusokban ezek a teljes területtel egy tételnek számítanak. Nevük vulkáni mező, illetve hozzáteszik még sokszor azt is, hogy monogenetikus vulkáni mező (24). Mit is jelent ez? A tűzhányóroncsok egy 3500 km² nagyságú területen jelennek itt meg, ami azért nem annyira kicsi, hiszen meghaladja az Eifel közeli vulkáni mezőt, összevethető számos észak-amerikai ismert vulkáni területtel (pl. Springerville, Pancake, San Francisco). Az egyedi vulkánok száma azonban jóval csekélyebb. E területen nem több mint 50 kitörési központot lehet elkülöníteni, míg az említett térségekben ez a szám több száz. Az Eifel vulkáni mezőn meghaladja a 300-at, a Springerville területen a 400-at. Talán a nevadai Pancake lehet ehhez hason-

lítható, ahol 2500 km² kiterjedésben 75 kitörési központot különítettek el. Mit jelentenek ezek a számok, egyáltalán miért vannak ilyen elszórtan a bazaltvulkánok? A vulkáni mezők esetében a magma mindig máshol tör utat magának, az egyedi kitöréseket sokszor hosszú idő, nem ritkán több tíz- vagy százezer év választja el egymástól. Ez azt jelenti, hogy általában minden vulkánkitöréshez egy külön magmaképződési folyamat és magma felnyomulási esemény tartozik. Valóban, ha megvizsgáljuk a Bakony–Balaton-felvidék bazaltjait, akkor azt tapasztaljuk, hogy kémiai összetételük, valamint kőzetteni megjelenésük erősen változó. Még az olyan egymáshoz közel eső vulkánok kőzetei is, mint a Badacsony, Csobánc és Haláp képződményei, jelentős különbséget mutatnak. E változékonyság magyarázható a magmaképződés körülményeinek különbségével, mint például az eltérő mértékű olvadással, de okozhatja az is, hogy egyes bazaltos magmák gyorsan, különösebb összetételváltozás nélkül a felszínre törtek, mások egy ideig a földkéreg és földköpeny határán megakadtak, és az újabb



A Bakony-Balaton-felvidék vulkáni mező kitérései

7,8–8,0 millió éve: Tihany, Hegyestű

4,5–4,7 millió éve: Szigliget, Tóti-hegy

4,1–4,2 millió éve: Halom-hegy, Hegyesd, Szent György-hegy, Szigliget, Sümegprága

3,8 millió éve: Hajagos, Halom-hegy, Fekete-hegy, Badacsony

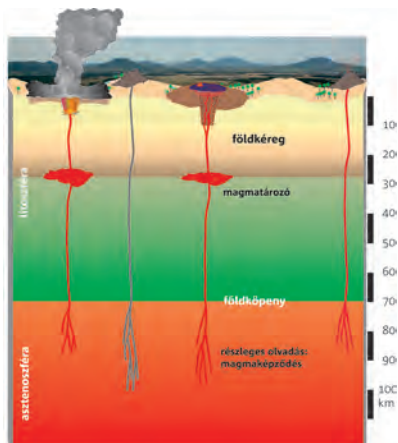
2,5–3,6 millió éve: Kopácsi-hegy (Füzes-tó), Agár-tető, Bondoró, Szentbékállá, Haláp

és újabb magmatömegekkel keveredtek, mielőtt ebből egy kisebb mennyiség utat tört magának a felszínre (27). De vajon honnan tudjuk, hogy mikor zajlottak a vulkánkitörések?

A Bakony-Balaton-felvidék területén megjelenő bazaltok keletkezési korát radioaktív bomlásban* szereplő izotópok* segítségével határozták meg. Ezek közül a kutatók a kálium és argon izotópokat hívták segítségül. A kálium 40 tömegszámú izotópja radioaktív bomlás során hasonló tömegszámú kalcium és argon izotópokat hoz létre (azaz a bomlás során a tömeg nem, viszont a protonok és neutronok száma változik). Ez utóbbiak közül az argon izotóp mérése megoldható, így a kálium és argon izotópok mérése, valamint a radioaktív bomlás felezési ideje* alapján kiszámítható, hogy mennyi idő telt el a kőzet keletkezése, azaz az izotópok kristályokban való csapdázódása óta. Mindezek alapján tudjuk, hogy az első kitérések a Tihanyi-félsziget összetett vulkáni rendszerét és a Hegyestű tűzhányóját

hozták létre 8 millió évvel ezelőtt. Ezután, jelen tudásunk alapján, egy jókora szünet következett, több mint 3 millió év! Csak gondoljunk bele, 3 millió év vulkáni működés nélkül, ki gondolná, hogy ennyi idő után is lehet még vulkáni esemény? Minden nyugodtnak tűnik, minden békés, akárcsak most, és aztán megnyílik a föld és újabb kitérés indul meg! Ezek olyan események, amelyek nagyon kis valószínűségűek, de nem zárhatók ki teljesen, és amennyiben ilyen történik, az teljesen meglepné a társadalmat. A történelmi időkben nem sok hasonlóra volt példa, bár Lanzarote szigetén (Kanári-szigetek) 1730-ban úgy indult el egy több éven keresztül tartó és a sziget életét alapvetően megváltoztató vulkáni működés, hogy előtte vulkáni kitérésre több tízezer évre visszamenően nem volt bizonyíték. A természet működése, ezen belül a vulkánkitörések ilyenek. Sok esetben nagyon ritkán következnek be és valljuk be, a mi, írásos emlékekkel rendelkező történelmünk ehhez képest nagyon rövid. De térjünk vissza a térség vulkáni működéséhez. Az újabb, 4,5–4,7 millió éve történt kitérések hozták létre a Szigliget és a Tóti-hegy bazalt tűzhányóit, majd néhány százezer éves szünet után következtek a további kitérés szakaszok. A legutolsó kitérések 2,5 millió éve történtek, amikor a Szentbékállá közeli Füzes-tavat rejtő Kopácsi-hegy és a Bondoró bazalttömege keletkezett. Az azóta eltelt idő meglehetősen hosszú, ami után általában az a

vélekedés, még vulkanológus körökben is, hogy a vulkáni mező vélhetően befejezte működését. A kisördög azonban nem tágít és mondogatja, volt már példa arra, hogy több mint 3 millió év szünet után is felújultak a vulkánkitörések: ki tudja, hogy ez nem ismétlődhet meg?



27. ábra

Az adatok azt jelzik, hogy a Bakony-Balaton-felvidék vulkáni mezőn több mint 5 millió évig tartott – ha megszakításokkal is – a vulkáni működés. Ezzel szemben, a magasba tornyosuló, klasszikusnak tekintett tűzhányók élete jóval rövidebb, általában legfeljebb néhány százezer év, semmiképpen nem több, mint 1 millió év. A térségben keletkezett tűzhányók viszonylag csekély száma azt jelzi, hogy vagy a magmaképződés vagy a magmák feljutási lehetősége volt korlátozott. Ennek okának kiderítése még további elmélyült tudományos kutatást igényel.

Még egy jelzöt meg kell magyaráznunk: mit jelent a monogenetikus kifejezés? A jól ismert tűzhányók, mint az Etna vagy az indonéz Merapi esetében a vulkánkitörések rövidebb-hosszabb szünetek után ismétlődően követik egymást. Ezzel nagyobbodik, terebélyesedik a tűzhányó. A vulkáni mezők vulkánjai viszont másképpen működnek. A kitörések rövid ideig tartanak; van, amikor csupán néhány napig, de nem több mint néhány évig és utána nincs ismétlődés, nincs újabb vulkáni működés. A tűzhányó egyszer működik, ezért a monogenetikus jelző. A mexikói Michoacán-Guanajuto vulkáni mezőn 1943-ban egy parasztember kukoricaföldjén nőtt ki egy vulkán. A Paricutín vulkáni kúpja meglehetősen hosszú ideig, 9 éven keresztül épült, közben a lávafolyamai több települést elpusztítottak. Ezzel azonban nagy valószínűséggel befejeződött az aktív története, újabb kitörés ugyanebből nem várható. Így zajlik a tűzhányók élete egy kiterjedt vulkáni mezőn: a feltörő magma mindig máshol találja meg az utat, rövid ideig tart a kitörés, majd szünet és egy másik helyen indulhat újabb vulkáni esemény. Ez nagyon megnehezíti a pontos vulkánkitörés előrejelzést. Persze, vannak azért kivételek, nagy ritkán előfordul, hogy hosszabb szunnyadási idő után is feléled egy bazalt vulkán, de ezek – ahogy a házuk táján mondják – inkább „kivételek, melyek erősítik a szabályt”.

Vulkanológiai nyomozás a tanösvényeken: látatavak

A Bakony–Balaton UNESCO Globális Geopark területe bővelkedik vulkáni értékekben: egy nyitott könyvként mutatja be a bazaltvulkáni működés változatos formáit. Az összesen közel 40 km hosszú vulkanológiai tanösvények 31 magyarázó táblával és QR-kódos kiegészítő információkkal igyekeznek eligazítani e vulkáni működés megértésében. Az egykori kitörések képződményei, mint ezeknek az eseményeknek a tanúi, mesélnek ezekről a történésekről. Az alábbiakban néhány különleges vulkáni folyamatot mutatunk be, ahogy azok a kőzetekbe záródtak.

A látatavak a Föld legkülönlegesebb képződményei közé tartoznak (31, 32). Egy kerekded mélyedésben lüktet, spriccel a több mint 1000 °C hőmérsékletű kőzetolvadék. Van, amikor lelassul a mozgása, ekkor egy lávabőr vagy akár egy vékony merev kőzetréteg alakul ki a felszínén. Alatta azonban újabb és újabb magmatömegek emelkednek fel, a felszíni vékony réteg megreped, és kis léptékben elénk tárul a lemeztektonikai* mozgások minden formája: a kőzetlemezek szétsodródnak, miközben a felnyíló repedésben izzó kőzetolvadék jelenik meg. Máshol az egyik kőzetréteg a másik alá bukik, és van, ahol egymás mellett mozognak el. Egy igazi mini természeti laboratórium, ami nem sok helyen található a Földön. A legrégebben, mintegy 100 éve fennálló

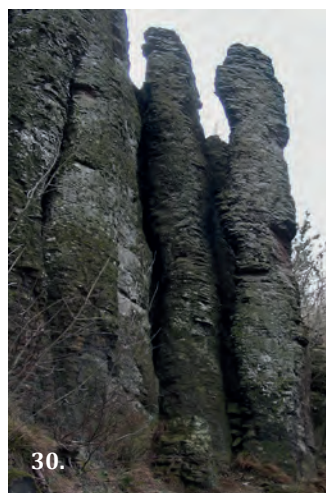
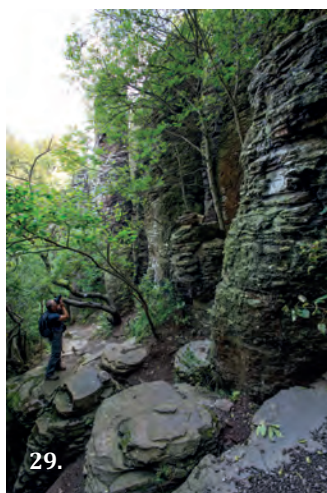
látató az etiópiai Erta Ale (31), a legkülönlegesebb környezetben lévő az antarktisi Erebusz kráterében* van, a legmélyebb a kongói Nyiragongo, ahol több mint 600 méter mélységet tölti ki a láva. Többségük nem több, mint néhány évtizedig él, mint például Kilauea (Hawaii: Halema'uma'u, Pu'u 'Ō'ō, Kilauea Iki; 32), az Ambrym (Vanuatu), a Manam (Nicaragua) és Villarica (Chile) látatavai. A látatavak mély, beszakadásos kráterekben alakulnak ki, ahol a felszínre jutó kőzetolvadék a kürtőcsatornán keresztül összeköttetésben van a sekély, néhány kilométer mélyen lévő magmakamrával. A folyamatos magmautánpótlás, lüktető keveredés évtizedeken keresztül fenntarthatja ezt az állapotot.

A Bakony–Balaton-felvidék területén több bazaltvulkánon kialakulhattak látatavak. Honnan tudjuk? A látatavak vagy visszahúzódnak, és egy nagy kráter marad vissza utánuk, vagy lassan megszilárdul a bazaltos láva. A lassú, egyenletes hűlés zsugorodással, azaz térfogatcsökkenéssel jár, ami miatt a megszilárdult lávakőzetben a hűlési felszínre merőlegesen hajszálrepedések alakulnak ki (28). Amikor a lávakőzet felszínre kerül, a repedések egyre tágulnak a hőmérsékletváltozás, fagyhatás, a csapadék és szél eróziós munkája következtében (29, 30). A táguló repedések mentén a kőzettest elválik, a

meredek sziklafal előtt törmelékletű jön létre. Mindeközben a bazaltban szabályos oszlopos elválású szerkezet tárul fel. A repedések keresztmetszete leggyakrabban hatszög vagy ötszög, mivel energetikailag ez a legkedvezőbb állapot. A megfigyelések, kísérletek és modellszámítások azt mutatják, hogy az oszlopok vastagsága függ a hűlés sebességétől, azaz ha lassú a hűlés, amit egy látató esetében feltételezünk, akkor vastag oszlopok alakulnak ki. A Badacsony és Szent György-hegy oldalában gyönyörű oszlopos bazalt tárul fel. Sok helyen az oszlopok vízszintes kőzetlemezekre tagolódnak (29, 30). Ezek szintén egykori repedéshálózat mentén jönnek létre, ami a hűlési front előrehaladásával alakul ki. Ebben az esetben is azt figyelték meg, hogy a kőzetlemezek vastagsága fordítottan arányos a hűlés sebességével. A

Badacsony és Szent György-hegy vastag bazaltoszlopai tehát mély kráterekben létrejött lávatavak tanúi (33, 34). A Hegyestű hosszú bazaltoszlopai (28) szintén egy bazaltvulkán kráterében alakultak ki kürtőkitöltő láva vagy egy kisebb látató hűlése során. Ezzel szemben, a Haláp szabályos bazaltoszlopai egy vastag lávafolyam megszilárdulásával jöttek létre.

A vulkáni működés befejeződése után a felszíni erózió lepusztította a laza vulkáni üledéket, és csak a kemény lávaközet állt ellen. Ennek köszönhető, hogy megőrződtek az egykori bazaltvulkánok, legalábbis bizonyos részeik. A külső erők azonban tovább bontották a kőzetfalat, tovább repesztették a repedéseket. Egyes oszlopok elváltak egymástól, lekerekítődtek és orgonásípmódot vettek fel. Ezek a bazaltorgonák a térség különleges és látványos természeti értékei.







Amikor robban a bazaltos magma

Lávatűzijáték, lávafüggöny, lávaszökőkút – ezek mind a bazaltos magmákhoz kapcsolódó robbanásos vulkánkitöréseket jellemzik. Ezek többnyire turistacsalogató vulkáni események, évente több millióan kelnek útra, hogy részesei legyenek egy ilyen „tűzi” látványosságnak. A magasba spriccelő, izzó lávacafatok sisteregve zúdulnak ki a kürtőből, majd placcsannak vissza a földfelszínre, sokszor olyan intenzitással, hogy aztán összehegednek és összeállnak egy lávafolyammá, ami kiterjedt lávamezőt hozhat létre. A lávatűzijáték kitörések sokszor óramű pontossággal követik egymást. A Lipari-szigetek legészakibb tagján, Stromboli szigetén több mint 2000 év óta rendszeresen, átlagosan 20–25 percenként zajlik egy ilyen esemény. Ha egy ilyen kitörést hosszú zárídejű felvételen örökítünk meg, akkor jól kirajzolódnak a kirepülő izzó kőzetdarabok röppályái (35). A robbanásos kitörések mozgatórugói a kőzetlavadékban lévő, abból gázbuborékok formájában kiváló illófázisok, mint a víz, a szén-dioxid és a kén-dioxid. A lávatűzijáték, vagy más néven Stromboli-típusú kitöréseket a kürtőben felnyomuló nagyméretű szén-dioxid gázbuborék okozza. A sekély magmakamrában időszakosan létrejövő gázhólyag szinte teljesen kitölti a kürtőt. A felette lévő magmatestben egyre több vízgőzbuborék válik ki, majd a

szén-dioxid hólyag szétpattan a felszínen, és szétfreccsenti a felhabosodott magmát. A nyomok egyértelműek: ha kezünkbe vesszünk egy ilyen kitörés során keletkezett kőzetet, az úgy néz ki, mint egy szivacs (szakneve: salak*). Teli van kerekded üreggel, amelyek az egykori gázbuborékok nyomai (36). A felszínre repített gázoktól felfújtt lávadarab hirtelen megdermedt, a buborékok nyomai így megőrződtek. A Fekete-hegy oldalában, a Boncsos-tető lejtőjén, a Badacsony kőfejtőiben, a Halom-hegyen és a Szent György-hegy tetején megtaláljuk e látványos kitörések tanúit.

A robbanásos kitörés során előfordul, hogy a kürtőből egy nagyobb lávacafat jut ki, belsejében olykor egy földköpenyből felhozott kőzetdarabbal. A pörögve repülő képlékeny anyag orsó- vagy labdaformát vesz fel és hullik a felszínre (37). Egykor a Füzes-tó környékén nagy számban fordultak elő ilyen különleges „kőzetbombák”, a gyújtószenvedély azonban sajnos erősen megritkította számukat.



Egy vulkáni törmelék-ár története

A lávatavak, lávafolyamok oszlopos kőzetei, a robbanásos kitörések során létrejött orsóbombák, kőszivacsok a bazaltos vulkáni működés jellegzetes képződményei. A Bakony–Balaton-felvidék területén azonban van egy igazán különleges kőzet, ami Szentbékálla északi részén tárul fel.

Talán néhány kilométerre innen, jó 3 millió éve hatalmas robbanás rázta meg a környéket. A megrepedt földfelszínen keresztül sűrű szürke vulkáni hamufelhő és fehér vízgőzfelhő gomolygott fel, miközben záporoztak ki a különböző típusú kőzetdarabok. A kitörési felhő annyira megtelt ezekkel a kőzetdarabokkal, hogy saját súlya alatt összeomlott. A törmelékáradat (ún. piroklaszt-ár*) a közeli folyóvíz által vágott völgybe zúdult, és közel 100 km/óra sebességgel robogott tova (38). Oldalirányban a völgyperemen gázokban gazdag piroklaszt torlóár* felhő csapott ki és terítette be a környezetet. Amikor elcsendesedett a kitörés, mindent szürke vulkáni hamuüledék borított. Az egykori völgyet színtülig kitöltötte a kőzetdarabokkal



teltett vulkáni anyag, amiből süvítő hanggal forró vízgőz felhők törtek fel... E történetet az egykori kőfejtő fala őrzi: közelről megszemlélve a vulkáni képződményt, változatos kőzetdarabok sokasága tűnik fel (39): van benne sok zöld színű kőzettörmelék, amelyek a földköpenyből származó peridotitok, megjelenik a környék szinte minden képződményének darabja, a földtörténeti ókor metamorf kőzeteitől, a permi vörös homokkővön keresztül, mészkövek és dolomitok, fiatalabb korú homokkövek, sőt az egykori folyóvízi üledék kvarckavicsai is. Bazaltdarab nem sok van, mennyisége jóval elmarad a többi kőzettől. Az ilyen vulkáni képződmény, amiben alig van jelen a kitörést okozó magma darabjai, maar-vulkáni kitöréssel jön létre (40).

A földköpenyből kiinduló bazaltos magma nagy sebességgel tört fel, és magával sodorta a szomszédos kőzettest darabjait is. A földkéreg felső részén, több száz méterrel a felszín alatt a kőzetolvadék víztartó rétegbe jutott, ahol a forró magma és hideg víz keveredése óriási energia felsza-

badulásával járó robbanást okozott. Ennek eredményeképpen tört milli-
ónyi darabra a mellékkőzet, szakadt
cafatokra a magma és a súlyos anyag
a felszínre tódult. A kitörési felhő ösz-
szeomlásával piroklaszt-ár zúdult a
közeli völgybe. A friss, forró vulkáni
üledékekkel borított folyóvíz felforr-
t, vízgőzzé alakult és a vastag vulkáni
anyagokon keresztül nyomult felfelé,
miközben a piciny szemcséket magá-
val sodorta. A gázkiszökési repedések
helyét a nagyobb szemcsék foglalták
el, így e csatornák megőrződtek, jól
láthatók a megszilárdult kőzetben is
(41). Szerinte a világon nem gyakori
az ilyen piroklaszt-ár képződmény

bazaltvulkáni területen, hát még a
különleges módon megmaradt gázki-
lépési csatornák! Ezek igazán ritka-
ságok! Végül, mondhatni, csak a hab
a tortán egy másik különlegesség,
mégpedig a földköpeny-eredetű, zöld
színű peridotitok nagy mennyisége.
Ezek kivételes lehetőséget adnak a
kutatóknak, hogy közvetlenül tanul-
mányozzák a földköpenyt alkotó anya-
gokat. Hagyjuk tehát e ritka kőzetda-
rabokat ott, ahova a vulkáni kitörés
vitte. Ne gyűjtsük, hadd lássák még
sokáig az erre járó vándorok. Egy fotó
a kőzetfalról is ad annyi emléket, amit
megőrizhetünk e fantasztikus vulkáni
eseményről!



Geoparkok, a földtani örökség őrzői

A Badacsony, a Szent György-hegy, valamint a Fekete-hegy környéke egykori mozgalmas vulkánkitörések emlékét őrzik. Egy olyan történetet, ami nagymértékben megalapozta a Bakony–Balaton UNESCO Globális Geopark létrejöttét. Az UNESCO Globális Geoparkok olyan területek, amelyek nemzetközi szinten is jelentős földtani és felszínalaktani értékeket vonultatnak fel, amelyek összekapcsolhatók a kulturális és történelmi örökséggel, és ezzel kulcs szerepet játszanak az oktatásban és turizmusban, szolgálják a terület fenntartható fejlesztését. Önmagában csak a természeti értékek nem elegendők a célok eléréséhez. Fontos a földtani örökség jelentőségének tudatosítása a látogatók, valamint a helyben élők körében is. Fontos tudományosan feltárni keletkezésük hátterét, és átadni ezeket az ismereteket.

2019 tavaszán már 41 ország 147 területe kapta meg az UNESCO Globális Geopark elismerést. Magyarországon a határon átnyúló Novohrad–Nógrád Geopark 2010-ben, a Bakony-Balaton Geopark 2012-ben vált tagjává az Európai Geopark Hálózatnak, majd néhány évvel később nyerték el az UNESCO Globális Geopark címet. Ez új lehetőségeket is jelent.

2017-ben nyolc, a Duna vízgyűjtő területén működő geopark állt össze, és nyert el egy olyan projektet, aminek elsődleges célja közös stratégia kidol-

gozása a turizmusból fakadó környezeti terhek kezelésére, amely alapján együttműködnek gazdag földtani örökségük újszerű bemutatásában, innovatív geoturisztikai termékek kialakításában és közös marketingstratégia kidolgozásában. A projekt fő eredménye egy összekapcsolt „Dunai GeoTúra” (Danube GeoTour), amelynek kialakítása a térség geoparkjainak együttműködését erősíti, innovatív turisztikai terméként előmozdítja a geoparkok láthatóságát és növeli a geoparkokba érkező látogatók számát. A projekt további célja a helyi vállalkozások, lakosság bevonása, a geoparkok szervezeti hátterének megerősödése és a minőségbeli különbség csökkenése a dunai és más, az Európai Unióban működő geoparkok között.

A Bakony–Balaton Geopark területén a projekt segítségével újult meg két korábbi tanösvény, és helyezte mindkettő esetében előtérbe a vulkáni természeti értékeket, valamint létrejött egy több mint 26 km hosszú új tanösvény, a Hegyestűtől a Kopasz-hegyig. E tanösvényeken 31 tábla segít bepillantani a vulkáni örökségbe, illetve a kapcsolódó kulturális és történelmi hagyatékba. Szintén a projekt keretében újul meg a Hegyestűi Geológiai Bemutatóhely kiállítása, ahol egyedi, átélhető élmények várják a látogatókat, és a projekt támogatásával készült ez az ismeretterjesztő füzet is.

Szakszavak magyarázata

Andezit: vulkáni kőzet, aminek szilícium-dioxid tartalma a bazalt és dácit közötti átmenetben van. Elsősorban plagioklász, piroxén és amfibol kristályok építik fel. A kőzetalábukási zónák fő vulkáni kőzete.

Asztenozsféra: a felső földköpeny része, a litoszféra és a 400 km mélyen kezdődő átmeneti-öv között. Szilárd halmazállapotú, bár felső részén nyomokban olvadékanyagot is tartalmazhat, erősen viszkózus, mechanikailag gyenge tulajdonságú, rugalmas alakváltozásra, ezért lassú folyásra képes. A magmaképződés fő helye.

Bazalt: vulkáni kőzet, ami szilícium-dioxidban viszonylag szegény, jelentős mennyiségben tartalmaz olivin és piroxén kristályokat. A Föld leggyakoribb vulkáni kőzete.

Dácit: vulkáni kőzet, aminek szilícium-dioxid tartalma az andezit és riolit közötti átmenetben van. Elsősorban földpátok, biotit, amfibol és kevés kvarc kristály építi fel. Szubdukciós zónákban gyakori kőzet.

Felezési idő: a radioaktív bomlás során az az idő, ami alatt az instabil izotóp mennyisége a felére csökken.

Földkéreg: a Föld legkülső rétege, ami összetételében erősen különbözik az alatta lévő földköpeny nagyobb sűrűségű anyagától. Magmás tevékenység során jön létre és gyarapodik, de idővel üledékes (felszíni átalakulással keletkező) és metamorf (a földkéregben történő átalakulással létrejövő) kőzetek is alkotórészei lesznek.

Földköpeny: a Föld legnagyobb térfogatú és legnagyobb tömegű belső rétege a földkéreg és földmag között. Szilárd halmazállapotú, nagy sűrűségű szilikát és oxid ásványfázisokból áll. Nagyobb része rugalmas alakváltozásra és lassú, viszkózus folyásra képes.

Freatikus kitörés: magma és víz kölcsönhatás következtében történő rob-

banásos vulkánkitörés, amikor a magma anyaga nem kerül a felszínre, csak a szétrobbanó mellékkőzet darabjai.

Freatomagmás kitörés: magma és víz keveredés következtében történő robbanásos vulkánkitörés, aminek a kitörési anyagában a szétrobbanó magma anyaga is megtalálható.

Illóanyag: a magmában nagy nyomáson oldott állapotban lévő, majd a nyomáscsökkenés vagy a kristályosodás következtében kiváló olyan anyagok, amik a felszínen gáz vagy folyékony halmazállapotban vannak (pl. víz, szén-dioxid, kén-dioxid, kén-hidrogén)

Izotóp: egy adott elem különböző tömegszámú változatai (az atommagok protonszáma azonos, de neutronszáma és ezért tömege különböző)

Juvenilis komponens: a piroklasztitban azok a törmelékes darabok, amelyek a kitörő magmából származnak.

Kráter: a kürtő felett kialakuló, többnyire kerekded, változó szélességű mélyedés a vulkáni felépítményben.

Kürtő: a vulkán azon része, amelyen keresztül a magma a felszínre tör.

Litoszféra: a Föld legkülső merev rétege, ami a földkéregből és az alatta lévő, felső földköpeny szintén mereven viselkedő anyagából épül fel. Ez alkotja a bolygónk külső részét borító kőzetlemezeket.

Maar: olyan vulkán, ami freatomagmás robbanásos kitöréssel jön létre, széles és nagyon mély krátere van (ezt később víz tölti ki). A kráter körüli vulkáni gyűrű anyaga főleg a felszín alatti kőzetrétegekből valók, juvenilis törmelékdarab nagyon kevés.

Magma: felszín alatti, többfázisú kőzetolvadék; a folyékony olvadék mellett szilárd kristályok, oldott, majd gázfázisba lépő illófázisok alkotják.

Magmakamra: a földkéregben kialakult olyan terület, ami kitörésre alkalmas, olvadékban gazdag magmát tartalmaz.



Magmatározó: a földkéregben lévő olyan terület, amit magma tölt ki: kristályokban gazdag magmakása és olvadéokban gazdag magmakamra részekből épül fel.

Miocén: a 23,03 millió éve kezdődött és 5,33 millió évig tartó földtörténeti kor.

Pajzsvulkán: könnyen folyós, széles elterülő bazalt lávafolyások által épített lapos vulkánforma.

Peridotit: a felső földköpeny (litoszféra alsó része, asztenoszféra) fő kőzetanyaga. Nagyrészt olivin és piroxén kristályok építik fel. Kőzetdarabjait bazaltos magma hozhatja a felszínre.

Piroklaszt-ár: gravitáció által hajtott, a földfelszínhez közel nagy sebességgel mozgó, gázokból és vulkáni törmelékekből álló vulkáni áradat, ami kitörési oszlop vagy lávadóm összeomlása során alakul ki.

Piroklasztit: olyan törmelékes kőzet, ami robbanásos vulkánkitörés során jön létre.

Piroklaszt-torlóár: olyan piroklaszt-ár, amelyben nagyobb mennyiségben vannak jelen a gázok és ezért a földfelszínhez tapadva, de turbulensen mozog.

Radioaktív bomlás: instabil atommagok természetes módon más atommaggá alakulnak, miközben nagy energiájú sugárzást bocsátanak ki.

Riolit: vulkáni kőzet, aminek nagy a szilícium-dioxid tartalma, fő alkotói a kvarc, földpátok és biotit kristályok.

Salak: jelentős mennyiségű kerekded hólyagüregből álló sötétszínű, általában bazaltos vulkáni kőzetdarab, ami általában robbanásos kitörés során jön létre, de alkothatja lávafolyamok felső rétegét is.

Salakkúp: jellemzően Stromboli-típusú látatúzijáték kitörésekkel keletkezett, uralkodóan bazaltos salakdarabokból álló kúpalakú vulkánforma.

Szunnyadási időszak: vulkánkitörési események közötti rövidebb-hosszabb nyugodt időszakasz.

Tufagyűrű: freatomagmás robbanásos kitörésekkel keletkezett vulkánforma, aminek széles krátére van, anyaga jelentős részben vulkáni hamuból áll.

Vulkáni hamu: robbanásos vulkánkitöréssel keletkezett 2 mm-nél kisebb méretű kőzettörmelék, kristály- vagy kőzetüvegszilánk darab.

Bazaltorgonák tanösvény, Szent György-hegy

Turistaút jelzése: **T**



Tanösvény megállópontok:

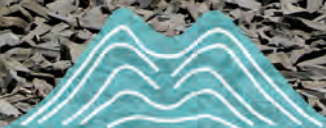
1. Indulópont
2. Bazaltorgona
3. Lávató
4. Monogenetikus vulkáni mező
5. Vulkanpanoráma
6. Élet egy bazaltvulkánon
7. Vulkánból tanúhegy
8. Vulkánmese



A Balaton turistatérkép, illetve a Balaton-felvidék, Keszthelyi-hegység turistakalauz térképszelletét a Cartographia Kft. hozzájárulásával közöljük.

M = 1 : 40 000

1 km



Interreg
Danube Transnational Programme
Danube GeoTour



EUROPEAN UNION



Balaton-felvidéki
Nemzeti Park

Bakony-Bárány
Geopark



Hungarian Government



Regional Development Fund

A projekt a Duna Transznacionális Programból, az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatásával, az Európai Unió és Magyar Állam társfinanszírozásával valósult meg

A projekt az Európai Unió társfinanszírozásával (ERDF, IPA) valósult meg.

<http://www.interreg-danube.eu/danube-geotour>