

Vulkanism– en fara för vår hälsa?

Edit Malmer

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 382
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Vulkanism– en fara för vår hälsa?

Kandidatarbete
Edit Malmer

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Innehåll

| | | |
|----------|--------------------------------|-----------|
| 1 | Introduktion | 7 |
| 2 | Syfte | 7 |
| 3 | Bakgrund | 7 |
| 4 | Metod | 7 |
| 5 | Resultat | |
| 5.1 | Vulkaner | 7 |
| 5.2 | Vulkanism och människor | 9 |
| 5.3 | Olika ämnen och deras effekter | 9 |
| 5.4 | Askor | 10 |
| 5.5 | Gaser | 11 |
| 5.5.1 | Koldioxid | 11 |
| 5.5.2 | Svavelgaser | 12 |
| 5.5.3 | Halider | 12 |
| 5.5.4 | Kolmonoxid | 12 |
| 5.5.5 | Tungmetaller | 13 |
| 5.5.6 | Radon | 13 |
| 5.5.7 | Arsenik | 13 |
| 5.5.8 | Övriga | 13 |
| 5.6 | Övriga skadorisker | 13 |
| 5.6.1 | Lavaflöden | 13 |
| 5.6.2 | Pyroklastiska flöden | 13 |
| 5.6.3 | Laharer | 14 |
| 5.7 | Indirekt påverkan | 14 |
| 5.8 | Övervakning av vulkaner | 15 |
| 6 | Sammanfattning | 15 |
| 7 | Tack | 15 |
| 8 | Referenser | 16 |

Omslagsbild: Utsläpp av emissioner från en vulkan (Ultrafuture World 2012).

Vulkanism– en fara för vår hälsa?

EDIT MALMER

Malmer, E., 2014: Vulkanism– en fara för vår hälsa? *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 382, 16 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Det senaste århundradet har cirka 380 vulkaner varit aktiva. Vid vulkanisk aktivitet förs naturliga ämnen upp från jordens inre. Dessa ämnen kan sedan släppas ut i form av bland annat gaser och askor. De ämnen som frigörs kan ha en skadlig effekt på människors hälsa och orsaka både tillfälliga och kroniska åkommor. Partiklarnas farlighet beror bland annat på sammansättning, storleksfördelning, koncentration och exponeringstid. Dessa egenskaper kan variera kraftigt mellan olika vulkaner, men även mellan olika utbrott hos samma vulkan. Några av de vanligaste ämnena som finns i utsläppen är koldioxid, kiseldioxid, svavelgaser och halider. Det beräknas uppskattningsvis 500 miljoner människor i närheten av aktiva vulkaner. På grund av att emissionerna med vindar transporteras långa sträckor kan vulkanutbrott påverka även globalt. Partiklarna tar sig främst in i kroppen genom inandning, men kan även förgifta vatten och mat som sedan intas. Då emissionerna har potential att orsaka stor skada på det biologiska systemet är det av stor vikt att övervaka vulkaner för att minimera skador vid utbrott i så stor mån som möjligt.

Nyckelord: vulkaner, vulkanism, emissioner, hälsoproblem, farliga ämnen,

Handledare: Leif Johansson

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi

Edit Malmer, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: gsp10ema@student.lu.se

Volcanism– a danger to our health?

EDIT MALMER

Malmer, E., 2014: Volcanism– a danger to our health? *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 382, 16 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: The last century approximately 380 volcanoes have been active. Volcanic activity brings up natural elements from deep within the Earth. These elements can then be released into the atmosphere in the form of gases and ash, etc. The released elements may be harmful to humans and cause both temporary and chronic diseases. How hazardous the particles in the emissions are depends, among other things, on composition, size distribution, concentration and exposure time. These features can vary markedly between different volcanoes, even eruptions from the same volcano can have different characteristics. Some of the most common elements in the emissions are carbon dioxide, silica, sulfur gases and halides. Approximately 500 million people worldwide live close to active volcanoes. Since the emissions are transported long distances by wind eruptions can also affect people globally. Particles primarily enters the human body by inhalation, but can also be ingested through contaminated water and food. Since the emissions have potential to cause serious damage to the biological system it is important to monitor volcanoes in order to minimize damages in case of eruption.

Keywords: volcanoes, volcanism, emissions, health problem, toxic elements

Supervisor: Leif Johansson

Subject: Bedrock Geology

Edit Malmer, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: gsp10ema@student.lu.se

1 Introduktion

Vulkanism har länge intresserat oss människor, trots att det kan orsaka stor förödelse är det även ett fascinerande naturfenomen. Det är vid vulkanisk aktivitet och andra liknande processer som naturliga ämnen förs upp till jordens yta. Genom eruptioner frigörs de och förs upp i atmosfären där de sedan kan spridas över stora områden genom bland annat vindtransport. Vissa av ämnena är essentiella för vår överlevnad medan andra kan vara rentav toxiska. Några exempel på essentiella ämnen är järn och zink, medan arsenik och kvicksilver är exempel på ämnen som endast har en toxisk effekt. Det är inte alltid svart eller vitt utan ett och samma ämne kan vara både essentiellt och toxiskt beroende på dess koncentration (Selinus et al. 2005). Detta har varit känt sedan en lång tid tillbaka, vilket kan demonstreras genom Paracelsus citat från 1500-talet:

"All substances are poisons; there is none which is not a poison. The right dose differentiates a poison and a remedy."

Paracelsus (1493-1541)

Cirka 500 miljoner människor bor i närheten av någon av de aktiva vulkaner som finns runtom på jorden. Dock påverkar inte bara vulkanutbrott människors hälsa lokalt, utan emissionerna kan även orsaka stor skada globalt (Hansell et al. 2006). Ämnena som sprids med vinden från vulkanerna kan ta sig in i kroppen via bland annat inandningsluft, mat och vatten, väl i kroppen kan de sedan orsaka stora skador. Hur allvarliga effekterna blir beror bland annat på emissionernas sammansättning, koncentration samt exponeringstid. Vissa av dem är reversibla medan andra kan orsaka kroniska problem. Då en så stor del av jordens befolkning kan skadas av vulkanutbrott krävs kunskap om emissionernas farlighet.

2 Syfte

Syftet med denna uppsats är att belysa de problem som emissioner från vulkanutbrott kan orsaka på människors hälsa. Ämnet hör till den relativt nyetablerade disciplinen medicinsk geologi som behandlar hur de ämnen som finns naturligt på jorden påverkar vår hälsa (Selinus 2010). Då detta ämne är så pass nytt finns fortfarande mycket kvar att undersöka. I uppsatsen kommer det tas upp vilka ämnen som kommer från vulkanism samt hur dessa kan påverka vår hälsa negativt.

3 Bakgrund

Även om ämnet medicinsk geologi är relativt nytt så har vetenskapen om att naturliga ämnen påverkar vår hälsa funnits sedan en lång tid tillbaka. Så tidigt som 1000 f.Kr. under Song dynastin uppmärksammades att

stenkrossning kunde orsaka lungproblem (Selinus et al. 2005). Förutom Song dynastin finns även ett flertal andra dokumentationer från olika tidsåldrar där det konstaterats att ämnena från jorden påverkat hälsan både positivt och negativt. Några exempel på dessa är Tang dynastin (600-900 e.Kr.), Ming dynastin (1400-1700 e.Kr.), Inkariket och antika Grekland, Kina och Egypten (Selinus 2010).

Från och med början på förra århundradet började kunskaperna kring hur ämnena från berggrunden påverkade vår hälsa växa fram ännu mer. Medicinsk geologi är ett multidisciplinärt ämne som kräver kunskaper inom bland annat kemi, geologi, medicin och toxicologi. På grund av detta krävs det samarbete mellan många olika yrkesgrupper för att få en förståelse för hur geosfären påverkar biosfären (Selinus 2010).

På 1960-talet började forskningsintresset för medicinsk geologi ta fart ordentligt. Ämnet har utvecklats parallellt på olika ställen runtom i världen sedan dess och i början av 1970-talet organiserades verksamheten inom medicinsk geologi. Trots att stora framsteg gjordes inom ämnet på 1960-talet var det inte förrän på 1990-talet som utvecklingen verkligen tog fart. Sverige har varit framstående i den internationella utvecklingen och speciellt geologen Olle Selinus har varit en viktig person inom etablerandet av ämnet. Det finns ett nätverk bestående av 80 länder som är ledande i utvecklingen och ämnet har vuxit sig allt större de senaste åren (Selinus 2010).

Sammanfattningsvis så har kunskapen om vulkanemissioners farlighet funnits länge. Dock är det först de senaste decennierna som forskning kring hur skadliga de olika ämnena faktiskt kan vara för människors hälsa börjat ta fart.

4 Metod

För att samla information till uppsatsen har litteraturstudier utförts. Sökmotorerna GeoBase (1980-), GeoRef (1785-) och Web of Knowledge (1899-) har använts för att hitta relevanta artiklar. Då utveckling ständigt sker inom ämnet och nya upptäckter görs har tämligen recenta artiklar använts för att informationen ska vara så uppdaterad och riktig som möjligt. Förutom artiklar har även böcker så som "Essentials of Medical Geology" (Selinus et al. 2005), "Introduction to Medical Geology" (Dissanayake & Chandrajith 2009) och "Medicinsk Geologi" (Selinus 2010) använts.

5 Resultat

5.1 Vulkaner

Vulkanism är starkt ihopkopplat med plattetektonik, det vill säga hur kontinentalplattorna rör sig i förhållande till varandra. Generellt kan vulkaner bildas vid tre olika områden: subduktionszoner, divergerande zoner samt vid hotspots. Vid subduktionszoner rör sig två kontinentalplattor mot varandra varpå den ena plattan

glider under den andra. Vid divergerande zoner rör sig två plattor bort från varandra och ny berggrund bildas. Vulkanism sker inte endast vid plattgränser utan kan även ske mitt på plattor, detta sker i områden med ovanligt hög magmabildning vilket leder till att hotspots uppstår (Schmidt 2013). Fig. 1 visar var på jorden plattgränserna går samt var det finns aktiva vulkaner.

Hur många aktiva vulkaner det finns runtom på jorden varierar med tiden och många av dem finns under havsytan, vilket gör det svårt att veta exakt hur många de är. Uppskattningsvis har 220 subaeriella vulkaner varit aktiva sedan 1964, 380 har haft utbrott det senaste århundrandet och mer än 1 500 har visat vulkanisk aktivitet de senaste 10 000 åren (Schmidt 2013).

Vulkaner kan se ut på många olika sätt; vad som främst bestämmer deras utformning är vilken sorts magma de eruperar, om de är subaeriella, submarina eller subglaciala samt vilken sorts utbrott de vanligtvis har (Thordarson & Larsen 2007).

Beroende på eruptionstyp kan utbrotten delas in i olika kategorier; explosiva, effusiva samt en blandning av de två. Explosiva utbrott karakteriseras av att en vulkan har ett eller ett fåtal kortlivade och häftiga utbrott. Dessa sträcker sig endast över några dagar och avger stora mängder gaser. Om ett utbrott däremot pågår i flera månader eller år och avger magma i lavafloder kallas det för effusivt utbrott, dessa är lugnare

än de explosiva och inte lika gasrika. Många vulkaner har dock utbrott som är svåra att placera i varken den explosiva eller effusiva kategorin utan är en blandning av de två (Schmidt 2013).

För att mäta vulkaners explosivitet kan *Volcanic Explosivity Index* (VEI) användas. Genom att mäta varaktighet, intensitet, kemisk sammansättning och spridningsvidd kan utbrottet placeras på en skala mellan 1-8 där 8 är mest explosivt. Andra faktorer som spelar in på utsläppens natur är kemiska och fysiska egenskaper så som pH, partikelstorlek, koncentration samt vattenlöslighet (Selinus et al. 2005).

Förutom stora gasmoln släpper explosiva utbrott ut stora mängder vulkanisk aska, detta på grund av den häftiga sönderdelningen av magma som är rik på gaser. De lugnare effusiva utbrotten avger inte lika stora mängder aska som de explosiva, däremot ger de ifrån sig mafisk lava som vanligtvis har högt svavelinnehåll (Schmidt 2013).

Magmans egenskaper kan variera stort beroende bland annat tektonisk miljö. Dessa egenskaper påverkas av parametrar som sammansättning, temperatur, mängd kristaller och mängd fri gas för att nämna några (Marti & Ernst 2005).

Magman utgörs generellt av flytande silikater och i de flesta fall utgör kiseldioxid mellan 45-77% av viktvolymen. Övriga ämnen som kan hittas i magman är aluminium (Al), järn (Fe), kalcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), m.m. Vilka ämnen

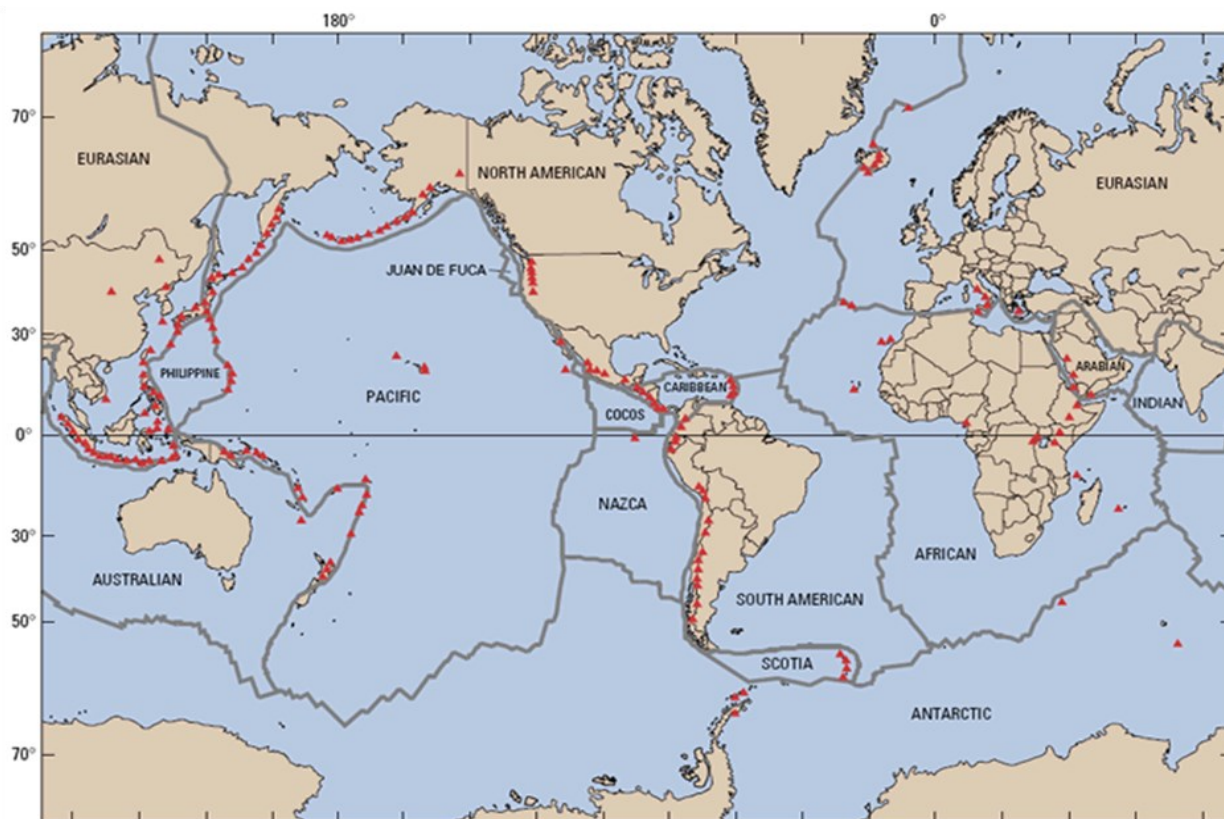


Fig. 1. De grå linjerna visar plattgränser och de röda trianglarna representerar aktiva vulkaner (Explorevolcanoes 2014).

som utgör magman beror på sammansättningen i moderbergarten, gasinnehåll, kristallisation av magma på väg upp samt eventuell blandning med andra magmor (Marti & Ernst 2005).

Magmans viskositet bestäms främst av halten kiseldioxid, högre halt kiseldioxid ger högre viskositet. Även större mängd kristaller i magman kan öka viskositeten, medan mängden gasbubblor kan ge både högre och lägre viskositet beroende på deras storlek och ytspänning. Generellt får magmor även högre viskositet när de stiger uppåt genom att gaserna i magman avges när trycket minskar (Marti & Ernst 2005).

Ämnen som uppträder i gasform, så som koldioxid, svavel och klor, löser snabbt upp sig i magman och är vanligen mer lösliga under högt tryck. Deras löslighet beror även på smältans sammansättning, temperatur, m.m. När magman stiger i vulkanen och når ytan kan gaserna övermättas och lämna lösningen i form av bubblor. Denna process med avgasning bestämmer till stor del hur explosivt utbrottet blir. När magman närmar sig ytan vid ett utbrott blir det svårare för bubblorna att expandera vilket gör att trycket i dem ökar. Det uppbyggda inre trycket i bubblorna gör till slut att de spricker och orsakar fragmentering av magman, detta gör att en blandning av upplösta gaser och partiklar bildas, fragmenteringen sker vanligtvis på ett djup av 1 km eller mindre. Om gaserna sedan expanderar accelereras deras hastighet vilket gör att utbrottet blir väldigt explosivt (Marti & Ernst 2005).

Beroende på tektonisk miljö kan halten och sammansättningen av gaser variera kraftigt. De basalter som oftast är resultatet av vulkanism vid divergerande plattgränser har i de flesta fall lågt gasinnehåll och resultatet blir relativt lugna utbrott. Vulkaner som har desto explosivare utbrott hittas främst vid subduktionszoner. De har vanligtvis en kiseldioxidhalt på över 60% och en hög halt gaser (Marti & Ernst 2005).

Utbrott med basaltisk magma är i de flesta fall för lågviskösa och har för lågt gasinnehåll för att orsaka stora askmoln, medan kiselrik ryolit har för hög viskositet för att producera mycket aska. Dacitiska, andesitiska och ryodacitiska magmor har viskositeter som ligger mellan de för basalt och ryolit. Dessa magmor har ett högt gasinnehåll som gör att de ofta resulterar i explosiva utbrott med stora mängder gaser, aska och aerosoler. Detta gör att deras utbrott kan vara väldigt destruktiva (Ernst 2010).

Magmans sammansättning beror som nämnts delvis på moderbergartens sammansättning, vilken kan skilja sig mycket åt mellan olika platser. Det finns ingen bakgrundshalt för olika ämnen som stämmer in överallt då jorden är för heterogen. Det som bestämmer bergartstyp är de mineral som bygger upp den samt bergartens textur. Mineral är dock sällan rena utan innehåller ofta spårämnen. 97 av de ämnen som finns i det periodiska systemet uppträder naturligt på jorden. Vissa av dem är essentiella för olika biologiska processer medan andra är toxiska, några kan vara både och beroende på halt. Fig. 2 visar vilka element som är essentiella, farliga samt vilka som kan vara både och

(Selinus et al. 2005).

5.2 Vulkanism och människor

Vulkanisk aktivitet påverkar jordens system på många sätt, både med kortvariga och långvariga effekter. Framför allt påverkas klimat, väder, natur och samhället (Schmidt 2013). Minst 500 miljoner människor globalt bor i närheten av någon av de aktiva vulkaner som finns på jorden och riskerar att drabbas vid utbrott. Många storstäder så som Neapel, Tokyo och Mexico City ligger i anslutning till vulkaner. En av anledningarna till att så pass många bosätter sig vid foten av dessa naturfenomen är på grund av de utmärkta odlingsmöjligheterna i den bördiga jorden som är viktig för många människors försörjning (Hansell & al. 2006).

Vulkanutbrott kan orsaka förödelse på ett antal olika sätt; lavaströmmar, laharer, kollaps av hustak till följd av tjocka asklager, askor, gaser, etc. Av dessa är det askor och gaser som har störst potential att orsaka skada på människor, detta beror mycket på grund av att de kan hålla sig suspenderade länge, långt efter att utbrottet avtagit. De kan även ommobiliseras flera decennier efter att de fallit ner på marken, både genom mänsklig aktivitet och naturlig påverkan (Horwell & Baxter 2006).

Partiklarna som transporteras i gaserna faller efterhand ner på jorden där de kan lösas upp av regnvatten. Vid upplöst tillstånd är risken stor att de giftiga ämnen sedan sprids i marken där de kan förstöra skördar, förgifta djur som betar av det kontaminerade gräset, och i värsta fall även drabba människor (Cook et al. 2004).

5.3 Olika ämnen och deras effekter

Beroende på hur länge exponeringen pågår samt vilken partikelsammansättningen är ger exponering för vulkanemissioner olika påverkan på hälsan. Vilken sammansättning blir kan variera markant och bestäms av geologin i området. Föreningarna som finns i emissionerna kan ha olika skadliga effekter; vissa kan verka tillfälligt irriterande på organen, medan andra är kroniska eller rentav dödliga (Selinus 2010).

Den kemiska sammansättningen spelar en stor roll, inte bara för att olika föreningar ger olika effekter, utan de styr också partikeldensitet och partiklarnas vattenupptag vilket har stor påverkan på hur länge partiklarna uppehåller sig i atmosfären (Schmidt 2013).

Partiklarna i gaserna kan vara farliga för människor då de vid bland annat inhalation tas in i kroppen och påverkar våra biologiska system. Det är partiklar som är mindre än 10 µm som är farligast då de är tillräckligt små för att ta sig in i kroppen, där kan de sedan bidra till bland annat hjärt- och lungproblem. De som utgör störst risk är dock de partiklar som är 2,5 µm eller mindre som kan ta sig djupt ner i lungorna till

bronkerna och alveolerna och möjligen även ut i blodet. Vilken storleksfördelningen blir varierar mellan olika utbrott (Selinus et al. 2005). De grövre partiklarna orsakar problem i de övre andningsvägarna men kroppen kan i de flesta fall själv göra sig av med dem innan de orsakar för stor skada (Cook et al. 2004). Dessa föroreningar drabbar människor med andningsproblem värst, även barn och gamla kan påverkas kraftigt. Utbrott med större andel småpartiklar kan orsaka hälsoproblem under en längre tid då de kan hålla sig suspenderade länge och på så sätt sprida sig över ett större område, vilket också innebär att fler kan drabbas (Selinus et al. 2005).

Våra lungor innehåller mer än 40 olika celltyper med olika funktioner. Epitelcellerna, som bygger upp vävnader, sitter uppradade längs luftvägarna i lungorna, dessa är särskilt utsatta för sjukdomar orsakade av olika mineral. Även bindvävscellerna, som producerar kollagen, riskerar att drabbas extra hårt (Horwell & Baxter 2006).

Vulkanemissioner kan skada de biologiska systemen på en rad olika sätt, de kan orsaka skada i vävnaderna eller cellerna och i värsta fall båda. De kan skada genom att:

- Påbörja en kronisk process där organen skadas (tex. fibros från inandning av kisel)
- Störa ämnesomsättningen (tex. vid inandning av kolmonoxid)
- Orsaka genförändringar (tex. vid exponering av

radon)

- Orsaka fysiska problem genom hudkontakt (Selinus et al. 2005)

Nedan kommer en sammanfattning över vilka skador askor kan orsaka i kroppen, följt av en sammanfattning av de olika gaserna som kan finnas i emissionerna.

5.4 Askor

Askor är pyroklastiskt material som är mindre än 2 mm i diameter. Vilka effekter dessa kan ha på kroppen beror mycket på mineralogisk sammansättning, samt de fysiska och kemiska egenskaperna. De olika parametrarna varierar mycket mellan olika utbrott (Horwell & Baxter 2006). Generellt så blir det större askmoln från explosiva utbrott (Hansell et al. 2006). Partikelfördelningen bestämmer till stor del hur hälsovådliga askorna kan vara. Utbrott med stora askmoln betyder inte nödvändigtvis att de kan orsaka större skada på människors hälsa, detta beroende på att trots att utsläppet är stort så är det mängden respirabla partiklar som bestämmer utsläppets farlighet. Storleksfördelningen är svår, om inte omöjlig, att förutse (Selinus et al. 2005).

Partiklar från vulkanemissioner har en fräsch, ovittrad yta. De har inte oxiderats och kan bära på gaser med bland annat kolväten och spårmetaller. Askpartiklarna kan även vara elektriskt laddade vilket för-

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|----|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | | Ne |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | | Ar |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | | Kr |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | | Xe |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | | Rn |
| Fr | Ra | Ac | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | | |
| | | | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr | | |

ESSENTIAL
 TOXIC

Fig. 2. Illustrationen visar vilka ämnen som är essentiella, toxiska och vilka som kan ha båda egenskaperna beroende på deras halt (Dissanayake & Chandrajith 2009).

värrar effekterna på lungorna. Partiklar med en långsmal, fibrös form kan orsaka större skada än korta och breda partiklar. De med högst farlighet är partiklar med en diameter mindre än 3 µm och en längd på mer än 5 µm. Det hör inte till vanligheten att partiklar från vulkanisk aktivitet är fibrösa, de kan dock få en fibrös form efter många år av vittring och hydrering (Horwell & Baxter 2006).

En av de vanligaste beståndsdelarna i berggrunden är kiseldioxid (SiO₂). Kiseldioxid är en förening av kisel och syre som förekommer i amorf och kristallin form. Det är främst den kristallina kiseldioxiden som bevisats orsaka stor skada på hälsan. Av den kristallina kiseldioxiden finns tre olika sorter med skiftande kristallisationsgrad; kvarts, kristobalit och tridymit. Tridymit är den aggressivaste formen, följt av kristobalit och sist kvarts (Cook et al. 2004). Vid vulkanutbrott utgör kiseldioxid ofta en stor del av partiklarna i askan. Föreningen är väldigt hälsovadlig vid inandning och kan vid exponering ge den fibrotiska lungsjukdomen silikos som ger ärrbildning på lungorna. För att exponering av kiseldioxid ska kunna resultera i silikos krävs att koncentrationen kiseldioxid ska vara hög, att exponeringen sker under en längre tid samt att partiklarna ska vara små. Då silikos kan ge ett nedsatt immunförsvar ger sjukdomen en ökad risk för andra sjukdomar, så som TBC. Kiseldioxid har även listats av *World Health Organization* (WHO) som cancerogen (Horwell & Baxter 2006).

På ön Montserrat i Karibiska havet har utbrott skett till och från sedan 1995. Den respirabla kiseldioxidhalten (<10 µm) bedöms utgöra mellan 10-24% av viktvolymen. Denna höga koncentration och återkommande exponering gör att öns invånare ligger i riskzonen för att utveckla silikos (Selinus et al. 2005).

Förutom kiseldioxid kan askorna utgöras av en mängd olika ämnen, ett exempel är fibrösa zeoliter som är en grupp aluminiumsilikater. Dessa mineral har en asbestliknande form och har kopplats ihop med lungsjukdomar och cancer (Selinus et al. 2005).

Askorna kan, förutom det ovannämnda, orsaka en mängd andra problem. De kan ge kortvariga andningsproblem så som astmaattacker och bronkit. Dessa problem kan i vissa fall ha dödlig utgång. Långvarig exponering kan även orsaka kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL) som ger förhindrat flöde i luftvägarna (Horwell & Baxter 2006).

5.5 Gaser

Gaser i emissioner från vulkaner kan yttra sig i olika former;

- aerosoler som är partiklar suspenderade i en gas,
- ångor som är aerosoler med fasta partiklar vanligtvis mindre än 0,1 µm,
- rök vilken består av gaser och partiklar mindre än 0,5 µm,

- gaser och ångor av ämnen som vanligtvis är i fast eller flytande form men som omvandlats genom sänkt temperatur eller ökat tryck (Selinus et al. 2005).

Aerosolerna kan vara allt mellan några få nanometer upp till 100 µm i diameter. Hur mycket aerosoler som finns i luften varierar kraftigt beroende på var mätning sker. I städer är halten aerosoler i luften många gånger högre än i luften över hav. Aerosoler kan ha både antropogen och naturlig härkomst. Vulkanemissioner kan bidra med aerosoler till atmosfären både genom konversion från gasfas till partikelfas samt genom direkt utsläpp av aerosoler från vulkaner, då främst i form av svaveldioxid. Förutom att dessa aerosoler kan ha stor inverkan på jordens klimat så kan det även påverka människors hälsa vid inandning (Schmidt 2013).

Gaserna kan delas in i tre olika grupper beroende på vilken skadlig påverkan de har på människokroppen. Det finns de gaser som har en irriterande effekt på respirationssystemet, andra som har en svagt kvävande verkan samt de som har en kombinerad effekt (Selinus et al. 2005).

Den vanligast förekommande beståndsdel i vulkangaser är vattenånga (H₂O). Hur stor del av gasen som är vattenånga varierar från utbrott till utbrott men den brukar vanligtvis utgöra mellan 50% och 90% av gasvolymen (Schmidt 2013). Förutom vattenånga finns det en mängd olika ämnen som kan finnas i emissionerna, en sammanfattning av de vanligaste följer härunder:

5.5.1 Koldioxid

Koldioxid (CO₂) är den näst vanligaste beståndsdel och utgör mellan 1% och 40% av volymen gas (Schmidt 2013). Årligen beräknas cirka 200 miljoner ton koldioxid släppas ut från vulkaner globalt (U.S. Geological Survey 2007). Koldioxid är en gas som är tyngre än luft, vilket gör att den lätt ansamlas i till exempel sänkor. Gasens farlighet beror på koncentration samt exponeringstid (D'Alessandro 2006). Exponering av låga koncentrationer kan bland annat orsaka kräkningar, yrsel, huvudvärk och darrningar (Heggie 2009). Vid exponering av koncentrationer högre än 10% finns en risk att utgången är dödlig. Om koncentrationerna är så höga som 40% räcker det med ett fåtal andetag för att drabbas av syrebrist följt av död (D'Alessandro 2006). Även lägre koncentrationer kan vara farliga om exponeringen sker under en längre tid. Då koldioxid är en luktlös gas finns risken att exponering sker omedvetet (Hansell & Oppenheimer 2004).

Lake Nyos i Kamerun är ett exempel på när koldioxid har haft en förödande effekt på människor. Sjön ligger ovanpå en gammal vulkan från vilken magmatisk koldioxid ständigt släpps ut. Koldioxiden löser sig i vattnet i den djupa sjön varpå koldioxidhalten ständigt stiger. 1986 stördes systemet och det resulterade i att ett stort moln med löst koldioxid frigjordes och

välldes ur sjön. Gasmolnet fördes genom gravitation till en närliggande by vilket resulterade i att 1 700 personer dog till följd av kvävning (Nojiri et al. 1993).

5.5.2 Svavelgaser

Förutom koldioxid och vattenånga är även svavelgaser vanliga beståndsdelar i vulkangaser, de utgör mellan 2% och 35% av gasvolymen. En betydande del av svavelgaserna avges i lugnare perioder mellan utbrott (Schmidt 2013). Svavelgasers löslighet beror till stor del på tryck men påverkas även av bland annat halten järnoxid (FeO) i magman (Marti & Ernst 2005). Till sammans med koldioxid är svavelföreningar de gaser som orsakar mest skada på människors hälsa på grund av deras kvävande och giftiga egenskaper. Av svavelgaserna är det svaveldioxid (SO₂) och vätesulfid (H₂S) som är de två vanligaste. Hur stora mängder av dessa gaser som släpps ut bestäms av de termodynamiska parametrarna i det vulkaniska systemet, så som temperatur och tryck (D'Alessandro 2006).

Svaveldioxid avlägsnas relativt sent från gasmolnet jämfört med många av de andra gaserna (Hansell & Oppenheimer 2004). På grund av dess höga vattenlöslighet absorberas den mesta av svaveldioxiden i de övre luftvägarna vid inandning. Väl i luftvägarna kan den antingen neutraliseras med ammoniak, eller omvandlas till svavelsyra när den kommer i kontakt med fuktiga ytor. När den nått till alveolerna upplöses den till flytande fas och bildar fria radikaler alternativt detoxieras. De främsta problemen svaveldioxid orsakar är sammandragning i bronkerna samt lungproblem. Några mer övergående problem kan vara irritation i näsa och svalg (Longo et al. 2010).

Vulkanen Kilauea på Hawaii har haft utbrott de senaste 15 åren och släpper ut cirka 1 500 ton svaveldioxid dagligen. Rapporterade effekter hos närboende är konstant ögonirritation, andningsproblem och halsont, gaserna förvärrar även problemen för astmasjuka. Ett annat exempel är vid Lakis utbrott på Island 1783-1784 då eruptionen orsakade utsläpp av 150 megaton svaveldioxid. Utsläppet var en stor anledning till att en femtedel av Islands befolkning omkom (Selinus et al. 2005).

Vätesulfid är en färgfri gas som kännetecknas av sin lukt som liknar den från ruttna ägg. Gasen hör till den värsta kateorin och kan ha både en irriterande och kvävande effekt. Vid låga koncentrationer verkar vätesulfid irriterande på ögon och slemhinnor och har en sövande effekt. Vid högre koncentrationer kan den påverka de övre andningsvägarna, ge lungödem, huvudvärk, yrsel och även leda till utvecklandet av bronkit. Exponering för halter över 700 ppm kan snabbt orsaka medvetslöshet följt av vätesulfidförgiftning som kan leda till döden (Heggie 2009). De som överlever hög exponering riskerar att ha fortsatta neuropsykologiska problem (Selinus et al. 2005). Precis som koldioxid är vätesulfid en tung gas som lätt ackumuleras i sänkor (D'Alessandro 2006).

5.5.3 Halider

Halider är ytterligare en beståndsdel som kan finnas i emissioner från vulkaner. Av dessa är väteklorid (HCl) den vanligaste och utgör mellan 1% och 10% av gasen (Schmidt 2013). Väteklorid kan irritera ögon, slemhinnor, hud och orsaka en kvävande känsla. Exponering för halter över 35 ppm kan skada struphuvudet och ge irritation i näsa och hals. Om halterna är så höga som 100 ppm kan den orsaka lungödem (Heggie 2009). Vid hög exponering finns risken att de orsakade lungproblemen kan ha dödlig utkomst (Allen et al. 2000).

En annan halid som har potential att ge stora hälsoproblem vid vulkanutbrott är fluor (F). Fluor finns främst i sura och sedimentära bergarter samt mineraliserade gångbergarter. Vi har ett visst behov av fluor för att förebygga karies. Det kan dock även ha negativa effekter, vid för höga halter kan fluor orsaka tandfluoros, skelettfluoros och i värsta fall även cancer. Intervallet mellan nödvändig dos och skadlig dos är väldigt litet för ämnet. Tandfluoros innebär att fluor påverkar tandemaljen vilket gör att tänderna missfärgas, försvagas och kan även leda till tandlossning. Skelettfluoros utvecklas vid högre och mer långvarig exponering och gör att skelettet förkalkas. Förkalkningen ger smärta, stelhet, oregelbunden bentillväxt och kan i värsta fall leda till benförsvagning och ben deformation (Selinus et al. 2005). Fluoros är en kronisk sjukdom och kan även ge neurologiska problem. Vi får främst i oss fluor genom mat och vatten, vilket kan ske omedvetet då haliden inte ger någon färg eller smak. Det är framför allt folk bosatta i utvecklingsländer som exponeras för höga halter fluor. Detta på grund av att de konsumerar mer vatten till följd av det ofta varmare klimatet samt en näringsfattigare mathållning. Enbart i Kina har mer än 30 miljoner människor drabbats av fluoros (Dissanayake & Chandrajith 2009).

5.5.4 Kolmonoxid

Kolmonoxid (CO) är en gas som vanligtvis inte finns i några större volymer i gasmoln från vulkaner. Dock finns risken att gasen ansamlas och kortvarigt finns i höga koncentrationer ställvis och på så sätt orsakar problem (Selinus et al. 2005). Gasen är omöjlig att upptäcka då den är färglös, luktlös, smaklös och inte orsakar irritation. Vid låga koncentrationer orsakar kolmonoxid huvudvärk, yrsel, illamående, förvirring och försämrad ämnesomsättning. Vid inhalation absorberas gasen från lungorna direkt till blodet. Väl där reagerar kolmonoxiden med hemoglobinet vilket hämmar hemoglobinet förmåga att förse kroppen med syre. En längre exponering med fortsatt syrenedsättning i kroppen kan till slut leda till kvävning (Raub et al. 2000).

5.5.5 Tungmetaller

En grupp giftiga ämnen som kan adsorberas till partiklar från vulkaner är tungmetaller, så som bly, kvicksilver, kadmium och järn. Deras farlighet varierar kraftigt beroende på vilken kemisk form de är. Deras potentiella farlighet är hög då de kan generera fria radikaler. Fria radikaler är atomer eller molekyler som är mycket reaktiva och kan orsaka stor skada i cellerna då de har operade elektroner som kan skapa nya farliga föreningar (Cook et al. 2004). Metallångor, från tex. kvicksilver, kan orsaka irritation vid inandning och är en möjlig hälsofara som kan orsaka bronkit och lungödem om exponeringen pågår en längre tid (Selinus et al. 2005).

5.5.6 Radon

Radon har en koppling till tungmetallen uran som kan komma från vulkaner. Radon är en naturligt förekommande radioaktiv gas. Gasen bildas genom sönderfall av radium som ingår i sönderfallskedjorna för uran och torium (D'Alessandro 2006). Radon är en lukt och färglös ädelgas som genom inandning kan ta sig ner i lungorna. Väl där frigör den alfapartiklar som penetrerar cellerna vilket orsakar DNA-skador. Sönderfallsprodukterna (s.k. radondöttrar) stannar kvar i lungorna och fortsätter att orsaka strålskador. Om skadorna är tillräckligt omfattande kan det leda till lungcancer (Burge 2009). Radon är placerat i värsta gruppen när det kommer till cancerogena ämnen av *International Agency for Research on Cancer (IARC)* och anses av *World Health Organization (WHO)* vara den näst största orsaken till lungcancer, bara rökning är värre (Mc Laughlin 2012).

5.5.7 Arsenik

Vulkanemissioner är en stor källa för utsläpp av den väldigt giftiga halvmetallen arsenik i naturen. Väl där kan arsenik ta sig in i människokroppen genom vatten, mat, jord och luft (Dissanayake & Chandrajith 2009). Arsenik är cancerogent och exponering för ämnet är ett stort problem på många ställen i världen, främst på grund av kontamination av dricksvatten. Ämnet är associerat till en mängd olika cancertyper som drabbar bland annat huden, levern, lungorna och tjocktarmen. Arsenik kan även ge problem med hjärt- och blodkärlen, utvecklingsproblem, neurologiska nedsättningar, hörsel nedsättning, hematologiskt kopplade sjukdomar och hudproblem så som melanos och keratos (Tchounwou et al. 2003).

5.5.8 Övriga

Den största delen metan (CH_4) som släpps ut i atmosfären har sitt ursprung från vulkaner, då främst slamvulkaner (Etiopie & Klusman 2002). Gasen kan ha en

kvävande verkan och ersätter syre i inandningluften. Även koldisulfid (CS_2) och ammoniak (NH_3) kan finnas i emissioner från vulkaner. Koldisulfid är giftig och kan orsaka muskelsvaghet, huvudvärk och yrsel. Ammoniak verkar irriterande på hud, ögon och de övre luftvägarna (Selinus et al. 2005).

5.6 Övriga skadorisker

Vid vulkanutbrott är det inte endast gaser och askor som orsakar stor förödelse. Lavaflöden är det som de flesta associerar med vulkanutbrott, även pyroklastiskt material släpps ut i stora mängder vid eruptioner. De olika eruptionsmaterialen som bildas vid vulkanutbrott finns illustrerade i Fig. 3.

5.6.1 Lavaflöden

Vid utbrott stiger magma upp genom vulkanen, magman är en blandning av främst smält berg och gaser. När magman sedan når ytan kallas den istället lava. Lavar har olika temperatur beroende på dess sammansättning. Basaltisk lava, med ett relativt lågt kiselinnehåll, har högst temperatur, medan de kiselrika ryolitiska lavorna har betydligt lägre temperatur. De ryolitiska lavorna är mer högviskösa och transporteras inte långt från vulkanen. De basaltiska lavorna däremot är mer lättflytande och kan transporteras desto längre, de brukar även ha större volym (Nationalencyklopedin 2014).

Skadorna som lava kan åsamka hos människor är främst på grund av dess höga temperatur. Olyckor sker i de flesta fall vid ångexplosioner när lavan når vatten, vid oväntat snabba flöden eller om evakueringsvägar blockeras. Lava kan även indirekt leda till sjukdomar då de innehåller giftiga ämnen (tex. svaveldioxid och svavelsyra) som människor i vulkanens närhet exponeras för (Selinus 2010).

5.6.2 Pyroklastiska flöden

Vid explosiva utbrott liksom när lavadomer eller vulkaner kollapsar kan pyroklastiska flöden bildas. Det är varma flöden av gas och bitar av berg som kan transporteras i så höga hastigheter som 350 km/timmen och ha temperaturer på 1 000 °C. Gasen består främst av vattenånga, koldioxid, svaveldioxid och vätesulfid. Flödena kan orsaka stor förödelse då de har förmågan att bränna allt i sin väg. Dödsorsakerna till följd av pyroklastiska flöden är främst kvävning, trauman och brännskador. Pyroklastiska flöden kan även göra att stora områden täcks av vulkaniskt material. Detta material består delvis av giftiga ämnen som under flera år sedan kan ommobiliseras och utgöra en bidragande faktor till sjukdomar efter vulkanutbrott.

1902 hade vulkanen Mount Pelée på ön Martinique utbrott, det efterföljande pyroklastiska flödet dödade

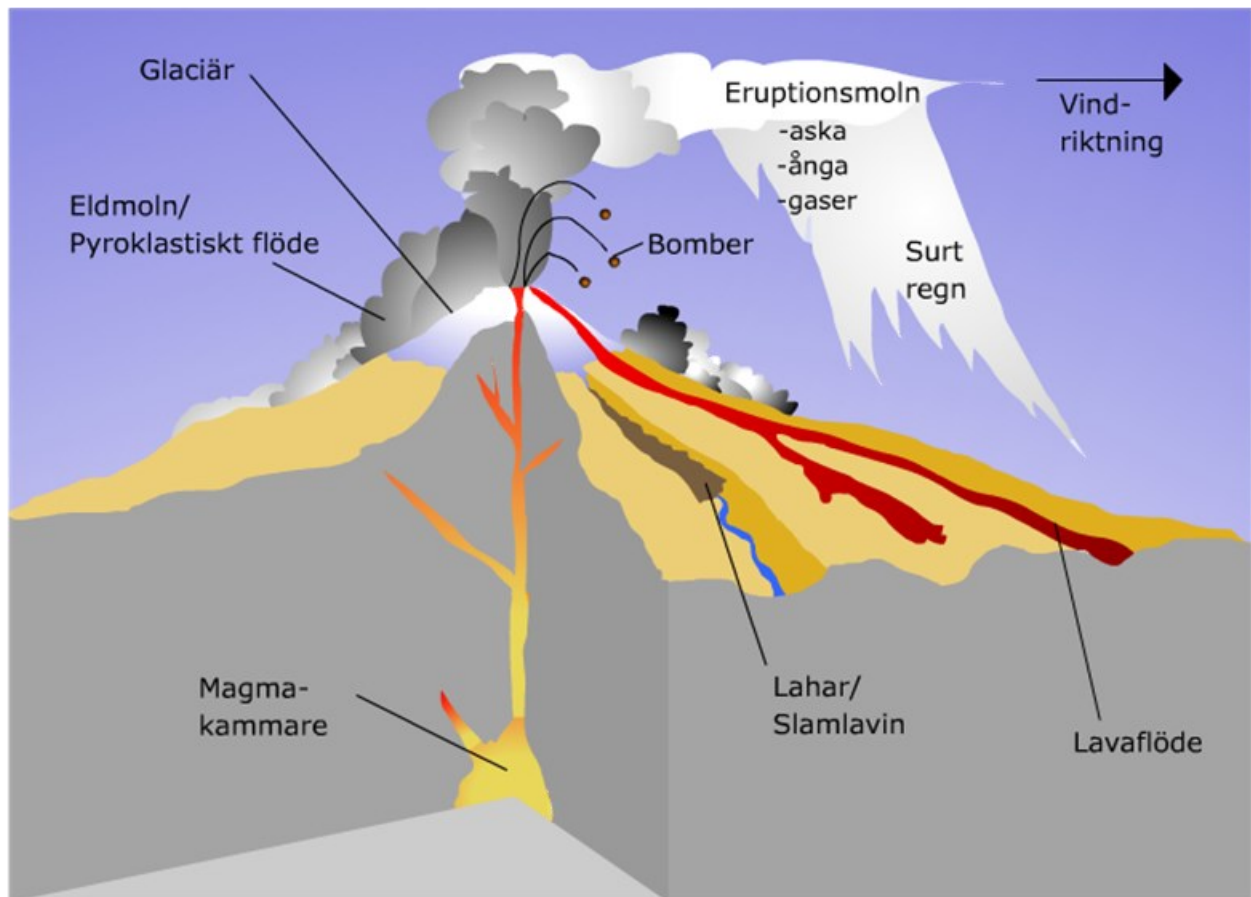


Fig. 3 . Illustration av olika eruptionsmaterial från vulkaner (Geografibloggen 2013)

runt 30 000 människor på väldigt kort tid, detta visar hur förödande flödena kan vara (Selinus et al. 2005).

5.6.3 Laharer

Laharer är en sorts jordskred eller slamström bestående av vatten och sten i olika storlekar från stora block till finkornig lera. Laharer kan sättas igång genom kraftiga regn eller seismisk aktivitet. Flödena är väldigt snabba och har potential att orsaka stora skador. De sker vanligtvis vid snö- eller ismältning i samband med vulkanutbrott. Då flödena rör sig fort och ofta sker utan förvarning är det svårt att förvarna närboende, detta gör att det ofta blir dödliga konsekvenser. De vanligaste dödsorsakerna är drunkning, allvarliga frakturer eller kvävning (Selinus 2010).

1985 hade vulkanen Nevado del Ruiz i Colombia ett explosivt utbrott. Hett pyroklastiskt material från vulkanen gjorde att en stor del av vulkanens istäcke smälte, varpå strömmar av vatten och stenar började röra sig nerför dess sidor. Laharerna växte i storlek när de rörde sig ner mot vulkanens fot, de blev uppåt 50 meter tjocka och tog sig på bara några timmar 100 km från vulkanen. Laharerna orsakade stor förödelse och omkring 23 000 människor omkom (U.S. Geological Survey 2009).

5.7 Indirekt påverkan

Förutom de redan nämnda riskerna med vulkanemissioner kan de även påverka oss indirekt. Vid stora utsläpp finns risk att jordens strålningsbalans påverkas. Detta genom att aerosolmoln från vulkaner absorberar jordens strålning och reflekterar en stor del av solens strålning. Effekterna blir att den globala medeltemperaturen sänks, det kan sedan ta flera år innan temperaturen återgår till det normala igen (Schmidt 2013).

Detta kan ha en förödande effekt för livet på jorden. 1967 föreslogs för första gången att vulkanism kan ha varit en bidragande orsak till dinosauriernas utdöende för 65 miljoner år sedan. Ett tiotal stora utbrott tros ha kunnat släppa ut så stora mängder aska och gaser i atmosfären att solljuset stängdes ute och orsakade total förmörkelse. Utan solenergin stördes ekosystemet vilket tros ha varit en viktig orsak till dinosauriernas massutdöende (Marti & Ernst 2005).

Även i modern tid har det visats att vulkanutbrott kan orsaka stor förödelse. Ett exempel är under Lakis utbrott (1783-1784) då vädret i England påverkades markant av aerosolerna i atmosfären. Under sommaren 1783 var temperaturen högre än normalt och många åskoväder drabbade landet. Även den kommande vinterns temperaturer påverkades, detta genom mycket lägre temperaturer än normalt. Dessa stora temperatur-

växlingar tros vara en av de största orsakerna till att antalet dödsfall var mycket högre än det brukade i landet under 1783-1784. Det höga dödsantalet berodde bland annat på svält, förfrysning, olyckor till följd av stormar och fysiska åkommor (Witham & Oppenheimer 2004). Det uppskattas att antalet dödsfall under augusti och september 1783 var 40% högre än det brukade vara (Hansell & Oppenheimer 2004)

5.8 Övervakning av vulkaner

Runt 500 miljoner människor bor i närheten av aktiva vulkaner, varav många av dem i storstäder. Detta gör att det är viktigt att ha ett utvecklat och fungerande övervakningssystem för vulkaner (Selinus et al. 2005).

Vid vulkanutbrott kan flera ton giftiga gaser släppas ut i atmosfären. Dock sker även ett visst utsläpp i perioder mellan utbrott från många vulkaner, både från kratrarna och från sidorna av vulkanerna där gas sippas upp genom marken. På grund av detta är det viktigt att inte bara övervaka effekterna av vulkanemissioner när utbrott sker utan även under de lugnare perioderna (Hansell et al. 2006).

Övervakningen sker främst för att så tidigt som möjligt kunna varna närboende för att möjliggöra evakuering. Övervakningen sker genom att undersöka seismisk aktivitet, gasutsläpp, markdeformation, hydrologi samt geofysiska faktorer. Vid utbrott är ofta behovet stort att minimera riskerna för sjukdom till följd av gasemissioner, förorenat vatten och förorenad mat. För att lyckas med detta sker en ständig övervakning av emissionerna för att kunna förutse dess effekter, förberedelser görs även för att kunna omhänderta människor som kommit till skada. När emissionerna från vulkaner kommer i kontakt med luften sker en snabb övergång från reducerande till oxiderande förhållanden. Detta gör att sammansättningen av gas och partiklar snabbt förändras vilket orsakar svårigheter när gassammansättningen från emissionerna ska mätas och riskerna bedömas (von Glasow 2010). Information om utsläppen och dess hälsoeffekter samlas ofta in efter utbrotten för att senare kunna användas till epidemiologiska studier (Selinus et al. 2005).

6 Sammanfattning

Vulkanutbrotts farlighet varierar kraftigt mellan olika vulkaner, även utbrott från samma vulkan kan vara olika farliga. Vid utbrotten släpps stora mängder emissioner ut innehållande ämnen från jordens inre. Hälsoeffekterna från dessa ämnen kan vara både tillfälliga och kroniska beroende på bland annat utsläppens sammansättning, volym, storleksfördelning och exponeringstid.

Askors farlighet beror främst på storleksfördelning, partiklar under 10 µm är de hälsovådligaste då de kan ta sig ner i lungorna och där orsaka stora skador. Förutom storleksfördelning är även halten kiseldioxid viktig då höga halter kiseldioxid ger en ökad risk att ut-

veckla den allvarliga lungsjukdomen silikos.

Gasernas sammansättning kan variera kraftigt, men ofta utgör koldioxid och svavelgaser så som svaveldioxid och vätesulfid en betydande del. Det är även dessa gaser som har störst potential att orsaka stor skada på människors hälsa då de är väldigt giftiga och har en kvävande effekt. Många av ämnena som utgör vulkanemissionerna är cancerogena vid långvarig exponering, några exempel på dessa ämnen är radon, arsenik och kiseldioxid.

Gaserna och askorna som frigörs från vulkaner innehåller en stor del småpartiklar som transporteras långa sträckor med vindar. Detta resulterar i att vulkanutbrott inte bara utgör ett hälsoproblem lokalt utan även globalt.

Emissionerna är vanligtvis det som orsakar störst skada på människors hälsa vid utbrott. Dock finns det även andra hälsovådliga företeelser kopplade till vulkaneruptioner, så som lavaströmmar, pyroklastiskt material och laharer.

Vulkanutbrott kan även påverka medeltemperaturen genom att aerosolmoln stänger ute solens strålar. Detta ger ett kallare klimat, vilket även har en inverkan på ekosystemet då det är beroende av energi från solen.

För att minimera skadorna vid utbrott sker ständig övervakning av aktiva vulkaner för att tidigt kunna varna och evakuera människor i närområdet. Detta görs bland annat genom att övervaka seismisk aktivitet, markdeformation och gasutsläpp.

Vulkanutbrott utgör en ständig risk både lokalt och globalt, detta innebär att behovet är stort av att fortsätta studera deras farlighet samt att ytterligare utveckla övervakningssystem för att underlätta evakuering och minimera skador vid utbrott.

6 Tack

Ett stort tack till Leif Johansson som introducerade mig för ämnet medicinsk geologi och som även agerade handledare för mig under den här processen.

7 Referenser

- Allen, A. G., Baxter, P. J. & Ottley, C. J., 2000: Gas and particle emissions from Soufriere Hills Volcano, Montserrat, West Indies: characterization and health hazard assessment. *Bulletin of Volcanology* 62, 8-19.
- Burge, H. 2009: Health Effects of Radon. *The Environmental Reporter* 7
- Cook, A. G., Weinstein, P. & Centeno, J. A., 2004: Health effects of natural dust - Role of trace elements and compounds. *Biological Trace Element Research* 103, 1-15.
- D'alessandro, W. 2006: Gas hazard: an often neglected natural risk in volcanic areas. *In* J. F. Martin-

- Duque, C. A. Brebbia, D. E. Emmanouloudis & U. Mander (eds.): *Geo-Environment and Landscape Evolution II: Evolution, Monitoring, Simulation, Management and Remediation of the Geological Environment and Landscape*, 369-378.
- Dissanayake, C. B. & Chandrajith, Rohana 2009. Introduction to Medical Geology. *Springer Berlin Heidelberg*. 306 sid.
- Etioppe, G. & Klusman, R. W., 2002: Geologic emissions of methane to the atmosphere. *Chemosphere (Oxford)* 49, 777-789.
- Ernst, W. G., 2010: Earth materials and human health. *International Geology Review* 48, 191-208.
- Glasow von, R., 2010: Atmospheric chemistry in volcanic plumes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 6594-6599.
- Heggie, T. W., 2009: Geotourism and volcanoes: Health hazards facing tourists at volcanic and geothermal destinations. *Travel Medicine and Infectious Disease* 7, 257-261.
- Hansell, A. L., Horwell, C. J. & Oppenheimer, C., 2006: The health hazards of volcanoes and geothermal areas. *Occupational and Environmental Medicine* 63, 149-156.
- Hansell, A. & Oppenheimer, C., 2004: Health hazards from volcanic gases: A systematic literature review. *Archives of Environmental Health* 59, 628-639.
- Horwell, C. J. & Baxter, P. J., 2006: The respiratory health hazards of volcanic ash: a review for volcanic risk mitigation. *Bulletin of Volcanology* 69, 1-24.
- Longo, B. M., Yang, W., Green, J. B., Crosby, F. L. & Crosby, V. L., 2010: Acute Health Effects Associated with Exposure to Volcanic Air Pollution (vog) from Increased Activity at Kilauea Volcano in 2008. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part a-Current Issues* 73, 1370-1381.
- Marti, Joan. & Ernst, Gerald G. J. 2005. *Volcanoes and the Environment*. Cambridge, Cambridge University Press, 471 sid.
- Mc Laughlin, J., 2012: An Historical Overview of Radon and its Progency: Applications and Health Effects. *Radiation Protection Dosimetry* 152, 2-8.
- Nationalencyklopedin 2014, <http://www.ne.se/lava>, Hämtad: 2014-05-06
- Nojiri, Y., Kusakabe, M., Tietze, K., Hirabayashi, J., Sato, H., Sano, Y., Shinohara, H., Njine, T., and Tanyileke, G., 1993: An Estimate of CO₂ Flux in Lake Nyos, Cameroon. *Limnology and Oceanography* 38, 739-752.
- Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B. & Thom, S. R., 2000: Carbon monoxide poisoning - a public health perspective. *Toxicology* 145, 1-14.
- Schmidt, A. 2013. Modelling Tropospheric Volcanic Aerosol: From Aerosol Microphysical Processes to Earth System Impacts. Springer Berlin Heidelberg, 155 sid.
- Selinus, O. 2010. Medicinsk Geologi. Studentlitteratur AB, Lund, 518 sid.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P., 2005 Essentials of Medical Geology – Impacts of the Natural Environment on Public Health. Elsevier Academic Press, 812 sid.
- Tchounwou, P. B., Patlolla, A. K. & Centeno, J. A., 2003: Carcinogenic and systemic health effects associated with arsenic exposure - A critical review. *Toxicologic Pathology* 31, 575-588.
- Thordarson, T. & Larsen, G., 2007: Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. *Journal of Geodynamics* 43, 118-152.
- U.S. Geological Survey 2007, http://hvo.wr.usgs.gov/volcanowatch/archive/2007/07_02_15.html, Hämtad: 2014-05-22
- U.S. Geological Survey 2009, <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/lahar/ruiz.php>, Hämtad: 2014-05-22
- Witham, C. S. & Oppenheimer, C., 2004: Mortality in England during the 1783-4 Laki Craters eruption. *Bulletin of Volcanology* 67, 15-26.
- Bildkällor:
- Förstasida: Ultrafuture World 2012, <http://www.ultrafutureworld.com/wp-content/uploads/2012/06/volcanic-eruptions-affect-the-climate-to-release-gases-into-the-atmosphere.jpg>
- Fig. 1. Explorevolcanoes, The online Volcano Guide, <http://www.explorevolcanoes.com/volcanoimages/USGSplatesvolcanoes700px.gif>, Hämtad: 2014-05-05
- Fig. 2. Dissanayake, C. B. & Chandrajith, Rohana 2009. Introduction to Medical Geology. *Springer Berlin Heidelberg*. 306 sid.
- Fig. 3. Geografibloggen, <http://geografibloggen.wordpress.com/> Hämtad: 2014-05-06

Tidigare skrifter i serien ”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

334. Fullerton, Wayne, 2013: The Kalgoorlie Gold: A review of factors of formation for a giant gold deposit. (15 hp)
335. Hansson, Anton, 2013: A dendroclimatic study at Store Mosse, South Sweden – climatic and hydrologic impacts on recent Scots Pine (*Pinus sylvestris*) growth dynamics. (45 hp)
336. Nilsson, Lawrence, 2013: The alteration mineralogy of Svartliden, Sweden. (30 hp)
337. Bou-Rabee, Donna, 2013: Investigations of a stalactite from Al Hota cave in Oman and its implications for palaeoclimatic reconstructions. (45 hp)
338. Florén, Sara, 2013: Geologisk guide till Söderåsen – 17 geologiskt intressanta platser att besöka. (15 hp)
339. Kullberg, Sara, 2013: Asbestkontamination av dricksvatten och associerade risker. (15 hp)
340. Kihlén, Robin, 2013: Geofysiska resistivitetsmätningar i Sjöcrona Park, Helsingborg, undersökning av områdets geologiska egenskaper samt 3D modellering i GeoScene3D. (15 hp)
341. Linders, Victor, 2013: Geofysiska IP-undersökningar och 3D-modellering av geofysiska samt geotekniska resultat i GeoScene3D, Sjöcrona Park, Helsingborg, Sverige. (15 hp)
342. Sidenmark, Jessica, 2013: A reconnaissance study of Rävliiden VHMS-deposit, northern Sweden. (15 hp)
343. Adamsson, Linda, 2013: Peat stratigraphical study of hydrological conditions at Stass Mosse, southern Sweden, and the relation to Holocene bog-pine growth. (45 hp)
344. Gunterberg, Linnéa, 2013: Oil occurrences in crystalline basement rocks, southern Norway – comparison with deeply weathered basement rocks in southern Sweden. (15 hp)
345. Peterffy, Olof, 2013: Evidence of epibenthic microbial mats in Early Jurassic (Sinemurian) tidal deposits, Kulla Gunnarstorp, southern Sweden. (15 hp)
346. Sigeman, Hanna, 2013: Early life and its implications for astrobiology – a case study from Bitter Springs Chert, Australia. (15 hp)
347. Glommé, Alexandra, 2013: Texturella studier och analyser av baddeleyitomvandlingar i zirkon, exempel från sydöstra Ghana. (15 hp)
348. Brådenmark, Niklas, 2013: Alunskiffer på Öland – stratigrafi, utbredning, mäktigheter samt kemiska och fysikaliska egenskaper. (15 hp)
349. Jalnefur Andersson, Evelina, 2013: En MIFO fas 1-inventering av fyra potentiellt förorenade områden i Jönköpings län. (15 hp)
350. Eklöv Pettersson, Anna, 2013: Monazit i Obbhult-komplexet: en pilotstudie. (15 hp)
351. Acevedo Suez, Fernando, 2013: The reliability of the first generation infrared refractometers. (15 hp)
352. Murase, Takemi, 2013: Närkes alunskiffer – utbredning, beskaffenhet och oljeinnehåll. (15 hp)
353. Sjöstedt, Tony, 2013: Geoenergi – utvärdering baserad på ekonomiska och drifttekniska resultat av ett passivt geoenergisystem med värmeuttag ur berg i bostadsrättsföreningen Mandolinen i Lund. (15 hp)
354. Sigfúsdóttir, Thorbjörg, 2013: A sedimentological and stratigraphical study of Veiki moraine in northernmost Sweden. (45 hp)
355. Månsson, Anna, 2013: Hydrogeologisk kartering av Hultan, Sjöbo kommun. (15 hp)
356. Larsson, Emilie, 2013: Identifying the Cretaceous–Paleogene boundary in North Dakota, USA, using portable XRF. (15 hp)
357. Anagnostakis, Stavros, 2013: Upper Cretaceous coprolites from the Münster Basin (northwestern Germany) – a glimpse into the diet of extinct animals. (45 hp)
358. Olsson, Andreas, 2013: Monazite in metasediments from Stensjöstrand: A pilot study. (15 hp)
359. Westman, Malin, 2013: Betydelsen av raka borrhål för större geoenergisystem. (15 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
361. Andolfsson, Thomas, 2013: Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal Conductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian rock types. (45 hp)
362. Engström, Simon, 2013: Vad kan inneslutningar i zirkon berätta om Varbergsscharnockiten, SV Sverige. (15 hp)
363. Jönsson, Ellen, 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier. (15 hp)

364. Cederberg, Julia, 2013: U-Pb baddeleyite dating of the Pará de Minas dyke swarm in the São Francisco craton (Brazil) – three generations in a single swarm. (45 hp)
365. Björk, Andreas, 2013: Mineralogisk och malmpetrografisk studie av disseminerade sulfider i rika och fattiga prover från Kleva. (15 hp)
366. Karlsson, Michelle, 2013: En MIFO fas 1-inventering av förorenade områden: Kvarnar med kvicksilverbetning Jönköpings län. (15 hp)
367. Michalchuk, Stephen P., 2013: The Säm fold structure: characterization of folding and metamorphism in a part of the eclogite-granulite region, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
368. Praszker, Aron, 2013: First evidence of Late Cretaceous decapod crustaceans from Åsen, southern Sweden. (15 hp)
369. Alexson, Johanna, 2013: Artificial groundwater recharge – is it possible in Mozambique? (15 hp)
370. Ehlorsson, Ludvig, 2013: Hydrogeologisk kartering av grundvattenmagasinet Åsumsfältet, Sjöbo. (15 hp)
371. Santsalo, Liina, 2013: The Jurassic extinction events and its relation to CO₂ levels in the atmosphere: a case study on Early Jurassic fossil leaves. (15 hp)
372. Svantesson, Fredrik, 2013: Alunskiffern i Östergötland – utbredning, mäktigheter, stratigrafi och egenskaper. (15 hp)
373. Iqbal, Faisal Javed, 2013: Paleoecology and sedimentology of the Upper Cretaceous (Campanian), marine strata at Åsen, Kristianstad Basin, Southern Sweden, Scania. (45 hp)
374. Kristinsdóttir, Bára Dröfn, 2013: U-Pb, O and Lu-Hf isotope ratios of detrital zircon from Ghana, West-African Craton – Formation of juvenile, Palaeoproterozoic crust. (45 hp)
375. Grenholm, Mikael, 2014: The Birimian event in the Baoulé Mossi domain (West African Craton) — regional and global context. (45 hp)
376. Hafnadóttir, Marín Ósk, 2014: Understanding igneous processes through zircon trace element systematics: prospects and pitfalls. (45 hp)
377. Jönsson, Cecilia A. M., 2014: Geophysical ground surveys of the Matchless Amphibolite Belt in Namibia. (45 hp)
378. Åkesson, Sofia, 2014: Skjutbanors påverkan på mark och miljö. (15 hp)
379. Härling, Jesper, 2014: Food partitioning and dietary habits of mosasaurs (Reptilia, Mosasauridae) from the Campanian (Upper Cretaceous) of the Kristianstad Basin, southern Sweden. (45 hp)
380. Kristensson, Johan, 2014: Ordovicium i Fågelsångskärnan-2, Skåne – stratigrafi och faciesvariationer. (15 hp)
381. Höglund, Ida, 2014: Hiatus—Sveriges första sällskapsspel i sedimentologi. (15 hp)
382. Malmer, Edit, 2014: Vulkanism— en fara för vår hälsa? (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund

