

Vulkanizmus - 6: Robbanásos kitörések



Dr. Harangi Szabolcs (2008)
ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék

0-502 szoba,
E-mail: szabolcs.harangi@geology.elte.hu

Vulkanizmus tematika

1. Vulkán, vulkanológia
2. Vulkánok és lemeztectonika, miért működnek vulkánok a Földön?
3. Filmvetítés (Toba)
4. Filmvetítés (Mt St Helens)
5. Vulkánkitörések I.: lávaöntés
- 6. Vulkánkitörések II: robbanásos kitörések**
7. ZH-1
8. Vulkánkitörési típusok és vulkánformák
9. Vulkánkitörések klimatikus hatásai
10. Vulkánkitörések társadalmi hatásai
11. Vulkánkitörések előrejelzése
12. A Kárpát-medence tűzhányói
13. ZH-2

Tartalom

- a robbanásos vulkáni kitörések osztályozása
- a robbanásos kitörések okai
- piroklaszt hullás
- piroklaszt sűrűségárok
- a robbanásos kitörések képződményei - nevezéktan
 - piroklasztok
 - piroklasztitok

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

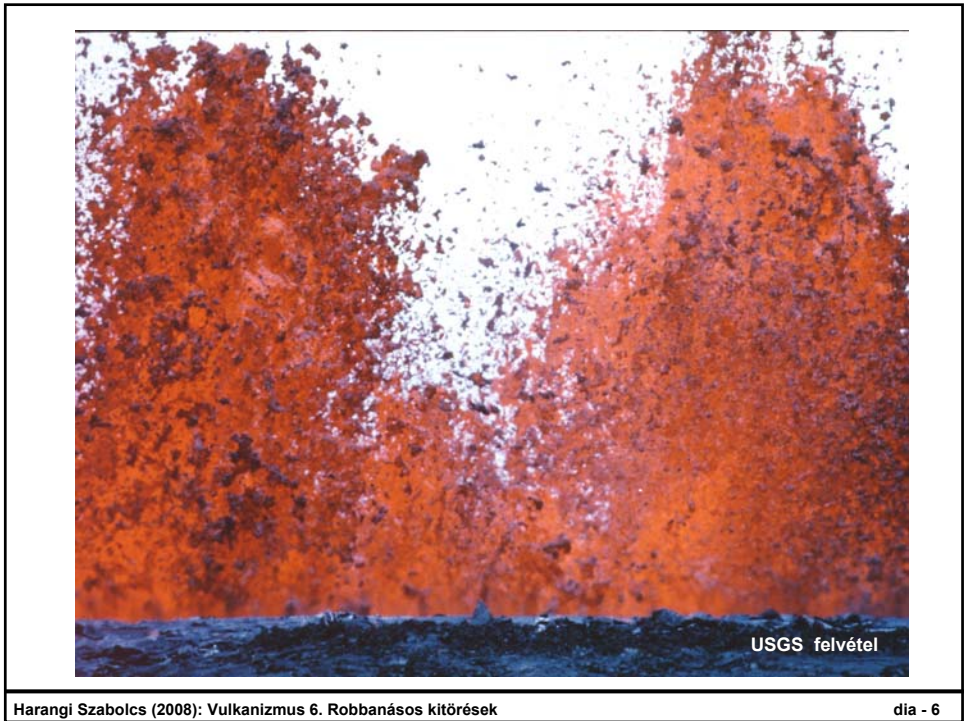
dia - 3



USGS felvétel

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 4



Robbanásos vulkáni kitörések

1. Magmás robbanásos kitörés



2. Freatomagmás robbanásos kitörés

3. Freatikus robbanásos kitörés



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 7

Robbanásos vulkáni kitörések

Magmás explozív vulkáni kitörések:

⇒ oka: magmában oldott illók kiválása (buborékosodása)
majd a gázbuborékok hatalmas belső nyomása

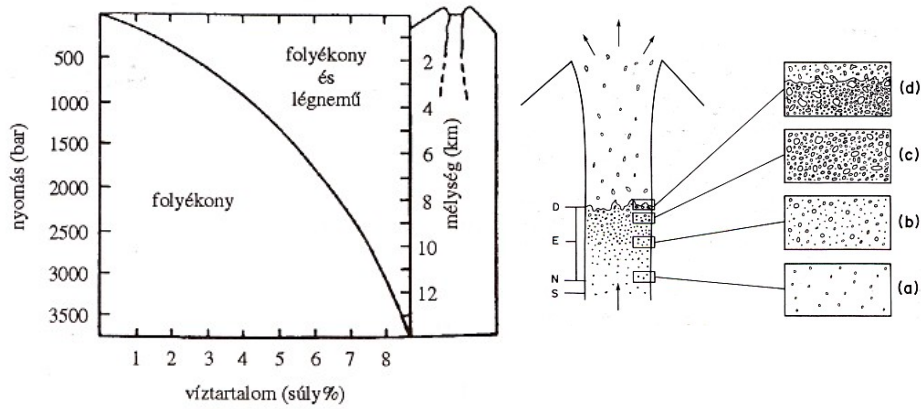
Freatikus/freatomagmás explozív vulkáni kitörések:

⇒ oka: forró magma és külső víz/vizes anyag keveredése

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 8

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



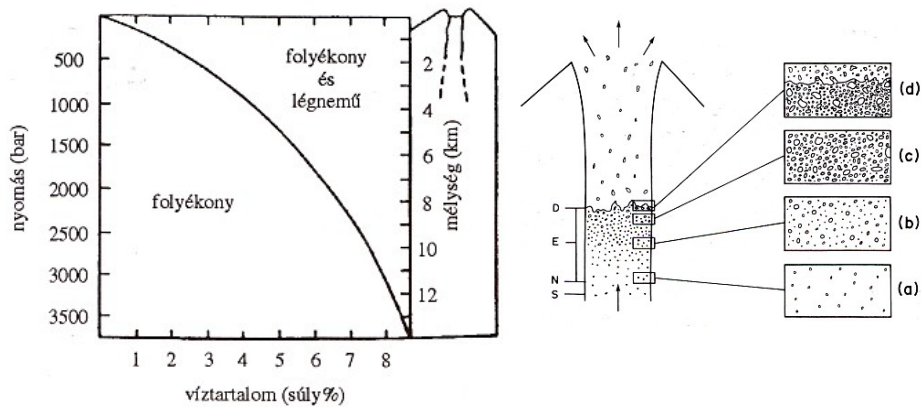
Illók oldhatósága a magmában

- csökken a nyomás csökkenésével
- adott mélységben (ez függ a magma összetételétől, az illók mennyiségétől és minőségétől) az oldott illók önálló fluid fázisként különülnek el

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 9

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



1. buborékosodás ('vesiculation')



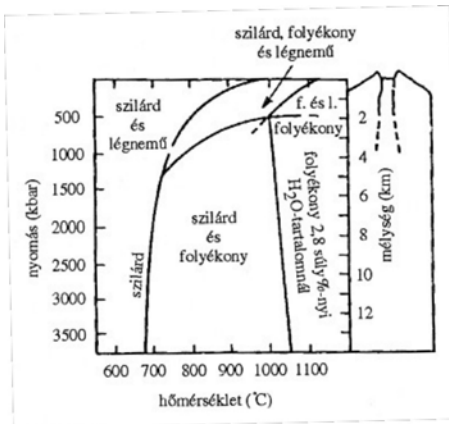
Az illók gáz halmazállapotba kerülnek

Nyomáscsökkenéses buborékosodás (első felforrás)

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 10

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



2. Kristályosodás folyamata

- Folyadékfázis összezsugorul → gőznyomás megnő
- Látens hő felszabadulása → gőznyomást magasan tartja



*Kristályosodás okozta buborékosodás
(második felforrás)*

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 11

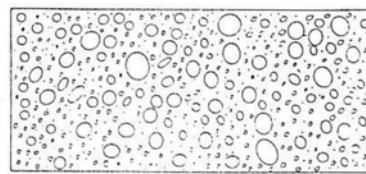
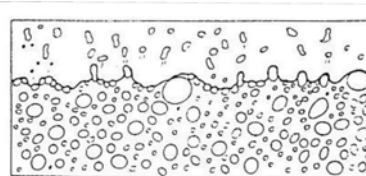
Magmás robbanásos vulkáni kitörések

Fragmentáció

- Zárt magmacsatorna
- Nyitott kürtő

Felszakadási felszín – a gázbuborékok nyomása 10-100-szorosa a légköri nyomásnak!

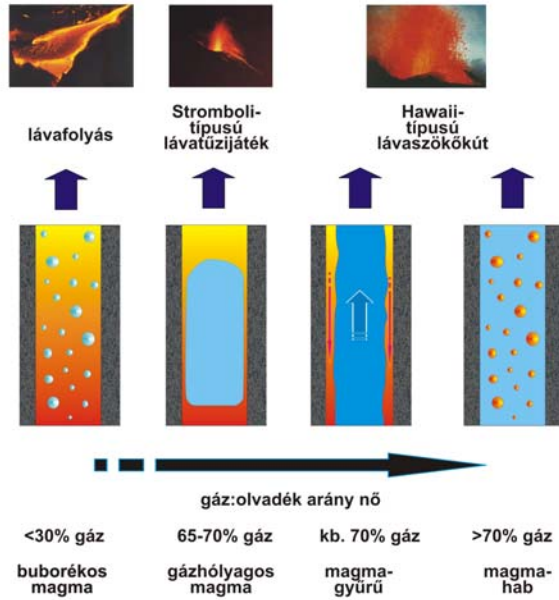
- Felszabaduló energia: kőzetdugó kirobbantása, magma szétszakítása, akár több kilométer magas kitörési oszlop fellövelése



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 12

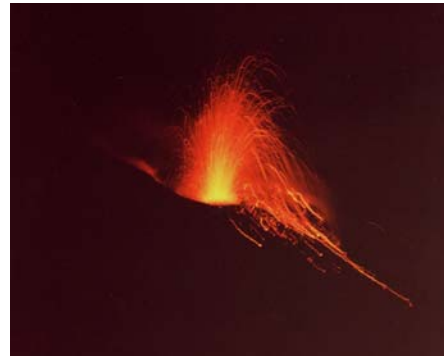
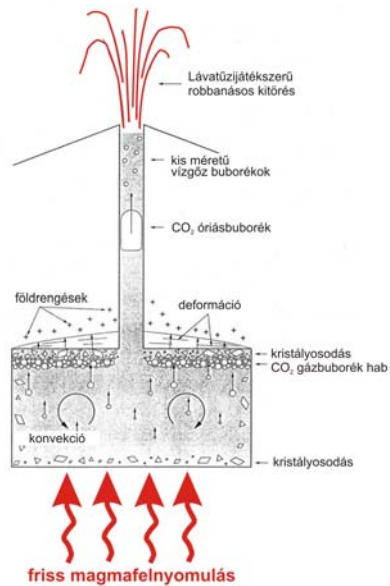
Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 13

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Lávatűzijáték, Stromboli, 1992

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 14

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Lávabuborék, Mauna Ulu, Hawaii

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 15

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Lávaszökőkút, Pu'u 'O'o, Hawaii

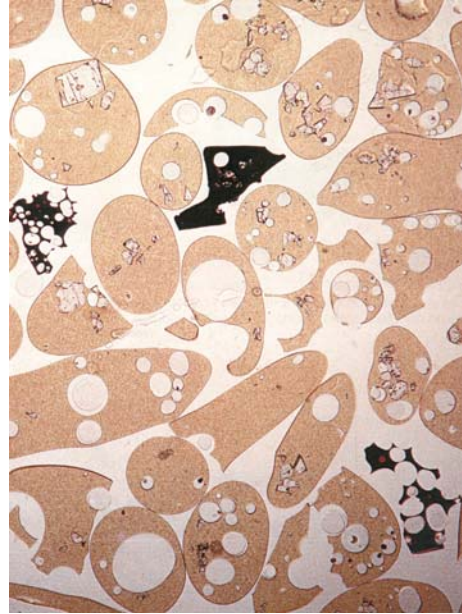
Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 16

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Pele könnye, Mauna Ulu, 1989, Hawaii



Buborékok a magmában: Pele könnye

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 17

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Vezúv, 1822



Vezúv, 1944

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 18

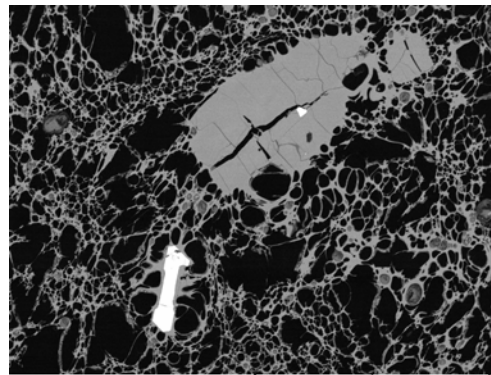
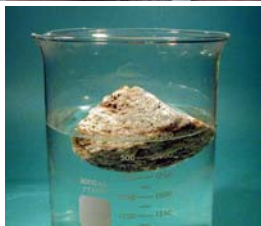
Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Mt. St. Helens, 1980

Magmás robbanásos vulkáni kitörések

Buborékok a magmában: horzsakő (megszilárdult „magmahab”)



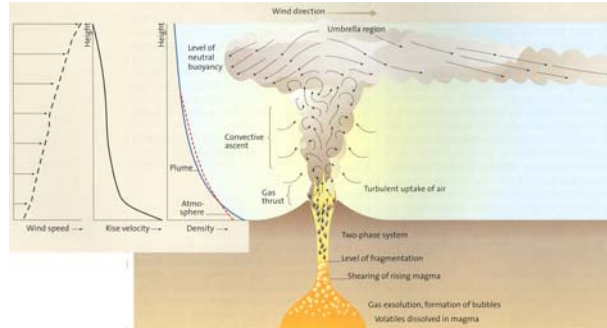
HV: 20.0 kV DET: BE
Satellite ©Tescan DATE: 01/29/07 500 µm

Horzsakő mikroszkópos (BSE) képe (Tibolddaróc, Bükkalja)

Magmás robbanásos vulkáni kitörések



Klyuchevskaya, Kamcsatka 1994



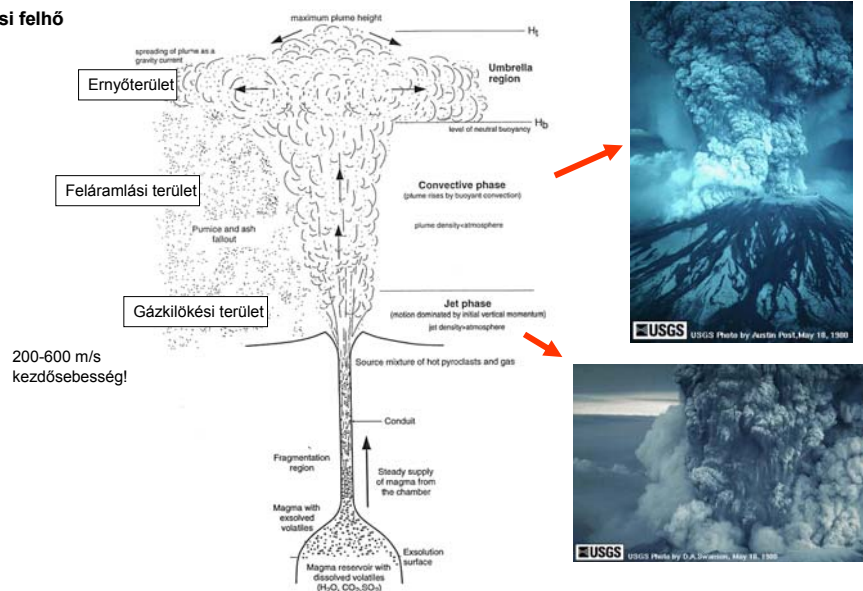
Hamufelhő-oszlop

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 21

Magmás robbanásos vulkáni kitörések

Kitörési felhő

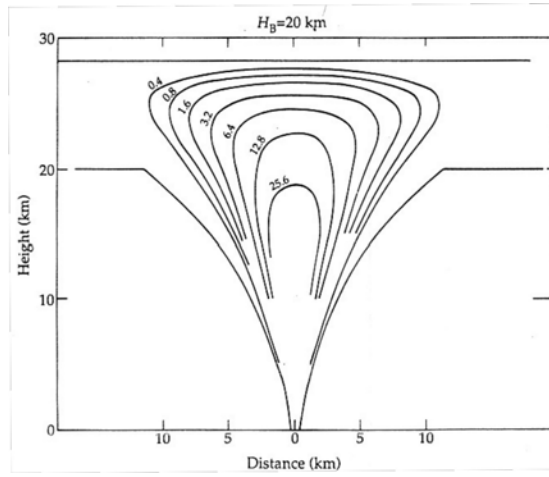


Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 22

Magmás robbanásos vulkáni kitörések

Kitörési felhő



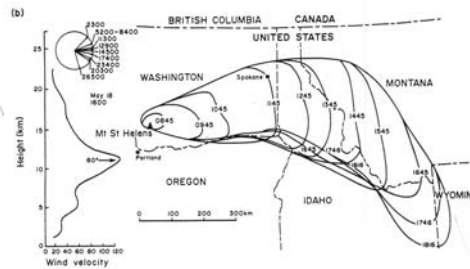
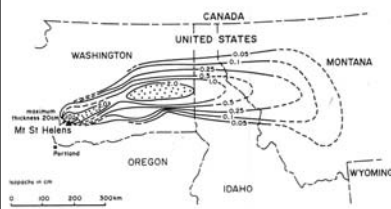
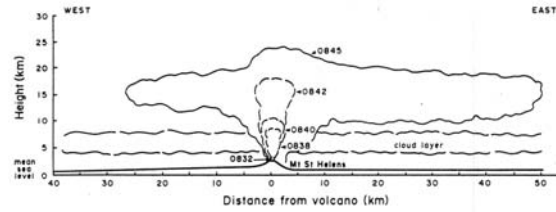
Szemcseméret-szerinti osztályozás a kitörési felhőn belül

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 23

Magmás robbanásos vulkáni kitörések

Mt St. Helens, 1980 május 18.

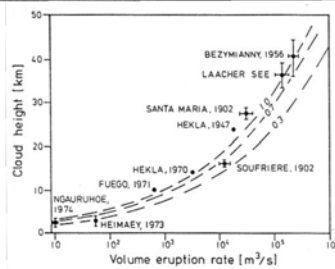


Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 24

Magmás robbanásos vulkáni kitörések

Eruption	Average volumetric eruption rate ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Plume height (km)	Duration (h)
Hekla 1947	17 000	24	0.5
Hekla 1970	3333	14	2
Soufrière 1902	11–15 000	14.5–16	2.5–3.5
Bezymianny 1956	230 000	34–45	0.5
Fuego 1971	640	10	10
Heimaey 1973	50	2–3	
Ngauruhoe 1974	10	1.5–3.7	14
Santá Maria 1902	120 000	28	18–20
Mt St Helens 18 May 1980	6200	16	9
Soufrière 22 April 1979	12 600	18	0.23



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 25

Freatomagmás robbanásos vulkáni kitörések

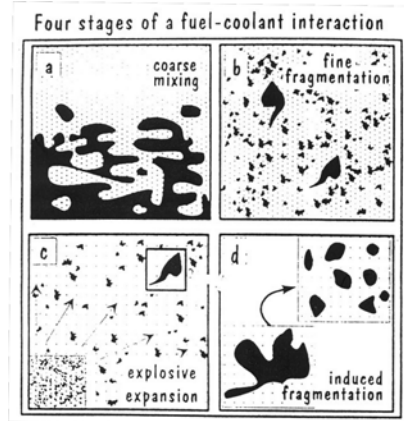
- *a forró magma (láva) kis mennyiségű vízzel vagy vízzel telített üledékekkel érintkezik és hőenergiájának egy része mechanikai energiává alakul.*
- Kenneth Wohletz és Michael Sheridan (1983)
 - o Laboratóriumi kísérletek
 - o Terepi megfigyelések

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 26

Freatomagmás robbanásos vulkáni kitörések

- Kenneth Wohletz és Michael Sheridan (1983):
 - **fűtő-hűtő kölcsönhatás ('fuel-coolant interaction' FCI)**
 1. Durva keveredés ('coarse mixing') – *stabil gőzburok alakul ki a kontaktuson*
 2. Finom fragmentáció ('fine fragmentation') – *a gőzburok összeomlik, a magma közvetlen érintkezésbe lép a vízzel; a víz túlfűtött állapotba jut*
 3. Explozív tágulás, robbanás ('explosive expansion') – *a túlfűtött folyadék hirtelen gőzzé alakul*
 4. Indukált fragmentáció ('induced fragmentation') – *a folyamat láncreakcióként továbbhalad a magma belsejében*



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 27

Freatomagmás robbanásos vulkáni kitörések



Surtsey, 1963

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 28

Freatomagmás robbanásos vulkáni kitörések



Ambae, Vanuatu (Németh K. felvétele)

Robbanásos vulkáni kitörések lefolyása

Piroklaszt szórás (hullás)



Piroklaszt sűrűségárak

Piroklaszt ár



Piroklaszt torlóár



Piroklaszt hullás (szórás)

- **Explózív vulkáni kitörés során kialakuló kitörési oszlopból rakódnak le a törmelékek**
- **Piroklaszt ár tetején kialakult hamufelhőből hullnak ki a törmelékek**

-> a felszínt egyenletes vastagságban teríti be

-> jó osztályozottság (szél szállítás)

-> lamináris, sík rétegzés

-> kürtő közelében ballisztikus bombák

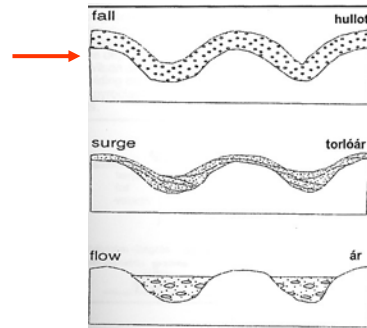
-> összesülési jelenségek: kürtő közelében

-> Litológiai osztályozás:

A. Hullott salak összlet [*Scoria-fall deposit*]

B. Hullott horzsakő összlet [*Pumice-fall deposit*]

C. Hullott hamu összlet [*Ash-fall deposit*]



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 31

Piroklaszt hullás (szórás)



Mizakejima, Japán



Pinatubo, Fülöp-szigetek

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

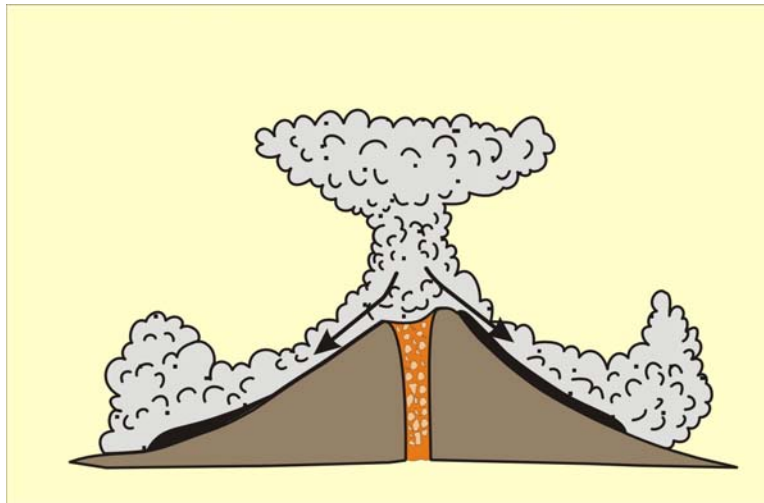
dia - 32

Piroklaszt hullás (szórás)



lamináris, sík rétegzésű hullott piroklaszt rétegek
(H.U. Schmincke felvétele)

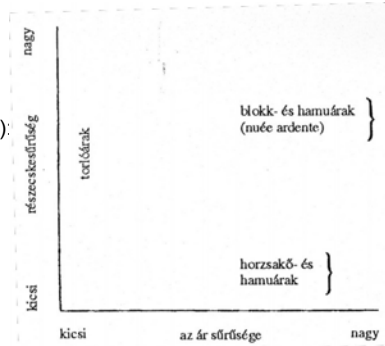
Piroklaszt sűrűségárak



Piroklaszt sűrűségárok

➤ Definíció

- a felszín közelében mozgó gravitáció által hajtott gázokból és szilárd törmelékekből álló ár
 - o nagy törmeléksűrűség: *piroklaszt ár*
 - ❖ horzsakő-tartalmú ár: *ignimbrit*
 - ❖ tömött blokk-tartalmú ár (izzófelhő): *blokk- és hamuár*
 - o kis törmeléksűrűség: *piroklaszt torlóár*
 - o általános jellemzők:
 - ❖ főleg völgyekben zúdulnak le
 - ❖ kiterjedt hamufelhő alatt mozognak
 - ❖ nagy sebesség (nagy mozgási energia): > 100 km/óra
 - ❖ olykor magas hőmérsékletűek



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 35

Piroklaszt sűrűségárok



USGS felvétel

Mt. St. Helens, 1980

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 36

Piroklaszt sűrűségárak

Mt. St. Helens, USA, 1980



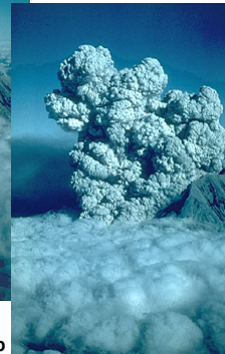
Kitörés kezdete + 15 mp



Kitörés kezdete + 30 mp



Kitörés kezdete + 40 mp



Kitörés kezdete + 60 mp

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 37

Piroklaszt sűrűségárak



Piroklaszt-ár üledék (Montserrat, Kis-Antillák)

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 38

Piroklaszt sűrűségárok



Piroklaszt-ár üledék (Tibolddaróc, Bükkalja)

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 39

Példák: Vezúv, 79



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 40

Példák: Vezúv, 79

Pliniusi-típusú vulkáni kitörés



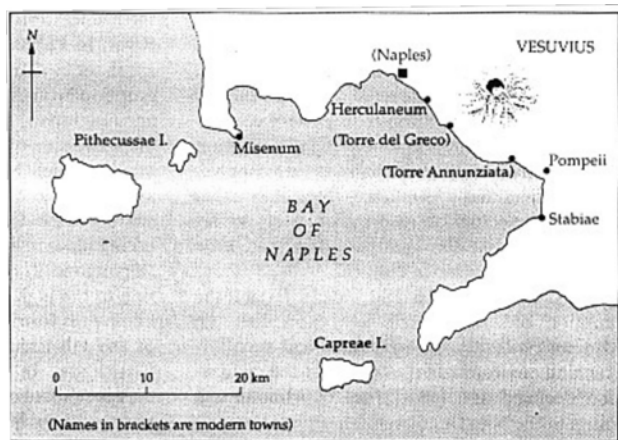
➤ a kitörés mechanizmusa

- erős fragmentációval járó robbanásos vulkáni kitörés, ami magas hamufelhő oszlopot és nagy elterjedésű hamuüledéket eredményez
- a buborékosodó viszkózus magmában a buborékok mennyisége 70-80%-os kritikus relatív mennyiséget ér el mielőtt a robbanás bekövetkezik

Példák: Vezúv, 79



Példák: Vezúv, 79



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 43

Példák: Vezúv, 79

➤ ifjabb Plinius első levele

- Augusztus 24 déltájban: Misenumban tartózkodnak, amikor a Vezúv irányából különös alakú – lombos fenyőre emlékeztető – felhő tűnt fel.
- Idősebb Plinius áthajózott az öblön, de a partok előtt, sűrű hamu és horzsakőhullás fogadta, ezért délre fordult
- Stabiaeben (Pompeitől néhány kilométerre, délre) találkozott Pomponiusszal, akivel szemben nyugalmat mutatott és fürdés után a szabad ég alatt lefeküdt aludni
- Éjszaka újabb kitörés következett, ami erős horzsakő hullással járt. Pomponius és társai menekülni kezdtek, idősebb Plinius is felállt, de aztán összerogyott és meghalt (valószínűleg szívrohamban).

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 44

Példák: Vezúv, 79

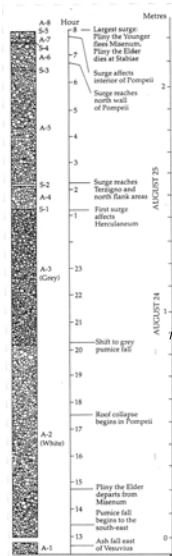
➤ ifjabb Plinius második levele

- Ifjabb Plinius augusztus 25 reggel a gyakori földrengések és a sötét hamufelhőtől megrémülve többed magával menekült Misenumból.
- „Láttuk, hogy a tenger visszaszívódik és a földrengéstől mintegy visszahömpölyög.”
- „A másik oldalon a borzalmas fekete felhő ide-oda cikázó tüzes és kacskaringós villámok szagatták meg... s hosszú lángnyelvek csaptak föl benne.”
- „Nem sokkal később az a felhő leereszkedett a földre, elborította a tengert... hamueső kezd hullani... mögöttünk sűrű sötétség terjengett, elborította a földet, rohanó áradat módjára hömpölygött utánunk.”
- „Közelebb ért hozzánk a tűz; azonban jókora távolságban megállott, és újból ránk szakadt a sötétség, újból hullott a sűrű hamueső, egyre sűrűbben.”

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

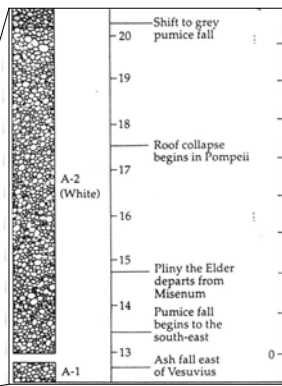
dia - 45

Példák: Vezúv, 79



➤ a vulkáni kitérés rekonstrukciója (Sigurdsson, Carey, Cornell és Pescatore, 1985)

- a vulkán alatt kb. 3 km mélységben lévő magmakamrában rétegzett magmatest alakult ki.
- a felfele mozgó kis sűrűségű magma felszínalatti vízzel találkozott → kis térfogatú **finom hamu-szórás (A1)**



- kürtő tágulásával nyomáscsökkenéses robbanás → **fehér horzskő hamu-szórás (A2; aug. 24 déltájban)** – 27 km magas kitérés oszlop, 1×10^8 kg/mp magmakibocsátási ráta
- a hamuhullás 7-8 óra hosszan tartott, 2.5 km³ tefra rakódott le; lehulló litoklasztok 50 m/mp sebességgel csapódtak le.

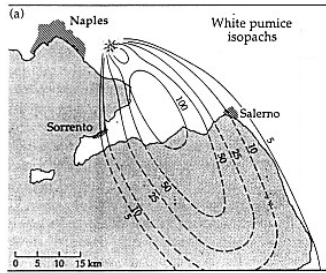
Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 46

Példák: Vezúv, 79

➤ **a vulkáni kitörés rekonstrukciója** (Sigurdsson, Carey, Cornell és Pescatore, 1985)

- a vulkán alatt kb. 3 km mélységben lévő magmakamrában rétegzett magmatest alakult ki.
- a felfele mozgó kis sűrűségű magma felszínalatti vízzel találkozott → kis térfogatú **finom hamu-szórás** (A1)



Isopach vonalak cm-ben

- kürtő tágulásával nyomáscsökkenéses robbanás → **fehér horzsakő hamu-szórás** (A2; aug. 24 déltájban) – 27 km magas kitörési oszlop, 1×10^8 kg/mp magmakibocsátási ráta
- a hamuhullás 7-8 óra hosszan tartott, 2.5 km^3 tefra rakódott le; lehulló litoklaszok 50 m/mp sebességgel csapódtak le.

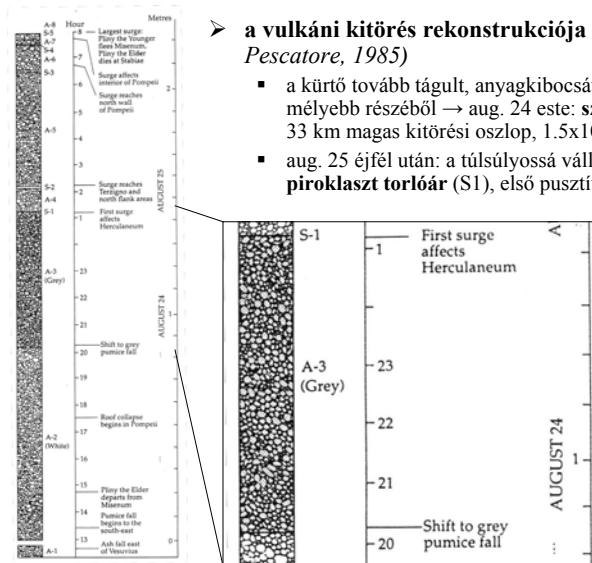
Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 47

Példák: Vezúv, 79

➤ **a vulkáni kitörés rekonstrukciója** (Sigurdsson, Carey, Cornell és Pescatore, 1985)

- a kürtő tovább tágult, anyagkibocsátás mértéke nőtt a magmakamra mélyebb részéből → aug. 24 este: **szürke horzsakő hamu-szórás** (A3) – 33 km magas kitörési oszlop, 1.5×10^8 kg/mp magmakibocsátási ráta
- aug. 25 éjfél után: a túlsúlyossá válló kitörési felhő összeomlik → első **piroklaszt torlóár** (S1), első pusztító csapás Herculaneumra

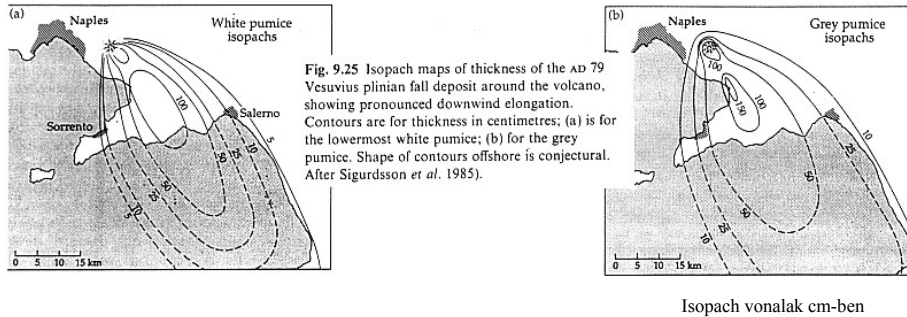


Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 48

Példák: Vezúv, 79

- a vulkáni kitörés rekonstrukciója (Sigurdsson, Carey, Cornell és Pescatore, 1985)
 - a kürtő tovább tágult, anyagkibocsátás mértéke nőtt a magkamra mélyebb részéből → aug. 24 este: **szürke horzsakő hamu-szórás (A3)** – 33 km magas kitörési oszlop, 1.5×10^8 kg/mp magmakibocsátási ráta
 - aug. 25 éjfél után: a túlsúlyossá váló kitörési felhő összeomlik → első **piroklaszt torlóár (S1)**, első pusztító csapás Herculaneumra



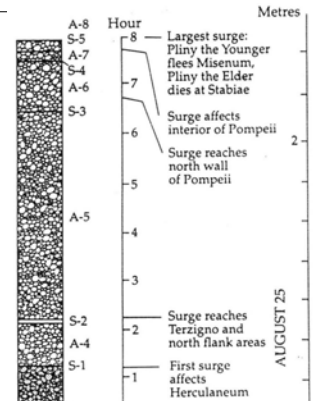
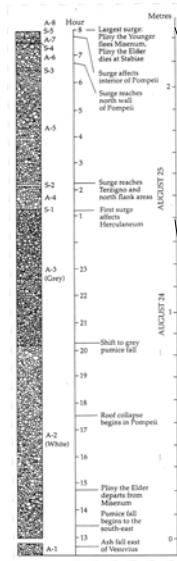
Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 49

Példák: Vezúv, 79

- a vulkáni kitörés rekonstrukciója (Sigurdsson, Carey, Cornell és Pescatore, 1985)

- a kitörési felhő stabilitása visszaállt – további hamu-szórás (A-4)
- hajnali 2 óra: újabb, nagyobb torlóár (S2), újabb rombolás Herculaneumban
- további hamuhullás után reggel elindult a harmadik torlóár (S3) és **piroklaszt ár** (Herculaneum betemetése)

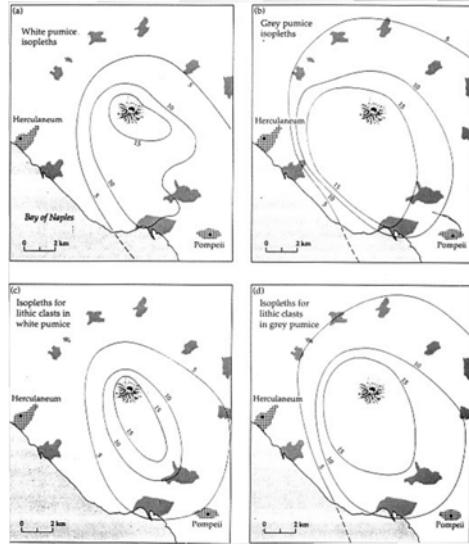


- egy órával később: újabb torlóár (S4), Pompeii pusztulása, majd egy órán belül két további torlóár (S5 és S6) és ár lezúdulása (idősebb Plinius halála, ifjabb Plinius menekülése Misenumból)

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 50

Példák: Vezúv, 79



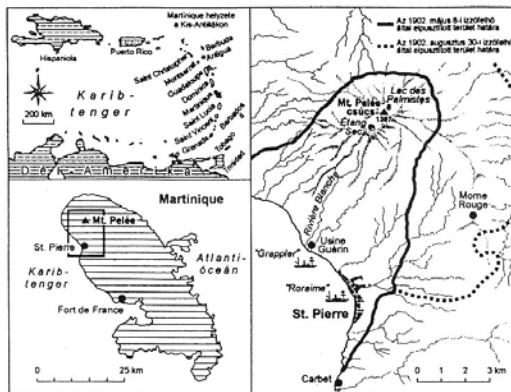
Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 51

Példák: Mt. Pelée, 1902

➤ Mt. Pelée

- Martinique, Kis Antillák, szubdukciós vulkáni ív
- 1851: kisebb vulkáni kitérés



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitérések

dia - 52

Példák: Mt. Pelée, 1902

- 1902 eleje: fumarola tevékenység
- 1902 április vége: Étang Sec krátertó szintje emelkedett
- 1902 május 5: freatikus kitörések, a krátertó áttörte a kráterperemet és **laharrá** alakulva zúdult le a Riviére Blanche völgyében
- 1902 május 6: a kitörés jellege megváltozott, fekete hamufelhő, majd lávadóm kezdemény türemkedett ki
- 1902 május 8, 7:52: izzófelhő kitörés

Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 53

Példák: Mt. Pelée, 1902

- 1902 május 8, 7:52: izzófelhő kitörés
- Roger Arnoux leírása:
 - ❖ *„...amint a krátert figyeltem...egy kis felhő jelenik meg, amit vagy két másodpercre egy nagyobb követ. Ez a második felhő nagy sebességgel gördült lefelé a lejtőn St. Pierre felé. Szorosan a földhöz tapadva mozgott, ugyanakkor fölfelé úgy megnőtt, hogy már majdnem olyan magas volt, mint amilyen hosszú. ...Láthatóan nagyon sűrű lehetett, mert bár szinte kifogyhatatlan intenzitású felhajtóerő hajszolta egyre feljebb, gömbded formái mind lefelé kavarogtak.... Az egészet fülsiketítő zaj tette félelmetessé”*

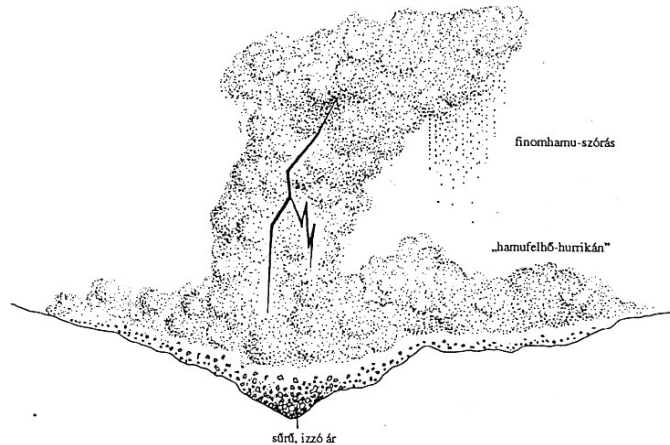


Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 54

Példák: Mt. Pelée, 1902

- 1902 május 8, 7:52: izzófelhő kitörés
- vulkanológiai értelmezés: **'nuées ardentes'**, azaz **izzófelhő** – gravitációs sűrűségár típus, ami forró gázokból és félig olvadt szilárd törmelékekből áll.



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 55

Példák: Mt. Pelée, 1902

- St. Pierre városa (kb. 30000 ember) 2-3 perc alatt teljesen elpusztult (izzófelhő+tűzvész)
- 1902: újabb izzófelhők, aug. 30 – Morne-Rouge városa (kb. 2000 ember) pusztul el
- 1903: mintegy 300 méter magas lávatű emelkedik ki



VOLCANO DESTROYS WEST INDIAN TOWN

St. Pierre, Martinique, Entirely Wiped Out.

DEAD MAY NUMBER 25,000

It is Said that All the Inhabitants of the Town Have Been Killed.

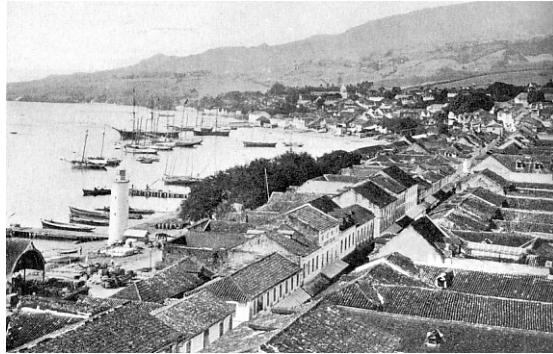


Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 56

Példák: Mt. Pelée, 1902

- St. Pierre városa a kitörés előtt...



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 57

Példák: Mt. Pelée, 1902

- St. Pierre városa a kitörés után...



Harangi Szabolcs (2008): Vulkanizmus 6. Robbanásos kitörések

dia - 58