

Retek-ágában találhatók. *Virág*: Közös középpontból sugárirányban kifelé hajló szirmok formájában jelenik meg. Az egyes szirmokat párhuzamos, a szírom görbülete mentén csavarodó ásványrostok építik fel. Görbülésüket az oldatutánpótlás változó mennyiségére és töménységére vezetik vissza. A leggyakoribb gipszvirágok hazánkban is ismertek (például: József-hegyi-barlang, Felsőpetény).

Hegyi tej (montmilch): Az alapközetten vagy más képződményeken térszerű

rétegben vagy apró gömböcskékként megjelenő, uralkodóan fehér vagy krémszerű mikrokristályos kiválás. Nedvesen lágy és képlékeny. Kiszáradva porlódó. Víz tartalma a 40 százalékot is elérheti. A középkorban gyógyszerként használták, egyike a legrégebben tanulmányozott kiválásoknak. *Rekeszek (box-work)*: A barlang falából vagy mennyezetéből kazettaszerűen kiemelkedő, vékony ásványpengék hálózatából álló alakzat. *Perem*: A barlang falán vagy alj-

zatán lévő nyílások torkolata körül képződő, gallérszerű kiválás. Sima belső és tagolt, gyakran borsóköves külső felülettel. Keletkezését a szűk szelvényben fel szálló páradús levegő kondenzációja miatti oldódással és a tágasabb szelvény torkolatában történő újrakiválással magyarázzák. Két ismert hazai előfordulása közül a Nagyharsányi-kristálybarlangban kalcit-, aragonit-, Felsőpetényben pedig a ritkább gipszanyagú peremek találhatók.

A Keszthelyi-hegység karsztjai

PINTÉR ZOLTÁN

Vajda János Gimnázium, Keszthely

A Keszthelyi-hegység, a Dunántúli-középhegység legnyugatabbi tagja többféle kőzetből épül fel. Északi részét bazalt, a délkeletit mészkő, nyugati harmadát pedig dolomit alkotja. Dolgozatomban most csak az utóbbi kettővel foglalkozom.

Mészkőterületek

A Keszthelyi-hegység déli tömbjének Ny-i részét a dachsteini mészkőre nagyon hasonló edercisi mészkő alkotja. Ilyen terület a Láz-tető, a Büdöskúti-erdő, a Cseres-erdő, a Sárkány-erdő, a Szabad-hegy és az Ederics-hegy. Edericsi mészkőből áll a Keszthelyi-hegység három legmagasabb csúcsa, a Köves-tető (444 m), a Márványkőfejtő-hegy (439 m) és a Görbe-tető (437 m) is.

A mészkő legfontosabb fizikai tulajdonsága, hogy szilárd, rosszul aprózódik. Magas hőmérsékleten és nagy nyomáson könnyen gyűrődik, vetődik. Ennek tulajdonítható, hogy az egybefüggő mészkőterületek kevésbé tagoltak. Ez a megállapítás azonban csak a viszonylag nagyobb kiterjedésű mészkőterületekre vonatkozik, a Balaton-felvidék kis mészkő-hegységeire, vagy például a Kárpátok mészkőszirtjeire kevésbé. Az említett mészkőterületek tagolatlanságában további fontos ok, hogy a homogén kalcitot a lefolyó víz nehezen kezdi ki. Aprózódás hiányában ugyanis a víz pusztító munkája csak az oldásra korlátozódik. Ebben az esetben viszont nem alakulhatnak ki hosszú, karsztos völgyek, mert a víz vagy már a víznyelőkben elszívárog, mielőtt lefolyna, vagy – ha mégis elkezd kialakulni egy völgy – a patak hamarosan lefejeződik és búvópatakként folytatja az útját. Összegzésként tehát azt vonhatjuk le, hogy mészkőterületen a lefolyó víz nagymértékű eróziós munkára képtelen,

jelentős szurdokvölgyek képződése csak tektonikus árkokban és a hegyek oldalán indulhat meg.

A karsztos területek felszínét a Keszthelyi-hegységben és a Balaton-felvidéken a szénsavas víz oldó hatása alakítja ki. Bár a desztillált víz is oldja a mészkövet (igaz, nagyon gyengén), ez az oldó hatás elhanyagolható. A lehulló csapadék víz a CO_2 túlnyomó részét a talajon átszivárogva veszi fel. A talajlevegő magas CO_2 -tartalmát elsősorban a növényi szerves anyag bomlása, kisebb mértékben a növények légzése okozza. Mivel minden olyan területen, ahol a karsztosodó kőzet vízzel kerülhet kapcsolatba, elkezdődik a kőzet oldódása, a karsztos területek formakincsét a különböző területek különböző sebességű oldódása határozza meg.

A karsztosodás gyorsasága több tényezőtől függ:

1. *Hőmérséklet*: A magas hőmérsékletű víz kevesebb CO_2 -t képes feloldani. Ezt ellensúlyozza a magasabb hőmérsékletre gyakran jellemző dúsabb vegetáció és az, hogy a szerves anyagok gyorsabban bomlanak, következként több széndioxiddal látják el a talajlevegőt. A magasabb hőmérséklet ezért a sziklafelszín oldódását lassítja, de a talajjal fedett területek oldódását nagyon meggyorsíthatja.

2. *Csapadék*: A csapadékosabb területeken (kivéve azokat, ahol a csapadék nagyrészt hó formájában hullik) gyorsabb a karsztosodás, mint a szárazabbakon. Több víz erősebb oldó hatást képes kifejteni, ráadásul a csapadék évi mennyisége és eloszlása a vegetáció mértékét és a bomlás sebességét is meghatározza.

3. *Szél*: Az első két szempontonál lényegesen kisebb jelentőségű, de említést ér-

demlő tényező. A talaj fölött gyorsan áramló levegő ugyanis gyorsítja a légcsért a talaj és a légkör között, következként csökkenti a talajlevegő CO_2 -tartalmát.

4. *A felszín lejtése*: A lejtős felszínekről gyorsan lefolyik a víz, ráadásul az erózió következtében általában vékonyabb talajtakaróval rendelkeznek. Ennek következtében a felszín meredeksége hatással van a karsztosodás sebességére, így a karsztos felszínformákra.

Ezekből következnek a karsztosodás sebességét meghatározó további tényezők, mint pl. a vegetáció mértéke, vagy a talaj vastagsága. A felszín formakincsének tárgyalásához főként azt a tényt kell figyelembe vennünk, hogy a mélyebben fekvő területeken egyrészt vastagabb a talajtakaró, mint a felszínből kiemelkedő helyeken, másrészt a magasabb helyekről a víz gyorsan lefolyik az alacsonyabb területekre, növelve a felszín magasságkülönbségeit. Ez a folyamat természetesen magas hőmérsékleten és sok csapadék mellett dús vegetációval a leggyorsabb. A Keszthelyi-hegységben feltehetőleg egy időben gyorsabb volt ez a folyamat, egyrészt mert ez a terület délről vándorolt észak felé, másrészt pedig a Tethys, később pedig a Pannontenger szigeteként a mainál több csapadékban is részesülhetett.

A Keszthelyi-hegységben és (saját megfigyeléseim szerint) a Balaton-felvidéken is a legszebb, legfejlettebb karrmezőt az Ederics-hegy keleti oldalán találhatjuk. Egyébként itt és a Szent Miklós-völgyben vannak a hegység legidősebb, a felső-triászban kialakult kőzetei. Az itteni karrmező kialakulásában közrejátszhatott, hogy az idős kőzet viszonylag hosszabb idő állt rendelkezésre a karrmező kialakulásához, valamint a

felszín meredeksége is, amely miatt nem alakulhatott ki vastag talajtakaró, ami a mészkő teljes felszínét befedné. A vékony talajtakaró alól mindig kilátszottak a kiálló kővek. E kővek – talajtakaró híján – sokkal kevésbé pusztultak, mint azok a kőzetek, melyeket talajtakaró fedett. Ez az oka annak, hogy vízszintes területen, ahol mindent befed a talaj, ritkábban találunk karrmezőket.

A közel vízszintes mészkőterületeken karrmezők helyett dolinákat fedezhetünk fel. A dolinák a nagyjából vízszintes felszín mélyebb részein alakulnak ki, ahol összegyűlik a víz és vastag a talaj. A dolinák idővel egyre mélyülnek, mivel az odafolyó víz a dolinát fedő vastagabb talajból több CO_2 -t vesz fel, mint a többi területre érkező.

A Keszthelyi-hegység dolináin is megfigyelhetjük ezt a törvényszerűséget: a dolinák déli és keleti oldala mindig meredekebb, mint az északi és a nyugati. Ennek elsődleges oka a hőmérséklet különbözősége. Az nyilvánvaló, hogy a déli oldalt éri a legtöbb napsütés, tehát ennek az oldalnak lesz általában a legmagasabb a talajhőmérséklete. Viszont az is fontos, hogy a keleti oldal délelőttönként sokkal gyorsabban felmelegszik, mint a nyugati. Az esti napsugárzás hiányát ellensúlyozza az addigra már felmelegedett levegő fűtő hatása. Említést érdemel a dolinák alakjának kialakulásában a nyári záporok szerepe. Ezek ugyanis általában délután érkeznek meg, lehűtve a felmelegedése csúcspontján lévő nyugati oldalt.

A dolinák alján összegyűlő szénsavas víz erősen oldja a mészkövet. Ezért a víz a dolina legalján egyre mélyíti a dolinát, pontosabban már nem a dolinát, hanem a már kialakulóban lévő aknát. A víz csatornát alakít ki magának, ami – repedezett kőzet esetén – követi a kőzet repedéseit. Amikor több ilyen csatorna összehálódik, az különböző telítettségű oldatok keveredését jelenti. Az így keletkező oldat ezután több mészkövet képes feloldani, mint az ezt létrehozó oldatok összesen. Az oldó hatás megnövekszik, aminek következtében ezeken a helyeken nagyobb üregek, barlangok alakulhatnak ki.

A Dunántúl legnagyobb cseppkőbarlangja a Keszthelyi-hegységben lévő, az Ederics-hegy oldalában nyíló Csodabogyós-barlang. Nevét a bejárat környékén lévő, de az egész Keszthelyi-hegységben elterjedt kemény lombú cserjéről, a szúrós csodabogyóról kapta. A barlang minden valósínűség szerint összeköttetésben van a közelben nyíló Szél-likakkal. Erre a barlangok szájánál létrejövő párafelhőből lehet következtetni. Nyáron a barlangok levegője hidegebb, mint a környezetéé. Ez a hideg levegő ekkor az ala-

csonyabban fekvő Szél-likakon keresztül lefelé áramlik, amit párafelhő kísér. Télen fordított a helyzet. Ilyenkor a barlang viszonylag meleg levegője a Csodabogyós-barlang magasabban fekvő bejáratán át áramlik ki párafelhő kíséretében.

A karsztos völgyeket (Sipos-torok, Mész-völgy, Szent Miklós-völgy, Cseres-ágya) sokáig a Csodabogyós-barlanghoz hasonló üregek beszakadásával magyarázták. Csak a közelmúltban derült fény arra, hogy más módon is keletkezhetnek akár az egész hegységet átszelő völgyek. Olyan szurdokvölgyek kialakulásáról van szó, mint a Békás-szoros vagy a bakonyi Cuha-völgy. A Keszthelyi-hegységben csak a Szent Miklós-völgy alakult ki ilyen módon. Tudjuk, hogy karsztosodó kőzeten a völgyképződés akadálya a folyók vagy patakok lefejeződése. Nemrég jöttek rá, hogy van egy lehetőség, amikor ez nem történik meg: amikor a folyó vagy a patak medre eléri a karsztvízszintet. Ebben az esetben a pataknak szinte az egész medre forrásként viselkedik. A meder aljából (mint a forrásból) kilépő víz pedig mésszel telített, nem oldja a mészkövet, ezért nem alakít ki víznyelőt a mederben. Víznyelő amúgy sem tud kialakulni, mert a lefelé áramló víz a feloldható mészkő helyett mésszel telített karsztvízzel találkozik.

Azt már tisztáztuk, miért nem fejeződnek le az ezekben a völgyekben folyó patakok. A karsztvízszint a víznyelők képződésén túl a völgy további mélyülését is megakadályozza. De a völgyek már akkor is a jelenlegi helyükön voltak, amikor a hegység még csak elkezdett kiemelkedni. A környezet csak emelkedett, a karsztvízszint tengerszint feletti magassága állandó maradt, és a lassan a karsztvízszint fölé emelkedni próbáló medret a patak pusztító munkája a jelenlegi szinten tartotta.

Ha mindezeket végig gondoljuk, rájövünk, hogy ha a patak még a hegység kiemelkedése előtt is ugyanott folyt, mint ma, akkor az említett völgyképződés következett be. A völgy akkor keletkezhetett barlangok beszakadásával, ha a patak csak a hegység kiemelkedése után „kerül” jelenlegi helyére. Ez azonban ritkán következik be.

Ilyen módon kialakult völgyeket a meredek völgyek között nem kereshetünk (pl. a Sipos-torok vagy a Mész-völgy nem jöhet számításba), mert a karsztvízszint a hegység belseje felé haladva nem emelkedik olyan gyorsan, mint ezek a meredek völgyek. Csak az enyhén lejtő, de mély völgyek lehetnek ilyenek (pl. a Szent Miklós-völgy).

Néhány, mészkővön kialakult völgy (pl. Sipos-torok, Mész-völgy) felső szakasza tulajdonképpen dolinák sorozatából áll. A fedett karsztokon keletkeznek

ilyen völgyek úgy, hogy a fedő kőzeten keletkező völgy átöröklődik a mészkőre. Mielőtt azonban ez a völgyátöröklődés megtörténne, a vízáteresztő fedőn átszivárgó víz víznyelőket alakít ki a mészkőben. A fedő lepusztulásával a felszínre kerül az így kialakított többsorokból álló völgy.

A Keszthelyi-hegység karsztos völgyeinek alsó szakasza meredek és viszonylag rövid. Nem a völgy felsőbb szakaszairól lefolyó, hanem a völgy oldalán lefolyó víz alakította ki őket. A völgyek oldala kőves, esetleg sziklás, hasonlóan alakult ki, mint a karrmezők. Megfigyelhető, hogy a karsztos völgyek szinte tökéletesen V alakúak. Ennek a völgy oldalán lefolyó víz egyenletes oldó hatása az oka.

Itt említem meg a karsztos medencék sajátos létrejöttét. Karsztos medencének nevezzük azokat, amelyeknek aljátát karsztosodó kőzet alkotja, és a medencét körülvevő hegyek is legalább részben karsztosodó kőzetekből állnak. A Balaton-felvidéken ilyen például a Káli-medence, a Tapolcai-medence, a Zsidi- és a Szántói-medence. Ezek jellemzője, hogy száraz időszakban víznyelőként, csapadékos időszakban pedig karsztforrásként viselkednek. A Káli-medencében lévő Burnót- (Dobogó-) patak például Balatonhenyénél még hangulatos, csobogó patakként jelentkezik, de gyakran már Köveskálnál is csak kiszáradt medrét láthatjuk.

Száraz időszakban az ilyen patakok felszínalakító munkája a medence alján jelentéktelen. A karsztosodó kőzetekből kilépő patak víze mésszel egyébként is telített, amiből a forrás közelében mésztufalépcsőket építhet, ezért pusztító munkája a medence alján jelentéktelen. (Szép mésztufalépcsőket épített a Burnót-patak a Káli-medencében.) Csapadékos időszak esetén – amikor a medence alji patakmeder forrásként viselkedik – a kőzet repedéseiből kilépő víz nyomása csökken, CO_2 -tartalma nagyrészt fokozatosan elillan, a patak mésszel kezdi töltögetni medrét. Ezáltal csökkenti a felszín magasságkülönbségeit, kisimítja a területet.

Dolomitterületek

A dolomit a Keszthelyi-hegység másik leggyakoribb kőzete, amely a Kígyósvölgytől, valamint a Búdoskút-Vállusvonalától nyugatra-északnyugatra eső területeket alkotja. A dolomithegyek teszik igazán változatosá a Keszthelyi-hegységet. A környezetükből gyakran bástyaszerűen kiemelkedő hegyeket mély, meredek falú, gyakran vad szurdokvölgyek választják el egymástól. Ha az Öreg-Szék-tetőt és a Négyszögű-hegyet kivesszük a sorból, akkor elmondható, hogy DK-ről ÉNy felé haladva a dolo-

mit egyre nagyobb, vadregényesebb és változatosabb hegyeket alkot. A sort a terület ÉNy-i csücske, a Púpos-hegy zárja, messziről látszó sziklaival és a Keszthelyi-hegység legvadabb völgyével, az Ilona-völgygel.

A dolomit fizikai tulajdonságaiban is alapvetően különbözik a mészkőtől, azaz ellentétben rideg, könnyen törik, aprózódik. A dolomithegyeket – a mészkőhegyekkel ellentétben – törmelékűpok szegélyezik. Ezt sokáig csak a dolomit ridegségével magyarázták. Később rájöttek, hogy a jelenség okát a kőzet kémiai tulajdonságainak figyelembevételével lehet teljesen megmagyarázni. Ezért mielőtt a dolomitterületek formakincsének vizsgálatához hozzáfognánk, tisztáznunk kell a dolomit mészkőtől különböző oldhatósági tulajdonságait.

A $MgCO_3$ a mérsékelt övre jellemző hőmérsékleten a mészkőnél lassabban oldódik. A trópusi övre jellemző hőmérsékleten a $MgCO_3$ oldódási sebessége már megközelíti a mészkőét, sőt a hévizek hőmérsékletén már meg is haladja azt. Ebből következik, hogy inhomogén (esetleg már szemcsés szerkezetű) $CaMg(CO_3)_2$ -kőzet esetén mérsékelt éghajlaton a szénsavas víz gyorsabban feloldja a $MgCO_3$ -ásványokat összetartó kalcitot, mint magát az egész dolomitot, ezért a kötőanyag híján maradó magasabb $MgCO_3$ -tartalmú kőzet elveszíti szilárdságát és felaprózódik.

Mivel a hideg övben gyenge a karsztosodás, a trópusokon pedig a magas hőmérséklet miatt csak kicsit tér el a dolomit oldódási sebessége a mészkőétől, a dolomit aprózódása a mérsékelt éghajlati övben a legerősebb. Melegebb éghajlaton a dolomit formakincse majdnem megegyezik a mészkőével (pl. víznyelők, toronykarsztok). Nyírád környékén a dolomit víznyelőiben létrejött bauxitlencsék és a még a Keszthelyi-hegységhez sorolható Darvas-tó léte is bizonyítja, hogy e terület valamikor jóval melegebb klímájú volt, mint ma.

A Keszthelyi-hegység dolomithegyeinek többsége elsősorban a mérsékelt

övre jellemző formákat mutat. Ezek a formák erősen különböznek a mészkőterületekétől. A különbség fő oka, hogy ugyanannyi dolomit „elbontásához” kevesebb vízre, következésképp kevesebb időre van szükség, mint a mészkőhegységek esetében. Ugyanis míg a mészkő „elbontásához” az egész kőzetet fel kell oldania a szénsavas víznek, addig a dolomit lepusztításához elég a $MgCO_3$ -ásványokat összetartó kalcitot feloldani, a többit a hőmérséklet-ingadozás megteszi. A mérsékelt övi dolomithegységek formakincse sokban hasonlít a trópusi karsztokéhoz. Ugyanúgy meredek hegyek, mély völgyek, magas sziklafalak jellemzik, a különbség csak annyi, hogy nem közvetlenül a mállás, hanem a mállás okozta aprózódás alakította ki őket.

Kezdetben a jelenleginél szelídebb táj magasabban fekvő területeiről gyorsan lefolyó víz itt is az alacsonyabban fekvő, vastagabb talajtakaróval rendelkező helyeken végezte a legtöbb munkát. Ez a folyamat a felszín egyre erősebb tagoltságával egyre gyorsabbá válik. Fontos felszínalakító tényező, hogy a dolomitot a szénsavas víz csak felaprózza, de a törmelék nem mindig szállítja el. Ez az elszállítódás csak a hegyoldalakon és a völgyekben történik meg. A mélyen fellazított kőzetet a hegyoldalokról, de különösen a völgyekből a vízfolyások könnyen elmosás, mely szurdokvölgyeket hoz létre (pl. Ilona-völgy).

De miért nem fejeződnek le ezek a vízfolyások a mészkőhegységekben levőkhöz hasonlóan? Mert nincsenek víznyelők. Azért nincsenek, mert a dolomitot a szénsavas víz csak felaprózza, a törmelék viszont a felszín alatt már nem szállítja el. A dolomitban ezért nem alakulnak ki jelentős barlangok, mert a törmelék eltömítené a járatokat, megakadályozva a további oldódást.

A forró víz munkája a Keszthelyi-hegységben

A hévforrások létrejötte nem új jelenség a Keszthelyi-hegységben és környékén.

Úgy is értelmezhetjük a jelenséget, hogy a meleg vízi források időnként más helyen törtek fel. De – szerintem – az az értelmezés pontosabb, hogy a forró víz feltörési helye ugyanaz, csak a felette levő terület vándorol. Méghozzá délnyugatról északkeletre.

A Hévízi-tavat tápláló forrásbarlangból feltörő víz a Keszthelyi-hegységben és a tőle északkeletre levő dombokon szivárog be. A Keszthelyi-hegység dolomit- és mészkőfelszínén jelentős mennyiségű víz szivárog be, ám hiányoznak a többi karsztos hegységre jellemző hegylábi források. A hegység egyetlen állandó forrása a Szent Miklós-forrás, tehát az itt leszivárgó víznek a Hévízi-tavat kell táplálnia. Mivel a bauxitbányászat okozta karsztvízszint-süllyedés egyaránt csökkentette a Hévízi-tó és az Uzsától északkeletre fekvő terület, elsősorban az Urbéri-erdő forrásainak vízhozamát, ebből is az következik, hogy az Urbéri-kutat és a Hévízi-tavat tápláló karsztvíznek kapcsolatban kell lennie egymással.

A leszivárgó csapadék triász földolomitban halad tovább, feltételezhetően nagyon mélyre. Ott a Föld belső hője felmelegíti. A magas hőmérsékletű víz már erősen oldja a dolomitot. Mikor a dolomitcsatorna fölvezeti a vizet egészen a felszínig, az termálvízként bukkan a felszínre.

A termálvíz első ismert feltörési helye a Púpos-hegy. A csúcsán levő sziklában felfedezhetők azok a forrásbarlangok, melyeken át a víz kitört. A forró víz természetesen nem ilyen magasságban tört fel, a terület a hévíz „továbbálltával” emelkedett meg.

A következő feltörési hely a mai Csorna-kúti-völgyben lehetett. A Függő-kő környéki sziklákban találhatunk a hévíz feltörésére utaló jeleket. A termálvíz ezután a mai Acheron-kútbarlangban bukkant a felszínre. A barlang folyosóját a forró víz oldotta ki a dolomitból.

A következő feltörési hely már a mai Hévízi-tó volt, ami jelenleg Európa legnagyobb meleg vízi tava. ☀

Táj a múlt tükrében: a Balaton és környezete

ALEXY GERGŐ

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja

A Balaton Közép- és Nyugat-Európa legnagyobb sekély vízi tava, amely hazánk nyugati részén, a Dunántúl közepén ÉK-DNy-i irányban fekszik. Keletkezését tekintve viszonylag fiatal, korát úgy 18-20 ezer évre becsülik, bár egyes kutatások születésének idejét közelebb hozzák napjainkhoz, kb. 12 ezer

évre teszik. A magyar tenger mai képe, fejlődése a természet és az ember beavatkozásai során alakult ki. Napjainkban elsősorban csekély mélysége miatt kedvelik a Balatont, melynek szerelmesei közé tartozom én is, ami leginkább annak köszönhető, hogy Siófokon születtem és nőttem fel.