

terlijk op kunnen surfen.

“Maar in alle zeeën en oceanen heb je ook veel subtielere bewegingen onder water”, stelt Van Haren. “Zonder die beweging zou er in grote delen van de oceaan nauwelijks menging van het water, inclusief voedingsstoffen optreden. Daardoor zou het leven in de diepzee het een stuk moeilijker hebben.”

Driest plan

Zo essentieel als die onderwatergolven blijkaar zijn, zo onbekend is hun ontwikkeling ook. Vandaar dat Van Haren jaren geleden met een driest plan kwam. Wat als hij de waterbewegingen rond de bodem van de Middellandse Zee, op tweeënhalve kilometer diepte en veertig kilometer uit de kust van het Franse Toulon, nou eens heel nauwgezet kon vastleggen?

De plek was niet toevallig gekozen. Daar, op de donkere bodem van de zee, doen onderzoekers van onder andere het Nederlandse Nikhef ook onderzoek met de ‘Kubieke Kilometer Neutrino Telescoop’, die minuscule lichtspootjes van botsende neutrino’s probeert te detecteren. Vereende krachten in de diepzee, dus.

Bewegingen van water meet je idealiter met stromingsmeters, maar die zijn nogal prijzig. Daarom bedacht Van Haren een alternatief: hij zou de bewegingen van het water ook kunnen meten door met een web van thermometers de verschillen in temperatuur te registreren. “Er zitten altijd wel temperatuurverschillen in een waterkolom. Een golf laat die hogere of lagere temperatuur door het water bewegen, dus met thermometers kun je in de tijd ook golven en turbulentie registreren.”

Voor die meting ontwierp Van Haren samen met een team van technici van het Nioz een enorme stalen ring, zeventig meter in doorsnede en gemaakt van die dikke buizen waarmee bijvoorbeeld op het strand weleens zand wordt opgespoten. Binnen die ring spanden zij een horizontaal netwerk van kabels, met op ieder knooppunt weer een aanhechting voor een kabel van 125 meter lang, die aan een drijver omhoog zou komen te staan.

Aan al die verticale kabels knoopten ze

‘Zie zo’n ring maar eens keurig op de zeebodem te krijgen, met alle 45 draden recht omhoog’

vervolgens om de twee meter uiterst gevoelige thermometers. Samen zouden die een netwerk van bijna drieduizend meetpunten vormen in een kolom water van een half miljoen kubieke meter Middellandse Zee-water.

“Ook dat laat je weer vrij eenvoudig klinken”, lacht Van Haren. “Want zie zo’n ring maar eens keurig op de zeebodem te krijgen, met alle 45 draden recht omhoog gericht, zonder dat ze in de knoop raken!”

Zinken

Uit proeven met een schaalmodel in een zwembad concludeerde het team dat ze op de luchtdichte ring een hele serie kranen moesten monteren, om het drijvende gevaarte langzaam vol te laten lopen met water en het zo gecontroleerd te laten zinken. Een ‘remparachootje’ zou er vervolgens voor moeten zorgen dat de ring horizontaal op de bodem zou landen.

In de dagen daarna zouden 45 opgekloste draden met ieder 65 thermometers één

tekst **Rob Buiter**

Zelfs op grote diepte in de Middellandse Zee golft en wervelt het water. Een deel van die wervelingen ontstaat door de aardwarmte, waardoor bellen met nét iets warmer water omhoog reizen. Nog sterker zijn de wervelingen die de wind aan het oppervlak veroorzaakt en die vervolgens als golven helemaal naar de bodem van de zee zakken.

Aldus twee belangrijke conclusies die oceanograaf Hans van Haren van het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, het Nioz op Texel, samen met onderzoekers van de onderzeese neutrino-telescoop, het KM3NeT, deze winter publiceerde in het wetenschappelijk tijdschrift *Geophysical Research Letters*.

Zo platgeslagen lijkt het een vrij eenvoudige constatering van twee wetenschappelijke feitjes. Maar de aanloop naar deze publicatie laat zien dat er soms bizar veel moeite moet worden gedaan om ogenschijnlijk eenvoudige fenomenen letterlijk boven water te krijgen.

Onderwatergolven zijn op zichzelf geen onbekend fenomeen. Sterker nog: ze hebben in het verleden al voor heel wat beroering gezorgd. Neem de Noorse ontdekkingsreiziger Fridtjof Nansen. Die schrok zich in 1893 helemaal het rambam toen hij met zijn schip de Fram door een Noors fjord voer. Hij was van plan om als eerste schipper de Noordpool te bereiken, maar op een rimpelloze zee leek zijn schip in het fjord aan de grond te lopen. En dat terwijl de peilstok aangaf dat er meer dan genoeg water onder de kiel stond.

De meteoroloog Vilhelm Bjerknes wist het vermeende vastlopen van de Fram te verklaren uit onderwatergolven. Op het scheidingsvlak tussen relatief licht, zoet rivierwater in het fjord, dat bovenop koud, zout en zwaar zeewater dreef, maakte de Fram onzichtbare maar stevige golven. ‘Dood water’, noemde Bjerknes dat. De golven waren zelfs zó sterk dat ze het schip van Nansen stil deden vallen, terwijl er aan het oppervlak nog niet de minste rimpeling te zien was.

Oceanograaf Van Haren is geïnteresseerd in onderwatergolven, niet omdat ze schepen tegenhouden, maar omdat ze het water mengen. In nauwe zeestraten en ook bij onderwaterbergen komen soms spectaculair brekende onderwatergolven voor. Brekers waar walvissen en dolfijnen let-

Oceanografie | Niet alleen aan het oppervlak, ook diep in de zeeën en oceanen kan het flink golven. Die golven meten, dat blijkt nog een hele toer, maar wel de moeite waard. ‘Zonder onderwatergolven is er geen leven mogelijk in zee.’

Diepzeebellen en -bubbels blijken enorm belangrijk



voor één moeten ontvouwen. Van Haren: “Daarvoor hadden we een soort vergrendeling van zink bedacht, die na enkele dagen vanzelf zou worden doorgevreten in het zeewater”.

De weergoden waren de onderzoekers in 2020 goed gezind. De ring kon op een rimpelloze zee buitengaats worden gesleept, waarna het afzinken vlekkeloos verliep. Zelfs corona bleek in die tijd een zegen. Van Haren: “De remparachute zat met zes kabels vast aan de ring en zou met een op afstand bedienbare ontgrendeling los moeten komen.

“Helaas bleef één kabel vastzitten, wat een probleem kon worden voor de meetdraden. Maar omdat Franse collega’s door corona even niet zo veel te doen hadden, wilden ze ons wel helpen met hun onderzeerobot. Die kon na een paar weken de laatste kabel ook losknippen en tegelijk constateren dat alle meetdraden zich keurig volgens plan hadden ontvouwen.”

Vervolgens begon voor Van Haren het lange wachten. Bijna twee jaar lang regis-

treerden bijna drieduizend sensoren perfect gesynchroniseerd de temperatuur van het water, tot op een tienduizendste graad nauwkeurig.

In 2023 konden, nu met hulp van een Ierse onderwaterrobot, de 45 kabels met

Een verschil van een duizendste graad kan water in beweging brengen

alle thermometers worden losgeknipt van de ring. Van Haren: “Dat werk duurde nog eens drie zenuwslopende dagen, maar iedere keer als er een gele boei met sensoren eronder aan het oppervlak verscheen, kwam

er ook een goudmijntje aan gegevens boven.”

Warmwatervlammen

Nadat Van Haren miljoenen metingen had geanalyseerd en daar een soort virtuele film van had laten maken, zag hij letterlijk de relatief koude en warme wervels door zijn netwerk van thermometers trekken. Eén belangrijke bron leek de aardwarmte te zijn. “Doordat de zeebodem het water een heel klein beetje opwarmt, laten er af en toe bel-len van net iets warmer water los van de zeebodem. Die veroorzaken ‘warmwatervlammen’ die meer dan honderd meter hoog kunnen worden en langzaam omhoog reizen.”

Die ‘vlammen’ moet je vooral niet te letterlijk nemen, benadrukt Van Haren. “Je hebt het hier over temperatuurverschillen van minder dan een duizendste graad Celsius. Maar dat is dus wel genoeg om het water in beweging te krijgen.”

Regelmatig zag Van Haren de temperatu-ren ook forser ‘omhoogschieten’, met wel

een honderdste graad. “Ja, dat is natuurlijk nog steeds heel subtiel, maar dan zag ik een soort wolken van warmer water van boven of van de zijkant door mijn meetnet stromen. Vooral in tijden met veel mistralwinden zag ik die warmwaterwolken langsdrijven. Ik kan dan ook niet anders dan concluderen dat die wervelingen aan het oppervlak ontstaan, onder invloed van de wind. Die turbulentie door brekende onderwatergolven is nog intenser dan die van aardwarmte.”

Een andere belangrijke bevinding is wat Van Haren niét vond. In de leerboeken van oceanografen staat geschreven dat afkoeling van water aan het oceaanoppervlak een soort koude, zware bellen kan laten ontstaan die dan naar grote diepten vallen. Maar in zijn twee winters van metingen kon Van Haren niet één keer zo’n koude, vallende bel registreren.

“Tot nu werd altijd verondersteld dat die koude val een belangrijk mechanisme zou zijn waarmee voedingsstoffen van het oppervlak naar beneden komen. Maar als dat zó weinig voorkomt, dan zou het leven in de diepzee het wel heel moeilijk krijgen. Volgens mijn metingen blijkt de turbulentie door de wind en door aardwarmte lokaal veel belangrijker.”

Op grote diepten blijken golven ook subtiel te kunnen breken, zoals een zachte branding die op het strand landt. “Zie het maar als een soort pianospel van kleine golfjes”, zo legt Van Haren uit, terwijl hij met tien vingers op zijn bureau trommelt. “Heel gaaf om te zien in mijn metingen en ook weer een kleine bijdrage aan het mengen van water in de diepzee.”

Temperatuursprong

Behalve dat Van Haren zijn collega-oceanografen wijst op de mechanismen achter bewegingen in het water, geeft zijn onderzoek ook belangrijke inzichten aan mariene biologen, die het leven in zee bestuderen. Hoog in het water, enkele meters onder het oppervlak, kan soms ook een temperatuursprong ontstaan van warm water dat bovenop dieper, kouder water blijft drijven.

Die temperatuursprong krijgt in de mariene biologie vaak de naam dat die de uit-

‘Zie het maar als een soort pianospel van kleine golfjes’

wisseling van voedingsstoffen onmogelijk zou maken. “Maar dat blijkt dus maar deels zo. De ‘warmwaterwolken’ uit dit onderzoek laten zien dat er toch altijd nog heel subtiele bewegingen zijn in het water, die alsnog uitwisseling mogelijk maken.”

Overigens kan die temperatuursprong in ondieper water op een andere manier wel degelijk problemen veroorzaken. Dat leerde bijvoorbeeld de geboren Iranse schrijver Kader Abdolah. In zijn roman *Spijkerschrift* vertelt de hoofdpersoon dat hij zijn meest angstige moment in Nederland ooit meemaakte, zwemmend in een stil meer.

Hoewel hij nog maar net had leren zwemmen, werd vermoedelijk een ontmoeting met doodwater hem bijna noodlottig. Net als de Fram in het Noorse Fjord, probeerde hij uit alle macht vooruit te komen. Maar alles wat hij waarschijnlijk deed, was de koude waterlaag onder hem onzichtbaar laten golven, terwijl hij zelf geen meter vooruitkwam.

