

# Kan jordskælv forudsiges? - brugbare forudsigelser er langt væk



Ødelæggelserne var overvældende i byen L'Aquila beliggende i det centrale Italien efter jordskælvet d. 6. april. Hele bygninger var styrtet sammen, mens mange andre var så beskadigede, at de ikke kunne reddes. (Copyright: AP/Polfoto)

Af Søren Gregersen, Tine B. Larsen og Peter Voss, GEUS

Det er en klassiker. Et stort jordskælv sender huse i grus, mange mennesker mister livet, og endnu flere bliver hjemløse. Katastrofen er omfattende og tragedien ubærlig. Frem af kaos dukker en person, som hævder at have forudsagt jordskælvet, og hvis advarsler er blevet ignoreret af myndigheder og borgere. Hvis bare vi havde lyttet, kunne menneskeliv være sparet.

Eller kunne de? Hvor gode er jordskælvsforudsigelserne egentlig? Og hvor gode skal de være, før de reelt kan bruges? Byen L'Aquila i det centrale Italien blev d. 6. april i år ramt af et ødelæggende jordskælv, som målte 6,3 på Richterskalaen. En italiensk seismolog Gioacchino Giuliani havde måneder forinden forudsagt, at et stort jordskælv var nært forestående. Han fulgte sin samvittighed og advarede, men hans advarsel var ikke brugbar for myndighederne. Hvorfor? Fordi langt de fleste jordskælvsforudsigelser

viser sig at være falsk alarm, og der var intet ved hans forudsigelse, som gjorde den mere troværdig end alle de andre. Som bekendt skete der faktisk et jordskælv i L'Aquila, men først flere måneder efter hans varsel.

## En god forudsigelse

Hvis man beskæftiger sig med jordskælvsforudsigelser, må man tage stilling til to spørgsmål: 1. Hvad sker der i jorden, som man kan måle, og hvad kan man forudsige ud fra det? 2. Hvordan kan myndighederne håndtere en forudsigelse til bedst mulig nytte for borgerne?

Før en jordskælvsforudsigelse kan bruges til at redde menneskeliv, skal den opfylde nogle simple krav: Forudsigelsen skal ramme rigtigt mht. jordskælvet position, tidspunkt og størrelse, og den skal bygge på et troværdigt videnskabeligt grundlag, så vi har grund til at tro på, at den virker hver gang. Der er store menneskelige og økonomiske omkostninger forbundet med en evakuering, så myndighederne skal være ret sikre i deres sag, før de sætter en evakuering i gang. Det var selvfølgelig ikke muligt at evakuere mange tusinde mennesker i Italien i flere uger, måske endda måneder, fordi forudsigelsen var så usikker. Men det er ikke

svært at forstå, at den forsker, som har nogle målinger, der kunne tyde på en katastrofe, følger sin samvittighed og gerne vil advare.

## Laboratorieforsøg

For 40 år siden begyndte de videnskabelige metoder at se lovende ud. Der var især to konkurrerende metoder. Den ene byggede på dilatation. Dilatation optræder i mange fysiske materialer, som et spændende fænomen. Når materialet udsættes for et voksende tryk, bliver materialet trykket mindre, men ved et vist tryk sker der det mærkelige, at materialet udvider sig, fordi der sker omlejringer af de fine partikler i materialet. Først ved væsentlig større tryk sker det et egentligt brud, som kan sidestilles med jordskælvet.

Andre laboratorieforsøg forklarede ændringer i jorden ud fra koncentrationen af sammenpresning af små revner. Det blev aldrig afgjort, hvilken af de to metoder der bedst kan forklare den samlede mængde af observationer. Hver af forklaringerne har sine tilhængere.

Laboratorieforsøgene var gode nok, teorierne var det måske også, men det har vist sig, at forudsigelseseffekterne ikke kan skelnes systematisk, så der er ikke nogen

metode, som kan gøre samfundsmæssig nytte lige nu. For 40 år siden hævdede mange seismologer, inklusive den ældste af os forfattere, at om 10 år kan vi forudsige. De 10 år er gået for længe siden, uden at vi har fundet tilstrækkeligt system i ændringer i jorden forud for et jordskælv. Vi er endt som skeptikere, men der findes stadig optimistiske kolleger rundt omkring i Verden, både unge og gamle, som mener, at forudsigelse er mulig "meget snart". Mange undersøgelser er lovende, men de skal virke mere end een gang, før vi kan bruge dem til noget.

### Kinesisk succes – og fiasko

En kombination af flere forskellige observationer, hvor ændring af jordskælvsaktiviteten var væsentlig, fik i 1975 kinesiske myndigheder i et område lidt øst for Beijing i Kina til at tage en forudsigelse alvorligt, så en millionby, Haicheng, blev evakueret. Et jordskælv, der fik mange huse i byen til at styrte sammen, skete mens indbyggerne levede i teltlejligheder, så det skønnes, at omkring 100.000 mennesker blev reddet. Det var under kulturrevolutionen, så den slags beslutninger kunne nok specielt lade sig gøre på det sted og i den tid – og oplysninger om, hvad der egentlig foregik, var helt kontrolleret af myndighederne.

Året efter, i 1976 skete der kun få hundrede kilometer fra Haicheng, en enorm katastrofe. Et af de rigtigt ødelæggende jordskælv med Richtertal 7,5 ødelagde en anden millionby, Tangshan. Det officielle dødstal er på omkring ¼ million, og nogle mener der i virkeligheden døde dobbelt så mange. Det jordskælv blev ikke forudsagt, og der var ingen evakuering. Den store optimisme blev stækket noget.

De kinesiske myndigheder har fremlagt mange detaljer, bl.a. ved at invitere hele klodens seismologer til Tangshan til videnskabeligt møde i 20-året for katastrofen. En af de toneangivende kinesiske seismologer nu til dags har trukket på skuldrene ved det store spørgsmål, hvorfor det kunne lykkes i 1975 og ikke i 1976. Svaret var, at 1975 var under kulturrevolutionen.

### Græsk ihærdighed

For vores græske kolleger er diskussionerne



Ødelæggelser i L'Aquila 7 km fra epicentret. (Copyright: EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre; foto indsendt af vidne)

Jordskælvets beliggenhed ved byen L'Aquila i Italien. Skraveringerne markerer forkastningszonen, der var årsag til jordskælvet. (Grafik: UVH)



om muligheden for forudsigelse ikke bare videnskabelige. Det er blevet til påstande om, at den gruppering af videnskabsfolk, som mener noget andet enten for eller imod forudsigelse, laver dårligt videnskabeligt arbejde.

De græske forsøg på jordskælvsforudsigelser bygger især på elektriske metoder. En mulig fysisk sammenhæng mellem jordskælvsaktivitet og elektriske målinger i jorden er emnet for VAN-metoden. I visse tilfælde er der konstateret en ændring af den elektriske spænding i jordens øvre lag i nærheden af et kommende jordskælv. Man har mange steder eksperimenteret med at sætte elektroder med 100 meter mellem eller flere kilometer imellem og måle den elektriske spænding mellem elektroderne. De meget ivrige diskussioner er om det "næsten" fungerer, eller det er en fiasko.

For få år siden forudsagde man et jordskælv på det østlige Kreta. Jordskælvet kom lidt uden for det udpegede område og lidt uden for det udpegede tidsrum. Selvfølgelig er diskussionen, om det var lige ved, og næste gang kan blive mere nøjagtigt, eller om det var en fiasko.

### Vandboringer

Der har været megen optimisme omkring forudsigelse, når vi går 20-30 år tilbage. I det daværende Sovjetunionen var der opbygget et helt institut med flere hundrede ansatte til at udvikle en metode baseret på tryk i vandboringer. Der var i jordskælvssejrene i det sydlige Sovjetunionen konstateret ændringer. Og det blev sat meget nøje på formler, hvordan tidsforløb og geografisk område udviklede sig. Formlerne var hemmelige for os udenforstående. Der blev vist et par fantastisk lovende eksempler på forudsigelsesmønstre ved studier, efter at jordskælvene var sket. Professor Vartanyans

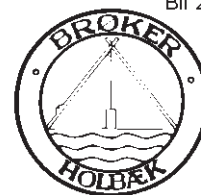
metode blev præsenteret på en sådan måde, at Danmarks Geologiske Undersøgelse sammen med et af de danske rådgivende ingeniørfirmaer arrangerede, at der blev søgt om globalt patent. Metoden er ingenlunde

## BRONDBORINGSFIRMAET 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:

BRONDBORING, rotations- og tørboring.

MILJØBORING, hulsneglsboring med kærneprøveudtagning.

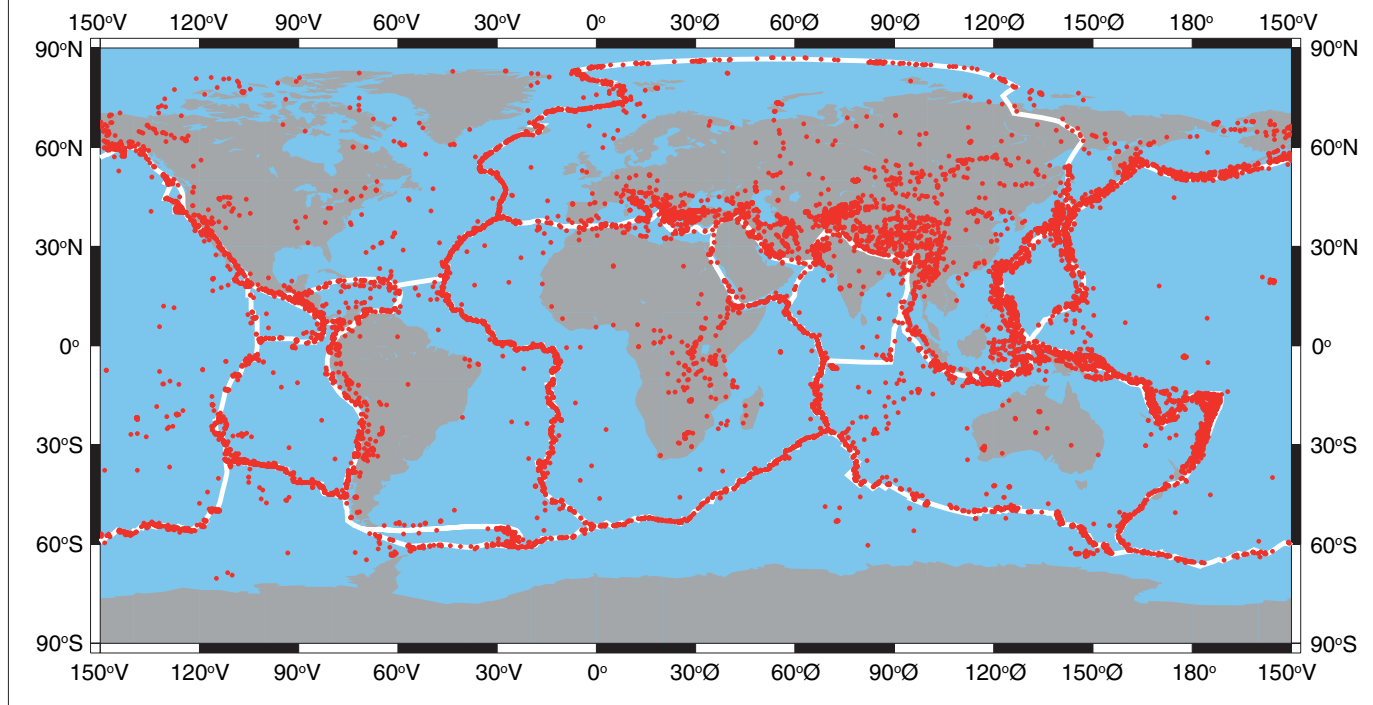
REGENERERING af boringer.

PRØVEPUMPNING af boringer 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.

Registrerede jordskælv i 0-15 km's dybde over en periode på 3 måneder



Jordskælv nær jordoverfladen udgør den største risiko for mennesker, figuren viser registreret jordskælv i dybden 0-15 km over en periode på 3 måneder. De hvide streger viser pladegrænser. (Grafik: GEUS)

opgivet, men den er ikke sådan udviklet, at den kan udnyttes til advarsel og evakuering.

#### Mikroskælv brugt i islandsk forudsigelse

I juni 2000 blev Island ramt af to store jordskælv. Efter det første jordskælv konkluderede islandske seismologer, at et nyt stort jordskælv var nært forekommende. Denne konklusion fremkom, efter at de havde studeret aktiviteten af meget små jordskælv (mikrojordskælv) langs nogle kendte forkastninger. Derfor blev en jordskælvsadvarsel sendt til civilforsvaret om et nyt jordskælv. I advarslen var udpeget to områder, hvori man anså det for mest sandsynligt, at jordskælvet ville ske. Man havde ikke angivet noget tidspunkt for jordskælvet, blot at det var nært forestående. 26 timer efter advarslen var udsendt, kom jordskælvet som målte 6,4 på Richterskalaen. Epicentret lå inden for det ene af de to områder, de islandske seismologer havde udpeget.

#### Forudsigelse baseret på jordskælvsstatistik

Det er en erfaring i seismologi, at langt størsteparten af jordskælv i en hvilken som helst periode sker i de kendte jordskælvszoner. Og her er en tydelig sammenhæng med beskrivelsen af den globale pladetektonik, da jordskælvene generelt sker på grænserne mellem pladerne. Når man ser meget overordnet på disse zoner, ser det ud til, at jordskælvene efterhånden, som tiden skrider frem, forårsager nye brud i zonen, som efterhånden fylder hele længden af zonen. Det er en uregelmæssig proces, men der er en

vis tendens til, at et hul (kaldes på engelsk "gap") mellem to jordskælvsbrud i zonen bliver fyldt ud af et nyt jordskælv snart efter, at det er opstået.

Således forventes for øjeblikket jordskælv både i Tokyo, i San Francisco, i Los Angeles og i Istanbul. Men nøje statistiske beregninger sætter spørgsmålstegn ved disse

konklusioner. "Gap"-teorien fungerer næsten, men er bestemt ikke ufejlbarlig.

#### Jordskælv og dyreadfærd

Kan det tænkes, at der er noget om, hvad man fra gammel tid i Kina og Japan har sagt om dyrs mærkelige opførsel førend et jordskælv? Hos United States Geological

## Jordskælv i Italien

D. 6. april 2009 kl. 03:32 lokal tid blev det centrale Italien rystet af et kraftigt jordskælv, som målte 6,3 på Richterskalaen. Jordskælvet epicenter lå blot 7 km fra byen L'Aquila, hvor mange huse styrtede sammen, og næsten 300 mennesker omkom. Hundredevis af efterskælv har besværliggjort redningsarbejde og oprydning og har slidt på beboernes nerver.

I skrivende stund – næsten en måned efter jordskælvet – er der stadig daglige efterskælv. Jordskælvsaktiviteten i Italien og resten af verden kan følges på EMSC's hjemmeside: [www.emsc-csem.org](http://www.emsc-csem.org)

Italien rystes næsten dagligt af jordskælv, men de fleste jordskælv er heldigvis små og ufarlige. Gennemsnitligt set kommer der dog et kraftigt jordskælv

i Italien hvert tiår. I 1997 blev det centrale Italien ramt af hele fire kraftige jordskælv inden for blot 18 dage. Disse jordskælv havde deres epicenter ca. 80 km NNV fra jordskælvet d. 6. april i år.

Italiens geologi er meget kompleks og påvirkes både af subduktion af Adria-mikropladen under Apenninerne fra øst mod vest, kollisionen mellem Afrika og Eurasien mod nord, og åbningen af det Tyrrenske Basin mod vest. Jordskælvet d. 6. april var forårsaget af bevægelse langs en normalforkastning. Apenninerne udsættes for strækning, fordi det Tyrrenske Basin åbnes hurtigere, end området presses sammen af kollisionen mellem den afrikanske plade og den eurasiske plade.

Kilde: USGS

Survey er et projekt i gang, hvor man indsamler rapporter om dyrs adfærd ved jordskælv. Men der er ikke endnu påvist nogen systematisk ændring i dyrs adfærd. At dyr ændrer adfærd kort tid før et jordskælv, menes at være, fordi de kan mærke rystelserne fra den hurtige trykbølge, som mennesker ofte ikke kan mærke. Rystelserne fra den langsommere og meget kraftigere sekundære bølge er som regel dem, der mærkes af mennesker. Men det forklarer ikke, hvorfor nogen dyr har ændret adfærd dage eller uger før et jordskælv.

### Byg sikkert!

Mens metoder til at forudsige jordskælv er langt fra målet, står det meget bedre til hos bygningsingeniørerne. Både i Japan og i USA er bygninger og broer opført, så de kan klare store jordskælv - eller i det mindste styrte sammen på en kontrolleret måde, så husenes beboere har en god chance for at overleve. Teknologien virker ikke kun på nyopførte huse. Der findes systemer i form af fx bygningsbremser, som kan installeres i eksisterende bygninger i jordskælvsområder. Fx har DampTech A/S, som er et dansk firma, specialiseret sig i jordskælvsikring med en konstruktion, der dæmper rystelserne fra et jordskælv. DampTechs metode bliver i dag brugt flere steder Verden over.

### Aktivt forskningsområde

Jordskælvsforudsigelse er stadig et meget aktivt forskningsområde, fordi det er samfundsmæssigt vigtigt i mange jordskælvs-egne. Man forsøger på den håndgribelige



Mange huse var styrtet helt sammen i L'Aquila pga. jordskælvet. (Copyright: EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre; foto indsendt af vidne)

måde, at finde fysiske ændringer i jordskælvsområderne, og man prøver at finde de basale mekanismer, der udløser jordskælv. Foruden de eksempler på jordskælvsforudsigelse, vi har nævnt her, findes der mange flere, men det endelige gennembrud for brugbare jordskælvsforudsigelser lader vente på sig. Med jordskælvsikring kan

man ikke blot redde menneskeliv, men også forebygge at tusindvis af mennesker bliver hjemløse, og at broer, veje og anden infrastruktur bliver ødelagt. Men da jordskælvsikring koster mange penge, bliver det ofte fravalgt trods den store risiko, hvilket blev tydeligt efter jordskælvet i Italien den 6. april.

## Kort nyt

### Jordskælv på Kurilerne

Tirsdag d. 7. april blev den russiske øgruppe Kurilerne ramt af et kraftigt jordskælv, der blev målt til over 7 på Richterskalaen. Skælvet fandt sted omtrent 40 km under Jordens overflade knap 300 km nordøst for Kurilerne. Der indløb ikke meldinger om tilskadekomne, omkomne eller materielle ødelæggelser. Der blev ikke udsendt tsunami-varsel i forbindelse med jordskælvet.

Reuter/SLJ

### Meteor fundet i Danmark

Før første gang siden 1951 er der fundet en nyfalden meteor i Danmark. Den fundne

meteor var kun på størrelse med en valnød. Meteorstumpen var en del af det meteornedslag, som fandt sted over Nordøstsjælland og Skåne d. 17. januar. Det var den tyske meteorjæger, Thomas Grau, der på basis af grundig research gjorde fundet.

Ritzau/SLJ

### Jordskred nord for Trondheim

Seks helårshuse samt nogle sommerhuse blev den 13. marts ramt af et større jordskred ved Namsos nord for Trondheim. Syv personer blev reddet ud fra det berørte område. Ingen blev dog meldt omkommet eller kvæstet.

Jordskredet fandt sted i et område, hvor der pågår sprængninger i forbindelse med vejarbejde. Skredet, der var ca. 250 meter bredt, førte materialer og flere huse op til 200 m ud i fjorden.

JP/SLJ

### Jordskælv i Californien

Et jordskælv af moderat styrke rystede 24. marts det sydlige Californien. Skælvet havde sit epicenter 140 km fra San Diego. Efter jordskælvet indløb der ikke umiddelbart meldinger om tilskadekomne eller nævneværdige materielle skader.

AFP/SLJ