

De tsunami, veroorzaakt door de zeebeving in de Indische Oceaan, heeft het wereldnieuws maandenlang beheerst. De catastrofale gevolgen van wat in wezen een 'rimpel' op het oceaanoppervlak is, maakt ons nederig ten aanzien van zoveel natuurgeweld. Het toont helaas ook dat er eerst rampen moeten gebeuren vooraleer wereldwijde actie wordt ondernomen om herhaling te vermijden of in elk geval beter gewapend te zijn. Net als in 1953 de watersnood de aanzet vormde voor het Deltaplan in Nederland en het Sigmaplan in Vlaanderen, worden nu diverse initiatieven ontplooid om waarschuwingssystemen voor tsunami's uit te breiden naar alle oceanen waar zeebevingen en vloedgolven niet onwaarschijnlijk zijn. Nu pas lijken studies, die aantonen dat het vernielen van koraalriffen en het kappen van mangrovebossen subtropische en tropische kustgebieden kwetsbaarder maken voor aanstormend zeegeweld, niet zondermeer te worden onthaald op hooggelach...

Ook Vlaanderen kan en zal zijn verantwoordelijkheid in deze materie opnemen. Op initiatief van minister Fientje Moerman, vice-minister-president van de Vlaamse regering, bevoegd voor o.a. wetenschap en innovatie en tevens voogdijminister van het Vlaams Instituut voor de Zee, zullen straks in Oostende opleidingen worden verzorgd over waarschuwingssystemen voor tsunami's en andere zee-gerelateerde catastrofes. Naar schatting 150 studenten en technici uit diverse kwetsbare regio's zullen er in het nieuwe UNESCO IODE Project Office worden getraind door Vlaamse en buitenlandse topexperten, maar ook tal van andere internationale opleidingen, vergaderingen en workshops zullen Oostende als thuishaven krijgen. Ook in dit nummer van de Grote Rede komt het thema tsunami's aan bod. Enerzijds willen we jullie de laatste stand van zaken brengen m.b.t. waarschuwingssystemen voor vloedgolven. Anderzijds bogen diverse Vlaamse experts zich over de vraag of een tsunami ook kan optreden in de Noordzee en of er uit het verleden voorvallen bekend zijn. De resultaten van deze analyse zijn niet alleen verrassend, maar ook nooit vroeger wereldkundig gemaakt!

Mogelijk hebt u er nog nooit bij stil gestaan hoe belangrijk het verzamelen, bijhouden en herverdelen van oceanografische gegevens en informatie wel is voor de ganse wereldgemeenschap. Zonder metingen op zee kan het weer niet worden voorspeld, kan het transport van de 90% van alle economische traffic die via de scheepvaart plaatsvindt niet veilig gebeuren en kunnen we voor tweederde van het aardoppervlak niet inschatten hoe het gesteld is met de biodiversiteit, de vervuiling en ga zo maar door. Om het nut van dit oceanografisch databeheer voor iedereen extra in de verf te zetten, nodigen we jullie allen graag uit op de opendeurdag van het VLIZ, het Coördinatiepunt Geïntegreerd Beheer van Kustgebieden en het IODE Project Office van UNESCO op zondag 8 mei.

Met alle aandacht die gaat naar het zeegeweld in ZO-Azië, zouden we bijna vergeten hoe mooi onze zee en kust ook kan zijn. Daarom vroegen we vijf topfotografen, actief aan de Vlaamse kust, het 'mooiste' en 'lelijkste' plekje in beeld te brengen en van commentaar te voorzien in een tweede bijdrage voor deze Grote Rede.

Verder besteden we ook heel wat aandacht aan misschien wel het meest met de zee geassocieerde dier: de meeuw. Dat meeuwen ook wel eens kwaad bloed kunnen zetten en hoe u daarmee om kunt gaan, leest u in dit nummer. Tenslotte legden we opnieuw twee nieuwe woorden ('Thorntonbank' en 'dolfijn') ter verklaring voor aan de 'Zeeoordenaars' en berichten u in een aantal kortere artikels over het reilen en zeilen van onze kust en zee. Veel leesplezier!

Wie drie maand geleden zou hebben gepolst naar de betekenis van het woord 'tsunami', zou ongetwijfeld geconfronteerd zijn geweest met heel wat vragende blikken. Na de verwoestende tsunamigolf van 26 december 2004 in de Indische Oceaan, is het woord voorgoed in het geheugen van de wereld gegrift. De onmetelijke menselijke en materiële ellende hebben beleidsmakers en wetenschappers overal ter wereld wakker geschud. Er worden plannen gesmeed om bestaande waarschuwingssystemen voor dit soort zeegeweld uit te breiden van de Stille Oceaan naar andere kwetsbare gebieden, en iedereen vraagt zich plots af of tsunami's ook bij ons mogelijk zijn. De 'Grote Rede' wil als informatieblad over kust en zee ook in deze discussie zijn steentje bijdragen. Op de vraag wat de kans is dat een tsunami optreedt in de Noordzee kregen we alvast de volle medewerking van de administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AWZ is lid van de 'North Sea Coastal Management Group' die de belangrijkste administraties uit de Noordzee-oeverstaten groepeerd en o.a. samenwerkt in het onderzoek naar de kansen en mogelijke gevolgen van het optreden van tsunami's in de noordelijke Atlantische Oceaan en de Noordzee. Vanuit deze expertise was de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek (WLH) bereid een door hen uitgevoerde analyse toe te vertrouwen aan dit nummer van de 'Grote Rede'. Maar er is meer.

Als Nationaal Oceanografisch Data Centrum binnen het IODE-netwerk van UNESCO ('International Oceanographic Data and Information Exchange') volgt het VLIZ de ontwikkeling van waarschuwingssystemen voor zee-catastrofes op de voet. Vanuit deze betrokkenheid bieden we u de laatste stand van zaken m.b.t. dit onderwerp in het kaderstuk 'Naar een vroeg-waarschuwingssysteem...'. (p.8). Tenslotte graaft Cecile Baeteman van de Belgische Geologische Dienst wat dieper in de geschiedenis van de Noordzee, en brengt in een kaderstuk verrassende en nooit gepubliceerde gegevens over het voorkomen van tsunami's bij ons!

### Op zee onschuldig, aan land een monster

Wanneer experts golven beschrijven, hanteren ze termen als *golflengte* (de lengte van de golf, uitgedrukt als de afstand tussen twee opeenvolgende golftoppen), *voortplantingssnelheid* en *golfperiode* (de tijd die verstrijkt tussen de aankomst van twee opeenvolgende golftoppen). Tsunami's zijn in niets te vergelijken met de klassieke windgolven die we allemaal kennen. Daar waar klassieke windgolven gekarakteriseerd worden door golflengtes van bv. 120 meter, golfperiodes van 10 seconden en een voortplantingssnelheid van 50 km/u, kan de golfperiode van tsunami's variëren van 10 minuten tot wel 2 uur, de golflengte van 100 tot 1000 km en kan de snelheid waarden van wel 800 km/u bereiken, afhankelijk van de waterdiepte. Tsunami's



DR

Wie drie maand geleden zou hebben gepolst naar de betekenis van het woord 'tsunami', zou ongetwijfeld geconfronteerd zijn geweest met heel wat vragende blikken. Na de verwoestende tsunamigolf van 26 december 2004 in de Indische Oceaan is het woord voorgoed in het geheugen van de wereld gegrift

zijn dus immens lange en snelle golven. Daarnaast is een tsunami beperkt tot een korte golfreus van slechts enkele (tot een 10-tal) golven, daar waar windgolven continu 'aangemaakt' worden, zolang de wind zijn energie blijft afgeven aan het zeeoppervlak. Wat misschien nog het meest intrigerend is aan tsunami's is dat ze op volle zee – vanwege hun geringe golfhoogte (gewoonlijk minder dan 1 meter hoog) – nauwelijks zichtbaar zijn. Pas als de tsunami ondieper water bereikt, wordt de lange, lage golf afgeremd en vervormd tot een korte, steile muur van water. Bovendien kan ze zeer grote afstanden afleggen en moeiteloos oceanen oversteken met nauwelijks enig energieverlies. Dit komt omdat de snelheid waaraan een golf haar energie verliest omgekeerd evenredig is met haar golflengte. Grote verwoestingen aan verafgelegen kusten, uren na het aanzetten van de golfreus, zijn hiervan het gevolg.

### Oorzaken van een tsunami?

In het verleden betitelden wetenschappers tsunami's ook wel als 'seismische zeegolven'. Deze term is misleidend omdat tsunami's niet alleen door aardbevingen veroorzaakt worden. Bij alle tsunami's is er sprake van een plotselinge beweging van grote volumes water. Deze beweging kan aangedreven worden door een uit de zeebodem vrijkomende kracht (onderzeese aardbevingen en vulkaanuitbarstingen), of het resultaat zijn van een in zee neerstortende of afglijdende vaste massa (inslag meteoriet, afglijden landmassa's). In het geval van een aardbeving wordt de waterkolom verstoord door een verhoging of verlaging van de zeebodem (zie figuur). Maar ook onderzeese aardverschuivingen, die dikwijls samengaan met grote aardbevingen, en instortingen van vulkanen, kunnen het water verstoren door het plotselinge afglijden van grote grond- en rotsvolumes.

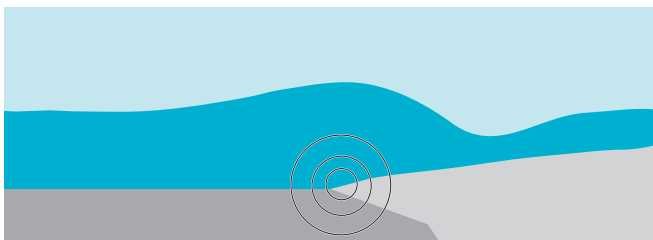
### Tsunami's als gevolg van onderzeese aardbevingen en vulkaanuitbarstingen

De meeste tsunami's zijn het gevolg van een hevige, onderzeese aardbeving van minstens 7.5 op de schaal van Richter. Het betreft meestal aardbevingen die optreden op geringe diepte in de aardkorst (hypocentrum minder dan 50 km diep) en een verticale bodembeweging teweegbrengen. Dergelijke aardbevingen ontstaan vooral ter hoogte van botsende aardplaten. Met name wanneer zwaardere aardplaten onder lichtere platen heenschuiven (= 'subductie') loert het gevaar voor tsunami's om de hoek. Dit was ook het geval op 26 december 2004 toen de Indisch-Australische en de



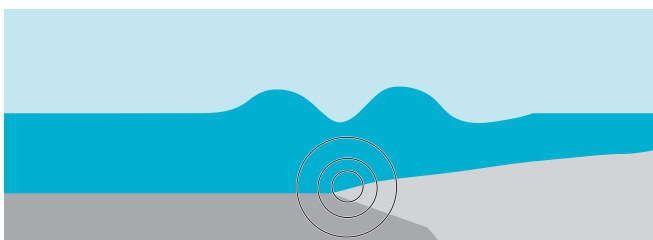
#### fase 1

Waar de oceanische plaat en de continentale plaat elkaar onder water raken vindt een aardbeving plaats.



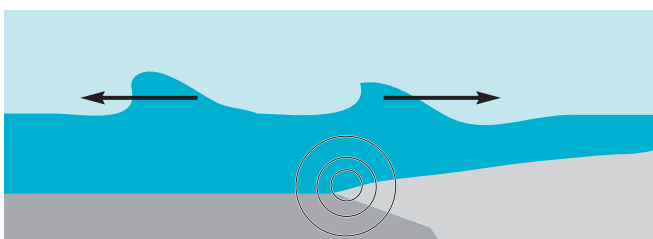
#### fase 2

De opname van de aardbevingsenergie door het water leidt tot een plotse opstuwning – voorafgegaan door een 'dal' – van het wateroppervlak boven het epicentrum van de beving.



#### fase 3

De rimpeling splitst zich op in meerdere golven.



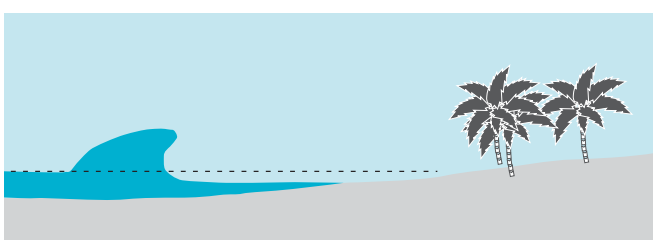
#### fase 4

De golf boven diep water verwijderd zich met hoge snelheid van het epicentrum van de beving. De golf die over het continent reist wordt afgeremd en verplaatst zich met lagere snelheid richting de kust.



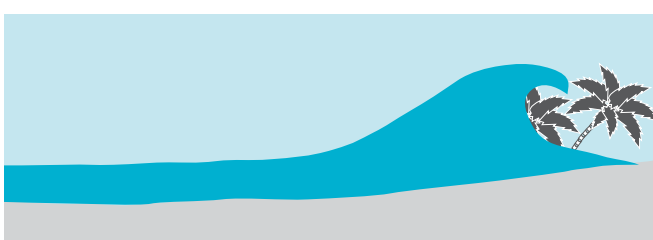
#### fase 5

Als de tsunami over de steeds ondieper wordende continentale plaat reist worden de golven in elkaar gedrukt: de golven worden daarvoor steeds hoger.



#### fase 6

Voordat de tsunami de kust bereikt, zorgt het golfdal voor een zichtbaar terugtrekken van het water.



#### fase 7

De tsunami slaat met verwoestende kracht op de kust.

Het ontstaan en de ontwikkeling van een tsunami verloopt volgens een aantal fasen. In het geval van een onderzeese aardbeving kan een lange golf gevormd worden, die voorafgegaan wordt door een golfdal. Bij aankomst in ondiep water wordt de golf opgedrukt tot vervaarlijke hoogtes. Het golfdal is de oorzaak van het zichtbaar terugtrekken van het water, net voor de tsunami met verwoestende kracht toeslaat

WHL

## Lissabon 1755

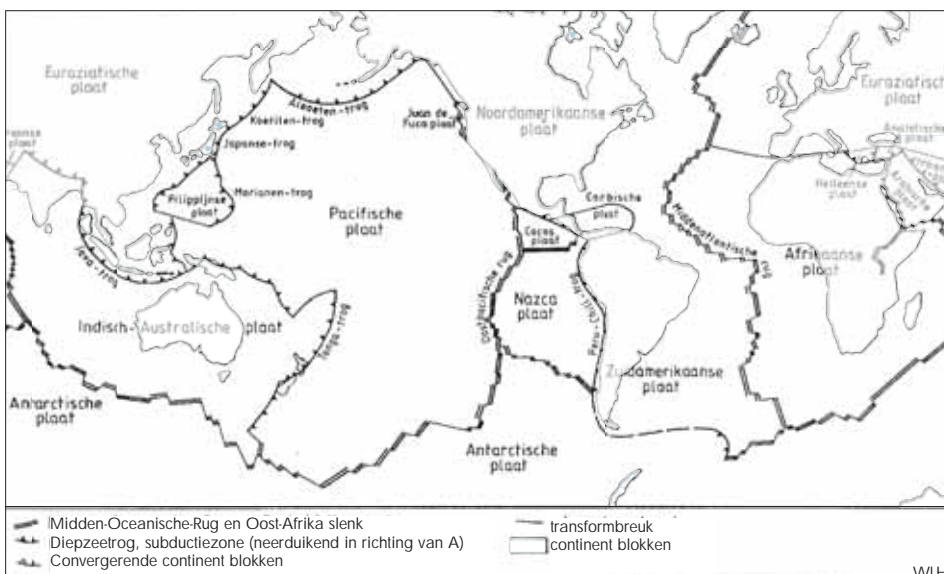
De wereldstad Lissabon werd op zondag 1 november 1755 opgeschrikt door een zware aardbeving (8.6-9 op de schaal van Richter), die de stad in geen tijd herschiep in een puinhoop. De aardbeving werd bovendien gevolgd door een dagenlang woedende brand en door een mega-tsunami. De tsunami werd vooraf gegaan door een wegtrekken van het water (o.a. opgemerkt door het plots zakken van het waterpeil in zoetwaterbronnen op het land), om vervolgens in een drietal reuzegolven van tot 20 meter hoog in te beuken op de kusten. Het werd de ergste tsunamigolframp in de West-Europese geschiedenis. Een derde van de toenmalige bevolking van Lissabon van ca. 270.000 zielen – toen

één van de grootste steden van Europa – liet het leven. Samen met nog duizenden doden elders in het Iberisch schiereiland en in Noord-Afrika schat men de uiteindelijke dodentol op ca. 100.000 mensen. Ook in verafgelegen gebieden merkte men de tsunami op. Ze bereikte de kusten van de Britse eilanden enkele uren nadat Portugal werd getroffen. Zo steeg de waterstand in Newlyn (Zuidwest-Engeland) met meer dan 3 m in nauwelijks tien minuten tijd. De golven veroorzaakten ook aanzienlijke schade in Spanje, Noord-Afrika, de Azoren, Madeira en de Canarische eilanden. In mindere mate trad ook schade op tot in Ierland.

Het stijgende water werd opgemerkt tot in Finland en het Caraïbische gebied, en ook aan de Belgische kusten zou de golf voelbaar zijn geweest. Het epicentrum van de zeebeving situeerde zich buiten een subductiezone en lag vermoedelijk enkele honderden kilometers ten zuidwesten van het Iberisch schiereiland, ter hoogte van de Gorringe Bank. Deze bank is een onderzeese rug die omhooggeduwd wordt door de noordwaartse beweging van de Afrikaanse plaat tegen de Euraziatische plaat.

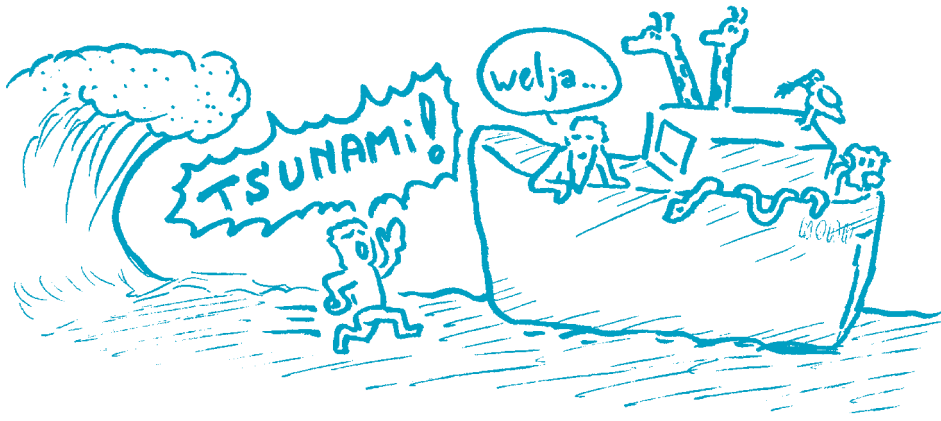


*De wereldstad Lissabon werd op zondag 1 november 1755 opgeschrikt door een zware aardbeving (8.6-9 op de schaal van Richter), die de stad in geen tijd herschiep in een puinhoop. De aardbeving werd bovendien gevolgd door een dagenlang woedende brand en door een mega-tsunami. Het werd de ergste tsunamigolframp in de West-Europese geschiedenis. Een derde van de toenmalige bevolking van Lissabon van ca. 270.000 zielen – toen één van de grootste steden van Europa – liet het leven. Samen met nog duizenden doden elders in het Iberisch schiereiland en in Noord-Afrika schat men de uiteindelijke dodentol op ca. 100.000 mensen*



De meeste tsunami's zijn het gevolg van een hevige, onderzeese aardbeving van minstens 7.5 op de schaal van Richter. Dergelijke aardbevingen ontstaan vooral ter hoogte van botsende aardplaten. Met name wanneer zwaardere aardplaten onder lichtere platen heenschuiven (= 'subductie') loert het gevaar voor tsunami's om de hoek

Euraziatische plaat botsten. Waar plaatranden zijwaarts ten opzichte van elkaar bewegen, kunnen eveneens zeer belangrijke ondiepe aardbevingen voorkomen. Dat ook in een dergelijk geval gevaarlijke vloedgolven kunnen ontstaan, bewijst de legendarische tsunami die in 1755 Lissabon verwoestte (zie kader). Daarnaast kunnen ook vulkaanuitbarstingen van het zogenaamde 'granitische of zure type' in de buurt van subductiezones oorzaak zijn van tsunami's. Vulkanen van het zure type hebben immers weinig viskeuze lava en zijn bijzonder explosief. Wanneer ze actief worden, spatten ze uiteen en verzetten hierbij zeer veel materiaal. Voorbeelden met catastrofale afloop zijn de ontploffing van de Krakatau in Indonesië in 1883 (36.000 doden) en de ontploffing van Santorini (rond 1500 v.Chr.), die een einde aan de Minoïsche cultuur bracht door een tsunami op Kreta. Het vulkanisme van 'bazaltische aard', zoals voorkomend in de mid-oceanische ruggen, is veel minder explosief en zal dan ook geen tsunami's veroorzaken.



### Tsunami's als gevolg van onderzeese massabewegingen

Op het Canarische eiland La Palma tikt volgens sommigen een tijdbom (zie kader). De westflank van de vulkaan Cumbre Vieja dreigt er af te scheuren. Als dit gebeurt, schuift een blok van 15-20 km breed en 15-25 km lang de Atlantische Oceaan in, met een mega-tsunami tot gevolg. Niet alle tsunami's ten gevolge massabewegingen, zijn te wijten aan de werking van vulkanen en hiermee gepaard gaande aardbevingen. Tsunami's kunnen ook ontstaan bij 'spontane' afglijdingen van grote hoeveelheden materiaal langs een continentale helling. Zo is er 7.900 jaar geleden een catastrofale massabeweging gedocumenteerd voor de kusten van Noorwegen. Over deze 'Storegga afschuiving' leest u meer in het kaderstukje 'Tsunami's vastgesteld in de Noordzee en het Kanaal', op pagina 7.

### Tsunami's als gevolg van kosmische inslagen

Tenslotte kunnen tsunami's, veroorzaakt door de inslag van een meteoriet, eender waar ter wereld optreden (zie ook kaderstuk). Op basis van de ligging en de nabijheid van oceanen kan het risico op een tsunami voor elke kustlijn waar ook ter wereld worden berekend. Overal op aarde is de kans op een inslag van een meteoriet met een diameter van bv. 10 m immers gelijk aan 0,00249%. Wanneer we nu de grootte van de aangrenzende oceanen voor een welbe-

paalde kust in rekening brengen, kunnen al deze 'kansen' geïntegreerd worden tot een globaal risico voor een tsunami van een welbepaalde omvang op dit punt. Zo kan bijvoorbeeld berekend worden dat New York, gelegen aan  $0,64 \times 10^8 \text{ km}^2$  Atlantische Oceaan, een kans heeft van 0,005% op een tsunami met een golfhoogte van 2 m, en 0,002% kans op een tsunami met een golfhoogte van 5 m.

### Hoever dringt een tsunami het land binnen: de 'run-up' en de 'run-in'

Een tsunami veroorzaakt, naast heel veel menselijk leed (zie kader pag. 6), onnoemelijk veel schade en ellende: wat los zit gaat drijven, alles wat niet stevig vasthangt wordt meegesleurd. Terzelfdertijd ontstaan enorme stromingen in de overstromde gebieden en vlak voor de kust, met een sterke erosie tot gevolg.

De grootte van het landinwaartse gebied dat bij de aankomst van een tsunami overstromt, varieert naargelang de golfhoogte en golflengte van de tsunamigolf en naargelang de plaatselijke topografie. De zogenaamde 'run-up' (bij steile kusten) of 'run-in' (bij zwak hellende kusten) is verder nog bepaald door een veelheid aan factoren, die bijdragen tot het breken, weerkaatsen of absorberen van golfenergie, en dit o.a. in functie van begroeiing, bebouwing en variaties in hoogteligging. Zo kan de run-up-hoogte



## La Palma

In La Palma constateerden onderzoekers in de jaren '90 een belangrijke breuk in de wand van de vulkaan Cumbre Vieja. De onderzoekers concludeerden dat een vulkanische uitbarsting, in combinatie met een aardbeving, de gescheurde flank in beweging zou kunnen brengen. Wanneer de volledige massa van die afscheurende flank (grootte  $500 \text{ km}^3$ ) in de oceaan belandt, zou dit aanleiding geven tot een nooit geziene mega-tsunami. In dit worst-case scenario ontstaan ter hoogte van de Canarische eilanden golven van honderden meter hoog, maar zouden ook West-Afrika (golven tot 50-100 m), het volledige Amerikaanse continent (golven van 15-25 m) en de Atlantische kusten van Europa (golven van 5-7 m) niet gespaard blijven. Of het allemaal zo'n vaart loopt, wordt door andere wetenschappers in twijfel getrokken. Geen enkele geoloog of geofysicus kan een redelijke kansinschatting maken voor een dergelijke catastrofe. Enerzijds is het niet zeker dat één uitbarsting van de vulkaan volstaat om een mega-afschuiving te veroorzaken. Anderzijds kan een uitbarsting zich binnen tien, maar eventueel pas binnen een paar honderd jaar voordoen. Wat er ook van zij, de vulkaan van La Palma wordt momenteel toch als de grootste bedreiging gezien voor de kusten van de Atlantische Oceaan en dus ook voor onze kustzone. Berekeningen voor het Thames-estuarium wijzen op een zeeopstuwning van enkele meter, wat doet vermoeden dat ook voor het Schelde-estuarium in die grootte-orde moet worden gedacht.

## Mega-tsunami door meteorietinslag

Mega-catastrofes te wijten aan meteorietinslagen kunnen aanleiding geven tot het massaal uitsterven van soorten. Het bekendste voorbeeld is de inslag van een meteoriet met een diameter van een 10-tal kilometer in de buurt van Yucatan (Mexico). Deze inslag vond plaats op het einde van het Krijt (65 miljoen jaar geleden) in een ondiepe zee. Ze heeft het verdwijnen van de dinosaurïers en talloze andere soorten met zich meegebracht en zo de weg vrijgemaakt voor de zoogdieren. Deze inslag is onder meer door Belgische onderzoekers (prof. dr. Ph. Claeys en zijn medewerkers, VUB) zeer goed gedocumenteerd. Hierdoor zijn de afzettingen van de met die inslag gepaard gaande catastrofale tsunami met wereldwijde gevolgen goed identificeerbaar. Tegenwoordig kan met de meest geavanceerde technieken de inslag van een meteoriet lang genoeg van te voren worden voorspeld. De meteoriet tegenhouden is alsnog toekomstmuziek. Eén troost: de terugkeerperiode voor een dergelijke meteorietinslag is 60-100 miljoen jaar...

## Tsunami databanken

Op het internet zijn twee zeer uitgebreide tsunami-databanken beschikbaar. De website <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/tsu.shtml> van het 'National Geophysical Data Center' (Verenigde Staten van Amerika) geeft een overzicht van alle gekende tsunami's in de voorbije 40 eeuwen. De site [http://tsun.sccc.ru/On\\_line\\_Cat.htm](http://tsun.sccc.ru/On_line_Cat.htm) van het 'Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics' (Rusland) doet min of meer hetzelfde voor de afgelopen 20 eeuwen. Beide databanken bevatten zowel de locaties waar de tsunami's ontstonden als de kustplaatsen waar de golven geregistreerd werden.

In onderstaande tabel zijn, op basis van deze databanken en de sites [http://en.wikipedia.org/wiki/Death\\_toll#Tsunami](http://en.wikipedia.org/wiki/Death_toll#Tsunami) (Wikipedia is een zgn. vrije encyclopedie op het internet) en [http://www.prh.noaa.gov/iitc/library/about\\_tsu/worldbook\\_tsunami.pdf](http://www.prh.noaa.gov/iitc/library/about_tsu/worldbook_tsunami.pdf) (van de U.S. National Oceanic & Atmospheric Administration - NOAA), de meest dramatische tsunami's van de afgelopen 700 jaar samengebracht. Let o.a. op het dramatische karakter van de twee 'Europese' tsunami's (Messina en Lissabon).

Jaar	Dodentol	Plaats (*)	Land
1293	(+) 23.024	Sagami Bay	Japan
1341	2.600	Jusanko, Aomori	Japan
1498	31.000	Nankaido regio	Japan
1570	2.000	Zuidkust	Chili
1605	3.862	Enshunada (Shizuoka prefectuur)	Japan
1605	5.000	Nankaido regio	Japan
1611	5.000	Sanriku regio	Japan
1674	4.487	Banda Sea	Indonesië
1687	(+) 5.000	Lima	Peru
1692	2.000		Jamaica
1703	5.233	ZW-Boso Peninsula, Japan	Japan
1703	100.000	Awa	Japan
1707	4.900	Enshunada	Japan
1707	30.000	Nankaido regio	Japan
1741	14.810	West Hokkaido Island	Japan
1746	3.800	Lima	Peru
1755	100.000	Lissabon aardbeving + tsunami	Portugal
1771	13.486	Ryukyu Islands	Japan
1782	(+) 40.000	Zuid-Chinese Zee	Taiwan
1792	15.030	ZW-Kyushu Island	Japan
1826	27.000		Japan
1854	3.000	Nankaido regio	Japan
1854	5.000	Enshunada	Japan
1868	25.674	N-Chili	Chili
1883	36.000	Krakatau, South Java Sea	Indonesië
1896	26.360	Sanriku regio	Japan
1899	3.620	Banda Sea	Indonesië
1908	70.000	Messina	Italië
1923	2.144	Sagami Bay	Japan
1933	3.000	Sanriku regio	Japan
1945	(+) 2.306	Mikawa Bay (Aichi prefectuur)	Japan
1952	2.336	ZO-Kamchatka schiereiland	Sovjet-Unie
1960	2.000	Grote Chileense aardbeving	Chili
1976	8.000	Moro Gulf, Mindanao	Filippijnen
1992	2.200	Flores Island	Indonesië
1998	2.182	Aitape, noordkust Papua	Nieuw-Guinea
2004	>400.000	Indische Oceaan aardbeving + tsunami	Indonesië, Sri Lanka, Indië, Thailand, e.a.

(\*): De plaatsnaam kan zowel verwijzen naar de oorsprong van de tsunami als naar de kust die getroffen werd.

(+): Aantal doden zowel van de tsunami als van de aardbeving.

sterk variëren langsheen een kustlijn en is een factor vier verschil over enkele kilometer afstand niet onmogelijk. Bij vlakke kustgebieden hangt de run-in minder af van de topografie. Vooral terreineigenschappen, zoals het soort hindernissen t.a.v. het snelstromende water, bepalen hier de impact.

### Wat is de kans op een tsunami aan onze kust?

Het beantwoorden van deze vraag vergt in de eerste plaats een analyse van de mogelijke oorzaken en brongebieden voor tsunami's in onze contreien. Vervolgens is het kwestie te berekenen hoe hoog die ontstane vloedgolven zullen zijn eens ze op onze kusten invallen.

### Kan een tsunami ook de Noordzeekusten treffen?

Samengevat is het voorkomen van een tsunami aan onze kust niet uit te sluiten, wat ook blijkt uit de meldingen in een historisch perspectief (zie kader p. 7). Anderzijds is de kans op voorkomen zonder meer gering te noemen. In volgorde van belangrijkheid is waakzaamheid het meest geboden t.a.v. mogelijke afschuivingen in het noorden op de continentale helling tussen Noord-Engeland en Noorwegen en voor de Noorse kust, en vanuit het zuiden ten gevolge de mogelijke landafschuiving bij een uitbarsting van de vulkaan Cumbre Vieja op La Palma. Hoewel de kans op voorkomen van een betekenisvolle aardbeving in de Noordzee zelf relatief gering is, blijkt uit het geologisch overzicht dat er wel degelijk breuken bestaan in de ondergrond van de Noordzee en dat verplaatsingen niet uit te sluiten zijn. De enige subductiezones in de Atlantische Oceaan liggen nabij Midden-Amerika en Zuid-Afrika en zijn kleiner en minder actief dan diegene in de Stille Oceaan. Aardbevingen op de mid-Atlantische rug, waar de Noord-Amerikaanse plaat en de Euraziatische plaat langzaam uit elkaar schuiven, zijn in de regel vele malen kleiner dan aardbevingen die optreden bij subductie. Het vrijkomen van vulkanisch gesteente, zoals o.a. bij het intensief vulkanisme met massabewegingen in de actieve zone rond IJsland, is meestal een voldoende traag geologisch proces dat geen tsunami veroorzaakt.

### Hoe hoog kunnen vloedgolven aan onze kust oplopen?

Wanneer men wil weten hoe een tsunami zich op de Noordzee voortplant, dient zowel rekening te worden gehouden met de overgang van de Atlantische Oceaan naar de ondiepere delen van het continentaal plat, als met de voortplanting van de golfrein in de Noordzee zelf. Uit berekeningen kan afgeleid worden

## Tsunami's vastgesteld in de Noordzee en het Kanaal

Het verleden toont aan dat tsunami's ook in de Noordzee en het Kanaal niet ondenkbaar zijn. Weliswaar niet met die grootteorde en frequentie van seismische intensiteit als in de klassieke risicogebieden zoals Japan, Chili of Californië, maar toch... Aanwijzingen voor het optreden van tsunami's in het verleden komen overigens niet enkel uit (geschreven) historische bronnen. Ook geologische gegevens uit een relatief recente periode ("maar" 8.000 jaar) zijn een belangrijke bron van informatie. In die periode kreeg de Noordzee immers de vorm die we nu kennen.

### **De Storegga Tsunami** (ca. 7.900 jaar geleden):

Een bijzondere zandlaag, van nauwelijks enkele cm tot dm dik, in afzettingen langsheen de gehele Schotse oostkust tot in Noord-Engeland, deed bij onderzoekers een lichtje branden. Al snel bleek dat die laag was afgezet door een tsunami, veroorzaakt door een onderzeese afglijding. Deze massale afglijding gebeurde 7.900 jaar geleden langsheen de continentale helling van de Noorse Zee, halverwege Noorwegen. Dit gebied is gekend als het gebied van de Storegga afglijdingen.

Het zeeniveau lag toen ongeveer 14 m lager dan tegenwoordig. De snelheid van de afglijding en het volume van het verplaatste materiaal waren zo groot dat ze een reuze-tsunami voortbrachten.

De invloed ervan vond men niet alleen terug in Schotland, maar ook langsheen de kusten van IJsland, Noorwegen, de Faeroer en Shetland. Er kon achterhaald worden dat deze 'Storegga Tsunami' bij de Shetland eilanden een hoogte moet hebben bereikt van 25 m. De invloed ervan werd (nog) niet gevonden in het Belgisch kustgebied. De continentale helling van de Noorse Zee is nog steeds niet stabiel...



DS

*Een bijzondere zandlaag, van nauwelijks enkele cm tot dm dik, in afzettingen langsheen de gehele Schotse oostkust tot in Noord-Engeland deed bij onderzoekers een lichtje branden. Al snel bleek dat die laag was afgezet door een tsunami, veroorzaakt door een onderzeese afglijding. Deze massale afglijding gebeurde 7.900 jaar geleden langsheen de continentale helling van de Noorse Zee, halverwege Noorwegen. Dit gebied is gekend als het gebied van de Storegga afglijdingen*

**De Zuidelijke Noordzee en het Kanaal** hebben dan wel geen continentale helling maar toch komen er bijwijlen aardbevingen voor. Op 21 mei 1382 trof een aardbeving vooral Kent en Vlaanderen. Het epicentrum lag in het zuiden van de Noordzee. Van een eventuele tsunami werd geen melding gemaakt. Van meer recente datum, en dus ook beter gedocumenteerd, is de aardbeving van 6 april 1580. De beving had een kracht van 5.3-5.9 op de schaal van Richter en het epicentrum bevond zich in het Kanaal op een diepte van 20 à 25 km. Een tsunami overspoelde toen de stad Calais en omgeving en veroorzaakte overstromingen tot in Boulogne. De dag daarop werd Dover geteisterd door een tweede tsunami die blijkbaar tot de Mont St.-Michel (Bretagne) reikte. Tot 20 à 30 schepen zijn toen gezonken in het Kanaal door een plotse grote golf. Een overlevende getuigde van een golfhoogte van meer dan 15 m. In 1931 veroorzaakte een beving met een kracht van 6.1 ter hoogte van de Doggerbank (Zuidelijke Noordzee) een tsunami die vooral Groot-Brittannië teisterde. Tijdens graafwerken voor de creatie van een sluffer in de duinen tussen De Panne en de Franse grens kwam een dik pakket met uitsluitend schelpen bloot te liggen. Alhoewel er nog geen verder onderzoek gebeurd is, is het nagenoeg zeker dat deze ophoping van schelpen niet door een storm tot stand kwam, maar veeleer het resultaat is van een tsunami.

Musson R.M.W. 1994. A catalogue of British Earthquakes. British Geological Survey.  
Smith D.E. 2005. Tsunami: a research perspective. Geology Today.  
Smith D.E. et al. 2004. The Holocene Storegga tsunami in the United Kingdom. Quaternary Science Reviews 237.

Cecile Baeteman  
Belgische Geologische Dienst

dat de golfhoogte, ter hoogte van de plotse verondieping van oceaan naar continentaal plat, ongeveer met de helft toeneemt. Wat de voortplanting van de golf in de Noordzee zelf betreft, werden enkele benaderende berekeningen uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium. En wat blijkt?

Een tsunami met een golfhoogte van 1 m aan de noordelijke rand van de Noordzee zou langs de Belgische kust (gerekend aan een waterdiepte van 10-15 m) een maximale waterstandsverhoging van ongeveer 70 cm veroorzaken (zie fig. pag.10 boven). De tsunami wordt onderweg sterk gedempt en groeit dus niet tot een metershoge golf aan onze kust, zo blijkt. Deze demping is

voor een belangrijk deel het gevolg van het feit dat de tsunami zich eerst over grote afstand (ca. 1000 km) door de ondiepe Noordzee moet voortplanten. Wanneer je weet dat huizenhoge tsunami's vooral daar optreden waar een steile kust grenst aan een oceaan – waardoor de volle energie van de golfreus tot vlakbij het land kan worden gebracht – is dit niet verwonderlijk.

Een tsunami die vanuit het zuiden via het Kanaal de Noordzee zou binnendringen, wordt nog sterker gedempt (zie fig. pag.10 onder). Een tsunami met een golfhoogte van 1 m ter hoogte van Bretagne zou langs de Belgische kust (met een in rekening gebrachte waterdiepte van 10-15 m) een maximale waterstands-

verhoging van ongeveer 40 cm veroorzaken. In het geval van een mogelijke mega-tsunami (bv. door een mega-afschuiving van de vulkaan Cumbre Vieja op de Canarische Eilanden) resulteren berekeningen met een golfhoogte van 5-, resp. 10 m ter hoogte van Bretagne in een maximale waterstandsverhoging langs de Belgische kust van 1,5-2 m. Door de sterke vernauwing van het Kanaal verdwijnt een belangrijk deel van de golfenergie door weerkaatsing met de Engelse en Franse kust, lang voordat de tsunami de Belgische kust bereikt.

## Naar een vroeg-waarschuwingssysteem voor tsunami's in de Indische Oceaan

### Hoe werkt een vroeg-waarschuwingssysteem?

Een waarschuwingssysteem bestaat uit twee delen. Aan de basis ligt een hoog-technologisch deel: een netwerk van sensoren om het optreden van een aardbeving en de aanwezigheid van een tsunami te meten, en die gegevens door te seinen naar een datacentrum. Een even belangrijk onderdeel is de communicatie-infrastructuur, die moet toelaten tijdig alarm te slaan en de kustgebieden te evacueren. Bij het uitbouwen van een waarschuwingssysteem voor de getroffen regio kan geput worden uit de meer dan 40 jaar ervaring met een goed werkend en eenvoudig systeem in de Stille Oceaan. Het 'Tsunami Warning System for the Pacific Ocean' of ITSU, georganiseerd door de Intergouvernementele Oceanografische Commissie van UNESCO, werkt met druksensoren die op de bodem van de oceaan geïnstalleerd zijn. Deze toestellen meten het gewicht van het bovenstaand water. Als een tsunami passeert, verhoogt de druk en zal het toestel een geluidssignaal sturen naar een boei aan het zee-oppervlak. De boei stuurt een signaal naar een satelliet die vervolgens een bemand centrum waarschuwt. Zo kunnen theoretisch zelfs tsunami's van nauwelijks enkele cm hoog gedetecteerd worden.

Toch komt een waarschuwing in eerste instantie van seismische meetposten, die erop gericht zijn een aardbeving te detecteren. De gegevens worden doorgezonden

naar het Pacific Tsunami Warning Center in Hawaï. Als de aardbeving in de oceaan optreedt en als ze bovendien een kracht heeft van meer dan 7.5 op de schaal van Richter, wordt een eerste waarschuwing "tsunami watch" verspreid. Vervolgens worden gegevens van de monitoringstations die op grote diepte op de zeebodem staan en zich dicht bij het epicentrum van de aardbeving bevinden, gecontroleerd op tekenen van een tsunami. Als het signaal positief is, worden "full warnings" uitgezonden via de bestaande nationale systemen.

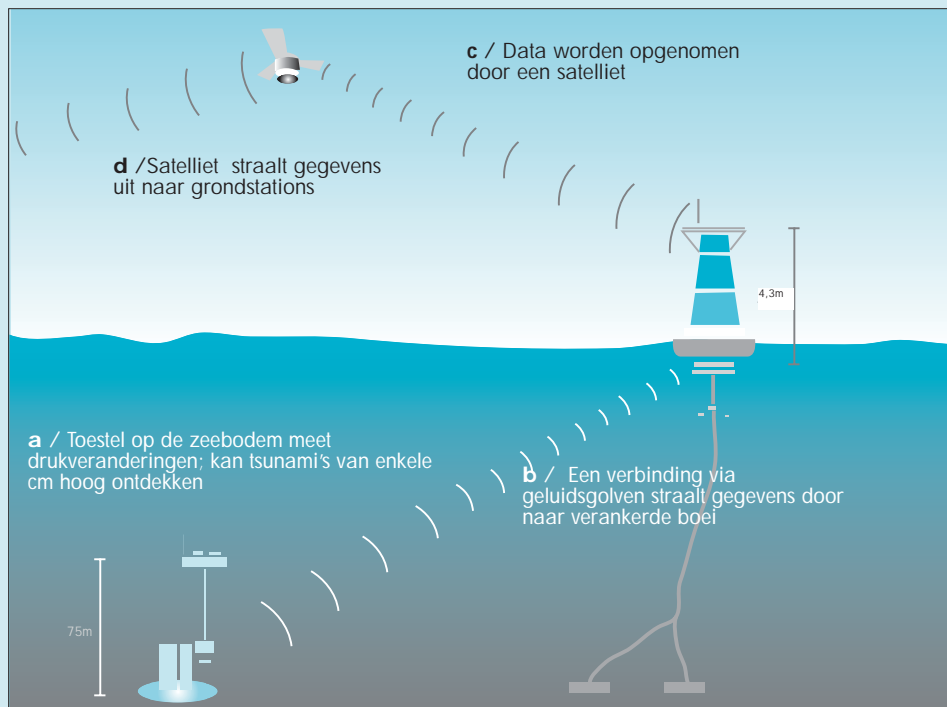
### Ministeriële vergadering over regionale samenwerking te Phuket

Om een vergelijkbaar systeem in de Indische Oceaan op te zetten, moeten er dus meet- en monitoringstations gebouwd worden en dienen communicatiesystemen te worden opgezet. Een waarschuwingssysteem is echter veel meer dan deze hardware, technologie en een waarschuwingencentrum. Er is een veel ruimere benadering nodig, waarin ook bewustmaking van de bevolking, educatie en opleiding van zowel experts als gewone burgers geïntegreerd worden.

Op 28 en 29 januari II. kwamen op initiatief van de eerste minister van Thailand top-politici en experts van 42 landen en 13 internationale organisaties samen in Phuket voor een ministeriële vergadering over regionale samenwerking voor vroeg-waarschuwingssystemen voor tsunami's. De plaats was niet

toevallig gekozen. Immers in en rond Phuket vielen meer dan 5000 doden te betreuen en zijn er nog meer dan 3000 mensen vermist. De Belgische delegatie werd geleid door staatssecretaris Didier Donfut. Vlaams minister voor Wetenschap en Innovatie Fientje Moerman liet zich vertegenwoordigen door haar wetenschappelijk adviseur Danielle Raspoet en door directeur Jan Mees van het VLIZ. Ook lid van de delegatie waren ambassadeur Jan Matthysen en assistent Jeroen Cooreman. Deze laatste zijn sinds 26 december non-stop in de weer om landgenoten te helpen.

In de slotverklaring werd de politieke wil uitgesproken om zeer snel tot een operationeel systeem te komen. Bovendien was er een brede consensus dat het systeem tot stand moet gebracht worden door enerzijds de nationale capaciteiten in alle landen van de regio uit te bouwen en te versterken, en anderzijds een belangrijke coördinerende rol toe te kennen aan de Verenigde Naties, meer bepaald aan de Intergouvernementele Oceanografische Commissie van UNESCO. Essentieel voor een efficiënt systeem is de snelle, open en vrije uitwisseling van gegevens en informatie. Enkele andere belangrijke aandachtspunten op de conferentie waren:



### Wat gebeurt er?

- 1 Aardbeving ontdekt
- 2 Eerste waarschuwing
- 3 Zeeniveau gecontroleerd
- 4 Tweede waarschuwing

Aan de basis van een vroeg-waarschuwingssysteem voor tsunami's ligt een hoog-technologisch deel: een netwerk van sensoren om het optreden van een aardbeving en de aanwezigheid van een tsunami te meten, en die gegevens door te seinen naar een datacentrum. De druksensoren op de bodem van de oceaan meten het gewicht van het bovenstaand water. Als een tsunami passeert, verhoogt de druk en zal het toestel een geluidssignaal sturen naar een boei aan het zee-oppervlak. De boei stuurt een signaal naar een satelliet die vervolgens een bemand centrum waarschuwt. Zo kunnen theoretisch zelfs tsunami's van nauwelijks enkele cm hoog gedetecteerd worden



Op 28 en 29 januari II. kwamen op initiatief van de eerste minister van Thailand top-politici en experts van 42 landen en 13 internationale organisaties samen in Phuket voor een ministeriële vergadering over regionale samenwerking voor vroeg-waarschuwingssystemen voor tsunami's. De Belgische delegatie werd geleid door staatssecretaris Didier Donfut. Vlaams minister voor Wetenschap en Innovatie Fientje Moerman liet zich vertegenwoordigen door haar wetenschappelijk adviseur Danielle Raspoet (links) en door directeur Jan Mees van het VLIZ (rechts)

- Een effectief systeem moet bestaan uit verschillende componenten, en omvat een risico-analyse, het monitoren en de vroege detectie van de tsunami, de aankondiging en voorspelling van de tsunami en het formuleren van een waarschuwing, het verspreiden en communiceren van de waarschuwingen, het bevorderen van de kennis van lokale besturen en van de bevolking en het ontwikkelen van hun paraatheid om te ageren
- Er is technologie nodig, maar ook het opbouwen en delen van informatie en kennis, o.a. door opleidingen, verdient de nodige aandacht.
- Het systeem moet niet enkel waarschuwen voor tsunami's, maar ook voor andere rampen die met de zeeën en oceanen verbonden zijn (bijvoorbeeld cyclonen, tyfonen, ...)
- Het systeem moet geïntegreerd worden in nationale ontwikkelingsplannen. Er werd herhaaldelijk gewezen op het belang van preventie door duurzaam beheer van kustgebieden: de koraalriffen en mangrovebossen vormen een natuurlijke bescherming tegen het geweld van de zee
- Het systeem mag niet beperkt blijven tot de Indische Oceaan, maar moet ook andere risicogebieden zoals de Middellandse zee en de Caraïben omvatten

#### Nabije toekomst

En het moet snel gaan. Voor de Indische Oceaan zou het systeem reeds operationeel kunnen zijn tegen juni 2006. Een wereldwijd waarschuwingssysteem zou dan één jaar later volgen. Dit is mogelijk doordat de

waarschuwingen verspreid kunnen worden via een bestaand meteorologisch netwerk, dat nu reeds gebruikt wordt om te waarschuwen voor cyclonen en zware stormen. Specialisten van UNESCO schatten dat het systeem ongeveer 30 miljoen dollar (ca. 23,5 miljoen EUR) zal kosten. De grootste kost is de aankoop van een aantal diep-water meettoestellen en de installatie ervan op de zeebodem. Deze moeten de golfbewegingen meten en deze gegevens doorsturen naar drijvende boeien aan het wateroppervlak en vandaar naar satellieten. Deze informatie, aangevuld met de gegevens van een uitgebreid netwerk van getijmeters, moet dan verzameld worden in een regionaal centrum.

Wanneer de waarschuwing binnenkomt, is het de taak van elk land afzonderlijk om de gepaste actie te ondernemen.

Begin maart gaat in het UNESCO hoofdkwartier te Parijs een technische vergadering door waarop de blauwdruk voor het hele systeem een definitieve vorm zal krijgen. Kort daarna zal de uitwerking en realisatie bekrachtigd worden op een nieuwe ministeriële vergadering die zal doorgaan in de getroffen regio. Nu reeds is duidelijk dat onder de paraplu van IOC/UNESCO alle landen in de regio de basiskennis over tsunami's tot bij hun bevolking moeten brengen, de gebieden met een verhoogd risico moeten identificeren en kenbaar maken (inclusief het aangeven van vluchtplaatsen en -wegen), communicatiekanalen moeten opzetten die waarschuwingen snel tot bij de kustbewoners moeten brengen en nationale organisaties moeten versterken door experten op te leiden, seismische stations en zeespiegelmeters te installeren en gegevens uit te wisselen. De internationale gemeenschap moet de landen rond de Indische Oceaan helpen bij de ontwikkeling en versterking van preventieve maatregelen en moet kennis, expertise, technologie, etc. aanreiken.

Het is uiterst belangrijk dat we helpen het menselijk potentieel in risico-gebieden te ontwikkelen door opleidingen te verzorgen. Deze opleidingen moeten alle aspecten van vroeg-waarschuwingssystemen beslaan, gaande van de installatie en het opereren van instrumenten, over data uitwisseling en -beheer, tot educatieve campagnes om kennis over tsunami's te promoten en rampenplanning. De door minister Fientje Moerman aangekondigde ondersteuning van opleidingen van experten in het IODE Project Office van IOC te Oostende (500.000 euro per jaar vanaf 2005) sluit hier dan ook perfect bij aan.





Bovenstaande resultaten werden uitgerekend zonder rekening te houden met het effect van het getij. Volgens gelijkaardige Nederlandse berekeningen veroorzaakt het getij een kleine verlaging van de maximale waterstandsverhoging (tot enkele tientallen centimeter).

We mogen dan ook concluderen dat het risico op het voorkomen van een tsunami aan de Belgische kust zeer klein is en dat de mogelijke tsunamigolven aan de kustlijn beperkt zullen zijn in hoogte ten gevolge de dempende werking van de Kanaalkusten en de ondiepe Noordzee. We kunnen dan ook stellen dat een mogelijke tsunami aan de Belgische kust minder risico inhoudt dan bepaalde extreme meteorologische omstandigheden, zoals stormvloed.

### Wordt straks alles beter?

De tsunami van 26 december 2004 is één van de grootste natuurrampen die de wereld in recente tijden gekend heeft. Het aantal slachtoffers in de regio wordt intussen geschat op meer dan 400.000. In tegenstelling tot andere natuurrampen heerst wereldwijd het gevoel dat er iets gedaan had kunnen worden om vele van de slachtoffers te redden. De informatie over de aardbeving en de resulterende golf heeft er immers uren over gedaan om die mensen te bereiken die actie hadden kunnen en moeten ondernemen.

Aardbevingen en tsunami's zijn nauwelijks te voorspellen. En eens ze opdoemen, zijn ze al helemaal niet meer te stoppen. Materiële schade beperken is dan ook zo goed als onmogelijk. Wat wel kan, is mensenlevens redden door een snelle detectie van tsunami's te organiseren, de geviseerde kustbewoners tijdig op de hoogte te brengen en hen in te lichten over hoe ze best kunnen reageren. De Indische Oceaan beschikt nog niet over zo'n vroeg-waarschuwingssysteem voor tsunami's. Indien dit wel had bestaan, waren er ongetwijfeld duizenden levens gered kunnen worden. Nu wordt er hard gewerkt aan een vroeg-waarschuwingssysteem voor zeerampen (zie kader pag. 8-9). Het is ieders hoop dat hiermee nieuw onheil in de toekomst zoveel mogelijk kan worden voorkomen.

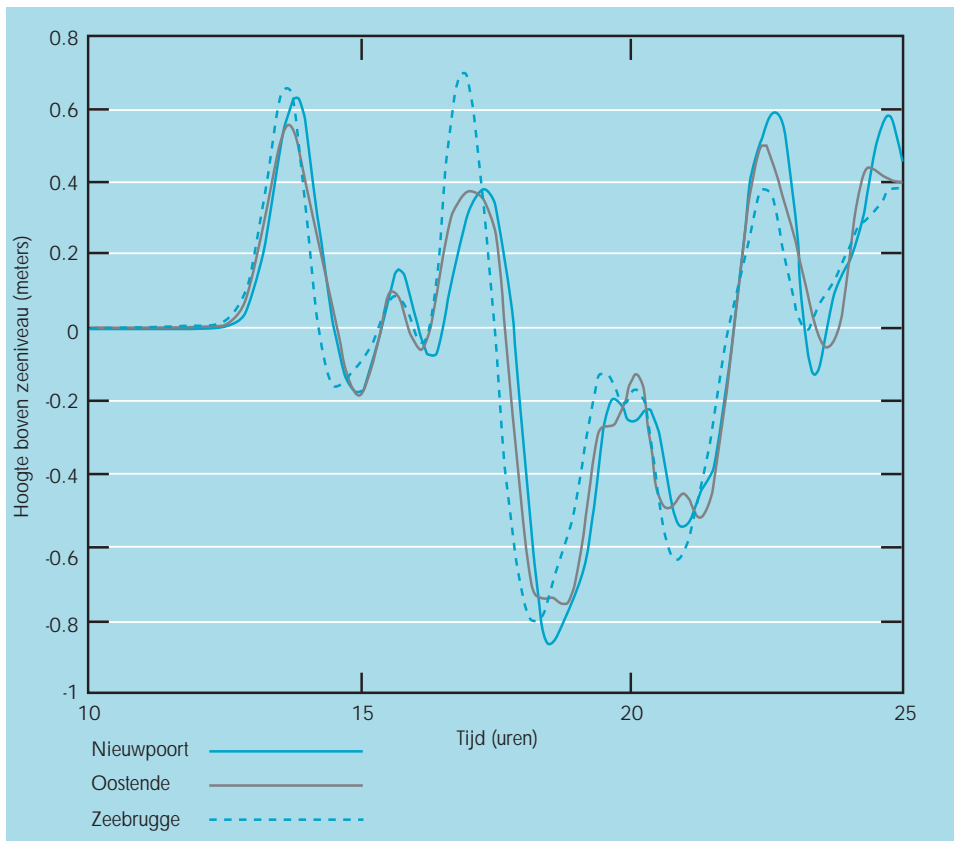
Marc Willems\*, Frank Mostaert\*,  
Tom De Mulder\*, George  
Schramkowski\*\*

\*Waterbouwkundig Laboratorium  
\*\*HAECON

met kaderstukken door:

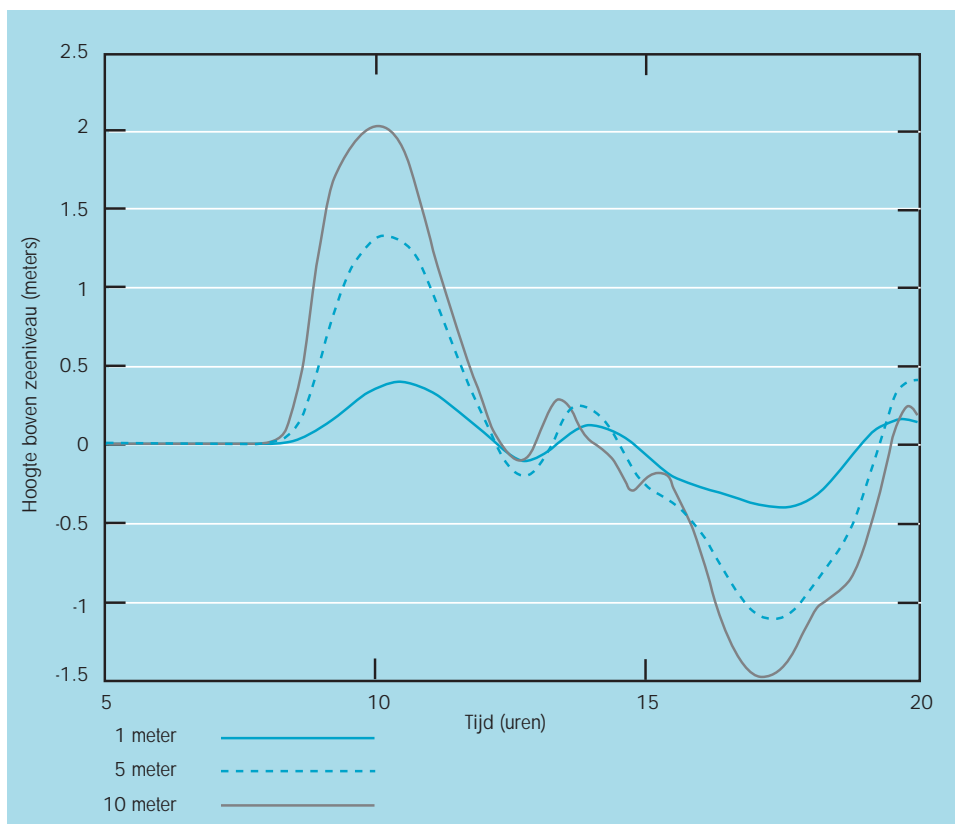
Jan Mees (VLIZ)

Cecile Baeteman (Belgische Geologische  
Dienst)



Een tsunami die met een golfhoogte van 1 m op tijdstip 0 langs het noorden de Noordzee binnendringt, zal meer dan tien uur later een maximale waterstandsverhoging van 70 cm teweegbrengen aan onze kust. De golf wordt immers sterk gedempt op zijn 1000 km lange tocht doorheen de ondiepe Noordzee

WLH



Een tsunami die met een golfhoogte van 10 m op tijdstip 0 in Bretagne via het Kanaal de Noordzee binnendringt, zal tien uur later een maximale waterstandsverhoging van 2 m veroorzaken aan onze kust. Door de sterke vernauwing van het Kanaal verdwijnt een belangrijk deel van de golfenergie immers door weerkaatsing met de Engelse en Franse kust, lang voordat de tsunami de Belgische kust bereikt

WLH