

határozhatjuk, hogy mennyi idő után nem érdemes már elkezdni a populáció egyedeinek oltását, mert a betegség terjedését azzal úgysem tudjuk megakadályozni.

Ilyen és hasonló kérdések vizsgálataival foglalkozunk az MTA–ELTE Numerikus Analízis és Nagy Hálózatok kutatócsoport Simon L. Péter által vezetett hálózati folyamatok és differenciálegyenletek alcsoportjában, ahol a matematika különböző területeit érintjük, mint például sztochasztikus folyamatok, differenciálegyenletek, dinamikai rendszerek és gráfelmélet. Ebből próbáltunk a teljesség igénye nélkül egy kis ízelítőt adni, és rávilágítani napjaink egyik széleskörűen vizsgált területének, a hálózatok differenciálegyenletekkel való modellezésének szépségére és hasznosságára.

A téma iránt érdeklődő olvasóknak ajánljuk Barabási Albert-László [1, 2, 3] könyveit, Lovász László Természet Világában megjelent [8] cikkét, a Természet Világa [9] különszámát, valamint a differenciálegyenletek témakörébe kiváló bevezetést nyújtó [7] könyvet. Akiket pedig mélyebben érdekelnek a hálózati folyamatok, azok számára a [4, 5, 6] monográfiák jelenthetnek kiindulópontot. ▶

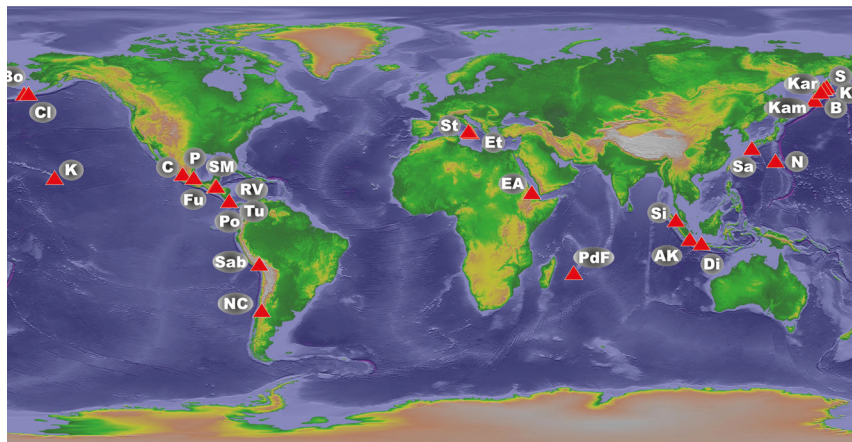
Irodalom

- [1] Barabási Albert-László: *Villanások – a jövő kiszámítható*, Nyitott Könyvműhely, Budapest, 2010.
- [2] Barabási Albert-László: *Behálózva – a hálózatok új tudománya*, Magyar Könyvklub, Budapest, 2003.
- [3] Barabási Albert-László: *A hálózatok tudománya*, Libri Könyvkiadó, Budapest, 2016.
- [4] A. Barrat, M. Barthelemy, A. Vespignani: *Dynamical processes on complex networks*, Cambridge University Press, Cambridge, 2008.
- [5] M. Draief, L. Massoulié: *Epidemics and rumours in complex networks*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.
- [6] István Z. Kiss, Joel C. Miller, Péter L. Simon: *Mathematics of Epidemic Networks*, Springer, 2017.
- [7] Hatvani L., Pintér L.: *Differenciálegyenletes modellek a középiskolában*, Polygon, Szeged, 1997.
- [8] Lovász László: Nagyon nagy gráfok, *Természet Világa*, 138. évf. 3 (2007)
- [9] Hálózatok kutatás, hálózatelmélet, *Természet Világa*, 146. évf. 1. Különszám (2015)
- [10] <http://www.fastcodesign.com/3029315/terminal-velocity/how-a-supervolcano-would-affect-international-flight>
- [11] <http://pitgroup.org/connectome/>
- [12] <https://www.maclester.edu/~abeverid/thrones.html>

HARANGI SZABOLCS

Tűzhányó-hírek

2017. első fele



Térkép a szövegben szereplő vulkánok helyének megjelölésével (Bo – Bogoslof, CL = Cleveland, K – Kilauea, C – Colima, Fu – Fuego, P – Popocatepetl, SM – Santiaguito, Santa Maria, TU – Turrialba, Po – Poás, RV – Rincón de la Vieja, Sab – Sabancaya, NC – Nevados de Chillan, St – Stromboli, Et – Etna, EA – Erta Ale, PdF – Piton de la Fournaise, Si – Sinabung, AK – Anak Krakatau, Di – Dieng, Sa – Sakurajima, N – Nishinoshima, Kam – Kambalnij, Kar – Karimszkij, Kl – Kljucsevszkj, B – Bezimjannij, S – Sivelucs)

2016 tűzhányójának nagy meglepetésre az Aleuti-szigetiv egy piciny vulkánját, a Bogoslofot választották, ami az év végén váratlanul ébredt fel. Akkor ez sokaknak meglepetést okozott, azonban 2017 első fele bebizonyította, hogy a Bogoslof kiérdemelte e címet. Több tucat kitörése ráirányította a figyelmet még akkor is, ha e vulkáni működésről nem sok felvétel készült. Emellett sem volt unalmas 2017 első fele. A guatemalai Fuego nem fogott vissza a tempóból, folyamatosan vannak lávaszökőkút-kitörései, ami mellett az ismétlődő iszapárak (laharok) jelentenek állandó veszélyt. Az Etna csak egy alkalommal tört ki, mégis az újságok címlapjára került. Voltak szemet gyönyörködtető események is, mint a Colima és a Sakurajima villámlásokkal együtt járó kitörései, vagy a japán Nishinoshima újraelévedése és az Erta Ale lávató túlfolyása, egy új hasadékból kialakult páros lávamezővel. A kitörésekről és háttérinformációkról rendszeres tájékoztatást nyújt a Tűzhányó blog Facebook oldala a több száz csatlakozott olvasónak.

Kilauea, Hawaii, USA

A Nagy-szigeten több helyen is zajlik aktív vulkáni működés: a Kilauea kalderában lévő Halema'uma'u kráter belsejében 2008-ban kialakult beszakadásos kráterben lévő látató szintje folyamatosan változik. A június végi felvételek a látató felszínén kialakult lávabőr nagyszerű rajzolatát adták vissza, miközben a peremén lávacafatok freccsentek fel. Ugyancsak aktív, már több mint 34 éve, a Pu'u 'Ō'ō kitörési központ is, ahol több ponton buggyan fel az izzó láva, míg a keleti pereméről továbbra is elegendő utánpótlást kap a 61g lávafolyás (a név eredetéről a Tűzhányó-hírek korábbi cikkében írtunk). A kőzetolvadék szintje hülés nélkül jut a mintegy 10 kilométer távolságban lévő Kamokuna partjaihoz és ömlik az óceánba. Mindez továbbra is turisták ezreit vonzza és a nem veszélytelen hajóutakra is befizető látogatók nagy öröme a lávafolyam és a víz találkozása látványos robbanásos jelenséggel zajlik. A friss láva egy jókora lávadeltát (június végén ez 100 méterre nyúlt be az óceánba)

alakított ki, növelve a sziget területét. Az építés azonban nem egyszerű, a lávadel-tán, illetve a meredek oldalú partszakaszon időszakosan hosszú repedések alakulnak ki és jelentős méretű sziklatestek omlanak be az óceánba. A lávautánpótlás egyelő-re folyamatos. A lávacsatornában haladó kőzetolvadék mellett a lávamező középső részén is újabb helyeken jelennek meg fel-színre is jutó túlfolyások.

Bogoslof, Aleuti-ív, USA

A 2016. év vulkánjának választották e mindentől távol eső piciny szigetet (ke-vesebb, mint egy kilométer az átmérője), amit az év végén történt, meglepetéssel teli vulkánkitörésnek köszönhetett. A ki-

lévő legközelebbi szigetre tudtak műszere-ket telepíteni; földrengéshullámokat érzé-kelő hidrofonomokat és a robbanásokat rö-gzítő infrahullámos detektorokat helyeztek ki, emellett a közvetlen, pilóták általi meg-figyelések és műholdas felvételek adnak segítséget. Az Alaszakai Vulkan Obszerva-torium szakemberei ezek alapján automa-tikus jelzést kapnak a kitörés megindulásá-ról és rögtön értesíteni tudják a légiirányí-tókat. Egy-egy kitörés nem több, mint egy óra alatt lezajlik. A közelben települések nincsenek, azonban a térség különleges ví-zi élőhely. Kérdés, hogy erre hogyan hat a vulkáni működés, aminek következtében nagy területen színeződött el a tengervíz a gázok miatt. A Bogoslof korábbi kitörési történetét alapul véve a vulkáni működés akár egy-két évig is eltarthat!

dennapos földrengések jelzik, hogy a vul-kán nem teljesen aludt el. A kitörések egy-előre abbamaradtak.

Popocatepetl, Mexikó

Mexikó másik folyamatosan aktív tűzhá-nyója esetében nem volt különösebb em-lítésre méltó nagy kitörés, azonban fo-lyamatosak a kisebb hamukilövellések, jelezve a tűzhányó alapállapotban való működését. Július első napjaiban azonban a korábbi hónapokban megszokottnál erő-teljesebb robbanásos kitörés történt, ami mutatja, hogy bármikor várható a környe-zetet is jobban érintő működés.

Fuego, Guatemala

Látványos kitörésekkel kezdte az évet a tűz hegye. A felemelkedő lávaszökőkú-tak mellett vékony lávaárak ereszkedtek le a tűzhányó meredek oldalán. A műkö-dés ezután is folyamatos volt, naponta zajlottak az olykor jelentős hanghatás-sal járó, robbanásos kitörések. Április elején egy új, 2017-ben már a harmadik, lávaöntéses kitörési fázis indult. Órán-ként átlagosan 10 robbanásos kitörés, 100–300 méter magasra emelkedő láva-szökőkutak jellemezték e bevezető sza-kaszt, a lávafolyam 3 kilométer távol-ságba jutott. Hamuesőt jelentettek a tűz-hányó több tíz kilométeres körzetében. Április végén laharok veszélyeztették a közvetlen környezetet, majd májusban indult az év negyedik kitörési szakasza. Május 5-én 2012 óta a legerősebb kitö-rések történtek, a robbanásos kitörések légköri lökéshullámokat eredményeztek, piroklaszt-árak rohantak le a hegy olda-lán, a hamufelhő több mint 1 km magas-ra emelkedett és hamuesőt okozott a környező településeken. A 8 km távolságban lévő Panimache faluból 300 lakost tele-pítettek ki. A hónap végén ismét laharok zúdultak le, amelyek olykor méteres blokkokat görgettek. A 10–30 méter szé-les, 1–2 méter magas iszapár lerohaná-sai gyakran erős kénhidrogénes gázzzag mellett történtek. Június elején újból fel-erősödtek a kitörések és további veszélyt jelentettek a gyakori laharok.



A felszín alatt több mint 10 kilométert lávacsatornában megtevő bazaltos kőzetolvadék ömlik be az óceán vízébe Kamokuna partján, Kilauea vulkáni terület, Hawaii (2017. január 27, David Ford felvétele)

tüntető címre való érdemet sokan, így jó-magam is, kételkedéssel fogadták, a tűzhá-nyó 2017-es tevékenységével azonban erre csattanós választ adott. Sorozatban zajla-nak a kisebb-nagyobb robbanásos kitöré-sek, amelyek során többször tíz kilométer-nél is magasabbra jut fel a kitörési gőz- és hamufelhő és ez komoly veszélyt jelent a légi közlekedésre. A kitöréseket intenzív villámlások kísérik. A kráter víz alatt van, a kitörések jellege tehát freatomagmás, a magma és a víz keveredése okozza a heves robbanásokat. A vulkáni működés alapo-san megváltoztatta a sziget alakját és több mint háromszorosára növelte kiterjedését. Június elején egy kisebb lávadóm-kitü-remkedés is történt, azonban ezt hamarosan szétvetette egy robbanásos kitörés. A működés megfigyelése rettentően nehéz, a szakemberek az 50 kilométer távolságban

Cleveland, Aleuti-ív, USA

A vulkáni ív egyik legszebb tűzhányóján februárban egy friss, 70 méter átmérőjű lávadóm türemkedett ki és részben kitöl-tötte a csúcsi krátert. A lávadóm-aktivitás befejeződése után, márciusban szörványos robbanásos kitörési eseményeket regiszt-ráltak, ami után folytatódott a viszkózus láva felnyomulása, időszakos hamukilö-vellésekkel.

Colima, Mexikó

Januárban látványos kitöréseket produkált a 2015. év tűzhányója. Főleg éjszaka vol-tak káprázatosak a villámokkal tarkított vulcanoi-kitörések. Aztán egyre ritkábbá váltak a kitörései és április óta csak a min-

Santiaguito, Santa Maria, Guatemala

A tavalyihoz képest idén csendesebbé vált a Santa Maria kráterében lévő lávadóm-csoport. Csupán szörványos, és kis erőssé-gű robbanásos kitörések voltak a Caliente kúpon.



Különleges rajzolat a Halema'uma'u kráterben kialakult lávató felszínén, miközben lávafat-felfreccsenések történnek a peremén. Kilauea vulkáni terület, Hawaii (2017. január 27., HVO-USGS felvétel)

Poás, Costa Rica

Costa Rica egyik legaktívabb és korábban évente mintegy 1 millió dollár turisztikai bevételt hozó (a jelenlegi működés miatt korlátozott a látogatottság) tűzhányója kisebb nyugalmi szünet után április 12-én freatikus robbanásos kitörésekkel éledt fel. A következő napokban ismételtelen voltak néhány száz méter magasra feljutó hamufelhőket eredményező robbanásos kitörések. Az egyik ilyen esemény kapcsán 1–2 méteres kőzetblokkok repültek ki és csapódtak a felszínre a turistautak közelében. A kitörések folyamatosan történtek júniusban is, a webkamerák esti képein a kráterben izzás is ki-vehető volt, azaz friss magma is került a felszínre és kisebb stromboli-típusú kitörések zajlottak. A környéken sokszor jól érezhető záptojásszag terjeng. Volt olyan időszak, amikor az egyik kráterből sárga kénes gázok törtek fel, a másiktól pedig hamukilövellés történt.

Rincón de la Vieja, Costa Rica

A vulkán az ország északnyugati részén található. Utolsó nagy kitörése nem egészen 4000 évvel ezelőtt volt, az elmúlt évtizedekben pedig tucatnyi alkalommal működött. Májusban kb. egy éves szünet után voltak kisebb freatikus kitörései az erősen savas krátertővel fedett kürtőjéből. Ezek iszapárakat indítottak el a vulkán oldalában.

Turrialba, Costa Rica

Costa Ricában előfordult már, hogy három vulkán tört ki egyszerre. Ilyen történt például 1987-ben, amikor a Poás, a Rincón de la Vieja és az Arenal működött egyszerre. Most az utóbbi helyett a Turrialba pörgött a színtérre. A 2016 óta tartó időszakos kitörésekkel járó sorozata idén is folytatódott és kapcsolódott két aktív társához. Működését a szokott gázkiáramlás (má-



Egy különleges, ritka felvétel a Bogoslof kitöréséről. A kitörési felhő fehér színe azt jelzi, hogy jelentős mennyiségben került be vízgőz a freatomagmás robbanásos kitörés során. Alul, sugárirányba szétfutó, kisebb piroklaszt torlóárak alakultak ki (Dave Schneider felvétele, USGS-AVO)

jusi mérések szerint naponta 1000 tonna kén-dioxid jut a felszínre és nagy a széndioxid/kén-dioxid arány, ami friss magmakigázosodására utal) mellett kisebb hamukilövellések jellemzők. Júniusban meglepetésre egy kis, kb. 50 méter átmérőjű lávató jelent meg a kráterben.

Sabancaya, Peru

A perui tűzhányó működése idén is folytatódott és ezzel a kitörési fázis összességében már VETI=3 nagyságnál tart. Az időszakos, kis szünetekkel egymást követő robbanásos kitörések során 6–10 km magasra emelkedik a hamufelhő. Egyes napokon akár az ötvenet is meghaladta a kitörések száma.

Nevados de Chillan, Chile

Kisebbs hamukilövellésekkel indult az év a chilei tűzhányón, majd rövid szünet után számos freatomagmás robbanásos kitörés történt a keleti oldalon lévő kráterekből. A következő hónapban kissé erősödtek a kitörések, a közeli hamufelhő-megfigyelő állomás 3–5 kilométer magas hamufelhőről számolt be.

Etna, Olaszország

Az Etna működése kiszámíthatatlanná vált. A csúcsrégióban több kürtő is potenciálisan kitörésre alkalmas, új kisebb kürtők is nyíltak, továbbá az intenzívebb kitörési szakaszokat hosszabb szunnyadási időszakok különítik el. Ekkor pedig csökken a figyelem és továbbra is kérdés, hogy nem következik-e be egy váratlan kitörés pont akkor, amikor turistákkal teli a csúcsi terület. Február utolsó napjaiban az Etna jó nyolc hónap pihenés után aktivizálódott. A kitörés viszonylag váratlanul indult, azonban nem volt előjelek nélküli. Mindezt több hetes gyenge, csak a vulkanológusok által követett, a krátereken belül történő robbanásos működés előzte meg. Januárban kisebb hamukilövellések mutatták az ébredés első jeleit. Február 27-én azonban hirtelen emelkedett a földremegés intenzitása és délutánra már magasan csaptak fel az izzó lávafatokat. A kitörés helye a Délkeleti kráter és az Új-Délkeleti kráter kúpjai közötti nyereg volt. Egy nap alatt egy tekintélyes méretű salakkúp nőtt ki, aminek magassága rögtön az Etna legmagasabb pontjával vetekedett! A kitörések pulzálva zajlottak, jól láthatók voltak a felszínre jutó méretes gázbuborékok szétpattanásai, az ezzel járó, különösen az éjszakai órákban látványos látványozójáték kitörések. A salakkúp déli oldala aztán felnyílt és másnap már izzó

lávafolyam ereszkedett le déli-délnyugati irányban. A tipikus rögzös, azaz aa-láva frontjának vastagsága a 2–3 métert is elérte. A láva több nyelvben haladt előre a még havas felszínen, különleges, kontrasztos látványt nyújtva. A működésben néhány nap után kisebb szünet állt be, majd március 15-én reggel ismét meredeken emelkedett a földrengés intenzitás és újabb látványos látatüzijáték-kitörések indultak el a Délkeleti kráter és az Új-Délkeleti kráter kúpjai között frissen felépült salakkúpon. Rövidesen láva buggyant ki és ereszkedett le a vulkán déli lejtőjén, követve a korábbi kitörés lávafolyamának útját. Estére a kitörés erőssége némileg gyengült, majd éj-



Freatomagmás robbanásos kitörés kezdeti hamufelhője a Poás kráterében
(OVSICORI-UNA felvétele, 2017. április 19.)

fél körül új hasadék nyílt a kúp előterében és újabb lávafolyam indult el, most keleti irányban. A robbanásos kitörés eközben fluktuálva zajlott, ami már kisebb lávaszökőkútakat is eredményezett március 16-a reggelén. A lávafolyam mint valami bulldózer haladt lassan előre a havas felszínen és keresztezte azt a területet, ahová gyakran jöttek fel négykerék-meghajtású turistabuszok. Rövidesen elérte a Valle del Bove peremét, ahol aznap éjjel bukott át és folyt le a széles völgy meredek oldalán. Előtte azonban, a lávafolyam közelében majdnem tragikus esemény történt!

A lassan előrenyomuló lávafolyamot számos turista közelítette meg, ott volt a BBC forgatócsoportja és a közelben dolgoztak a cataniai INGV Etna Obszervatórium vulkanológusai is. A korábbi napokban sokan merészkedtek a lávafolyás

közelébe, mindez veszélytelennek tűnt. Nem sokkal dél után aztán váratlan esemény következett be. A Belvedere közelében járó lávát hirtelen egy robbanás vetette szét: fehér vízgőzfelhő emelkedett fel, amit az INGV webkamerái is rögzítettek. A helyszínen azonban más volt a helyzet: erős hanghatással szürke-barna kitörési felhő robbant ki és a környéken záporoztak a kisebb-nagyobb izzó lávadarabok. A BBC kamerái rögzítették ezt a drámai közel fél perces. A szétrepülő lávadarabok tíz személyt sebesítettek meg. Az eset figyelmeztető volt: ennél nagyobb baj is lehetett volna! De mi is történt? Hogyan lehet az, hogy a lávafolyam elején következik be robbanásos kitörés? A láva eddig is havas felszínen folyt, hasonlóan a korábbi kitörésekhez. Mi vezetett ehhez a váratlan eseményhez, miért nem olvad el gyorsan a hó, ahogy a több mint 1000 fokokos láva ráfolyik? A magyarázat a láva fizikai tulajdonságában keresendő. A lávafolyam ugyanis jó hőmegtartó képességű, aminek oka az, hogy a felszínén egy hirtelen megdermedt, közetüveges kéreg alakul ki, ami jól szigetel. Ahogy a vastag lávafolyam halad előre, a hó egy része előtte felolvad, azonban a túlhevített hó hirtelen vízgőzzé alakul, ami fehér felhő formájában illan el. Ez veszélytelen, azonban mi történik a láva alatt? A láva és hó között egy vékony vízgőzréteg alakul ki. Ez megakadályozza a láva és a vízgőzréteg alatti olvadékvíz keveredését és ez az állapot hosszasan fennmaradhat, a láva haladhat előre akár több száz métert is. A gond akkor kezdődik, ha a vízgőzréteg felszakad és a láva az olvadékvízzel keveredik. A láva belsejébe jutó víz hirtelen vízgőzzé alakul. Ez a halmazállapot-változás térfogat-növekedéssel jár. A láva frontján ez általában nem jelent problémát, a kitáguló vízgőz szabadon tud távozni. A láva belsejében azonban nincs erre megfelelő tér, ezért jelentős belső nyomás alakul ki. Ha ennek a nyomásnak a feszítőereje többszörösen meghaladja a láva szakítószilárdságát, akkor hirtelen történik a térfogat-növekedés mégpedig a lávaanyag darabokra való szétvetésével. Ez maga az a robbanásos esemény, ami március 16-án kora délután az Etnán is történt. Ezt a folyamatot freatomagmás robbanásos reakciónak nevezik. Felszín alatti víz és feltörő magma keveredése esetén heves robbanásos kitörést okoz, de ilyen jelenség figyelhető meg a hawaii Nagy-szigeten is, ahol az izzó láva jelenleg is az óceán vízébe ömlik. A freatomagmás robbanásos kitörés az egyik legveszélyesebb, mert

kiszámíthatatlan, hirtelen következik be és nagy területet érint. Szerencsére a láva és a hó találkozása esetében mindez viszonylag szűk területre jelent veszélyt. Az Etnán viszont pont ott zajlott, ahol emberek is tartózkodtak, ezért volt majdnem végzetes kimenetelű. A későbbi napokban még többször volt ilyen láva-hó kölcsönhatásból származó robbanásos kitörés, ezek azonban a Valle del Bove meredek oldalában történtek, ahol nem voltak látogatók. Itt pedig az esemény jóval veszélyesebben zajlott: a robbanásos kölcsönhatás lokális piroklaszt-árakat eredményezett, aminek a hatótávolsága akár több kilométer volt!

Stromboli, Olaszország

A Földközi-tenger világítótornya egy ideje viszonylag csendesen működött, azonban idén júniusban látványos látatüzijáték kitöréseket mutatott olykor 6 kúrtöbblől is. Különösen a keleti kúrtők produkáltak 150–200 méterre csapó lávacafatokat és kapcsolódó hamufelhőt. A kitörések gyakoribbá váltak, óránként akár 10–14 esemény is történt a korábbi 2–3 helyett.

Erta Ale, Etiópia

Az Erta Ale pajzsvulkán esetében bő fél éve már nemcsak a bolygónk legrégebben aktív látatava jelenti az érdekességet, hanem a tűzhányó déli oldalán leereszkedő lávafolyamok is. Jóval intenzívebb a vulkáni működés, azonban erről kevés hír érkezik. A tűzhányó ugyanis egy politikaileg instabil térségben található, nem áll folyamatos megfigyelés alatt, az eseményeket műholdas képek (Sentinel 2 űrszonda), hőmérsékleti érzékelők adatai és ritkán személyes látogatások felvételei alapján lehet rekonstruálni. 2015 óta a vulkáni működés intenzitása egyre erősebbé vált, a látató szintje emelkedett és egyre többször öntött ki. A higan folyó, azaz kis viszkozitású láva pahoehoe folyamokat alakított ki, redőzött, kötélállva felszínrel. Ez év elejére a friss lávával előntött felszín elérte a 200 ezer négyzetméter területet, a leghosszabb lávanyelv közel 1 kilométer távolságra jutott. Mindez több százezer köbméter térfogatú, a kaldera belsejében szétterült friss lávát jelentett. Ennek megfelelően a látató területén a műholdas hőérzékelők az utóbbi idők legnagyobb (az előző évi értékekhez képest tízszeres) hőmérsékleti anomáliáját jelezték. A látatóban jelentős nagyságú gázbuborékok szálltak fel és pattantak szét a felszínen. A lávacafatok 20–30 méter ma-



„Pokoli” felvétel az Erta Ale kalderában kialakult friss lávamezőről, háttérben két működő hornitóval (Julien Montillet felvétele, 2017. február 28.)

gasra jutottak. Ez egyértelműen jelezte a friss, gázokban gazdag magma felnyomulását a nyílt kürtőcsatornában (a látató nem más, mint a magmakamrából kiinduló, kőzetlavadékkal telített kürtőcsatorna felső, felszínén kiszélesedett része). Január végén új kitérési központ lépett a színre: egy hosszú hasadék nyílt fel a pajzsvulkán délkeleti részén, a déli kráter pereme alatt vagy 100 méterrel alacsonyabban. A hasadék létrejöttét, a francia La Culture Volcan beszámolója szerint vélhetően a látatóval kitöltött déli kráter alatti magmaszlop nyomása és/vagy a területet ért széthúzásos, azaz riftesedést okozó feszültség idézhette elő. A kőzetrepedéseken keresztül a felszín alatt a magma oldalirányba, a hasadék felé tért el és folyt a felszínre jó 2 kilométer távolságban. Április elejére az új hasadékból kiömlő láva által kialakított lávamező nagysága jelentősen nőtt és a vulkán déli részén felnyílt, 200 méter hosszú, 80 méter széles látatóval kitöltött hasadéktól északkeletre egy 4,5 kilométerre elnyúló, 1,5 km széles területet foglalt el. Emellett, a csúcsi területen továbbra is intenzív gázfeláramlások okoztak láva-felfreccsenéseket a déli beszakadásos kráter látóterében. Az Erta Ale pajzsvulkánján tehát két aktív kitérési központ alakult ki tartósan: a korábbi beszakadásos kráter látóterében, valamint a tűzhányó délkeleti részén felnyílt hasadék. Májusban már 7 kilométer távolságban járt a láva frontja, majd egy újabb irányú lávafolyás indult el délnyugati irányba és a továbbiakban ez vált aktív területté. Június végére a délnyugati oldalon a viszonylag gyorsan haladó pahoehoe láva már több mint 5 ki-

lóméter távolságba jutott, míg az északi-keleti lávamezőn 3 kilométer távolságban jeleztek friss lávafolyást az ürfelvételek. A hosszabb lávafolyás megközelíti azt a sátorozó helyet, ahonnan általában a turisták indulnak a vulkán megmászására.

Piton de la Fournaise, Réunion, Franciaország

A helyi vulkánmegfigyelő obszervatórium jelentése szerint január 2-án hirtelen felerősödtek a földrengések, majd január 31-én vulkánkitérés indult el a Chateau Fort kúpja közelében. A lávaszökőkút 20–50 méter magasra csapott fel és aa-típusú lávafolyamok indultak el. A működés jó egy hónapon keresztül tartott és amilyen gyorsan kezdődött, olyan gyorsan fejeződött be. Május közepén ismét felerősödtek a földrengések, azonban a friss magmafelnyomulás ekkor nem okozott vulkáni működést.

Sinabung, Indonézia

A Föld egyik legaktívabb tűzhányójának idei működését kisebb-nagyobb erős strómboli- és vulcanoi-típusú robbaná-

sos kitérések és lávadóm-kitüremkedési fázisok jellemezték. A hamufelhő 4–6 kilométer magasra emelkedik. A lávadóm összeomlása esetenként izzó kőzetlavinákat, kisebb piroklaszt-árakat eredményez, azonban ez utóbbiak nagysága elmaradt a korábbiaktól. A veszély azonban továbbra is nagy, a júniusra már jelentős méretűvé dagadt lávadóm bármikor összeomolhat és bekövetkezhet egy nagyobb erejű robbanásos kitérés is.

Dieng, Indonézia

Július 3-án váratlan freatikus kitérés történt a jávai Dieng vulkáni komplexum Sileri kráterében. A jelentések szerint 17 személy szenvedett kisebb-nagyobb sérülést. Ráadásul, az egyik mentőhelikopter néhány perccel a helyszínre érkezés előtt lezuhant és nyolcan meghaltak. A kirobbanó forró gőz, gáz és iszapanyag a kráter 50 méteres környezetét borította el. A kitérés oka a sekély hidrotermás rendszerben lévő oldatok túlhevülése, majd hirtelen gőzzé alakulása volt, ami gyors térfogatnövekedéssel járó folyamat. Ez a túlnyomás vetette szét a környező képződményeket. Az ilyen eseményeket nem lehet pontosan



Vastag izzó blokkos láva folyik a hóval borított felszínre az Etna február 28-i kitérése során (Giuseppe Famiani felvétele)

előre jelezni. Azonban azt is fel kell idézni, hogy június végén a hatóságok figyelmeztetést adtak ki, hogy a kráter 100 méteres körzetébe veszélyes a belépés, mivel a szokottnál erősebb volt a gáz kiáramlás. Ráadásul, egy nappal a tragikus kitérés előtt volt már egy 40 méter magasra törő gőzkitérés. A szent területnek tartott (itt található Jáva legősibb hindu templomai), sok látogatót vonzó térségben intenzív geotermális tevékenység zajlik, évente ezért rengeteg turista

keresi fel. A múltban már számos baleset történt a mérgező gázok belégzése miatt. Utoljára hasonló freatikus robbanásos esemény 2009 szeptemberében történt.

Anak Krakatau, Indonézia

Majdnem egy éves szünet után volt egy rövid ideig tartó vulkáni működés a Krakatau gyermekének nevezett kúpon. A stromboli-típusú lávatűzijáték-kitörés során mintegy 200 méter magasra repültek az izzó lávacafatok.

Nishinoshima, Japán

2016 augusztusában befejeződött a vulkáni működés a terebélyesre nőtt szigeten és a terület egyre inkább a biológusok megfigyelése alá került, akik a növények és állatok megtelepedését vizsgálták a friss szárazföldön. A tűzhányók azonban kiszámíthatatlanok. Bár a vulkanológusok többsége is úgy vélte, hogy befejeződött a kitöréssorozat, idén áprilisban a NASA műholdképei meglepetéssel szolgáltak. A kráter körül hőmérsékleti anomáliát



A Sivelucs több nagy kitörést produkált 2017. első felében. A legnagyobb június 14-én történt (A.V. Voznik felvétele, KVERT)

mutattak ki, amit megerősítettek az ezt követő repüléses megfigyelések: felújult a vulkáni működés! Izzó kőzetblokkok repültek ki a kürtöből, az erős stromboli-típusú kitörések percenként követték egymást. A kúp északi oldalából két lávafolyam indult ki és érte el a tengert. A NASA Landsat 8 műholdképein gyakran mutatkozott magasra emelkedő, erős fehér gőzkiáramlás, a helyszíni fotófelvételek pedig káprázatos lávatűzijáték-kitörésekről adtak tanúságot.

Sakurajima, Japán

Japán egyik legaktívabb tűzhányója 2016 augusztusa után, hosszú nyugalmi időszakot követően, idén márci-

usban ébredt fel. A robbanásos kitörés a Minamidake kráterben történt, aminek időszakos működése után április végén a Showa kráter is aktivizálódott (utoljára itt 2016. július 26-án volt kitörés). Ennek során 2–4 kilométer magasra emelkedett a szürke hamufelhő és hamueső volt a közeli Kagoshima városában. A helyi szakemberek mérése szerint a kéndioxid-kiáramlás az április végi napi 300 tonnáról május 8-ra 1700 tonnára emelkedett. Az időszakos kitörések júniusban is folytatódtak.

Kambalnij, Kamcsatka, Oroszország

A kamcsatkai vulkánkitörések általában nem okoznak nagy feltűnést. Egyrészt messze vannak lakott településektől, ezért leginkább csak a légiközlekedést veszélyeztetik. Másrészt a Föld egyik legaktívabb területe, ahol néhány tűzhányó mindig kitörésben van. Az év elején azonban több vulkanológus felkapta a fejét, mivel a híradások nem egy megszokott tűzhányó működéséről adtak hírt. Az aktív vulkáni ív legdélebbi részén lévő Kambalnij hosszú szunnyadás után ébredt fel. Utolsó dokumentált kitörése jó száz év volt, bár egyes tanulmányok megemlítenek egy esetleges 1767-es kitörést is. Március 15-e reggelén a természetvédelmi terület munkatársai figyeltek fel a kb. 5–7 kilométer magasságba tornyosuló szürke hamufelhőre, amit a szél délnyugati irányba, több száz kilométer távolságba sodort el. A vulkáni működés április 9-én csitult el, majd április végén fejeződött be.

Karimszkij, Kamcsatka, Oroszország

Mintegy fél éves szünet után lépett működésbe a vulkáni ív középső részén lévő gyönyörű, szabályos kúp alakú tűzhányó június 4-én. A robbanásos kitörési felhők néhány kilométer magasra emelkedtek, majd kelet-északkelet felé sodródtak. A működést stromboli-és vulcanoi kitörések jellemzik.

Bezimjannij, Kamcsatka, Oroszország

A Névtelennek nevezett tűzhányón folytatódott az előző év decemberében indult kitörési fázis. Az időszakos gáz- és gőzkiáramlást március 9-én egymás után két erős robbanásos kitörés szakította meg, amikor 6–8 kilométer magasra emelkedett a hamufelhő. Ez északnyugat felé sodródott tovább, a hamuanyagot a műholdképek több mint 250 kilométer távolságban is jelezték. Aktivizálódott a lávadóm is, amelynek északnyugati oldalán kezdődött el lassú láva-kitüremkedés. A csendesebb, effuzív működést június 16-án egy újabb nagyobb robbanásos kitörés követte, amikor ismét a legmagasabb fokozatra emelték a légiközlekedési riasztást. A vulkáni hamufelhő 12 kilométer magasra jutott fel és 700 kilométer távolságba sodródott el keleti irányba. A kitörést követően ismét folytatódott a lávakitüremkedési aktivitás.

Kljucsevszkij, Kamcsatka, Oroszország

A kamcsatkai tűzhányó ív egyik legszebb, viszonylag fiatal vulkánja folyamatos működésben volt az év első felében. A kitöréseket stromboli-típusú kitörések, néhány kilométer magasra jutó hamukilövellések jellemezték.

Sivelucs, Kamcsatka, Oroszország

A kamcsatkai aktív vulkáni ív legészakibb részén lévő Sivelucs több alkalommal is jelentős robbanásos kitörést produkált, amelynek során több mint 10 km magasra emelkedett a hamufelhő, továbbá kisebb-nagyobb pirok拉斯zt-árak terjedtek oldalirányba, akár 10 kilométer távolságba is eljutva! Májusban és júniusban felerősödött a működés, ekkor legalább egy tucatnyi, egyenként mindössze néhány órán keresztül tartó, jelentős nagyságú robbanásos kitörés történt. Ezek során olykor hamuhullást jelentettek a tűzhányótól 50 kilométer távolságban lévő Kljucsi településen. A riasztási szintet minden alkalommal a legmagasabb, vörös fokozatra emelte a KVERT vulkánmegfigyelő központ, figyelmeztetve erre a térség felett sűrűn légiközlekedést irányítókat. Különösen a június 14-i esemény kapott figyelmet, amit a kiváló látási viszonyok között remek fotók örökítettek meg. Mindeközben tovább zajlik a lávadóm kitüremkedése, amit erős kigázosodás kísér, időszakosan pedig kisebb-nagyobb darabok leomlása indít el pirok拉斯zt-árakat.