

Följ med till

HAWAI'I



TEXT: Erik Sturkell och Gabrielle Stockmann

Ön Hawai'i har mycket för alla och speciellt för geologer: aktiva vulkaner, lavalandskap, vackra stränder och paraplydrinkar, men inga metamorfa bergarter (förutom i bardiskar). Vill du studera basalter så ligger Island mycket närmare, men om du önskar att ha det lite varmare och dessutom vill skåda en frodig växlighet ovan basalten – då är Hawai'i det perfekta resmålet.

Vår färd i december 2013 gick till ön Hawai'i som går under namnet "Big Island", den stora ön, i ögruppen med samma namn, Hawai'iöarna.

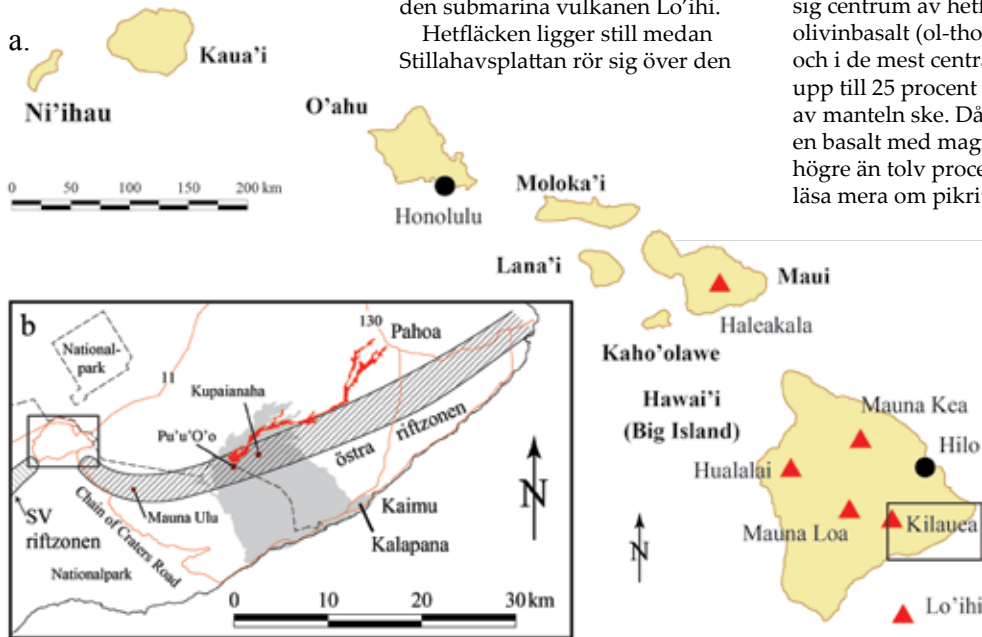
Öarna i ögruppen Hawai'i ligger som ett pärlband med den yngsta (Hawai'i 0,7-0 miljoner år gamla, Ma) i sydöst och de äldsta (Ni'i'hau & Kaua'i 5,6-4,9 Ma) i nordväst. Bortom dessa ligger ett antal atoller med Midway (43 Ma) bland de sista. Alla dessa öar och atoller är

produkter av den hetfläck, som idag ligger med sitt centrum under "Big Island".

Det finns sex aktiva vulkaner inom ögruppen. På Maui finns vulkanen Haleakala som hade det senaste utbrottet för 400-600 år sedan. Fyra finns på den stora ön; Mauna Kea, Hualalai, Mauna Loa och Kilauea, och utanför i havet finns den submarina vulkanen Lo'ihi.

Hetfläcken ligger still medan Stilla-havsplattan rör sig över den

med hastigheten 7-8 centimeter/år. Toppen av hetfläcken är utdragen nedströms (se bild på sida 17) och den heta regionen när hela vägen till Maui. I hetfläckens marginaler räcker endast värmen till för att partiellt smälta upp alkalibasalter. Detta gäller för magmaproduktionen för Haleakala (Maui), Mauna Kea och Lo'ihi. Ju mer man närmar sig centrum av hetfläcken ju mera olivinbasalt (ol-tholeiit) blir det, och i de mest centrala delarna kan upp till 25 procent uppsmältning av manteln ske. Då bildas pikrit, en basalt med magnesiumhalter högre än tolv procent. Om man vill läsa mera om pikritens liv, se då en



a.) Översiktskarta över Hawai'i, ögruppen med sex aktiva vulkaner (triangel).

b) Kilauea vulkanen med sin östra riftzon och kratern Mauna Ulu, som var aktiv 1969–1974, och den nu aktiva Pu'u'u'O'o-Kupaianahakratern. Gråa området är lavafältet från 1983–2014, som bland annat har täckt byn Kalapana. Det röda fältet visar det pågående lavaflödet som har nått 150 meter från byn Pahoa.



c) Förstoring av Kilaueakalderan med Hawai'is vulkanobservatorium, HVO, och dess granne Jaggermuseet. Kratern under "the overlook" är sedan 2008 en lavasjö, där stora mängder SO₂ avgasas. På grund av SO₂-molnet är Crater Rim Drive och "overlook" stängda.

HAWAI'I – EN DEL AV POLYNESIEN

Man tror att det var mellan år 500-700 efter Kristus, som polynesierna upptäckte och koloniserade ögruppen Hawai'i. De etablerade sig på de frodiga öarna som hade mycket men inte allt, ty det saknades råvaror som kunde omvandlas till järn, eftersom vulkanismen som bygger upp den Hawai'iska ögruppen är till 99,9 procent basalt. Dock finns obsidian, men i mycket små mängder och med en dålig kvalitet, så det var ej möjligt att tillverka vapen eller verktyg. Högt uppe på vulkanen Mauna Kea fann invånarna en tät basalt (möjligen gångar) utan bubblor. Denna basalt bröts och vapen och verktyg tillverkades. Det förekom ett flertal krig på öarna. De flesta före den tid då européer kom till öarna.

Det var kapten Cook som "upptäckte" Hawai'öarna år 1778, men det kan vara möjligt att spanjorerna hade upptäckt öarna men hållit det hemligt. Vad som talar för att spanjorerna kände till Hawai'öarna, var att de på 1500-talet hade kolonier i Amerika (bland annat Mexiko) och Filippinerna på andra sidan Stilla havet.

Svavelmoln från Halema'uana'u-kratern (the overlook crater). Foto: Erik Sturkell.



*Vägen "Chain of craters road" mot Kaimu ligger under flera meter av Pu'uO'o-lava från 1992-1997.
Foto: Erik Sturkell.*

artikel av Sturkell (2014). I Mauna Loa och Kilauea förekommer både olivinbasalt och pikrit i utbrottsprodukterna.

Vulkanen Hualalai har omkring tre utbrott per tusen år med det senaste år 1801, och den ligger just vid de populäraste turistorterna och ovan den mest använda flygplatsen på stora ön. Mauna Kea hade sitt senaste utbrott för omkring 4 600 år sedan, men vulkanen är inte utslocknad, endast sovande. För omkring 60–70 000 år sedan ändrade vulkanen sitt aktivitetsmönster, då den olivin-thoelitiska aktiviteten upphörde och alkalibasalt tog över. Vulkanen börjar närma sig kanten av hetfläckens uppsmälta zon (se bilden nedan). Ett stort antal alkalibasaltutbrott har producerat fullt med cinderkoner spridda på Mauna Keas sluttningar.

De två mest aktiva vulkanerna Mauna Loa och Kilauea har var sin kaldera. Från dessa vulkaner sträcker sig riftzoner mot sydväst och nordost eller ost. Hawai'is vulkanologiska observatorium, HVO, ligger på kanten av Kilaueakalderan (se kartan på föregående uppslag), där den aktiva lavasjön i Halema'uma'u-kratern finns. Det är i den östliga riftzonen i Kilauea, som de flesta av de senaste utbrotten har skett så som utbrottet 1959 i Kilauea Iki, Mauna Ulu (1969–1974),

och det som startade 1983 i Pu'uO'o – Kupaianaha, vilket pågår ännu. Till havs finns den submarina vulkanen Lo'ihi, som kommer att bli nästa sköldvulkan "på" Hawaii. Nu ligger dess topp på 1 000 meters djup, men den arbetar sig uppåt. Senaste utbrott var i 1996.

Mauna Loa är världens största vulkan och urtyp för sköldvulkaner. Den är ytterst aktiv med minst 33 utbrott sedan 1843. Det senaste utbrottet i Mauna Loa skedde 1984 med lavaströmmar, som rann ned längs vulkanens öst-sida mot staden Hilo och dessa stannade till slut endast sju kilometer utanför stadsgränsen!

Explosiva utbrott

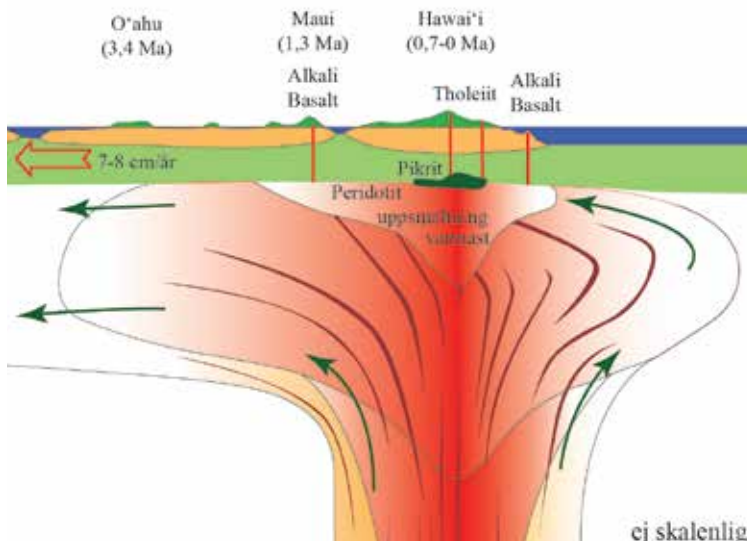
Både Mauna Loa och Kilauea har kalderor och att dessa finns betyder att explosiva utbrott har skett. För att få ett explosivt förlopp krävs volatiler. Dessa finns primärt i magman såsom i kiselrika magmor, som kan innehålla upp till 10-15 gånger mer volatiler (wt%) än basaltiska magmor. Den hawaiiiska vulkanismen är basaltisk till största delen och har ett volatillinnehåll på omkring 0,5 wt%. Det har rapporterats om en patetiskt liten obsidian förekomst (traktytisk sammansättning) i en kon på Hualalais norra flank. De explosiva händelserna som ägde rum till exempel 1790 och

1924 i Kilauea har förklarats med att grundvatten plötsligt kom i kontakt med magman med ett explosivt förlopp som följde. Under ett explosivt utbrott kan en kaldera bildas och pyroklastiskt material spridas i omgivningen. År 1790 omkom omkring 80 personer i det pyroklastiska flödet, vilket hade upp till tio meters tjocklek – en olycka som ändrade maktstrukturen på ön. Hade en lika stor explosion skett i dag hade vulkanobservatoriet och museet blivit totalt ödelagda. Explosionen som inträffade i 1924 i Halema'uma'u-kratern var betydligt mindre och man observerade en insjunkning i kratern tre månader innan, så det fanns tecken på att något var på gång. I sektionen som visar Kilaueas eruptionshistoria 50 000 år tillbaka, har man observerat närmare 25 pyroklastiska nivåer. Det visar att även i en totalt basaltisk miljö kan explosiva händelser ske om magmarörelser och grundvatten kombineras.

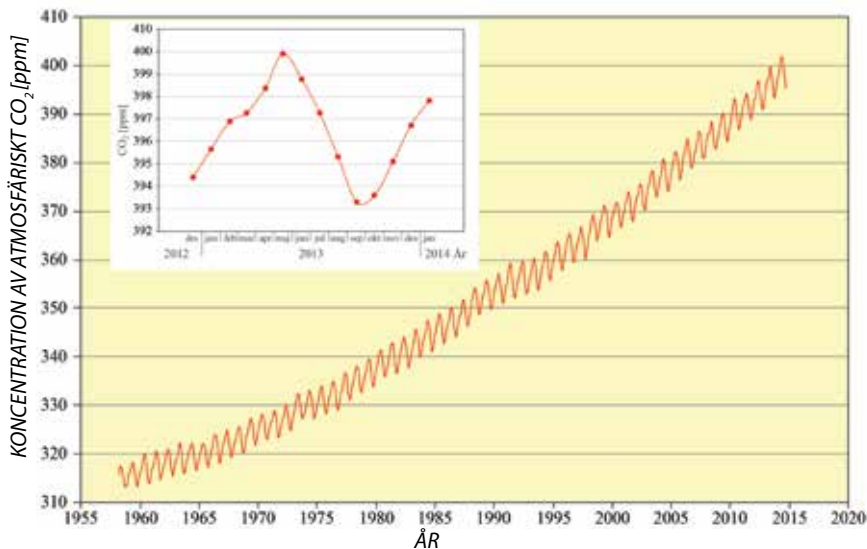
Observatorier

Den stora ön har flera observatorier inom vulkanologi, meteorologi och astronomi. Det meteorologiska observatoriet är mest känt för sin långa mätserie av CO₂ i atmosfären. Det astronomiska observatoriet är placerat på toppen av Mauna Kea och består av ett helt batteri av olika (stora) instrument, framför allt olika typer av teleskop byggda och ägda av olika länder.

Det Hawai'iska vulkanobservatoriet bildades 1912 av geologen Thomas A. Jaggar Jr. Han byggde upp det från den vetenskapliga grund som Frank A. Perret hade lagt i och med att denne började



Över den stationära hetfläcken rör sig Stillahavsplattan, och lämnar ett pärlband av utslocknade vulkaner mot nordväst. De aktiva vulkanerna finns runt ön Hawai'i. I den perifera delen av hetfläckens uppsmältszon finns alkalibasalt, och i den centrala delen olivin-tholeiit och pikrit.



Det infällda diagrammet visar årsvariationen i CO₂. Stora diagrammet visar en CO₂-mätserie från 1958–2014 (källa: Scripps data hämtat från www.co2now.org).

övervakningen av Kilauea år 1911. Observatoriet ligger i Hawai'is vulkan-nationalpark och har till granne Jaggarmuseet, som är ett museum om vulkanologi som drivs av nationalparken. Sedan 1912 har det skett fler än 60 utbrott på Hawai'i och aktiviteten fortgår, så observatoriet lär inte bli arbetslöst.

I Halema'uma'u-kraterns (också kallad "the overlook crater") östra del finns en lavasjö som har varit aktiv sedan 19 mars 2008. Detta var den första explosiva aktiviteten i denna krater sedan explosionen år 1924. Från utsiktspunkten vid Jaggarmuseet kan man inte se lavasjöns yta utan endast molnet som stiger upp (se fotot på sida 15). Under de mörka timmarna blir detta moln upplyst av den glödande lavan (se omslagsbilden). Molnet består främst av vattenånga, CO₂ och SO₂. Gasmolnet driver oftast mot sydväst bort från Jaggarmuseet, och SO₂, som kommer i kontakt med vatten bildar syra. Det mesta av syran regnar ned sydväst om kratern och skapar en mycket speciell miljö (Ka'u-ödemarken), där markens pH ligger mellan 1,5-3,5! På grund av syraregen har "Crater rim drive" stängts år 2008 och utsiktsplassen "overlook" på Halema'uma'u-kraterns rand har också stängts.

Den 3 januari 1983 inleddes ett utbrott i Kilaueas östra riftzon där lavafontänen byggde upp en kon, som

fick namnet Pu'uO'o. I mitten av 1986 flyttade aktiviteten till en ny krater tre kilometer bort: Kupaianahakratern. Sedan har de två kratrarna arbetat växelvis. Utbrottet går därför under namnet Pu'uO'o–Kupaianaha. I lavan finns tunnlår, vilka är förutsättningen för att transportera lava längre sträckor. På hösten 1986 nådde lavan havet för första gången, omkring tio kilometer från kratern. Denna lavaström skar av vägen (foto, sida 16) som gick längs kusten.

I mars 1990 började Kupaianahakratern producera stora mängder lava, som strömmade mot Kalapana vid kusten. För att nå kusten fick lavan passera ett idylliskt område (Kalapana) och under de följande sex månaderna begravdes allt (inklusive 100 hem) under 15 till 25 meter lava, och strandlinjen flyttade 300 meter ut.

Utbrottet fortgår idag med lava strömmande i riktning mot havet. Dock når inte alla lavaströmmar fram till havet. Lavan finner nya vägar, nya områden begravs och byggnader brinner ner. Från utbrottets början i 1983 till 2011 har 213 hus blivit förstörda. Den 27 juni 2014 sjönk nivån i Pu'uO'o lava-sjön, och lava strömmade ut från kratern.

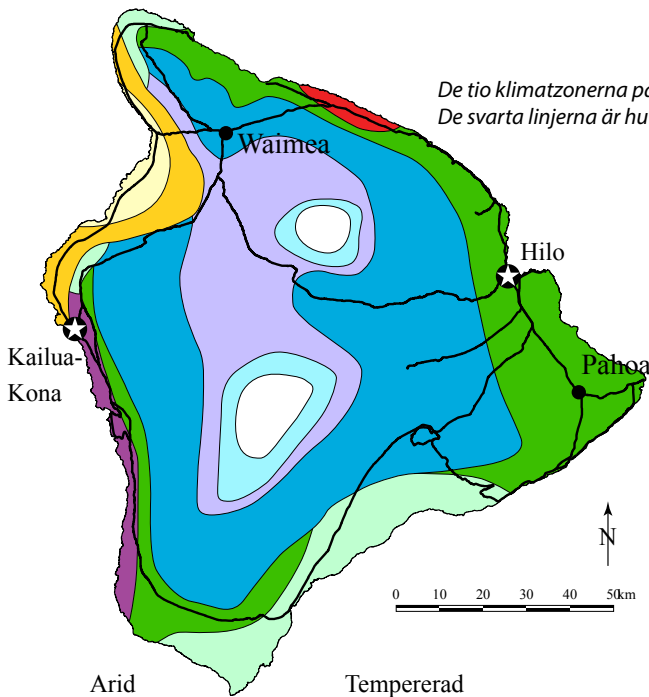
Denna tillsyns lilla händelse skulle bli känd som "27 juni-utbrytningen" och pågår fortfarande (per den 29 december 2014). Lavaflödet har riktning mot nordöst och har med två lavatungor nått till kanten av staden Pahoa där minst ett hus har blivit förstört.

Berömd CO₂ - mätserie

Vid det meteorologiska observatoriet nära toppen av Mauna Loa, 4,5 kilometer nordöst från kalderakanten, har CO₂-halten i atmosfären mätts sedan 1958 och representerar den

längsta sammanhängande mätserien i världen. Att mäta CO₂ för klimatövervakning på toppen av en av världens mest aktiva vulkaner kan verka som en dålig ide. Den dominerande vindriktningen över Hawai'i är dock från nordöst och under de dagar med vinden från detta håll (vilka är de flesta) går det bra att mäta CO₂. Är vinden däremot från Mauna Loa kalderan kan data användas för övervakning av den vulkaniska avgasningen (från magma), som kan säga något om den eventuellt kommande aktiviteten.

Man mäter luftens innehåll av CO₂ i miljondelar av CO₂-volymen i torr luft. Mätningarna görs kontinuerligt och redovisas som medeltal per timme och per dag. Oftast visas endast dags- eller månadsvariationen. Koldioxidmängden i luften har en tydlig årsvariation. Denna årsförändring avspeglar variationer i landväxters förbrukning av koldioxid. Eftersom större skogsarealer finns på norra halvklotet, så dras mer CO₂ ut från atmosfären under sommarperioden på det norra halvklotet än under sommarperioden på det södra halvklotet. Koldioxidhalten är högst på våren just innan växterna på norra halvklotet kommer igång med sin förbrukning.



De tio klimatzonerna på Big Island.
De svarta linjerna är huvudvägar.

Arid	Tempererad
varm öken	ständigt fuktig och varmt
varm halv-öken	varm torr sommar
Tropisk	sval torr sommar
monsun	Arktisk
ständigt fuktig	periglacial
torr vinter	
torr sommar	

Många olika klimatzoner

Med alla olika klimatzoner på den stora ön kan du välja ditt favoritklimat. Om du inte är nöjd med klimatet där du är, så kör du bara några kilometer, då kommer du till ett annat klimat. På den stora ön finns tio olika klimatzoner. Om man ska beskriva klimat så finns Köp-pens klassifikation, som har fem huvudklimatzoner varav fyra finns på Hawai'i; tropisk, arid, tempererad och arktisk. Det är endast den kontinental, som inte finns! Sedan finns det subzoner och på stora ön finns tio av de mest vanliga representerade. Ovan trädgränsen (3 000 meter) är det ett arktiskt klimat med permafrost. Sedan finns det arida områden och tropisk klimat. Största delen av ön (två tredjedelar) ligger i den tempererade klimatzonen.

I en klimatzon med varm och ständig fuktighet spirar växtligheten kort tid efter att en lava-

ström har kallnat. Lavatunneln "Thurston lava tube", direkt väst från Ikikratern, är 500 år gammal och omges av en tropisk regnskog.

I USA kan man detta med nationalparker. Allt fungerar utmärkt med bra vägar och vandringsleder, välorganiserade informationsanläggningar med bra utställningar och kunniga och vänliga parkvakter i lustiga hattar. Vi får konkludera att ön Hawai'i har allt; paraplydringar, stora vågor, bra stränder, inga farliga djur, glada turister och glada basalter – det finns inga sura bergarter där!

ERIK STURKELL professor vid Geovetarcentrum, Göteborgs universitet.
erik.sturkell@gvc.gu.se

GABRIELLE STOCKMANN, post doc vid institutionen för geologiska vetenskaper, Stockholms universitet.



En av artikelförfattarna framför kameran och en bakom.

REFERENSER

Bakgrundsfakta till denna artikel är framför allt hämtade från USGS rapporter och hemsida från filialen på Hawaii (<http://hvo.wr.usgs.gov/>):

- Babb et al. (2011), Tilling et al. (2010) and Lonely Planets bok om Hawai'i.
- Babb, J.L., Kauahikaua, J.P., and Tilling, R.I., 2011. *The story of the Hawaiian Volcano Observatory—A remarkable first 100 years of tracking eruptions and earthquakes*, U.S. Geological Survey General Information Product 135, 60 p., available at <http://pubs.usgs.gov/gip/135/>.
- Sturkell, E., 2014. *Det primitiva Island*, Geologiskt Forum nr. 83, sept. 2014
- Tilling, R.I., Heliker, C., and Swanson D.A., 2010. *Eruptions of Hawaiian volcanoes— past, present, and future*, U.S. Geological Survey General Information Product 117, 63 p. available online at: <http://pubs.usgs.gov/gip/117/>