

## Vélemény, vita

### ÚJ KUTATÁSI IRÁNYZATOK A VULKANOLÓGIÁBAN

Hozzászólás Harangi Szabolcs

Merre tovább, vulkanológia? A XXI. század kihívásai  
című tanulmányához

Karátson Dávid

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár,  
ELTE Természetföldrajzi Tanszék  
dkarat@ludens.elte.hu

Érdeklődéssel vettem kezembe professzortársam, Harangi Szabolcs geokémikus írását (*Magyar Tudomány*, 2013/8). A sokatmondó címtől és a bevezetésben olvasható ígérettől („összefoglaljuk, merre halad a tudományterület”) azt vártam, hogy a mai vulkanológia állását és perspektíváit a teljesség igényével mutatja be a szerző. Ez a reményem azonban – bár terjedelmes cikkről van szó – csak részben, őszintén megvallva, kis részben teljesült. Épp ezért, s mert több mint 20 éve kutatok a vulkanológia területén, és csaknem ugyanennyi ideje oktatom is számos aspektusát, úgy vélem, érdemes kiegészítéssel élnem. Egyszermind néhány hibára vagy a szerzőétől eltérő értelmezésre is rá kívánok mutatni, valamint jelzek néhány alapvető hozzájárulást magyar szerzőktől, amelyek – a szerző önhivatkozásai mellett – nem kaptak helyet a cikkben.

A legfontosabb kritikai megjegyzésem, hogy bár Harangi a bevezetésben felsorol néhányat a vulkanológia napjainkban művelt területei közül, ezek a cikkben erősen hiányosak maradnak; valójában alig néhányat tekint át (kiemelten azokat, amelyekkel maga is foglalkozik, ilyen a vulkánok népszerűsítése, a vulkánparkok, illetve a magmafejlődés közzettani-geokémiai háttere). Nem vitatva a bemutatott területek fontosságát, hozzászólásomban az EGU (*European Geosciences Union*) legutóbbi néhány esztendejének vulkanológiai szekciói és a IAVCEI (*International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*) 2013-as kongresszusának szekciókínálata tükrében igyekszem vázolni a legfontosabb kimaradt témaköröket.

A vulkánkitörések tanulmányozásának és előrejelzésének napjainkban egyik legerősebb

területe a robbanásos kitörések, különösen a halálos vulkánveszély, az ún. *piroklaszt-ár* (népszerű, de a tudományban is használt néven *izzófelhő*) terjedésének, mozgásának szimulálása. A szerző ezt az első oldalon maga is említi, egyrészt mint fizikai (tegyük hozzá: és erősen matematikai) alapokon nyugvó modellezést, másrészt mint kísérleti eredményt. Itt nem elsősorban valódi kísérletekről van szó, bár ilyenek is vannak, hanem számítógépes szimulációkról. Ezek ma már igen nagy pontossággal rekonstruálják a vulkánkitörések felhőinek mozgását, üledékanyagának lerakódását, a modelledményeket a megfigyelt, térképezett rétegekkel egybevetve. Mi több, előre jelezhetik a várható kitörések lefolyását különböző bemeneti paraméterek esetén (ilyenek a kéregben/kürtőben uralkodó szerkezeti viszonyok, a magma feláramlása a kürtőben, a magma gáztartalma, kitörési sebessége stb.). Jelen sorok írójának egyik fő koncepciója volt a Harangi cikkében is említett, celdömölki Kemenes Vulkanpark látogatóközpontjának kialakításakor, hogy ez a valóban XXI. századi, igen perspektivikus szakterület látványos formában helyet kapjon, amit sikerült is megvalósítani, mégpedig a témát nemzetközi szinten a legkiemelkedőbbek között művelő olasz kutatótársak jóvoltából (INGV Pisa, Olaszország; vö. de'Michieli Vitturi, M. et al., 2011). Mindezen kérdések a IAVCEI említett 2013. évi kongresszusán (pl. *Dynamics of volcanic processes; Volcanic plume dynamics; Volcanic tremor, seismic events and volcanic conduit dynamics; Observation, theory and experiments on volcanogenic particulate mass flows and their deposits*), vagy az EGU elmúlt évekbeli szekcióülésein (pl. *Physics and dynamics of magma ascent, emplacement, eruption and deposition in volcanic systems; From conduit magma ascent to ash*

*generation and dispersal*) több szekcióban is helyet kaptak.

Harangi tanulmányában az aktív és szunynyadó vulkánok megfigyelése (vulkánmonitoring) csak az InSAR-rendszer bemutatására terjed ki, pedig ennél lényegesen többről van szó. Ilyen a magma mozgása vagy a lezúduló izzófelhők által keltett szeizmikus jelek ma már rutinszerű elemzése; a hőkamerás vizsgálatok, amelyek a távoli-infravörös tartományban (8-15 mikrométer) a vulkán egy részének vagy a gázoknak a hőmérsékletét követik nyomon; a vulkán által kibocsátott kén-dioxid mennyiségének mérése (pl. koncentrációeloszlás meghatározása uv-kamerával); a vulkán területén fakadó források kémiai elemzése; végül a felszín, azaz a vulkáni felépítmény mozgásainak nyomon követése GPS-sel vagy lézerradarral (LiDAR).

Az utóbbi technológia, amely a levegőből (repülőgép, helikopter) vagy akár felszínközlelől is működtethető, és távolságmérésen alapszik (azaz egy megismételt mérés a felszín elmozdulását jelezheti), már átvezet a vulkáni domborzat, a vulkánok mint felszínformák tanulmányozásához. A vulkanológia ugyanis nemcsak a vulkáni működés kutatása, mint azt Harangi írja, hanem a vulkáni formáké és üledékeké is, és mindkét utóbbi szakterület igen jelentős fejlődésen ment át az elmúlt évtizedekben. A LiDAR-ral például – amely a távérzékelés (*remote sensing*) egyik legújabb vívmánya, s szeizmológiai vagy épp régészeti alkalmazásai is egyre terjednek – a vulkáni felszín változásainak menetét, sebességét lehet nagy pontossággal vizsgálni: lásd pl. az Etna 2000-es évekbeli működésének tanulmányozását a csúcsrégióban (Fornaciai et al., 2010). Az EGU 2011-es és 2012-es kongresszusán – részben e sorok szerzőjének kezdeményezésére és olasz, angol kutatókkal karöltve – külön

vulkángeomorfológiai szekciót szerveztünk a vulkánok rövid- és hosszabb távú felszínfejlődésének bemutatására (*New methods and concepts in volcanic geomorphology*, ill. *Spatio-temporal perspectives on volcanological processes and volcanic landforms*). Hasonló témájú szekciók taglalták a témát a IAVCEI 2013-as kongresszusán is (*Remote sensing and terrain modelling: Evolution of eruptive craters, vents and conduits from feeding dikes, sills, and magma chambers*). Például a szabályos alakú vulkáni kisformák: ún. salakkúpok, lávadómok vizsgálata, épülésének és pusztulásának, azaz időbeli fejlődésének tisztázása egyike a legelőremutatóbb irányvonalnak. Ehhez jómagam külföldön, pl. az Etna tanulmányozásával igyekszem hozzájárulni (Favalli et al., 2009 stb.); a kárpáti vulkáni koszorúban (vö. Karátson, 2009) pedig egyetemi kutatócsoportunkkal a Harangi cikkében is bemutatott Csomádot vizsgáljuk (Karátson et al. 2013). Feltétlenül megemlítendőek ehelyütt Németh Károly, Új-Zélandon dolgozó magyar vulkanológus és társai bazaltvulkáni területeken, így a mi Balaton-felvidékünkön is végzett vulkángeomorfológiai kutatásai (pl. Kereszturi – Németh, 2012). Mindezen vulkángeomorfológiai kérdéseknek a *Geomorphology* c. nemzetközi folyóirat 2012-ben tematikus különszámot szentelt (szerk. Thouret, J. C. – Németh K.).

A korszerű vulkanológia, ahogy fentebb jeleztem, a kitorések során lerakódott üledékeket is vizsgálja, mégpedig a korábbi szemlélethez képest teljesen más, dinamikus felfogásban. Az újabb, kifejezetten szedimentológiai (üledéktani) felfogású irány talán legfontosabb mérföldköve az a J. McPhie és társai által publikált szakkönyv (*Volcanic textures*, 1993), amely elsősorban a robbanásos kitorések során szárazulaton vagy vízben le-

rakódó üledékek megértéséhez alapmű. Ennek nyomán számos kulcsfontosságú tanulmány – mindenekelőtt a két vezető vulkanológiai folyóirat, a *Bulletin of Volcanology* és a *Journal of Volcanology and Geothermal Research* több különszáma – az elmúlt 20 évben olyan új szakterületet körvonalazott (a IAVCEI egy szakmai bizottságát is éltetve: *Commission on Volcanogenic Sediments*), amely ma már nélkülözhetetlen ismeretanyaggal és eszköztárral szolgál a vulkáni kitoréstermékek vizsgálatához.

A tűzhányók fejlődésének és a vulkáni üledékek szukcessziójának új, részletes kutatási eredményei nem születhettek volna meg a radiometrikus kormeghatározás elmúlt évtizedekben történt fejlődése nélkül, aminek bemutatása szintén igen hiányos Harangi tanulmányában. A hagyományos, kisebb felbontású K/Ar-kormeghatározás fiatal vulkánok esetében megerősödött a Gillot–Cassignol-féle K/Ar- és az Ar/Ar-datálással, valamint az apatit és cirkon nevű ásványok hasadvánnyom (fission track) termokronológiájával (lásd pl. *New advances in non-traditional isotope chemistry, thermochronometry and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating*, EGU 2012 szekció). Ezek fiatal korok esetén hasznosan kiegészülnek a – bekerült szervesanyagra vagy közbetelepült, nemvulkáni rétegekre irányuló – radiokarbon (<sup>14</sup>C) és termolumineszcens módszerrel. A radiokarbon-datálás jelentőségére jó példa egy, a *Science*-ben megjelent cikk, amely Santorin a minósi kitorés idejét pontosította egy szerencsésen megtalált olajfatorzs aprólékos vizsgálatával (Friedrich et al. 2006): a kitorés kétséget kizáróan Kr. e. 1600 és 1630 között ment végbe, jóval a kréti civilizáció hanyatlása előtt. A vulkáni kormeghatározáson belül talán a legérdekesebb, az előrejelzésben is igen hasznos feladat egy-egy tűzhá-

nyó hosszabb időtávú kitéréseinek, működési szakaszainak rekonstruálása, főként az ún. kitérés ráta megadásával (pl. az Andokbeli Paríncota vulkánra, Hora et al. 2007).

Hozzászólásomban végül Harangi két olyan gondolatmenetét említem, amelyekkel nem tudok egyetérteni. Az az okfejtése, amely a vulkánkitörések képviselte veszélyt a földrengésekéhez méri, véleményem szerint félreértelmezhető. Azt írja: noha a japán Tohoku-rengéshez (2011) képest az elmúlt 30 év vulkánkitörései okozta anyagi károk (14 milliárd USD) csak 5%-nyit értek el, ez „sántít”, mert előbbi rendkívüli esemény volt. Nos, korántsem sántít ez az arány, mert pl. csak a 2010-es esztendőben négy olyan földrengés volt (Chile, Haiti, Új-Zéland, Kína), amely egyenként >5 milliárd dollárt meghaladó kárt okozott (Daniell, 2011), a teljes globális kártétel pedig 50 milliárd dollárra rúgott. Egyedül a 6,3-as magnitúdójú, tehát egy 9-es rekordrengéshez képest szerény új-zélandi földrengés 6,5 milliárd dollár kárt okozott! Aligha vitatható tehát, hogy a földrengések a mai társadalomra összehasonlíthatatlanul nagyobb veszélyt jelentenek (emberéletben mérve is), mint a vulkánkitörések. S hogy a Tohoku „anomálishan erős” lett volna, mint írja, az sem igaz: a 2000-es évtizedben akadt két további 9-es magnitúdójú rengés is (Indiai-óceán, 2004; Chile, 2010).

A másik, amit vitathatónak ítélek a tanulmányból, az Eyjafjallajöküll 2010-es kitérésének értékelése. A szerző egy helyütt „az európai légiteret vulkáni hamuval elárasztó” kitérésről ír, ami feltehetően elírás, hiszen Európa nagy részén – mint Magyarországon is jól emlékszünk rá – legfeljebb picit színesebb naplementék voltak, de a vulkáni szemcsék koncentrációja igen kicsiny maradt (a hamu még a valóban érintett Brit-szigeteken és

Skandináviában sem zavarta meg az időjárást). A gondot nem más, mint az érvényben lévő szabvány okozta az európai légi közlekedésben, amit nyugodtan nevezhetünk „zéró hamutoleranciának”. Erre nem általában a társadalom (Harangi kifejezésével) „sebezhetősége”, hanem konkrétan a sugárhajtású gépek megszorodása adott okot: ugyanis ha e gépek sűrű hamufelhőbe jutnak (mint arra az 1980-as években két szerencsés kimenetelű, de majdnem tragédiával végződött példa akadt), a forró turbinák újraolvasztják a hamut, bekenik és leállíthatják a hajtóműveket – a légcsváros gépekkel ellentétben, amelyek nyugodtan repülhetnek. Mivel a kihígult hamu gyakorlatilag semmilyen veszélyt nem jelentett, a kritikus hamukoncentráció mértékét már a kitérés vége felé megváltoztatták Európa országaiban. Elmondható, hogy (bár valóban jobb félni, mint megijedni) ha ezt a nem túl bonyolult feladványt, tehát a megengedhető hamuszint technológiai kérdéseit idejében tisztázzák, nem került volna sor a pánikra, az 5 milliárd dollárnyira taksált veszteségre, a több mint 10 millió utast érintő légtérzárra. Emellett az sem feledendő a társadalmi és gazdasági értékelés kapcsán, hogy a vulkánkitörés tulajdonképpen környezetvédő „intézkedésnek” bizonyult. Mert bár a vulkán hamufelhője a légkörbe napi mintegy 150 ezer tonna szén-dioxidot juttatott, az európai légi közlekedés kerozinégetéséből adódó, átlagosan napi 344 ezer tonna CO<sub>2</sub>-kibocsátás most, a repülőforgalom kétharmadának törlése miatt 138 ezer tonnára mérséklődött (lásd <http://www.informationisbeautiful.net/2010/planes-or-volcano/>). Ennek jótékony hatása – ami egyáltalán nem szerepel a tanulmányban –, bár nehezen számszerűsíthető, és csak néhány hétig tartott, bőven ott van a mérleg másik serpenyőjében!

Zárszóként a tanulmányban nagy terjedelemben bemutatott vulkánpark, vulkánturizmus témához tennék – személyes érintettség okán – rövid helyreigazítást. Harangi szerint a celldömölki Kemenes Vulkánpark látogatóközpontja kivitelezésének „befejező szakaszában” a helyi önkormányzat „hirtelen koncepcióváltással” eltért az eredeti tervektől. Ha ez igaz, ennek okáról őket is ildomos lenne megkérdezni, mert szigorú EU-s pályázat lévén nyilván volt rá okuk (amit az NFÜ ezek szerint elfogadott). Mindenesetre tény: a „befejező” szakasz a teljes kiállítás forgatókönyvének, majd megalkotásának folyamatát, tehát

az egész vulkánház (látogatóközpont) szakmai arculatának megteremtését jelentette. Erre az önkormányzat e sorok íróját; a megvalósításra a Narmer Építész Stúdiót kérte fel. A csaknem félmilliárd forint TÁMOP forrásból megvalósult vulkánház, benne a 8 interaktív kiállítási tematika (a Harangi által említett planetáris vulkánosság csak az egyik) reményeim szerint, és az eddigi ismertség, a magas látogatószám alapján tartósan szolgálja majd a vulkanológia hazai népszerűsítését.

Kulcsszavak: *vulkanológia, robbanásos kitérősek, geofizika, geomorfológia, Kárpát-medence*

## IRODALOM

- Daniell, J. (2011): *CATDAT Damaging Earthquakes Database 2010 – The Year in Review*. Karlsruhe Institute of Technology, pp. 30.
- de'Michieli Vitturi, M. – Todesco, M. – Neri, A. – Esposti Ongaro, T. – Tola, E. – Rocco, G. (2011): Introducing „É VIVO! Virtual Eruptions on a Supercomputer”. A DVD aimed at sharing results from numerical simulations of explosive eruptions. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2011*, Abstract #ED13A-0805.
- Favalli, M. – Karátson, D. – Mazzarini, F. – Pareschi, M. T. – Boschi, E. (2009): Morphometry of scoria cones located on a volcano flank: a case study from Mt. Etna volcano (Italy), based on high-resolution LiDAR data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 186, 320–330.
- Fornaciai, A. – Behncke, B. – Favalli, M. – Neri, M. – Tarquini, S. – Boschi, E. (2010): Detecting short-term evolution of Etnean scoria cones: a LIDAR-based approach. *Bulletin of Volcanology*, 72, 1209–1222.
- Friedrich, W. L. – Kromer, B. – Friedrich, M. – Heinemeier, J. – Pfeiffer, T. – Talamo, S. (2006): Santorini Eruption Radiocarbon Dated to 1627–1600 B.C. *Science*, 28 April 2006, Vol. 312 no. 5773, pp. 548
- Hora, J. – Singer, B. – Wörner, G. (2007): Volcano evolution and eruptive flux on the thick crust of the Andean Central Volcanic Zone:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  constraints from Volcán Paríacota, Chile. *Geological Society of America Bulletin*, 119, 3/4, 343–362.
- Karátson D. (2009): *A Börzsönytől a Hargitáig. Vulkanológia, felszínfejlődés, ösföldrajz*. 2. kiadás, Typotex Kiadó, 463 pp.
- Karátson, D. – Tölgess, T. – Harangi, Sz. – Magyar, E. – Dunkl, I. – Kiss, B. – Jánosi, Cs. – Veres, D. – Braun, M. – Fodor, E. – Biró, T. – Kósik, Sz. – von Eynatten, H. – Lin, D. (2013): Morphometrical and geochronological constraints on the youngest eruptive activity in East-Central Europe at the Ciomadul (Csomád) lava dome complex, East Carpathians. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 157–158, 56–72.
- Kereszturi, G. – Németh, K. (2012): Structural and morphometric irregularities of eroded Pliocene scoria cones at the Bakony–Balaton Highland Volcanic Field, Hungary. *Geomorphology*, 136 (1), 45–58.
- McPhie, J. – Doyle, M. – Allen, R. (1993): *Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania.
- Thouret, J.-C. – Németh, K. (eds.) (2012): Volcanic Geomorphology: landforms, processes and hazards. *Special issue, Geomorphology*, 136.