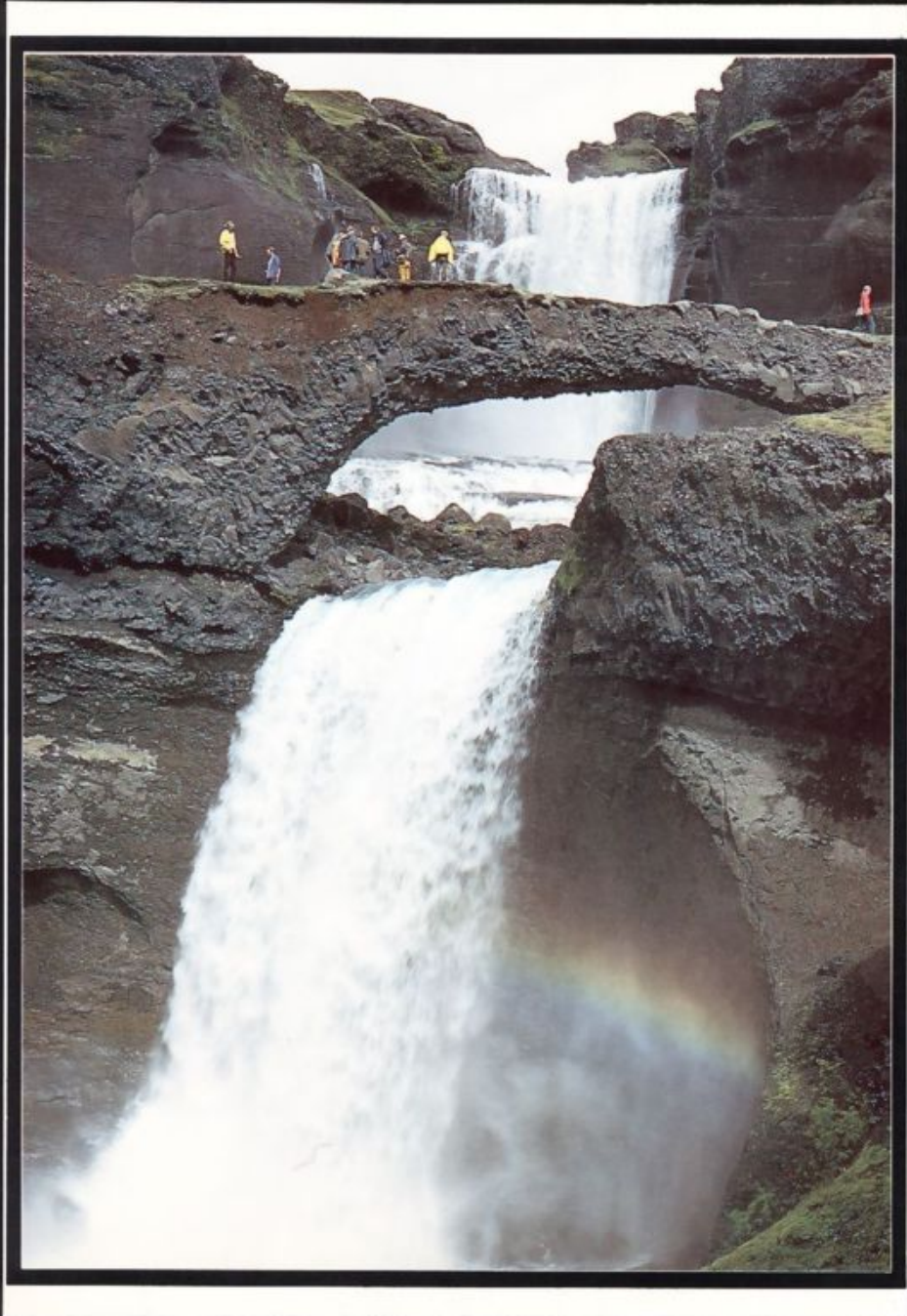




naturen

nr. 5-6 1983

Universitetsforlaget



Forsidebilde (rettet tekst, med tilføyelser, 2010):

"Kva veg fører fra jorda til himmelen?" ... "Har du ikkje høyrte at gudane bygde ei bru frå jorda til himmelen, den som heiter Bivrost? Den har du vel sett; men det kan vera at de kaller ho Regnboge."

På Island skrev Snorre Sturlasson ned dette fra den norrøne mytologi i "Den Yngre Edda". Bildet er også fra Island, og viser "Bivrost" fotografert i vulkanen Eldgjá's eksplosjons-krater fra år 934, hvor en lavabru står igjen etter at vulkansk lava og aske ble sprutet fra jorda til himmelen. Lavabrua går over Öfærafoss (= den ufarbare fossen), men lavabrua raste dessverre sammen i 1991 etter et jordskjelv. Foto: Tom V. Segalstad, 1974.

Uhyre kraftige eksplosive vulkanutbrudd har foregått til alle tider og i alle deler av jorden. De påvirker vær og klima, sto trolig for Atlantis' undergang, og hjalp israelittenes utgang fra Egypt for 3500 år siden.

Naturen 1983, nr. 5-6



Forskningsstipendiat, cand.real. Tom Victor Segalstad, Mineralogisk-Geologisk Museum, Sars' gate 1, Oslo 5. Født 1949. Embedseksamen i geologi ved Universitetet i Oslo. Har vært vitenskapelig assistent i malmgeologi samme sted. Forskningsopphold i 3½ år ved The Pennsylvania State University, USA. Vitenskapelige publikasjoner om calderaer og basalt-lava i Oslofeltet, sjeldne mineraler, og om bruk av lanthanider og isotoper til forskning innen petrogenese (hvordan bergarter dannes) og metallogenese (hvordan malm- og mineralforekomster dannes). Medlem av norsk faggruppe for «International Association for Volcanology and the Chemistry of the Earth's Interior».

Eksplosive vulkanutbrudd – 100 år siden Krakatau-utbruddet

Tom Victor Segalstad

Uhyre kraftige eksplosive vulkanutbrudd har foregått til alle tider og i alle deler av jorden. De påvirker vær og klima, sto trolig for Atlantis' undergang, og hjalp israelittenes utgang fra Egypt for 3500 år siden.

Ordet kataklisme brukes om en brå og voldsom forandring, slik som en stor oversvømmelse, en syndflod — eller et uhyre kraftig eksplosivt vulkanutbrudd. Et velkjent eksempel på et kataklysmisk vulkanutbrudd fra den aller siste tid er Mount St. Helens i den vestligste del av USA.

I vulkanske strøk kan det være vulkaner som i løpet av sin historie har spydd ut vekselvis aske og lava. Mot slutten av vulkanens historie kan man ha store eksplosive utbrudd, hvor flere kubikk-kilometer med glassrik aske og pimpestein slynges ut. Ved dette mister toppen av vulkanen fundamentet, og vulkantoppen synker ned i vulkanen for derigjennom å danne den karakteristiske grytelignende vulkanåpningen, en caldera.

Ved ethvert vulkanutbrudd kan man få fire hovedtyper vulkanske produkter: Lava, aske, ignimbritt og gasser. La oss først se litt på hva disse er. Lava er smeltet stein som sprer seg ut på jordoverflaten som en væske, og som størkner til en finkornet bergart. Den kjemiske sammensetning kan variere fra basalt, en mørk bergart relativt fattig på silisiumdioksyd, gjennom den gråfargede andesitt, til den lyse dacitt og rhyolitt, som er rik på silisiumdioksyd. Asken kan bestå av ørsmå stein- og glasspartikler og

pimpestein, drevet opp i atmosfæren av varme vulkanske gasser. Ignimbritt (ignis = ild, bris = sky) består også av aske og pimpestein, men er klumpet sammen til en glødende sky som kan flytte seg langs jordoverflaten med stor hastighet ved hjelp av varme vulkanske gasser. Gassene består i hovedsak av vanndamp, karbonoksyder og svovelforbindelser (svoveldioksyd og dihydrogensulfid).

Bakgrunnen for denne artikkel er at det nå er 100 år siden det fant sted et kataklysmisk vulkanutbrudd i øygruppen Krakatau (også kalt Krakatoa, begge navn uttales med trykk på siste stavelse). Denne øygruppen ligger i Sunda-stredet mellom Sumatra og Java. Selv om vulkanutbruddet 26.-27. august 1883 fant sted helt på den andre siden av jorden, merket man ettervirkninger av det også her. Vulkaneksplosjonen hadde blåst vulkanske produkter helt opp i stratosfæren, som forårsaket ekstra rødfargede solnedganger globalt i flere år etterpå. Utbruddet var et av de kraftigste som man har registrert i nyere tid, og ble omtalt i tre utgaver av *Naturen* (nummer 7, 8 og 9 i 1884).

Denne artikkelen vil først ta for seg Krakatau-utbruddet, og deretter se litt på enkelte andre kataklysmiske vulkanutbrudd. Neste artikkel

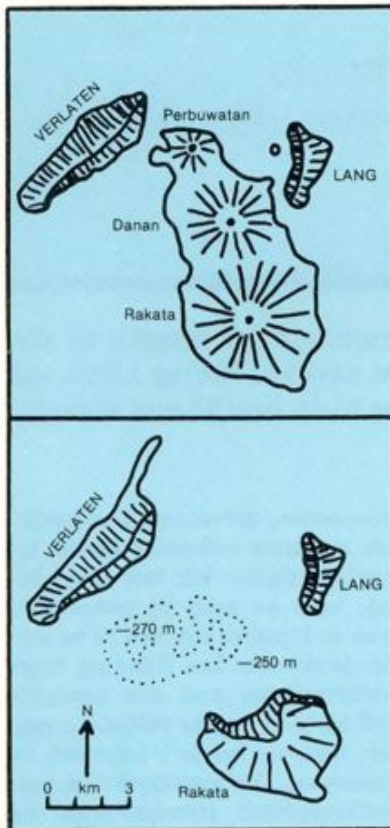


Fig. 1. Kart som viser øygruppen Krakatau før (øverst) og etter (nederst) vulkanutbruddet i 1883.

vil se på hvordan slike utbrudd kommer i stand, og hvilke energimengder jorden slipper løs i slike ekstreme tilfeller.

Krakatau 1883

Øygruppen Krakatau i Sunda-stredet besto av tre øyer, hvorav den største huset tre vulkaner (se fig. 1). Denne øya var ca. 800 meter høy og var ubebodd. Vulkanene hadde ikke hatt utbrudd siden 1680, og ble regnet som utslukket. I mai 1883 merket man noen små jordskjelv på Java og Sumatra, og 20. mai hadde vulkanen Perbuwatan et utbrudd som slynget aske 10 km opp i luften. Aktiviteten varte noen dager, og så

var det stille inntil 19. juni 1883, da et nytt utbrudd ble ledsaget av utbrudd også fra vulkanen sønnenfor, Danan. Små utbrudd fortsatte gjennom hele juli, inntil vulkanen Rakata også fikk utbrudd den 11. august.

Selve det kataklysmiske utbruddet startet den 26. august 1883. Fra klokken 13 lokal tid og i 16½ time fremover kom det en vulkansk eksplosjon hvert tiende minutt, ledsaget av sterk askeutblåsing. Askesøylen skal ha vært opptil 25 km høy på denne tiden.

Omtrent klokken 5.30 den 27. august 1883 forandret vulkanutbrud-

det karakter. I løpet av de neste 5½ timene foregikk det fem enormt kraftige vulkanske eksplosjoner. Eksplosjonene hørtes bl.a. på Ceylon og i Perth på Australias vestkyst, opptil 4800 kilometer unna! (Hvis vi skulle tenke oss at det fant sted en slik vulkansk eksplosjon i Oslo, ville den bli hørt i et område begrenset av Nordpolen i nord, Newfoundland i vest, Sahara i syd og Iran i øst!) Askesøylen sto nå 50–80 km opp i luften. På denne tiden falt vulkankjeglen ned i vulkanen. Store mengder av glødende biter fra vulkanen, såkalt ignimbritt, seg ut i havet. Her dannet det



Fig. 2. Tegning av Krakatau under og etter utbruddet i 1883 (fra *Naturen* nr. 7, 1884).

seg store flodbølger. En slik flodbølge dannet av et vulkanutbrudd har fått et eget japansk navn: tsunami. De fleste menneskeliv som gikk tapt på grunn av Krakatau-utbruddet, 36 000 mennesker, skyldtes tsunamier.

Det er verd å merke seg at disse utbruddene ikke produserte noe lava. De vulkanske produkter var aske, pimpestein og ignimbritt. Fundamentet til vulkanene er bygget opp av lavabergarter fra tidligere, lavaproduerende utbrudd, av det vi kaller andesittisk sammensetning. Det materialet som kom opp i 1883, inneholdt noe mer silisiumdioksyd, tilsammen 65–68 vekt %, og sies derfor å ha dacittisk sammensetning. Dacittisk sammensetning er ganske nær dypergarden granitts kjemiske sammensetning, og er typisk for vulkansk materiale produsert ved eksplosiv vulkanisme.

Tambora 1815

Krakatau-utbruddet har aldeles ikke vært det eneste kataklysmiske vulkanutbrudd i dette området. 400 km øst for Java ligger en øy som heter Sumbawa, hvor vulkanen Tambora trolig har stått for den aller kraftigste vulkanske eksplosjon vi har hatt på jorden i løpet av de siste årtusener. Som ved de fleste andre kataklysmiske vulkanutbrudd skjedde også denne samtidig med dannelsen av en caldera. Før 1812 trodde man at vulkanen var utdødd, men det året skjedde det en svak vulkansk eksplosjon i krateret. I april 1815 kom så den enormt kraftige eksplosjonen, som slynget aske 20 km opp i luften. Man har beregnet at i alt ca. 100 kubikk-kilometer med vulkansk aske ble sluppet ut fra Tambora. Askeskyen var så tett at øya Madura, 500 km borte, lå i komplett mørke i 3 døgn. I alt 92 000 menneskeliv gikk tapt, mange på grunn av sult og sykdommer, fordi den

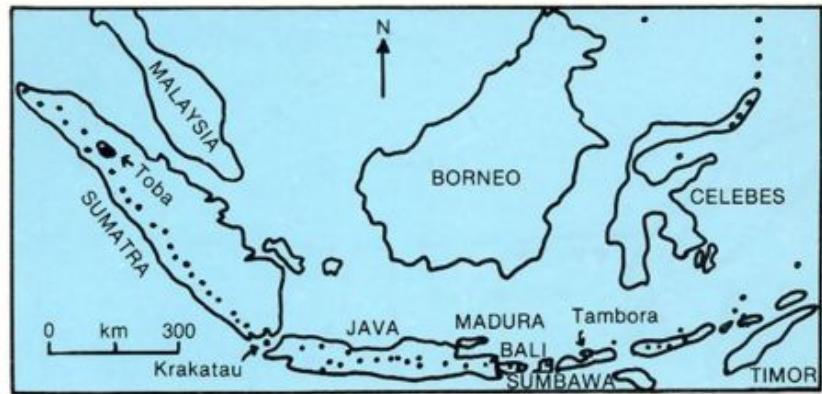


Fig. 3. Kart over det sentrale Indonesia. En del større vulkaner er påtegnet.

vulkanske asken hadde fullstendig dekket alle åkre i et stort område.

På den nordligste delen av Sumatra var det også et gigantisk utbrudd for omtrent 75 000 år siden. Minst 1000 kubikk-kilometer magma ble sprutet ut på kort tid. Verdens største caldera, Toba, ble dannet da. Den måler 100 ganger 35 kilometer!

Mount St. Helens 1980

Det kataklysmiske utbruddet fra vulkanen Mount St. Helens, like nord for byen Vancouver i den amerikanske staten Washington, er noe de fleste mennesker har hørt om. Vulkanen skal ha hatt sine første utbrudd mellom årene 1600 og 1700. På 1800-tallet hadde den utbrudd i til sammen 22 år! Før 1980 hadde vulkanen «sovet» siden 1857, men den var gjentatte ganger betegnet som en risiko, på grunn av dens tidligere voldsomme historie. Blant folk flest ble fjellet betegnet som «Amerikas Fuji» på grunn av sin vakre symmetriske form tilsvarende den berømte japanske vulkanen Fujijama.

I april 1980 begynte vulkanen å «varme opp» med såkalte «freatiske utbrudd». Dette er damp-eksplosjoner som foregår på følgende måte: Når smeltet stein («magma») trenger fram nede i vulkanen, vil var-

men som stiger opp fra dette, smelte ishatten som ligger over toppen av vulkanen. Er det hett nok, vil smeltevannet bli varmet opp til koking, og vandamp samles opp inntil dampen kan slippe ut som et utbrudd. Ofte kan dampeksplasjonen blåse ut aske som lå der fra tidligere utbrudd.

Umiddelbart før store vulkanutbrudd er det vanlig å observere forvarsel i form av en jevn strøm av små jordskjelv. Dette uteble fullstendig før det kataklysmiske utbruddet som fant sted 18. mai 1980. På den 17. mai 1980 var vulkanfjellet 3000 meter høyt. Dagen derpå, noen minutter etter klokken halv ni om morgenen, etter ett kraftig jordskjelv, var de 400 øverste metrene av fjellet borte. I stedet var det der nå en dampende caldera av et krater 1½ kilometer bredt. Ved at vulkanveggen hadde gitt etter, hadde det foregått det største steinskred som kanskje noen har fått se. Og som typisk for kataklysmiske vulkanutbrudd hadde det ikke kommet opp noe lava, bare millioner tonn med pimpestein, aske og gass. Det sistnevnte er nemlig også et viktig vulkansk produkt, selv om det er usynlig. Fra Mount St. Helens målte geologenes instrumenter at opptil 16 000 tonn gasser (særlig vandamp, karbonoksyder og svovelfor-

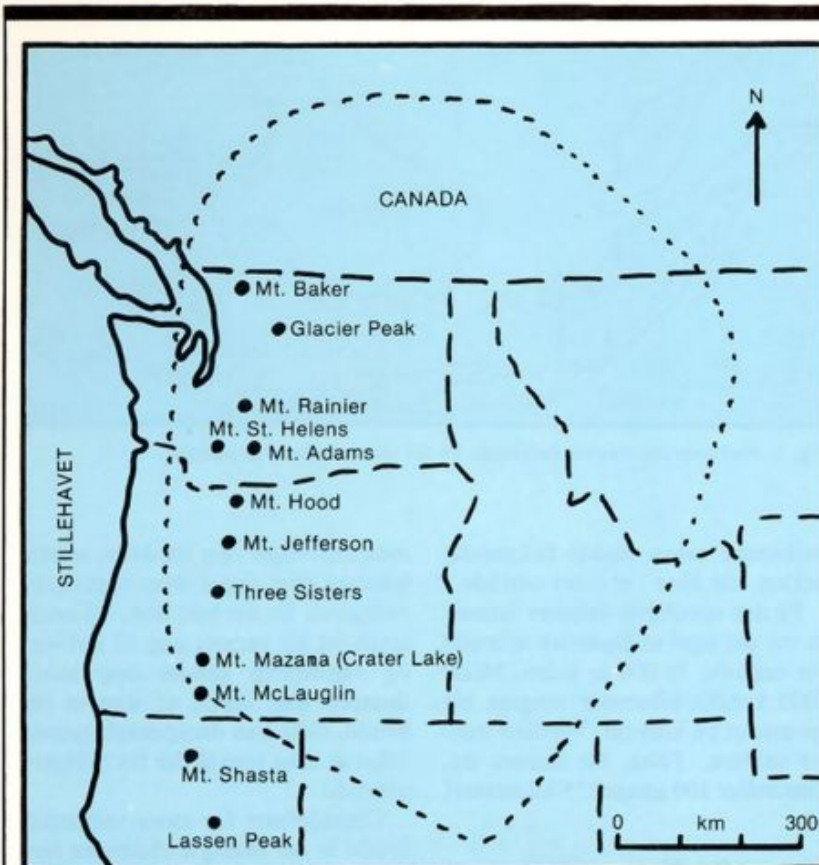


Fig. 4. Kart over det nordvestre hjørne av USA. De største vulkanene i Kaskadene er vist, sammen med utbredelsen av vulkansk aske fra utbruddet av Mount Mazama ca. 5000 år f.Kr.

bindelser) ble sluppet ut hvert døgn. Vulkanen er bygget opp av bergarterne basalt, andesitt og dacitt, og den vulkanske aske hadde, akkurat som for Krakataus vedkommende, dacittisk sammensetning.

Mount Mazama/Crater Lake ca. 4600 f.Kr.

Akkurat som tilfellet var for Krakatau, var Mount St. Helens-utbruddet ikke det første kataklysmiske vulkanutbrudd i området. Mount St. Helens tilhører en gruppe vulkaner langs fjellryggen Kaskadene. Navnet er betegnende nok, i og med at ordet kaskade også brukes som betegnelse på fyrverkeri med en rek-

ke sprutende brannrør som illuderer fallende vann.

Ca. 4600 år f.Kr. mener man at fjellet Mount Mazama strakk seg opp til ca. 3900 meter over havet. Et kataklysmisk utbrudd må så bokstavelig talt ha jevnet vulkanen med jorden. Man har beregnet at mellom 50 og 70 kubikk-kilometer vulkansk materiale, aske og ignimbritt, ble spredd over et enormt område. Det finnes askelag fra dette utbruddet i et område med radius 500 km ut fra vulkanen. Der vulkanen lå, finner man i dag intet fjell, men en 8–10 km vid vannfylt caldera. Dette populære turistmål i staten Oregon kalles i dag Crater Lake, og er altså nå en 1130 meter dyp innsjø!

El Chichón 1982

Et relativt lite kjent, middels kraftig, vulkanutbrudd er det som skjedde i sydøstre Mexico 4. april 1982. Grunnen til anonymiteten er vel at utbruddet skjedde, slik som tilfellet var for Mount St. Helens-utbruddene. Allikevel pumpet den meksikanske vulkanen El Chichón ut minst 10 ganger mer sollysskjermende aske og gasser til stratosfæren enn Mount St. Helens gjorde to år tidligere. El Chichóns verdensomspennende sky består i dag for det meste av ørsmå svovelsyredråper. Disse blokkerer og sprer sollyset, og kan senke lufttemperaturen over hele jorden med en kvart til en halv grad Celsius i 1983. Hvilken effekt dette har på været over hele jorden, er vanskelig å si. Men som en av verdens største luftforurenserer i dette århundre burde vulkanen og dens utbrudd ha kvalifisert til mer oppmerksomhet, selv om utbruddet ikke kan sies å være kataklysmisk.

I fire måneder før utbruddet hadde lokale bønder klaget over jordskjelv, og at vannet i de lokale elvene var oppvarmet og svovelluktende. Og det sto bestandig en dampsky rundt fjellet. Geologer skulle komme inn, men før de rakk inn, hadde vulkanen den 28. mars hatt sitt første utbrudd, som sendte aske 17 km opp i luften, og som delvis ødela vulkantoppen. Den 3. april kom et nytt utbrudd som ødela resten av toppen, og som etterlot en 1 km bred og 290 meter dyp caldera. Dagen etter kom det store askeutbruddet, som sendte en askesøyle opp til en høyde av 38 kilometer.

Mount St. Helens sendte ut 6–7 ganger mer vulkansk materiale, men spredte det særlig ut til en av sidene, fordi vulkanveggen ga etter. For El Chichóns vedkommende gikk det vulkanske materialet rett opp. El Chichóns sky ligger fra 18 til 38 km opp i atmosfæren, og så-

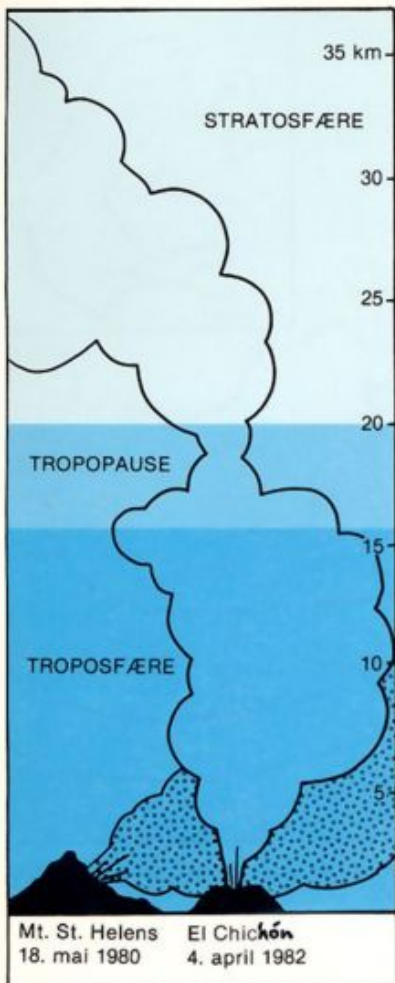


Fig. 5. En sammenligning av askeskyene fra Mount St. Helens i 1980 og El Chichón i 1982. Mount St. Helens eksploderte til siden, og ødela et område på 600 kvadratkilometer. El Chichón eksploderte vertikalt, og forårsaket liten lokal ødeleggelse. Derimot sendte El Chichón aske og gasser helt opp i stratosfæren, hvor man kan få global innvirkning på vær og klima.

ledes over troposfæren hvor jordens vær hovedsakelig lages. Dette betyr ikke at denne vulkanskyen vil unnlåte å virke på været. Skyen inneholder finkornet vulkansk aske, hvor de enkelte partikler bare er noen mikrometer (tusendedels millimetre) store, i tillegg til dråper av svovelsyre. Forbausende nok inne-

holder skyen også saltkrystaller, noe som tidligere aldri er funnet i vulkanskyer fra land-vulkaner. Selve magmaet hadde trachy-andesittisk sammensetning med ca. 56 vekt % silisiumdioksyd. I den vulkanske asken fant man også forbausende nok opptil 2% med mineralet anhydritt, kalsiumsulfat.

Hvordan i allverden fikk man sulfat i asken, og svovelsyre og saltkrystaller i vulkanskyen? Svaret på dette er nok at magma traff på og assimilerte deler av et gammelt lag av saltavsetninger på 3–4 km dyp, da magmaet var på vei opp til jordoverflaten. Nettopp den høye svovelholdigheten som magmaet oppnådde på grunn av dette, var trolig medvirkende til at vulkanutbruddet fikk innflytelse på været. Styrkemessig var nemlig ikke denne vulkaneksplosjonen mer enn middels, og ingen kataklysmisk vulkaneksplosjon.

Laki 1783

Vi kommer ikke forbi å nevne et islandsk kataklysmisk vulkanutbrudd, nær sagt i vår egen bakgård. I 1362 hadde Øræfajökull hatt et kataklysmisk vulkanutbrudd, men Laki-utbruddet i 1783 hadde nok større global virkning, på grunn av sin luftforurensende virkning.

Utbruddet startet i juni 1783 og varte i 8 måneder. I løpet av denne tiden strømmet 12,3 kubikk-kilometer lava ut av tilsammen 115 kraterer langs en 25 km lang sprekk. I tillegg produserte utbruddet 0,3 kubikk-kilometer aske, tilsvarende mengden av aske fra Mount St. Helens-utbruddene i 1980. Man har beregnet at 10 millioner tonn svoveldioksyd steg til værs, som ble merket så langt borte som i Kina 50 dager senere! Benjamin Franklin var De Forente Staters ambassadør i Frankrike, og merket at sollyset ikke var så sterkt som før! Sollyset

ville ikke lenger få et papir til å ta fyr når han fokuserte lyset gjennom et forstørrelsesglass. I flere år etter utbruddet var jordens lufttemperatur flere grader lavere enn normalt. Vintrene ble uvanlig kalde, og det kom forbausende nok haglskurer i England om sommeren.

Grunnen til vulkanutbruddets påvirkning på klima var i hovedsak Laki-magmaets svovel-rikdom. 0,1 vekt % svovel inneholdt magmaet, mens bare 0,015 vekt % svovel ble igjen i lavaen. 85% av svovelet forsvant altså opp i luften, hvor det bandt seg med vann til ca. 100 millioner tonn svovelsyre!

Vesuv 79

Det klassiske kataklysmiske vulkanutbrudd er det som fant sted fra vulkanen Vesuv i året 79 etter Kristus. Fordi Plinius den eldre døde under dette utbruddet, som han først hadde beskrevet, har slike utbrudd også blitt kalt Pliniske utbrudd. Der Vesuv står nå, sto det opprinnelig en mye større vulkan. Vulkanen hadde vært «sovende» så lenge at vingårdene strakte seg helt til toppen. I år 79 skjedde det flere kraftige vulkanske eksplosjoner. De frigjorde skurer av hvit pimpestein, som fullstendig tildekket Pompeii. Så kom den glødende ignimbritten, som la seg over og sved av Herculaneum. Calderaen som ble dannet ved utbruddet, heter i dag Monte Somma. Navnet Vesuv brukes i dag om den yngre vulkankjeglen som har vokst opp fra caldera-gulvet.

Santorin ca. 1500 f.Kr.

Vulkanøya Santorin, tidligere kjent som Thera, ligger i den sydlige delen av øygruppen Cycladene, 110 km nord for Kreta. Santorin hadde et kataklysmisk vulkanutbrudd rundt året 1500 f.Kr. Dette må ha vært

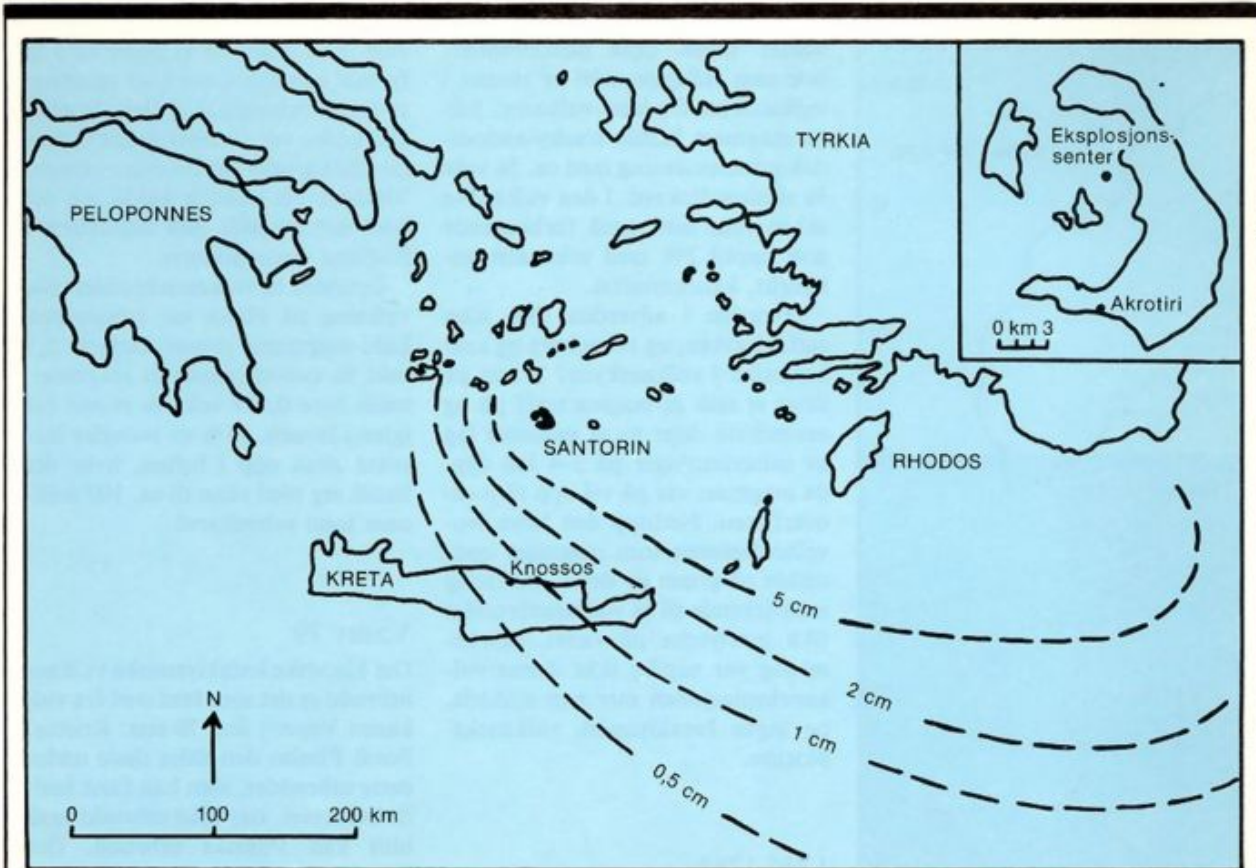


Fig. 6. Kart som viser øya Santorin (Thera) i det østlige Middelhavet, og tykkelse av askelag funnet på øyer og i borkjerner fra bunnen av Middelhavet. Asken regnes å ha vært dobbelt så tykk da den falt ned fra utbruddet ca. 1500 år f.Kr.

ganske likt det som fant sted på Krakatau, og endatil enda kraftigere. Krakatau produserte ca. 5 kubikk-kilometer vulkansk aske, mens Santorin trolig produserte 10 ganger mer! I vulkansenteret på Santorin, under vann, ligger nå en 14 km vid caldera dannet ved utbruddet for ca. 3500 år siden.

Utbruddet startet ganske forsiktig, som vi kan se av de første tynne askelagene. Over dette kommer to virkelig mektige askelag, med tykkelse opp til 60 meter. Ut fra utbredelsen av askelagene ser man at vinden blåste asken mot sydøst.

Det er hevet over tvil at denne enorme vulkaneksplosjon må ha hatt en katastrofal virkning på historien til de folk som levde i og

rundt det østlige Middelhavet. De minoiske byene på Thera ble fullstendig begravet i aske og pimpestein. På Kreta har man funnet 15 cm tykke askelag fra dette utbruddet. Mange mener i dag at denne enorme naturkatastrofen var medvirkende til at den minoiske sivilisasjonen i Middelhavet opphørte. Enkelte mener også at det samfunnet som var på Thera (Santorin), må ha vært det Atlantis som den greske filosofen Platon snakket om.

Det er videre interessant å registrere at dette kataklysmiske utbruddet fant sted på samme tid som israelittenes utgang fra Egypt. Bibels beskrivelse av Herrens 9 straffedommer over Egypt de siste par uker før israelittenes utgang, er ikke

usannsynlige følger av kraftig vulkansk aktivitet i det østlige Middelhavet.

«Da sa Herren til Moses og Aron: Ta hendene fulle av aske fra ovnen, og Moses skal kaste den op i været så Farao ser på det, og den skal bli til støv utover hele Egyptens land...» (2. Mos. 9, 9-10).

«Og Herren sa til Moses: Rekk din hånd op mot himmelen, og det skal bli mørke over Egyptens land, et mørke så tykt at en kan ta på det. Så rakte Moses sin hånd op mot himmelen, og det blev et tykt mørke i hele Egyptens land i tre dager.» (2. Mos. 10, 21-22).

Det har f.eks. også vært foreslått at de som døde under den siste straffedommen, kan ha dødd av giftig gass fra vulkanen. Åpningen av havet for israelittene, men som druknet den egyptiske hær, kan ha skyldtes tsunami fra Santorin. Det er foreslått at dette ikke hendte ved Det Røde Hav, men ved Sivhavet, en sumpig lagune ved Middelhavskysten øst for Nildeltaet.

Vi vet at vulkanskyer kan holde seg i dager og uker. Den nederste delen kan være brennende varm, og kan gløde rødt om natten.

«Og Herren gikk foran dem, om dagen i en skystøtte for å lede dem på veien og om natten i en ildstøtte for å lyse for dem, så de kunde dra frem både dag og natt.» (2. Mos. 13, 21).

Videre lesing

- Self, S. & Rampino, M.R. 1981: The 1883 eruption of Krakatau. *Nature* 294, 699-704.
- Foxworthy, B.L. & Hill, M. 1982: Volcanic eruptions of 1980 at Mount St. Helens. U.S. *Geologi-*

cal Survey Professional Paper 1249, 1-125.

- Gulliermo, R.E., Garrett, K., Weintraub, B. & Tilling, R.I. 1982: The disaster of El Chichón. *National Geographic* 162, 654-684.
- Sigurdsson, H. 1982: Volcanic Pollution and climate: The 1783 Laki eruption. *EOS* 63, 601-602.
- Doumas, C. 1983: Santorin et la fin du monde égéen. *La Recherche* 14, 456-463.
- Sparks, R.S.J. 1979: The Santorini eruption and its consequences. *Endeavour* 3, 27-31.



Fig. 7. Den «sovende» vulkanen Mount Hood til høyre i bakgrunnen ser på at Mount Helens har et vulkanutbrudd 22. juli 1980. Aske og damp når 20 kilometer opp i luften. Vi ser tydelig det store krateret og den utrase kraterveggen som ga etter ved det kataklysmiske vulkanutbruddet 18. mai 1980. (Foto: UPI/NTB)