

tsunamier - havskælvbølger

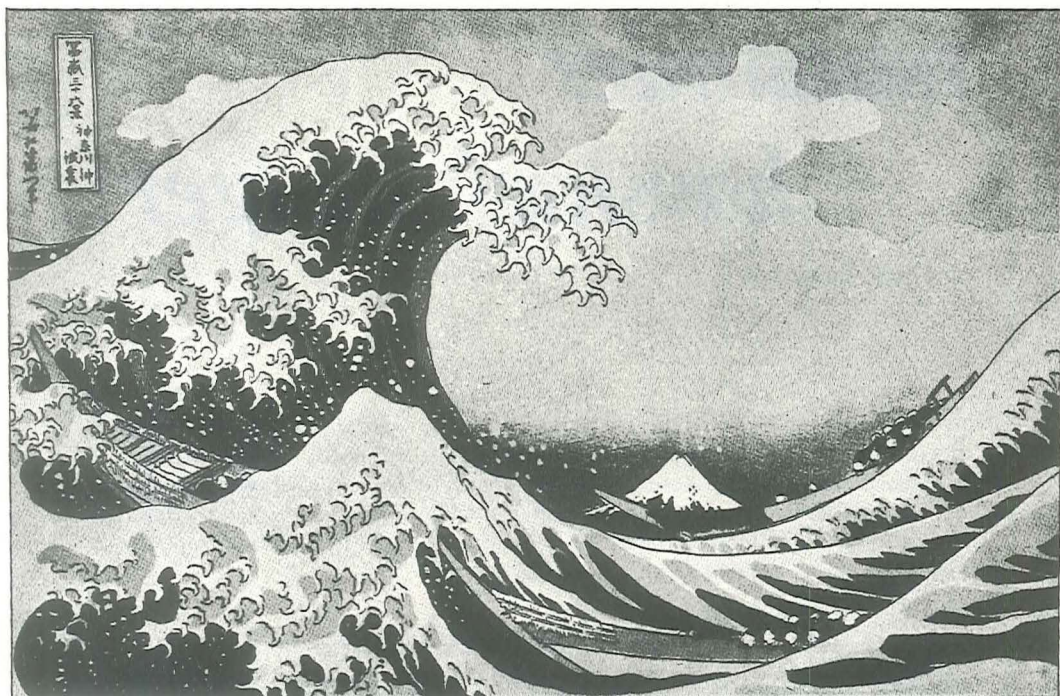
af Niels Abrahamsen

Langs visse havkyster sker det af og til, at der ganske uafhængigt af vejrliget pludselig kommer abnormt høje bølger rullende ind mod kysten. Sådanne store havbølger kaldes med et japansk navn for **TSUNAMIER**, idet de især kendes fra Japan, men også fra andre stillehavskyster som langs Hawaii, New-Zealand og vestsiden af Sydamerika. (Af og til ser man dem fejlagtigt blive betegnet som tidevandsbølger).

En tsunami opstår ofte ude på det åbne ocean over store havdybder, hvor den har en bølgehøjde på maksimalt ca. én meter. Til gengæld er bølgelængden flere hundrede kilometer, så det er meget store vandmasser, der er blevet sat i bevægelse. Bølgerne udbreder sig med vældige hastigheder herude, idet hastigheden er proportional med kvadratroden af havdybden - (hastighed = $\sqrt{g \cdot H}$, hvor g er tyngdeaccelerationen (ca. 10 m/sek²), og H er havdybden i meter), ved havdybder på for eksempel 4000 meter er udbredelseshastigheden således 200 meter i sekundet, eller 720 km i timen, det vil sige som en hurtig flyvemaskine.

Om bord på et skib ude på det åbne hav, hvor bølgehøjden er ganske lille, vil man ikke bemærke en sådan havbølge, men når bølgen nærmer sig kysten vokser bølgehøjden ganske betydeligt. Dette skyldes, at bølgehastigheden aftager på det lave vand. Den vil for eksempel på en fladvandet kyst med vanddybder på omkring 10 meter aftage til en hastighed af ca. 10 meter i sekundet. Den store energi, som bølgen besad ude på det åbne hav på grund af den store hastighed bevares derimod, og dette sker under opbrømsningen ved, at bølgehøjden vokser meget stærkt, så der ligefrem rejser sig en mur af vand, som i ekstreme tilfælde, især i indsnævninger som bugter og fjorde, kan blive 40 - 50 meter høj. En sådan bølge kan naturligvis forårsage katastrofale pludselige oversvømmelser, når den skyller ind over flade, beboede kyststrækninger.

Men hvordan opstår en tsunami ?



Den japanske kunstner Hokusai lavede i 1820'erne en række billeder af det hellige bjerg Fujiyama. Et af dem domineres af en frådende tsunami.

Man har i det væsentlige to måder at forklare deres dannelse på. Ved store jordskælv på land kender man eksempler på, at jordoverfladen langs en forkastning som en blok er blevet forskudt op til 10 meter i lodret retning over et område på mange kilometer i tværmål. Hvis en tilsvarende pludselig hævnning af havbunden finder sted ved et undersøisk jordskælv, fremkommer der en "bule" i havoverfladen, som straks vil begynde at flade ud igen som en meget lang og lav, ringformet løbølge, der breder sig ud til alle sider. En sådan tsunami har normalt en energi på mellem $1/10$ og $1/100$ af jordskælvets samlede energi, og er derfor i sig selv meget voldsom. Denne forklaring er formodentlig rigtig i de tilfælde, hvor jordskælvet sker samme sted som tsunamien, men dette er ikke altid tilfældet. Det udløsende jordskælv kan godt have sit epicentrum et helt andet sted på havbunden, eller sågar inde på land. I disse tilfælde kan man forklare tsunamien som dannet ved, at jordskælvet virker som udløsningsmekanisme, idet vanddrukne, løst aflejrede sedimenter på en undersøisk skråning skrider ud og hvirvler af sted som en tung mudderstrøm med bety-

delig hastighed (man har målt strømningshastigheder på over 100 km i timen, ved at flere undersøiske kabler med kendt afstand blev revet over undervejs). Således opstår tsunamier hyppigt langs skråninger af de store dybhavsgrave rundt langs Stillehavet: Japanergraven, Aleutergraven, Philippinergraven, Atacamagraven udfor Chile og så videre, der når dybder på op mod 10 kilometer. Endelig kan der specielt dannes tsunamier ved undersøiske vulkanudbrud, som det var tilfældet ved vulkanen Krakataus eksplosion i 1883 i Indonesien.

Virkeligt store og katastrofale tsunamier er forholdsvis sjældne. Således kender man ca. 12 fra Sydamerika gennem de sidste 400 år, og i Japan har man optegnelser om et halvt hundrede stykker fra de sidste 1000 år. I forbindelse med det store jordskælv i Lissabon i 1755 (jfr. Varv 1967 nr 1) opstod der en tsunami, som langs Portugals kyster nåede højder på 10-15 meter. Den forvoldte ødelæggelser på Madeira og kunne mærkes så langt væk som i England, Holland og Vestindien.

I 1868 fulgte en stor tsunami på et jordskælv ved Sydamerikas vestkyst. Den forårsagede ødelæggelser på Hawaii og kunne tydeligt mærkes både på New-Zealand og i Japan. I det nordlige Chile, hvor den var kraftigst, nåede den største bølge en højde af 15 meter, den skyllede ind over byen Arica, slog de fleste af skibene i havnen til vrag, og førte en kanonbåd med sig over 3 km ind i landet, hvor man måtte opgive at bjerge den, da man ikke kunne bringe den ud til kysten igen. Helt katastrofal var en tsunami i 1896 i Japan, hvor 27.000 mennesker mistede livet og 10.000 boliger blev skyllet bort. I 1933 fulgte en tsunami på et stort jordskælv udfor Japans østkyst. Ødelæggelserne fra jordskælvet var moderate, men tsunamien sendte bølger på op til 25 meters højde ind over kysten og voldte enorme ødelæggelser. I 1956 ødelagde en tsunami ved Aleuterne et fyrtårn solidt funderet 15 meter over havniveau og nåede bølgehøjder på 30-35 meter, ligesom den kunne mærkes rundt langs hele Stillehavet. En kraftig tsunami i 1945 i Den arabiske Havbugt har givet anledning til fornyede gisninger om en naturlig forklaring af "vandenens adskillelse" ved Jødernes overgang gennem Det røde Hav under flugten fra Ægypten. De seneste tsunamier fremkom efter det store jordskælv i Chile i maj 1960, og i Alaska i marts 1964. Den første anrettede foruden i Sydamerika betydelige skader på Hawaii og senere i Japan, og kunne mærkes langs alle Stillehavskysterne, mens den anden kostede flere mennesker livet i Californien.

Mens man i de senere år stort set forgæves har forsøgt at forudsige jordskælv og derved have mulighed for at evakuere mennesker fra de truede områder, har man i forbindelse med tsunamier bedre chancer for at forebygge tab af menneskeliv. Dette hænger sammen med, at de store bølger dels løber langsommere end egentlige jordskælvsbølger (det tager ca. 20 timer for en tsunamibølge at nå fra Japan til Sydamerika) og dels at

de næsten altid varsler deres ankomst ved, at vandstanden først falder, det vil sige at havet trækker sig tilbage fra kysten, hvorefter der går 20-30 minutter, inden den første store bølge når kysten. Så snart folk bemærker denne tilbagetrækning, ved de derfor af bitter erfaring eller gennem officielle advarsler, at det gælder om at styre sin nysgerrighed med at gå på opdagelse ude på den tørlagte havbund, og tværtimod hurtigst muligt at søge op på højereliggende steder inde i land.

På basis af denne ændring i vandstanden har man i den sidste snes år således opretholdt et tsunami-varslingsystem, der forskellige steder i Stillehavet måler vandstanden og sender advarsler ud til truede kystområder, så snart man registrerer noget unormalt.

Niels Abrahamsen

oceanbund og klimahistorie

AF OLE OLESEN

Et særligt afsnit af geologiens arbejdsområde er palæoklimatologien eller studiet af fortidens klimaudvikling.

Geologiske aflejringer fra en kold og våd periode er forskellige fra aflejringer fra en varm og tør periode. Når vi derfor undersøger sådanne aflejringer, er det ofte muligt at slutte sig til, hvorledes klimaet var, da lagene blev afsat. Jo nærmere vi kommer vor egen tid, desto flere vidnesbyrd er der efterladt, og vor viden kan derfor blive mere detaljeret. Naturligt nok har den sidste af de geologiske perioder, kvartærtiden, været genstand for indgående palæoklimatologiske undersøgelser. Dette skyldes ikke blot, at denne periode ligger nærmest vor egen tid, men nok så meget de mange tydelige vidnesbyrd om vældige klimasvingninger - der har været istider vekslende med tider med et klima varmere end nu.