

NÉMETH KÁROLY

Ha tűz és jég találkozik

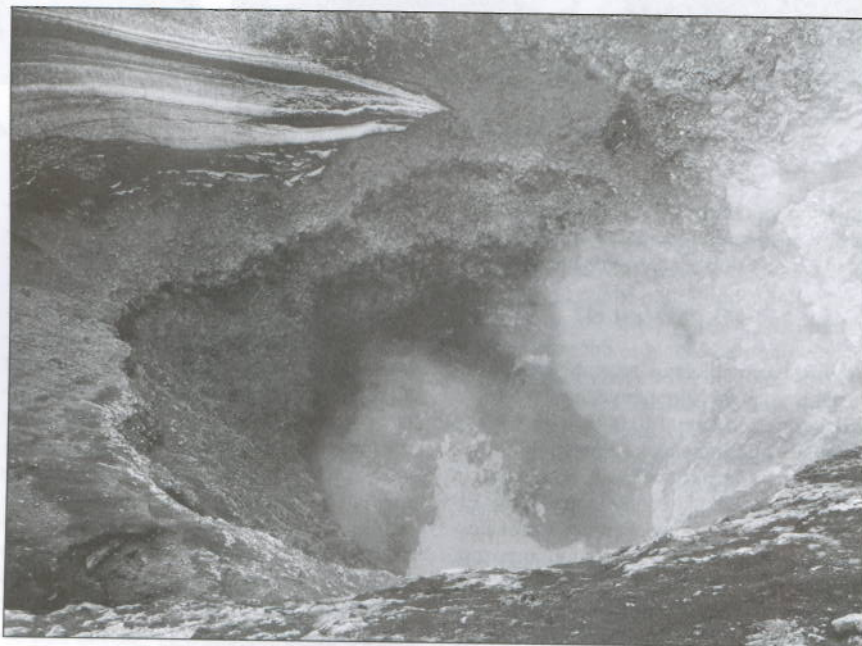
A Déli-Andok lahart adó vulkánjain

Az Andok Dél-Amerika nyugati részén, a partvidéktől alig 250 km-re emelkedő hegylánca több mint 200 olyan vulkánt foglal magában, melyek az utolsó 2 millió évben aktívak voltak. Mindemellett legalább 12 olyan megakalderáról tudunk, melyek több ezer négyzetkilométernyi területet fedtek be ignimbrittel az utolsó 1 millió év során. Az Andok vulkáni koszorúja Kolumbiától Dél-Chiléig szinte minden lehetséges éghajlati zónán áthaladva igen változatos vulkáni jelenségeknek ad otthont. Itt a vulkáni jelenségeknek az egyik legveszélyesebbjéről, a *laharokról* adunk rövid összefoglalást. Látni fogjuk, hogy mennyire fontosak a külső (pl. éghajlati) tényezők egy-egy vulkán kitöréstípusainak befolyásolásában, különösen, ha „tűz találkozik jéggel”.

Az Andok vulkáni lánc

Az Andok a Föld leghosszabb összefüggő hegylánca. Kialakulásában a Nazca- és az Antarktízi-lemezeknek a Dél-amerikai-lemez alá bukása, szubdukciója játszik szerepet. A mai Andok kialakulását megelőzően még 3 jelentős szubdukciós zónát említenek, melyek közül a legidősebb, jura időszaki maradványait a mai Parti-Kordillera láncában véli felismerni néhány kutató. E hegylánc ma átlagosan 1000 méter magas és Chilétől Peruiig nyomozható. A fiatalabb, de a mai Andoknál idősebb két lánc a partvidéktől távolabb szétszakított darabokban, de ugyancsak hosszan nyomozható, 1000–1500 méter magas vonulatot alkotva. Mindhárom hegylánc andezitvulkánok maradványai-ból és vulkánok közötti üledékes medencékben lerakódott tengeri üledékekből képződött kőzetekből áll.

A legfiatalabb szubdukciós fázis eredménye a mai Andok lánc, mely folyamat úgy 30 millió évvel ezelőtt kezdődött. A szubdukció eredményeként meginduló vulkánizmus több száz vulkánt eredményezett. Ezek közül az „Aktív vulkánok katalógusa” 60 dél-amerikai vulkánról tesz említést, melyek a történelmi időkben voltak aktívak, és további 118 olyan vulkánt emel ki, melyek nagyon fiatalok, és a



Enyhe lávafröccs-kitörés a Villarica krátertavában

holocénben biztosan működtek. Az „Aktív vulkánok katalógusa” 575 kitörésről tud az említett 60-ból, melyek közül a jelenleg ismert legrégebbi a Cotopaxi (Ecuador) 1532-es kitörése. Az Andok vulkánjainak legfontosabb, katasztrófát okozó eseményei a piroklasztárok, laharok, vulkáni törmelékklavinák, lávafolyások és piroklaszt-hullások.

A vulkánok földrajzi elhelyezkedése nem homogén; négy, jól körülhatárolható csoportot alkotnak: az Északi, a Középső, a Déli és az Austral Vulkáni Zónát. Az aktív zónákat ott találjuk, ahol az alábukó óceáni lemez meredeken süllyed a kontinentális lemez alá (25 fok). Az aktív vulkáni zónákat elválasztó területeken a szubdukció szöge alig 10 fok. E zónák kialakulásában a könnyű, ezért nehezen alábukó óceáni lemezeknek mint óceáni hátságoknak van szerepe.

Az Andok vulkánjainak geokémiájában felismerhető, hogy a vulkanizmus milyen vastag kontinentális kérgen keresztül jött létre. A kontinentális kéreg beolvasztásának lehetősége a középső zóna vulkánjai-

ra jellemző, ahol a kéreg 70 km vastagságot is elérheti.

Az ismert közel 600 történelmi kitörés 25 000 emberéletet követelt 1532 óta. Ezek közül azonban mindössze egy, az 1985-ös Nevado del Ruiz (Kolumbia) 22 000 embert ölt meg egy katasztrófális méretű lahar következtében. A lahar indonéz eredetű szó, és minden olyan vulkáni vizes törmelékárat magában foglal, mely vulkáni területen a friss, még laza vulkáni törmelék vizes zagyként szállít.

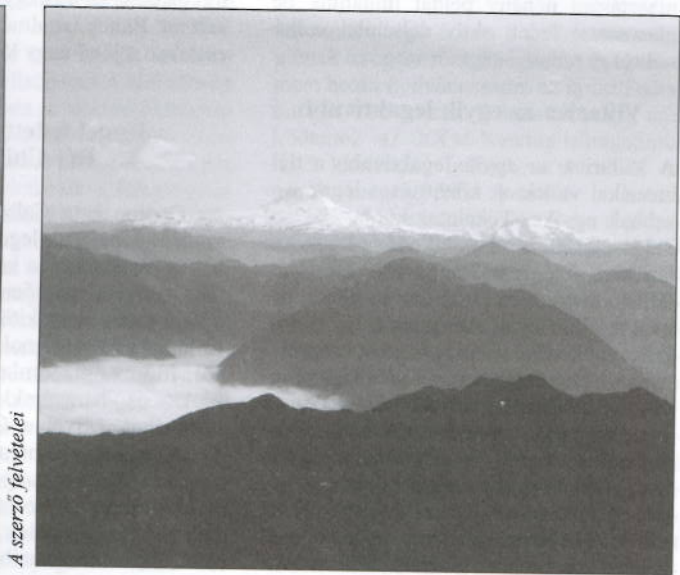
Annak ellenére, hogy napjainkban majd 20 millió ember él az Andok aktív vulkánjainak közvetlen közelében (100 km-en belül), többnyire Kolumbiában, Ecuadorban és Chilében, mindössze 25-ön működik többé-kevésbé állandó vulkanológiai figyelő rendszer. A Nevado del Ruiz esete azonban rávilágított arra, hogy hasonló méretű lahart szinte bármelyik jéggel fedett vulkán képes produkálni, és e vulkánok életéről lényegesen többet kellene megismerni ahhoz, hogy az ott élőket legalább tájékoztatni tudjuk.

Folytatás az 555. oldalon. →

→ Folytatás az 554. oldalról.



A Chuscuesco-vulkán a Villarica felől nézve



A Lonquimai kettős csúcsa

A vulkanizmust befolyásoló külső erők

Régóta ismert tény, különösen a Kanári-szigetek vulkánjainak a tanulmányozása alapján, hogy a vulkanizmust és a létrejövő felszínformákat, a keletkező üledékeket, de még a felszínre törő láva kémiai összetételét is befolyásolhatják külső fizikai tényezők, elsősorban a klíma. A Kanári-szigetek esetében pl. feltűnik, hogy több vulkán északi, északnyugati oldalán hatalmas hegyomlásra emlékeztető sebhelyek telenkedik, mely kalderaszerű mélyedés vulkáni törmelékklavina üledékekkel van kitöltve, s ezek a tenger alatt is akár több száz km hosszan is nyomozhatók. Több kutató is rávilágított arra, hogy e sebhelyek a Kanári-szigeteki vulkánokon sokkal gyakoribban a szigetek esőekkel áztatott oldalán, mint a szélárnyékos, száraz vidékeken. Ezt azzal magyarázták, hogy a sok eső „átáztatja” a vulkáni felépítmény meredek oldalát, mely egy későbbi kisebb kitérés hatására is akár teljes egészében összeomolhat.

Hasonlóan ehhez, egyre több érv szól amellet, hogy az Andok vulkánjainak kitérés típusait alapvetően befolyásolhatják a klimatikus tényezők. Az Andok esetében 2 klimatikus tényező, a csapadékmennyiség és az átlaghőmérséklet fokozatosan változik az Egyenlítőtől távolodva. A Középső-Andokban, Dél-Peru és Észak-Chile között uralkodó sivatagi állapotok eredményeként gyakorlatilag nincs üledékbehorlás a szubdukciós zóna előtt kialakuló mélytengeri árokba. Így a szubdukció nem is szállít jelentős mennyiségű nedves üledéket a mélybe, mely az aláb-

kó óceáni lemez olvadását, így a vulkanizmusban résztvevő magma kémiai összetételét is befolyásolja. Az Északi, a Déli és az Austral Vulkanai Zóna egészen más klimatikus hatás alatt áll: alapvetően jelentősebb a csapadékmennyiség. Északon a hőmérséklet (lévén trópusi éghajlat) magasabb, de a vulkánok jelentős mérete miatt gyakran gleccserrel borítottak. A Déli, és Austral Vulkanai Zóna területein a hőmérséklet is alacsonyabb, így a gleccserrel való fedettség mindegyik vulkánra igaz. Amíg északon a mindennapos esők hatására a vulkánok jelentős trópusi eróziót szenvednek, délen a gleccserek által okozott erózió a jelentős. Északon ez a klimatikus helyzet katasztrofális lehet egy jelentős méretű Pliniusi-típusú, robbanásos kitérés esetén. Ilyen kitérésenként – a Vezúv i. sz. 79. kitérésének íj. Plinius által leírt eseményeihez hasonlóan – több tíz kilométer magas gombaszerű kitérés felhő keletkezik, mely finom vulkáni porral fedi be a környezetet, akár több méter vastagon is. Ez az üledék a trópusi esők hatására iszapárrá alakulhat, és hatalmas laharokat indíthat meg.

Az Andok déli területeinek vulkanizmusában a vulkánokat fedő gleccserek játsszák az egyik kulcsszerepet. Amíg az esőzések által megindított iszapárokhoz nagy energiájú robbanásos kitérések által lerakott vulkáni por fontos kellék és kitérések viszonylag ritkábbak, addig a gleccserek megolvadásához néha egész kisméretű lávafolyások is elegendőek. Ilyen események szinte mindennaposak az Andok déli vulkánjain. Ez az a pont, ahol „tűz találkozik jéggel”. Ugyancsak fontos e vulkánok működésének megértésében,

hogy egy-egy vulkáni felépítmény sokszor instabil szerkezet. Egyrészt azért, mert a viszonylag csendes lefolyású kitérések csak a csúc régióra korlátozódnak, ezzel újabb és újabb felépítményt halmozva a vulkán tetejére, másrészt azért, mert a folyamatos aktivitás során a kürtőben lévő olvadék folyamatos kigázosodása a vulkán felépítő kőzeteket, rétegeket rombolja, gyengíti. Egy ilyen szerkezeten kialakuló jelentős gleccser saját súlyával is elősegíti az amúgy is instabil felépítmény összeomlását. Egy ilyen esemény pedig instabil szerkezet esetén akár kis robbanásos kitérés hatására is bekövetkezhet. Az Andok déli vulkánjai még morfológiai szempontból sem tűnnek „szelídnek”. A Tronador vulkán a chilei-argentin határ közelében egyenesen megdőbbséget látványt nyújt. A vulkáni felépítmény jelenleg is gleccserrel fedett csúcsa meredek, lávadómmal kitöltött, és szinte sugallja, hogy az szinte bármelyik pillanatban leszakadhat gleccserestől, lávadómostól együtt. Erről a vulkánról szinte alig van információ, a felépítését nem ismerjük, és szerencse, hogy lakott területektől távol esik. Azonban egy ilyen vulkán esetében is fontos lenne ismerni annak fejlődéstörténetét. Lehet, hogy távol van lakott területektől, de összeomlása annyi törmelékkel szolgáltat, hogy a terület teljes vízrajzát megváltoztathatja. Ilyen eseményekre vannak példák a mai Dél-Chile területén kialakult nagy tavak vidékén, bár e tavak nagy része moréna-halmok mögött alakult ki. Az is biztos, hogy néhány tó vulkánok összeomlásából keletkezett jelentős törmelékklavina-torlaszok mögött jött létre.

A fenti összefüggésrendszerek alátámasztására néhány példát mutatunk be, gleccserrel fedett aktív dél-chilei vulkánokról.

Villarica az egyik legaktívabb

A Villarica az egyik legaktívabb a dél-amerikai vulkánok között és a legtípusosabbak egyike. Tökéletes kúpja 2847 m magas, 2450 m-rel emelkedik a környező területek fölé. A vulkán alig 20 km-re található Pucón városától, mely a chilei idegenforgalom egyik központja, így a Villarica működésének megértése a várost fenyegető kitérések szempontjából igen fontos. A Villarica legidősebb része 95 ezer éves, mely egy somma-szerkezetű kalderát eredményezett. A kalderában felépülő rétegvulkán úgy 14 ezer évvel ezelőtt egy jelentős mennyiségű bazaltos ignimbritet adó kitérés során elpusztult. A ma látható vulkáni kúp a posztglaciális időben kezdett felépülni. Körülbelül 3700 éve egy újabb, kisebb kalderaösszeomlás következett be. E kisebb kalderát alapvetően Stromboli-típusú salakkúpépítő kitérések töltötték fel. E folyamat eredménye a mai szinte tökéletes vulkáni kúp a csúcsrégióban. A 3700 éves kaldera maradványát csak mint apró lejtőszögváltozást láthatjuk a mai Villarica vulkánon.

A csúcstól közel 60 méter vastag jégpáncél fedi. Erre rakódik évszakraként néhány méter hó. A csúcson egy 200 méter széles 100–150 méter mély kráter található, melynek falában jól felismerhetők a korábbi lávafröccskitérések megszilárdult nyelvei. A krátert 1985 óta aktív látató tölti ki. Ennek felszíne állandóan változik, megdermed, lávakéreg fedi, de aktívabb időszakokban, a vörösen izzó láva is láthatóvá válik. Különösen akkor, amikor a gleccser kissé megolvadt felszíne olvadékvízzel itatja át a vulkánt, a robbanások kitérések száma megemelkedik. Intenzívebb lávafröccs, Stromboli-típusú robbanások, vagy magma-víz kölcsönhatására visszavezethető freatomagmás robbanások kitérések is előfordulhatnak. A gleccser peremén állva, az izzó látavatav nézve elgondolkodtató, mivel járna, ha a látató szintje a gleccserig megemelkedne.

A Villarica 1971-ben jelentős méretű lahart okozott. A kitérés robbanások Pliniusi-típusúnak indult, de a gleccserre rakódó tefra hője a jeget megolvasztva 20 millió köbméter lahárüledéket hozott létre. Ez befedte a vulkán körüli síkságot, megbénítva a terület gazdaságát. A geológiai térképezés alátámasztotta, hogy a Villarica igen fontos lahárforrás. Szinte minden nagyobb kitéréséhez kapcsolható egy-egy jelentős területet befedő lahár kialakulása. Ugyan a csúcskráter látatava, vagy a vulkán lejtőjén kialakuló kisebb salakkúpok és lávafolyások önmagukban nem jelentős

veszélyforrások, ám az általuk megolvasztott gleccser és hó nagy térfogatú lahárokat kelthet. Ennek tanulmányozása a Villarica esetében a jövő nagy kihívása.

Jéggel fedett vulkánok Dél-Chilében

Az Osorno és a Calbuco az Andok déli vulkáni zónájának legdélebbi két igen aktív, egymáshoz igen közeli vulkánja. Míg az Osorno alapvetően enyhe Stromboli-típusú robbanások kitéréseket produkál, a Calbuco andezitdómokat épít, melyek időről időre összeomlanak és veszélyes blokk- és -hamuákkal veszélyeztetik a környéket. Mivel a Calbuco gleccserrel fedett, a blokk- és hamuák és/vagy lávafolyások gyakran megolvastják a vulkánt fedő gleccsert. Az olvadékvízzel keveredett vulkáni törmelék lahart eredményez. A Calbuco történetében jelentős méretű lahárokról tudunk, melyek a vulkán központjától gyakran több tíz kilométerre is eljutottak. A Calbuco kráterében épülő lávadóмок sokszor jelentős méretűre nőttek, meredek falú, instabil szerkezeteket hozva létre. A vulkáni instabilitás hatására a Calbuco gyakran összeomlott, hatalmas területeket befedő vulkáni törmelékklavinákat eredményezve.

Az Osorno története, legalábbis az utolsó néhány száz év, csendesebb. Ennek köszönhetően felépítménye sokkal épebb, szinte tökéletes kúp. Azonban a terepgyakorlaton meglátogatott feltárások arról árulkodnak, hogy a vulkán tökéletes alakja valószínűleg annak eredménye, hogy az egykori vulkánösszeomlások során keletkezett hatalmas sebhelyeket a fiatalabb kitérés termékek fedik. Ilyen szempontból az Osorno igen hasonló szerkezetű a Villaricához. Az Osorno kráterét megszilárdult látató tölti ki, melyet vastag (60-70 m) jégtakaró borít. Az Osornón nincs megfigyelőállomás, így szinte semmit sem tudunk arról, hogy mi történik a jégtakaró alatt. Az Osorno közvetlenül a Llanquihue-tó és Todos los Santos-tó között emelkedik. Ez azt jelenti, hogy egy jelentős robbanások kitérés és az általuk keltett laharak nagy térfogatú üledékekkel torlaszolhatják el bármelyik tó medencéjét, ezzel jelentősen megemelve azok vízszintjét. Az Osorno vulkán ugyan nem mutatott ilyen típusú kitérését a közelmúltban, a legújabb térképezések megmutatták, hogy nagy energiájú és lahart is keltő kitérések voltak a vulkán történetében néhány ezer évvel ezelőtt.

Az Osorno és Calbuco között járva világgossá vált, hogy két ilyen, egymáshoz igen közeli (kb. 20 km) rétegvulkán különböző kitérés-termékei a vulkánokat körülvevő síkságokon halmozódhatnak fel. A kitérés-termékek forrásainak azonosítása

igen nehéz, de szükséges feladat ahhoz, hogy a terület veszélyzónáit azonosíthassuk és ezzel az ott élőknek pontos információt adhassunk a lehetséges vulkáni katasztrófahelyzetekről, azok kezeléséről.

Összefoglalás

A dél-chilei, gleccserrel fedett vulkánok tanulmányozása igen tanulságos annak megértéséhez, hogy a vulkánok körül lerakódó, a működés által befolyásolt üledék-képződésben a klimatikus hatásoknak igen nagy szerepe lehet. Mivel laharak elsősorban ott alakulnak ki, ahol nagy mennyiségű laza vulkáni törmelék van jelen, melyet valamilyen módon a felszíni vizek hirtelen mozgásba tudnak hozni. Ehhez vagy sok és hirtelen esőzés szükséges, vagy hirtelen megolvasztható hó vagy jég. Láthatunk, hogy az Andok esetében a trópusi régiókban inkább a hirtelen és nagymennyiségű eső, míg a déli vidékeken a jelentős mennyiségű hó és jég a laharak keletkezésének fő oka. A dél-chilei vulkánok megfigyelésével az is világossá vált, hogy jelentős térfogatú laharak óriási mennyiségű üledéket képesek megmozgatni, így nagy területeket fedhetnek be. Ez a jéggel fedett vulkánok esetében azért érdekes, mert a lahár elindításához nem feltétlenül szükséges jelentős méretű vulkánkitérés (pl. igen heves robbanások, vagy nagy térfogatú lávafolyás). Hatalmas térfogatú lahár indulhat el egy viszonylag enyhe lefolyású lávadómépítő kitérés során is. Az is fontos tanulság, hogy a lahár üledéke gyakran igen minimális mennyiségben tartalmaz juvenilis, a lahart kiváltó kitérés során közvetlenül keletkezett anyagot. Ez fontos figyelmeztetés az idősebb vulkáni területek geológiai értelmezésében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

E cikk a Nemzetközi Vulkanológiai Társaság pucóni (Chile) közgyűléséhez (IAVCEI General Assembly) csatlakozó vulkanológiai terepgyakorlatokon tapasztaltak bemutatása. A konferencia részvételt a Mecenatúra 2004/3 (Nemeth – MAFI) pályázat támogatta, melyet ezúton is megköszönök.

AJÁNLOTT IRODALOM

LARA, L. E. 2004: Overview of Villarica Volcano. – In: LARA, L. E. and CLAVERO, J. Villarica Volcano (39.5S), Southern Andes, Chile. – Sernamegomin, Servicio Nacional de Geología y Minería – Chile, Boletín, 61, pp. 5–12
 LARA, L. E., NARANJO, J. A. and MORENO, H. 2004: Lanín volcano (39.5S), Southern Andes: geology and morphostructural evolution. – Revista Geologica De Chile 31, pp. 241–257.
 SIMKIN, T. and SIEBERT, L. 1994: Volcanoes of the world. – Tucson, Geoscience Press. Smithsonian Institution, 349
 STERN, C. R. 2004: Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. – Revista Geologica De Chile 31, pp. 161–206.
 VALLANCE, J. W. 2000: Lahars. – In: SIGURDSSON, H., HOUGHTON, B. F., MCNUTT, S. R., RYMER, H. and STIX, J. Encyclopedia of Volcanoes. – Academic Press, pp. 601–616