

Jordskælv og pladetektonik

- Island rystes og spredes



Store normalforkastninger i Thingvellir-sletten i den vestlige riftzone. (Foto-copyright: www.mats.is)

Af ph.d.-studerende Marie Keiding, Nordisk Vulkanologisk Center, Islands Universitet

For geologer og geofysikere udgør Island et naturligt laboratorium, hvor det er muligt at studere nogle af Jordens største processer, mens de foregår. Vulkanudbrud og store jordskælv forekommer hyppigt i Island som resultat af spredningen mellem Nordamerika og Eurasia. Island repræsenterer en exceptionel mulighed for at studere de processer, som er forbundet med aktiv riftdannelse.

Den islandske pladegrænse

Island er placeret på den Midt-Atlantiske spredningsryg, det vil sige på grænsen mellem den Nordamerikanske og den Eurasiske plade, som for tiden spredes med en hastighed på omkring 2 cm om året. Grunden til,

at Island eksisterer som en topografisk anomali, der rejser sig op over havbunden, er, at der under øen findes en kappediapir, det vil sige en kolonne af varmt kappemateriale, som stiger op fra Jordens indre. Kappediapiren forårsager et opløft af området omkring Island, såvel som forøget vulkansk produktion og dermed dannelsen af en tyk skorpe.

Pladegrænsen i Island består af et kompliceret og foranderligt system af rift- og forkastningszoner på grund af interaktionen mellem den Midt-Atlantiske spredningsryg og den islandske kappediapir. Den Midt-Atlantiske spredningsryg bevæger sig mod nordvest med en hastighed på 1-3 cm per år i forhold til kappediapiren, som har en nogenlunde stabil position. Den aktive spredningszone i Island fastholdes over kappediapiren, så den nordvestlige bevægelse af spredningsryggen resulterer i en stigende afstand mellem spredningszonen i Island og den Midt-Atlantiske spredningsryg. Det har gennem tiden medført en række forskydninger af Islands aktive riftzone.

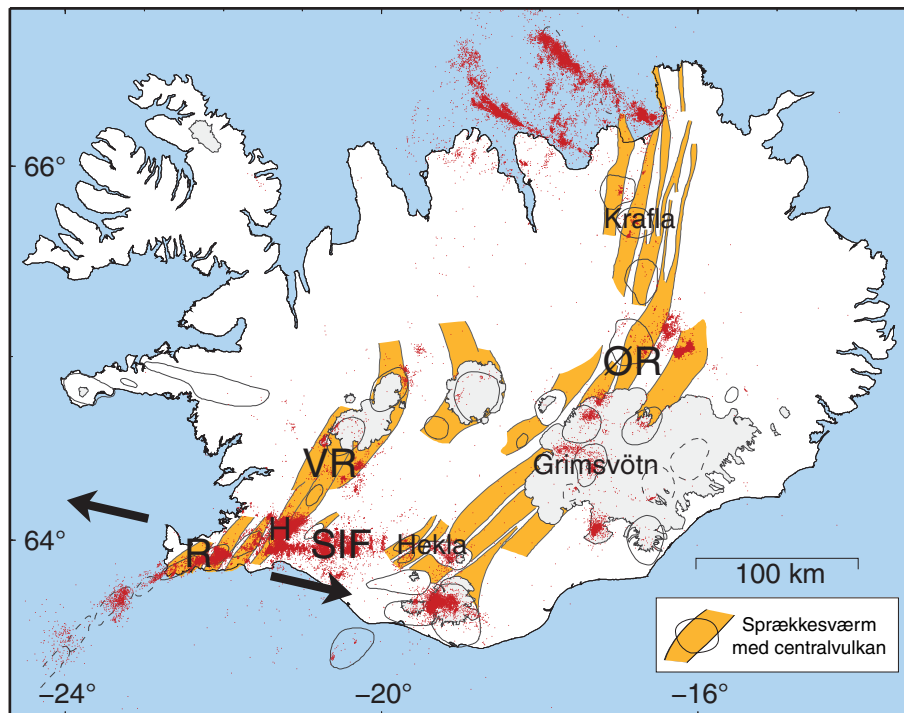
Spredningen på tværs af Island er i dag fordelt mellem to parallelle riftzoner, karakteriseret ved nylig vulkansk aktivitet. Den største spredning sker i den østligste riftzone, som gennemskærer landet fra syd til nord og inkluderer Islands mest aktive vulkaner, blandt andre Hekla, Grimsvötn og Krafla. Riftzonerne består af sværme af sprækkevulkaner og forkastninger orienteret omtrent vinkelret på spredningsretningen. Med tiden vil den vulkanske aktivitet i en sprækkesværme ofte fokuseres i en centralvulkan med separat magmatilførsel. Islands centralvulkaner er ofte høj-temperatur-geotermiske områder, hvor grundvandet er op til flere hundreder grader varmt på nogle få hundrede meters dybde. Den geotermiske energi anvendes til produktion af el og varme, og dækker i dag omkring 25 % af elproduktionen og 90 % af al husopvarming i Island.

Jordskælv i Island forekommer især i to øst-vest-orienterede forkastningszoner, som forbinder Islands to riftzoner med den Midt-

Atlantiske spredningsryg. Disse forkastningszoner, som findes i det sydlige Island og nord for øen, er Islands mest seismisk aktive områder. Jordskælv forekommer også i de to riftzoner, som regel i forbindelse med magmatisk eller geotermisk aktivitet. Islands Meteorologiske Institut driver et seismisk netværk, som registrerer jordskælv og publicerer oplysningerne på internettet i løbet af nogle få minutter, så forskere og andre interesserede kan holde sig opdaterede om den igangværende udvikling. Jordskælv mærkes jævnligt i de seismisk aktive dele af Island, så den folkelige interesse for aktiviteten er stor. Desuden udgør det seismiske netværk en væsentlig komponent i overvågningen af Islands vulkaner, fordi de første tegn på et vulkanudbrud ofte vil være forøget jordskælvsaktivitet.

Aktivitet i det sydvestlige Island

Det sydvestlige Island er relativt tæt befolket på grund af gode forhold for landbrug og erhverv. Området er samtidig en del af den aktive pladegrænse i Island, og de pladetektoniske processer udgør en væsentlig faktor i folks liv og virke i området. Pladegrænsen i det sydvestlige Island består af tre dele, Reykjanes-halvøen, den vestlige riftzone og den sydislandske forkastningszone. De tre dele af pladegrænsen mødes i den



Kort over Island med angivelse af de aktive vulkanske zoner (orange) og alle jordskælv som blev registreret i 1997-2007 af Islands Meteorologiske Institut (røde prikker). R: Reykjanes-halvøen, H: Hengill centralvulkan, SIF: Sydislands Forkastningszone, VR: Vestlig Riftzone, ØR: Østlig Riftzone. Pilene viser spredningsretningen mellem den Nordamerikanske og den Eurasiske plade, som for tiden glider fra hinanden med en hastighed på 2 cm/år. (Grafik: Forfatteren)

Råstof med hensyn

- myndighedsbehandling af råstofsager

Natur- og planinteresser og hensyn til naboer, er noget af det kommunen skal tage hensyn til, når de skal vurdere og udarbejde tilladelser til at indvinde råstoffer. Råstofforsørgens kvalitet og kvantitet er også afgørende, når kommunen skal give tilladelse.

Hvis kommunen har brug for hjælp i forbindelse med sagsbehandling, besigtigelse eller tilsyn med råstofgravene, er vi i besiddelse af den rette ekspertise.

Vi kan hjælpe jer med:

- Vurdering af nyansøgte arealer
- Konfliktløsning
- VVM-screening og VVM-redegørelse
- Råstoff tilladelser
- Godkendelse af grave- og efterbehandlingsplaner
- Beregning af sikkerhedsstillelse
- Tilsyn

www.orbicon.dk



prominente Hengill centralvulkan, som er karakteriseret ved høj geotermisk aktivitet og mange mikrojordkælv.

Den vestlige riftzone udgør i dag en mindre væsentlig del af den islandske pladegrænse, da hovedparten af spredningen i dag foregår i den østlige riftzone. Det ser desuden ud som om, spredningen i den vestlige riftzone er aftagende i takt med, at den østlige riftzone propagerer mod syd. Den vestlige riftzone ser ikke desto mindre imponerende ud, med en tydelig grabendannelse og markante normalforkastninger. Der er stor indsynkning i den vestlige vulkanzone, fordi indstrømningen af magma nedfra ikke modsvarer ekstensionen på tværs af riften. Riftzonen repræsenterer således et meget synligt billede på de store processer, som har formet Island. Det er desuden et meget vigtigt historisk sted for islændingene, fordi det islandske alting, som startede omkring år 930, blev afholdt her på Thingvellir-sletten, for foden af de markante forkastninger.

Den sydislandske forkastningszone er orienteret omtrent parallelt med spredningsretningen, og den transforme bevægelse resulterer i dannelsen af store spændinger, som udløses i jordkælv. De historiske jordkælv i dette område har været op til størrelse 7 på Richter-skalaen og der er således en betydelig seismisk risiko i området. Den sydislandske forkastningszone rammes typisk af en stor jordkælvssekvens hvert 50-100 år. Hver sekvens inkluderer et eller flere hovedskælv samt et stort antal efterskælv og i mange tilfælde også forskælv. Jordkælvssekvenserne kan vare op til nogle få år og forplanter sig som regel fra øst mod vest.

Den sidste store jordkælvssekvens i den sydislandske forkastningszone blev indledt med et jordkælv med størrelsen 6,6 på Richterskalaen på Islands nationaldag 17. juni 2000. Det kraftige jordkælv medførte forøget jordkælvsaktivitet langs mere end 100 km af pladegrænsen og blev efter tre dage fulgt af et andet jordkælv på samme størrelse omkring 20 km vest for det første skælv. I maj 2008 ramte endnu et jordkælv med størrelsen 6,1 i Sydisland, omkring 40 km vest for 17. juni 2000-skælvet. Det var forventet, at et kraftigt jordkælv ville finde sted i dette område, da geofysiske modelleringer havde vist at store spændinger var blevet overført dertil i forbindelse med de to kraftige jordkælv i 2000. Sammenligninger af den spænding, som opbygges ved pladernes bevægelser, og den spænding, som gennem tiden er blevet frigivet i jordkælv, tyder på, at der stadig er store ikke-udløste spændinger i Sydisland, hvorfor flere kraftige jordkælv må forventes.

Reykjanes-halvøen udgør den sydvestligste del af Island, der hvor den Midt-Atlantiske spredningsryg kommer på land. Pladegrænsen på Reykjanes er orienteret med en skæv vinkel til spredningsretningen mellem den Nordamerikanske og den Eura-



Årlig måling af et GPS punkt. GPS-antennen placeres præcis oven for punktet og afstanden fra antenne til punkt registreres. (Foto: Erik Sturkell)

siske plade, og deformationen består derfor både af transform bevægelse og ekstension. Kombinationen af transform bevægelse og ekstension på Reykjanes resulterer i et komplekst sammenspil mellem tektonisk deformation og vulkanisme. Denne del af den islandske pladegrænse kan derfor ikke klassificeres som enten en rift- eller forkastningszone – den er begge dele.

Jordkælvsaktiviteten på Reykjanes-halvøen adskiller sig på flere punkter fra jordkælvne i den sydislandske forkastningszone. Der forekommer også store jordkælvssekvenser på Reykjanes, særligt på halvøens østlige del, men de største jordkælv er mindre end i Sydisland, omkring størrelse 6 på Richter-skalaen, og jordkælvssekvenserne forekommer hyppigere end i den sydislandske forkastningszone. På den vestlige del af Reykjanes-halvøen er det mere almindeligt, at jordkælv forekommer i sværme af mikrojordkælv uden noget dominerende hovedskælv. Der sker således en ændring i den måde, de seismiske spændinger frigives på langs halvøen, hvilket sandsynligvis afspejler overgangen fra den oceaniske spredningsryg i vest til den transforme forkastningszone i øst.

Geofysikerens arbejde

Deformationen i det sydvestlige Island observeres på forskellig vis, blandt andet med GPS (Global Positioning System) og InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar), som begge er satellitbaserede målinger af bevægelser på jordoverfladen. GPS-målingerne foretages dels på permanente stationer, og dels ved årlige målinger på et netværk af GPS punkter. Hvert målepunkt består af en lille metalbolt, som er sat fast i jordoverfladen typisk i noget lava.

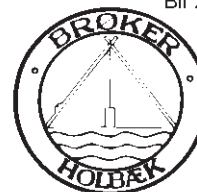
De forskellige geodætiske målinger kan kombineres, hvorved man opnår et detaljeret 3D-deformationsfelt, der for eksempel viser den co-seismiske deformation ved et

BRØNDBORINGSFIRMAET BRØKER I.S.

Kontor og værksted: Telefon 59 44 04 06
Spånnebæk 7, 4300 Holbæk.
Fax 59 44 69 00

Thomas Brøker, privat 59 44 08 71
Bil 21 42 38 71

Henrik Brøker, privat 59 43 09 94
Bil 23 34 77 01



VORT SPECIALE ER:

BRØNDBORING, rotations- og tørboring.

MILJØBORING, hulsneglsboring med kærneprøveudtagning.

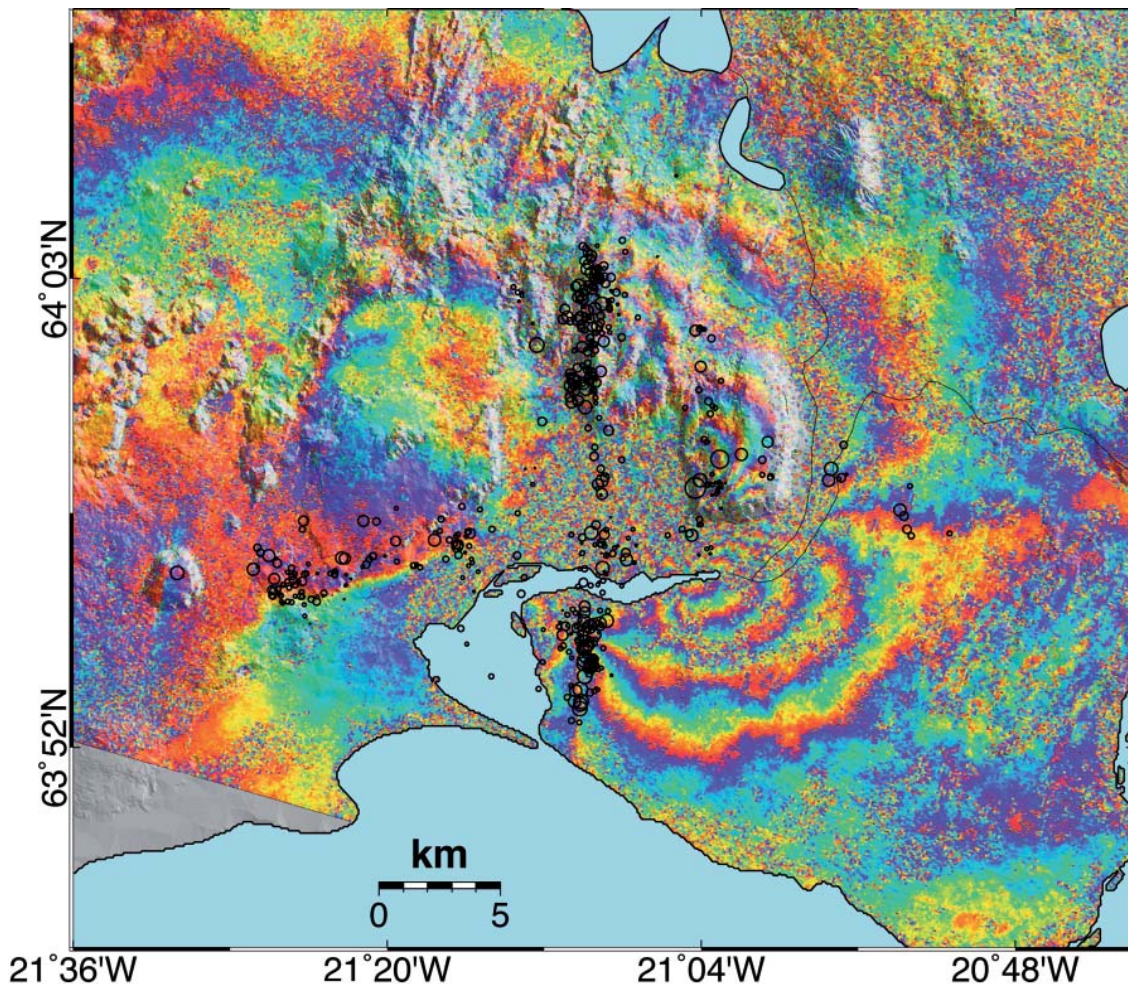
REGENERERING af borer.

PRØVEPUMPNING af borer og kildepladsundersøgelser med avanceret elektronisk udstyr og EDB-behandling.

Vi forhandler GRUNDFOS pumper og vort veludstyrede værksted renoverer Grundfos' vandværkspumper.

Vi leverer og monterer underjordiske GLASFIBERPUMPEBRØNDE af eget fabrikat med udstyr i rustfrit stål tilpasset de aktuelle dimensioner.

InSAR-billede af co-seismisk deformation forårsaget af et jordskælv med størrelsen 6,1, som ramte i Syd-Island 29. maj 2008. Hver regnbue, fra fx rød-gul-grøn-blå-rød svarer til en vertikal forskydning på 2,8 cm. De sorte cirkler viser placering af efterskælv registreret af Islands Meteorologiske Institut. (Copyright: Benedikt Ofeigsson, Islands Universitet)



kraftigt jordskælv eller den kontinuerlige deformation langs en pladegrænse. De geodætiske data kan bruges til at udlede vigtige informationer om mekanismerne bag den observerede deformation. Ved at sammenligne jordskælv med deformationen, kan man få en idé om, hvad der forårsager jordskælvne, eller hvilke områder der repræ-

senterer en seismisk risiko. Nye integrerede studier af jordskælv og deformation har for eksempel vist, at jordskælvne på Reykjanes-halvøen er forårsaget af de tektoniske spændinger, som opbygges på grund af spredningen mellem den Nordamerikanske og den Eurasiske plade, selvom også geotermisk aktivitet kan virke som udløsende

faktor i visse områder. Få studier har indtil nu præsenteret en sammenligning mellem jordskælv og deformation, men integrerede studier af forskellige datasæt kan være med til at udvikle vores forståelse af de store processer, som former Jorden. Island er et særdeles godt sted at studere nogle af disse processer.

Kort nyt

Store skader efter Ike

Store kystområder i Texas blev i dagene 13.-14. september ramt, da orkanen Ike nær Galveston gik i land med vindstød på over 200 km i timen. Adskillige byer ved Den Mexicanske Bugt blev oversvømmet. Ødelæggelserne var enorme i form af knuste ruder, væltede træer, delvist smadrede huse og væltede elmaster, som bevirkede, at millioner af hjem var uden elektricitet i dagevis. Olieindustrien i Houston blev midlertidig sat ud af drift.

Antallet af dødsofre i Texas kunne holdes nede på en håndfuld, eftersom millioner af mennesker i forvejen havde bragt sig i

sikkerhed længere mod nord. De materielle skader skal regnes i milliarder af dollars.

Reuters/SLJ

Afsmeltning ved Antarktis

I en artikel i tidsskriftet *Nature Geoscience* dokumenteres, at Antarktis, som hidtil stort set har været uberørt af den globale opvarmning, nu også begynder at smelte.

Artiklen bygger på en rapport, som bl.a. professor Aleksej Karpetsjko fra East Anglia-universitetet har været medforfatter til. Ifølge professoren viser resultaterne i rapporten, at afbrændingen af fossile brændstoffer bærer en stor del af skylden

for opvarmningen i polregionerne.

AFP/SLJ

Jordskælv i Pakistan

Et jordskælv med en styrke på 6,4 på Richter-skalaen ramte 29. oktober det nordvestlige Pakistan nær grænsen til Afghanistan. Mindst 160 mennesker mistede livet. Jordskælvet havde sit epicentrum 70 km nord for Quetta, hovedbyen i Baluchistan.

Adskillige landsbyer blev jævnet med jorden. De pakistanske myndigheder vurderede, at 6.000 personer er blevet hjemløse i området, hvor de fleste huse er bygget af ler.

Ritzau/SLJ