



'The Great Wave' van de Japanse kunstenaar Kanagawa K. Hokusai (1830). Bron: Wikipedia Commons.

# TSUNAMI'S EN MONSTERGOLVEN

## Een ongekennde dreiging in de Noordzee?

Steven Dauwe<sup>1</sup>, Thomas Verleye<sup>1</sup>, Gert Coone<sup>2</sup>

'De grote golf van Kanagawa' van de Japanse kunstenaar Hokusai (1830), 'De Golf' van schilder Courbet (1869), de thriller 'The Perfect Storm' (2000) en de actiefilm 'Poseidon' (2006). Het zijn maar enkele voorbeelden waarbij vernieling zaaiende monstergolven een bron van inspiratie zijn voor kunst- en filmmakers. Deze tot de verbeelding sprekende monsters van de zee tonen de ultieme en catastrofale kracht van de oceaan. Jammer genoeg wordt verbeelding soms realiteit. Zo liggen de herinneringen aan de tsunami die op tweede kerstdag 2004 vele mensenlevens eiste van Indonesië tot Somalië, en aan de tsunami van 2011 die de oostkust van Japan trof en leidde tot de kernramp van Fukushima, nog vers in het geheugen. Kunnen dergelijke golven ook bij ons voorkomen? En zo ja... zijn we hierop voorbereid? Kom hieronder alles te weten over de tsunami's en monstergolven van de Noordzee!

<sup>1</sup> Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ)

<sup>2</sup> Oceanografisch Meteorologisch Station (OMS)

## HOE VORMT ZICH EEN TSUNAMI?

De meeste golven die we waarnemen bij een bezoek aan de kust zijn windgolven. Ze zijn het resultaat van de wind die het wateroppervlak in beweging brengt, waarna deze golven onder invloed van wind, stroming en getij kustwaarts bewegen. Eens in ondieper water remt de zeebodem de voortbeweging van het water van onderaf. De golf "danst" dan niet langer op het wateroppervlak, maar wordt steiler, hoger en verliest vaart. Wanneer de bovenliggende waterlagen de onderste lagen inhalen, maakt de golf een kromming en "breekt". Gewoonlijk een onschadelijk proces waar watersporters dankbaar gebruik van maken (zie kader p. 6).

Tsunami's zijn geen windgolven. Ze ontstaan op verschillende andere manieren. Aardbevingen liggen aan de basis van het gros (80%) van alle tsunami's wereldwijd: de zogenaamde "seismische tsunami's". De overige 20% kent zijn oorsprong in onderzeese of kustgebonden landverschuivingen, vulkaanuitbarstingen, meteorologische fenomenen, of zijn in zeldzame gevallen het gevolg van inslagen van planetoiden (asteroïden) in de oceaan. Deze mechanismen veroorzaken krachten

die zo sterk zijn dat de golven die ontstaan soms volledige oceanbekkens kunnen bestrijken. Daar waar windgolven kort zijn, hebben tsunami's een golflengte van 150 tot 1.000 km. Daarom zul je ze in het midden van de oceaan, in diep water niet snel opmerken. Je kan nietsvermoedend liggen zonnen, genietend van een cocktail op het dek van een luxe cruiseschip, terwijl onder jou een kanjer van een golf passeert. Een golf met de snelheid van een jet, of wel 800 km/u. Eens dichterbij de kust verandert de tsunami haar gelaat. De monstergolf verliest, net als windgolven, haar snelheid in ondiep water en zwelt aan. Dit 'shoaling effect' en de gigantische energie leidt tot een verwoestend hoge golf met vaak desastreuze gevolgen voor kustregio's.

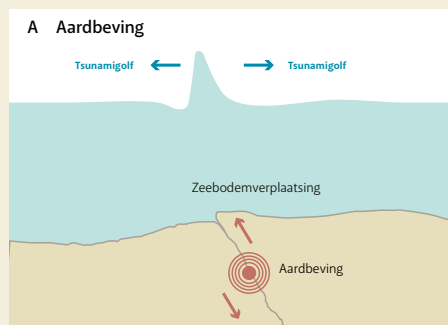
## TIJDIG WAARSCHUWEN

Ondanks hun gigantische schaal kon meet-apparatuur sinds de jaren '60 slechts enkele "megatsunami's" registreren. Daarnaast was er tot 2004 een gebrek aan 'real-time' kust- en observatiesystemen, in het bijzonder in de Indische Oceaan. Na dit event raakte alles in een stroomversnelling. Er ontstond een wereldwijde "jacht" op het opsporen en tijdig melden van tsunami's. Het VLIZ stond

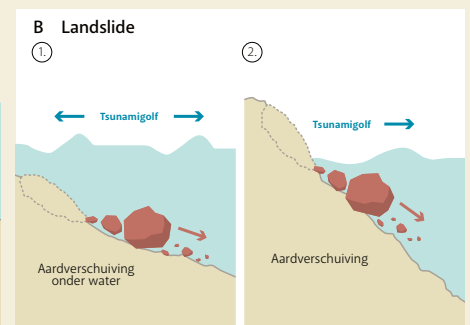
van in het prille begin in de frontlinie van deze tsunamiwaarschuwingsgemeenschap. Samen met onze IOC-UNESCO partners zette VLIZ zijn schouders onder de ontwikkeling van een wereldwijd netwerk van real-time zeeniveau-monitoringsstations. Het begin van het "IOC-Sea Level Monitoring Network" ([www.iocsealevelmonitoring.org](http://www.iocsealevelmonitoring.org)). Dit netwerk laat toe om actuele golfgegevens (locatie, tijdstip, hoogte, duur) op te volgen en snel wereldwijd te communiceren. Dat is cruciaal om tijdig (evacuatie)maatregelen te kunnen nemen in mogelijk bedreigde kustgebieden. Een tsunami, met haar plotse ontstaan en hoge voortbewegingssnelheid, kan daar immers verwoestend uithalen. Hoe tijdig dit allemaal kan, is vooral een vraag van voldoende data en kennis, en het delen ervan. Voorspellen welke tsunami gevaarlijk is en welke niet is zo mogelijk nog moeilijker. Ook hier speelt de beschikbaarheid van data en kennis een belangrijke rol. Vandaag de dag maakt men hiervoor gebruik van zogenaamde 'Probabilistische tsunami-gevaaranalyses' (Probabilistic Tsunami Hazard Analysis – PTHA). Die voorspellen de kans op overschrijding van een bepaald overstromingsniveau (opzet) op een bepaalde plaats binnen een bepaald tijdsinterval. Spijts de uitdagingen die er nog zijn, vormen PTHA's vandaag de basis voor een

## Verschiede mogelijke ontstaansoorzaken van tsunami's

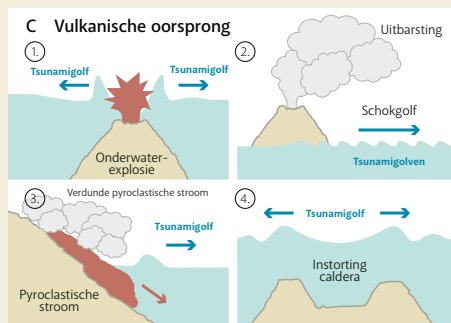
Gebaseerd op Grezio et al. (2017) Probabilistic Tsunami Hazard Analysis: Multiple Sources and Global Applications. Reviews of Geophysics. <http://dx.doi.org/10.1002/2017RG000579>.



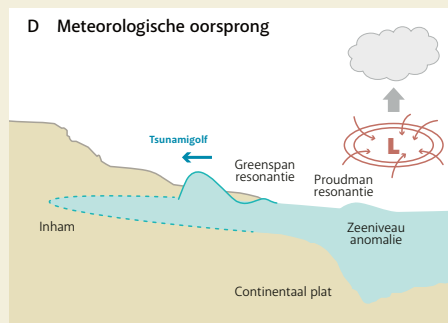
(a) aardbevingen die vervormingen van de zeebodem veroorzaken en daaropvolgende verplaatsingen van de waterkolom ervoren.



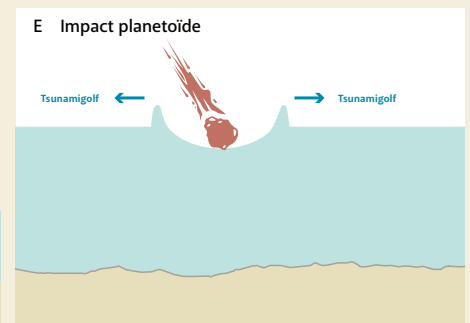
(b) landslides onder water (1) en op land (2).



(c) vulkanische activiteit met inbegrip van (1) explosies onder water, (2) uitbarstingen die schokgolven in de atmosfeer opwekken die energie overbrengen naar het water, (3) pyroclastische stromen en (4) snelle bodemvervormingen of instortingen van caldera.



(d) Proudman-resonantie of Greenspan-resonantie die optreedt na atmosferische verstoringen met verdere versterking van de lange oceaangolven vanwege de continentaal plat resonantie.



(e) inslagen van asteroïden en kometen.

tsunamirisicobeoordeling over de hele wereld. En zijn ze van groot belang bij de langetermijnplanning van het beheer in tsunamigevoelige kustgebieden.

## TSUNAMI'S OP DE NOORDZEE?!

### Hoe groot is de kans op een gevaarlijke tsunami bij ons?

Kan het? Jawel! Historisch onderzoek toont dat er reeds verwoestende tsunami's hebben plaatsgevonden in Europese zeeën en kustgebieden, waaronder onze Noordzee. Enkele destructieve voorbeelden zijn de tsunami's na de Minoïsche uitbarsting op Santorini in de 17<sup>de</sup> eeuw v. Chr., de Storrega landverschuivingen voor de Noorse kust (6225–6170 v. Chr.), de aardbeving op Kreta in 365 n.Chr., de Grote Aardbeving van Lissabon (1755) en de Messina-Reggio Calabria aardbeving (waarbij een onderzeese landafglijding de tsunami versterkte) in 1908.

In België zijn er de voorbije tweeënhalve eeuw amper twee tsunami-gerelateerde events geweest die een gemeten verhoging van de waterstand met meer dan één meter veroorzaakten: de eerste in 1767 (+1,5m Oostende) en een tweede in 1858 (+1,25m België/Nederland). Slechts twee voorvallen dus en met weinig impact. Hoe komt dit nu? In 2005 maakten onderzoekers van het Waterbouwkundig Laboratorium de eerste tsunami-risico analyse voor de Belgische kust. Ze concludeerden dat de kans op gevaarlijke tsunami's in de Belgische Noordzee zeer klein is. Een verklaring hiervoor is de beschutte ligging van onze Noordzeekust.

In het zuidwesten afgeschermd van de Atlantische Oceaan door het Kanaal. En noordwaarts een lange (ca 1.000 km), brede ondiepe zee. Die remmen in belangrijke mate de golfenergie van tsunami's nog voor ze onze kust bereiken. Zelfs bij een tsunami die ter hoogte van de 200 m dieptelijn in de Noordelijke Noordzee, met een golfhoogte van 10 meter binnenkomt. Berekend is dat die zou resulteren in een verhoogde waterstand van amper 2m. Deze beschutte geografische ligging heeft daarnaast nog andere, geruststellende troeven. Zo is onze regio weinig gevoelig voor tsunami's die ontstaan door aardbevingen, vulkanisme en landverschuivingen en is de kans op de inslag van een groot hemellichaam sowieso bijzonder klein. Seismische tsunami's die een toename van de waterstand met meer dan een halve meter teweegbrengen, komen slechts om de 2.500 tot 100.000 jaar voor. De kans op grotere tsunami's is nog vele malen kleiner.

### Kleinere 'meteo-tsunami's' niet ongewoon

Betekent dit dan dat het allemaal wel goed zit met tsunami's langs onze kust? Ja... en nee. Destructieve tsunami's zullen zich hier dan wel niet zo snel voordoen. Maar dit wil niet zeggen dat je aan de Belgische kust geen kleinere tsunami's kunt spotten. Meteotsunami's komen bijvoorbeeld relatief frequent voor in het Noordzeegebied. Deze tsunami's, gevormd onder invloed van bepaalde weerpatronen, zijn in tegenstelling tot hun illustere neefjes, de seismische tsunami's, minder krachtig. Daardoor treden ze eerder lokaal op en zijn ze minder geneigd om grote afstanden af te leggen. Ze ontstaan door sterke atmosferische drukveranderingen, bijvoorbeeld bij zwaar onweer. Dan zet de atmosferische



Op 29 mei 2017 sloeg een meteotsunami vroeg in de morgen in op de kust van Zandvoort, Noord-Holland. Screenshot uit de video van Jan Koning ([www.youtube.com/watch?v=CjQk\\_xt\\_WU01](https://www.youtube.com/watch?v=CjQk_xt_WU01))

trilling-energie zich over op het wateroppervlak (resonantie) en creëert lange, stevige oppervlaktegolven. Deze meteotsunami's zijn dan wel minder krachtig dan seismische tsunami's, de kans dat ze optreden is vele malen hoger! Zo zijn in de voorbije jaren meerdere meteotsunami's bevestigd in de Noordzee en het Kanaal, met name op: 28 mei 2008, 27 juni 2011 (+0,2-0,4 m), 1 juli 2015 (+1,25 m [ter hoogte van Stonehaven]) en 23 juni 2016 (+0,7m). Zelfs Oostende kende op 29 mei 2017 een meteo-tsunami met een zeeniveauperhoging van 0,88 m. In Nederland zorgde deze laatste voor een opzet van maar liefst 2 meter (de beelden kan je op YouTube bekijken: [https://www.youtube.com/watch?v=CjQk\\_xt\\_WU01](https://www.youtube.com/watch?v=CjQk_xt_WU01))! De meest opmerkelijke meteotsunami in de Noordzee deed zich voor op 5 juni 1858. Toen zou een meteotsunami voor de Deense kust een opzet bereikt hebben van wel 6 meter!

Vanuit kustbeschermingsperspectief is het belangrijk meteotsunami's te meten, te voorspellen en te begrijpen. Want ondanks het feit dat we in onze contreien niet meteen



## SURFEN OP DE JUISTE GOLVEN

Als het hard waait, heb je hoge golven op zee. Surfers zitten dus te wachten op een harde wind, zou je denken. Neen dus. Dat komt omdat we een onderscheid moeten maken tussen verschillende soorten golven. Als het hard waait boven zee, ontstaan er ter plekke hoge golven, die we logischerwijze "windgolven" noemen. Zelfs al worden ze heel hoog, dan nog heeft dit soort golven een groot nadeel voor de surfers: hun golfperiode is te kort. De toppen van de windgolven volgen elkaar om de 4 à 5 seconden op en dat is veel te snel. De zee is dan gewoonweg te woelig en niet te besurfen.

Surfers wachten op deining, of "swell" in het Engels. Deining zijn golven die opgewekt worden door een sterk windveld ver weg op zee, meestal in de Noorse zee of de noordelijke Atlantische Oceaan. Het kan meerdere uren tot soms dagen duren voor deze golven onze kust bereiken. Als deze golven zo ver uitdeinen, neemt de golfperiode sterk toe. Tussen 2 opeenvolgende hoge golf toppen zit 10 seconden of meer. De surfer kan zich veel beter voorbereiden en er de juiste golf uitkiezen.

Op de website van het Kustweerbericht vind je een aparte verwachting voor de hoogte van de deining, waar de surfers dankbaar gebruik van maken.

Gert Coone - OMS



risico lopen op dramatische tsunami's zoals deze in Japan (2011) of de Indische Oceaan (2004), zijn wij als laaggelegen regio wel erg vatbaar voor een stijgende zeespiegel en de gevolgen van zware stormen. Om onze kusten nu en in de toekomst beter te beschermen is het belangrijk om bij kustverdedigingsingrepen rekening te houden met het voorkomen en de impact van meteotsunami's. Gelukkig neemt de wetenschappelijke aandacht voor deze golven gestaag toe.

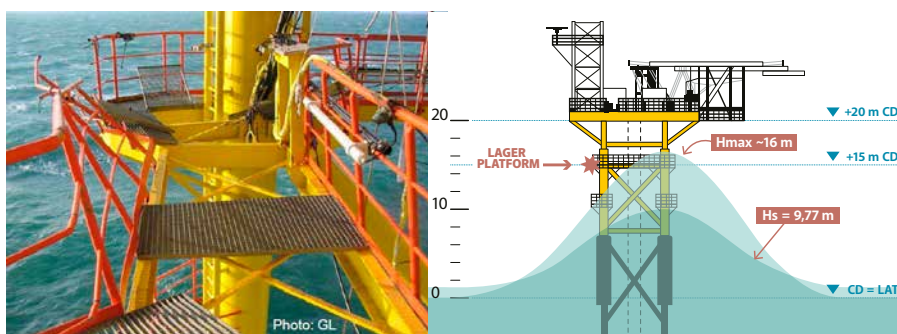
## ZIJN ER DAN GEEN GEVAARLIJKE GOLVEN OP ONZE NOORDZEE?

Zeker wel! 'Killer waves', 'freak waves', 'giant waves', 'monstergolven', etc. Allemaal benamingen voor een van de meest beruchte raadsels van de zee: 'rogue waves'. Deze extreem hoge, steile en gevaarlijke golven ontstaan vaak zeer lokaal uit het niets ("a wave from nowhere") om dan even snel weer te verdwijnen. Lang werd hun bestaan afgedaan als folklore en dronkemanspraat, maar vandaag weten we dat deze golven echt bestaan en dat ze voorkomen op de Noordzee!

Eerst de technische uitleg. Men spreekt van een 'rogue wave' als de golfhoogte minstens 2,2 keer hoger is dan de gemiddelde golfhoogte van de 1/3 hoogste golven in een bepaalde periode (de zogenaamde 'significante golfhoogte'). Deze monstergolven doen zich vooral voor op zee. Ze vormen dus gelukkig niet meteen een risico voor het kustgebied en voor nietsvermoedende strandgangers. Maar wat de veiligheid op zee betreft, is het een geheel ander verhaal. Zo blijkt uit cijfers dat rogue waves tussen 1981 en 2000 verantwoordelijk waren voor het verlies van ongeveer 200 grote vrachtschepen en meer dan 500 mensenlevens. Het is dan ook erg belangrijk om deze mysterieuze golven beter te begrijpen en ze te kunnen voorspellen. Zeker in onze Noordzee, een druk bevaren zee met tal van offshore constructies die belangrijk zijn voor onze energievoorziening (offshore windparken, olie- en gasinstallaties). Wie rogue waves begrijpt, kan letterlijk mensenlevens redden, de financiële impact voor reders en uitbaters

\* Dit artikel velt geen waardeoordeel over de huidige Vlaamse kustbeschermingsmaatregelen (**Masterplan Kustveiligheid, Kustvisie, Sigmaplan**, zie ook **Verwaest et al. 2022**).

\*\* Wil je meer te weten komen over tsunami's en monstergolven op onze Noordzee? Lees dan zeker de VLIZ beleidsinformerende nota: "Het voorkomen van tsunami's, rogue waves en infragravitaire golven in de zuidelijke Noordzee – Een wetenschappelijke synthese". Voor vragen over deze nota: [beleid@vliz.be](mailto:beleid@vliz.be)



Links: schade aan het FINO1 offshore platform als gevolg van rogue waves tijdens storm Britta in 2006. Rechts: illustratie van de rogue wave in kwestie. Hmax = de maximum golfhoogte van de rogue wave; Hs = de significante golfhoogte = de gemiddelde golfhoogte van de hoogste 1/3 golven over een zekere meetperiode. C.D. = Sea Level Chart Datum = het peil van het laagste astronomisch getij uitgedrukt in meter. Bron: DNV GL 2009. <https://www.fino1.de/en/location/wave-and-flow-conditions.html>

van offshore constructies verkleinen en de mogelijke milieuschade tot een minimum herleiden.

Rogue waves beschrijven en onderzoeken is gezien hun plotse voorkomen en kortstondigheid evenwel geen eenvoudige onderneming. Over de manier waarop deze golven ontstaan in natuurlijke omstandigheden blijven de meningen verdeeld. Het voorname struikelblok is dat wetenschappers de theorieën van labo- en modeltesten niet bevestigd zien in de relatief zeldzame veldwaarnemingen. Dit betekent dat het ontwikkelen van adequate waarschuwingssystemen of het afbakenen van 'hoogerisicozones' vooralsnog niet mogelijk is. De momenteel meest voor de hand liggende verklaring achter het ontstaan van rogue waves is dat ze het resultaat zijn van een plotse samensmelting van de energie van willekeurige, maar kruisende golfpatronen. Mogelijk is de kans op een (krachtige) rogue wave hoger wanneer golven gevormd o.i.v. sterke oppervlaktestromingen de krachten bundelen met tegenoverstaande winden of winden onder een bepaalde hoek. Dat maakt bepaalde locaties vatbaarder voor rogue waves.

Vooralsnog is het voorkomen van rogue waves moeilijk te bepalen, met een trefkans van amper één per 16.000 tot één per 110.000 golven. Onderzoek in de zuidelijke Noordzee toont aan dat rogue waves zich hier met enige regelmaat voordoen (één rogue wave voor elke 5.000 à 8.000 golven op een gegeven locatie). Maar gelukkig gaat het hier nagenoeg altijd om niet-destructieve zwakke rogue waves. Mogen we dan enigszins gerust zijn? Niet helemaal. Rogue waves vormen in de Noordzee wel degelijk een gevaar voor offshore constructies. Zo troffen twee rogue waves in 2006 het FINO1 offshore platform in de Duitse Bocht. De golven hadden een hoogte van meer dan 16 meter en een golflengte van meer dan 350 meter. Indrukwekkend, maar klein bier vergeleken met de golfhoogte van de grootste rogue wave tot nog toe gemeten

in Europese zeeën: de 'Killard wave'.

De ramp speelde zich af in de late avond van 26 januari 2014 in de Atlantische Oceaan niet ver van Ierland. Een gigantische rogue wave van net geen 34 meter (!), de lengte van een kleine Airbus, sloeg toen in op het Killard platform.

## TOCH MAAR OP TWEE OREN SLAPEN

De kans dat een tsunami je frisse (na) zomerduik of vroege herfstwandeling onderbreekt aan de Belgische kust is wel bijzonder klein. En zeker geen excuus om veilig voor het scherm te blijven hangen. Heb je echter zeemansbenen en ambieer je een carrière op het water, maar houden rogue waves je 's nachts wakker? Ook dan loop je waarschijnlijk meer risico als je 's ochtends met je elektrische step om croissants of warme pistolets gaat. Vind je het toch allemaal te spannend? Dan kan je natuurlijk altijd in het Rijksmuseum van Amsterdam in alle veiligheid een afdruk van "The Great Wave" van Kanagawa gaan bekijken.

### BRONNEN

- Een overzicht van de wereldwijd gedocumenteerde historische tsunami's is terug te vinden in de *National Geophysical Data Center (NOAA) / World Data Service Global Historical Tsunami Database*: [https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu\\_db.shtml](https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml)
- Behrens, Jörn et al. (2021). Probabilistic tsunami hazard and risk analysis: A review of research gaps.
- Christou, M.; Ewans, K. (2014). Field measurements of rogue water waves. *J. Phys. Oceanogr.* 44(9): 2317-2335.
- Teutsch, I.; Weisse, R.; Moeller, J.; Krueger, O. (2020). A statistical analysis of rogue waves in the southern North Sea. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 20(10): 2665-2680.
- Thompson, J.; Renzi, E.; Sibley, A.M.; Tappin, D.R. (2020). UK meteotsunamis: A revision and update on events and their frequency. *Weather* 75(9): 281-287
- Verleye, T.J.; Dauwe, S.; Pepi, Y.; Hernandez, F.; Everaert, G.; Troch, P.; Mombalieu, J.; Pirllet, H. (2022). Het voorkomen van tsunami's, rogue waves en infragravitaire golven in de zuidelijke Noordzee – Een wetenschappelijke synthese. VLIZ Beleidsinformerende Nota's, 2022\_003. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende. 30 pp.
- Willems, M.; Schramkowski, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2005). Risico-inschatting voor een tsunami aan de Belgische kust: advies. *WL Rapporten*, 765/12. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. i, 18 + bijl. pp.