

## NEDERLANDSTALIGE SAMENVATTING MET AANBEVELINGEN

**'Further Investigations into the Behaviour of Container Ships in Storms above the Wadden Islands', MARIN Summary Report 32558-1-DIR, September 2020.**

In de avond en nacht van 1 op 2 januari 2019 verloor het Ultra Large Container Ship (ULCS) MSC ZOE 342 containers ten noorden van de Waddeneilanden terwijl het in het verkeersscheidingsstelsel Terschelling-German Bight voer naar Bremerhaven in noordwester stormcondities. Dit resulteerde in grote vervuiling van de zee en Waddeneilanden. De combinatie van hoge (brekende) golven en ondiep water dwars op de vaarroutes resulteert boven de Waddeneilanden in complex gedrag van containerschepen en hun lading, waarbij verschillende fenomenen tegelijkertijd een rol spelen.

Als onderdeel van het onderzoek met de Onderzoeksraad Voor Veiligheid (OVV), concludeerde MARIN<sup>1</sup> dat de volgende fenomenen de meest waarschijnlijke verklaringen voor het verliezen van containers zijn:

### 1. Extreme scheepsbewegingen en versnellingen

*Er kan 'opslingering' ontstaan doordat de korte 'eigenperiode' van brede stabiele schepen (waarop ze uit zichzelf slingeren) dicht bij de golfperiodes boven de Wadden ligt. Grote slingerhoeken geven krachten op containers.*

### 2. Contact van het schip met de zeebodem

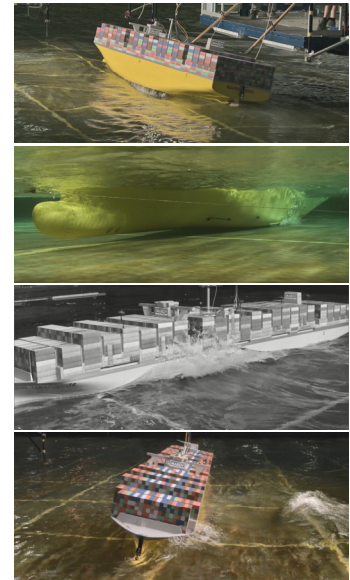
*Het schip slingert niet alleen, maar maakt tegelijkertijd ook grote verticale 'domp' bewegingen. Door deze combinatie kan het schip de zeebodem raken. Bodemcontact geeft trillingen in schip en lading.*

### 3. Impulsieve krachten van groenwater op de containers

*'Groenwater' is massief zeewater dat tegen de containers kan aanslaan in hoge golven. Die kunnen hierdoor zelf beschadigen, maar groenwater kan ook hele stapels containers omduwen (als dominostenen).*

### 4. Golfklappen tegen de romp van het schip.

*Brekende golven kunnen tegen de romp aan slaan, wat trillingen veroorzaakt door het hele schip. Deze trillingen kunnen de sjorringen van containers beschadigen.*



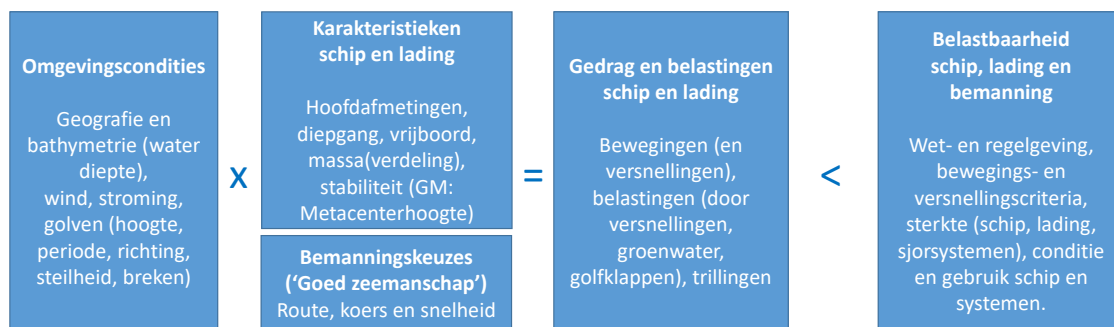
Om het verliezen van containers dicht bij dit beschermd natuurgebied (Particularly Sensitive Sea Area, PSSA) in de toekomst te voorkomen, heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) MARIN gevraagd ook te onderzoeken hoe containerschepen met andere afmetingen reageren op de condities boven de Waddeneilanden: naast zeer grote containerschepen zoals de MSC ZOE (ULCS, typische lengte 379 m, breedte 59 m), een kortere en smallere 'Panamax' (typische lengte 278 m, breedte 32m) en een kleinere container 'Feeder' (typische lengte 163 meter, breedte 27 m). Het belang van onderzoek naar kleinere schepen werd bevestigd toen de Feeder 'Rauma' op 11 februari 2020 boven de Wadden 7 containers verloor in golven met een significante golfhoogte (Hs) tussen 4.5 en 5.0 m.

<sup>1</sup> Rapporten zijn te vinden op: <https://www.onderzoeksraad.nl/en/page/13223/safe-container-transport-north-of-the-wadden-islands.-lessons-learned>



De drie geteste containerschepen op schaal 1:63 in het MARIN Offshore Basin

Het gedrag van containerschepen in stormcondities is het resultaat van de interactie tussen de omgevingscondities en de karakteristieken van het schip en lading. Het gedrag kan worden beïnvloed door de keuzes van de bemanning als het gaat om de route, koers en snelheid ('goed zeemanschap'). Een schip met haar lading is veilig wanneer het gedrag en de belastingen onder de belastbaarheid (veilige waarden) van het ontwerp liggen. Schade kan optreden en containers kunnen overboord vallen wanneer de belastingen op het schip en de lading de veilige waarden (belastbaarheid) overschrijden:



In deze stap in het vervolgonderzoek voor het Ministerie van I&W heeft MARIN op basis van modelproeven, berekeningen en literatuuronderzoek voor 3 scheepstypen onderzocht hoe zij zich gedragen in de complexe omstandigheden boven de Wadden in de ondiepe zuidelijke route direct boven de Waddeneilanden en de diepere noordelijke route en wat dit kan betekenen voor het verliezen van containers.

Op basis van de huidige onderzoeksresultaten (en de aannames zoals ze zijn samengevat in de tabel en in secties 6.2 en 6.6) heeft MARIN **voorlopige beperkende golfhoogtes** afgeleid voor deze scheepstypes en routes. Hierbij is, voor de versnellingen en het bodemcontact<sup>2</sup>, gekeken naar alle golfrichtingen en voorkomende golfperiodes. De beperkingen in golfhoogtes treden met name op bij golven dwars op de vaarroute of vaarrichting (+/- 20 tot 30 graden) omdat de optredende fenomenen dan meestal het sterkst zijn.

Bij golfhoogten boven deze voorlopige beperkende golfhoogtes kunnen de belastingen op dit soort schepen en hun lading de belastbaarheid (veilige waarden) overschrijden. De bepalende fenomenen per scheepstype en route<sup>3</sup> staan steeds vetgedrukt:

<sup>2</sup> Voor het complexe probleem van groenwater heeft het onderzoek zich tot nu toe moeten beperken tot dwarsgolven.

<sup>3</sup> Voor de limiterende golfhoogte wordt bij bodemcontact de golfhoogte gebruikt waarbij de minimum dUKC (dynamic Under Keel Clearance: minimale ruimte onder de kiel in golven) kleiner dan 2 meters is, voor de versnellingen wordt het laagste criterium van de 4 classificatiemaatschappijen gebruikt en voor groenwater de

<b>Route</b>	<b>FEEDER</b> Aannames: GM=0.8 tot 1.5m 0 tot 8 knopen 9.20 m diepgang Vrijboord 3.0 m	<b>PANAMAX</b> Aannames: GM=1.0 tot 2.5m 0 tot 10 knopen 12.20 m diepgang Vrijboord 9.2 m	<b>ULCS</b> Aannames: GM=6.0 tot 9.25m 0 tot 10 knopen 12.40 m diepgang Vrijboord 17.9 m
<b>Noordelijke route</b> (37.5m water diepte)	Hs > 7.5 m (versnellingen) Hs > 7.5 m (bodemcontact) <b>Hs ≈ 3.3 m (groenwater)</b>	Hs ≈ 6.5 m (versnellingen) Hs > 7.5 m (bodemcontact) <b>Hs ≈ 5.7 m (groenwater)</b>	<b>Hs ≈ 6 m (versnellingen)</b> Hs > 7.5 m (bodemcontact) Hs ≈ 7.4 m (groenwater)
<b>Zuidelijke route</b> (21.3m water diepte)	Hs > 6.5 m (versnellingen) Hs ≈ 5.5 m (bodemcontact) <sup>4</sup> <b>Hs ≈ 3.4 m (groenwater)</b>	Hs ≈ 5.5 m (versnellingen) <b>Hs ≈ 4.5 m (bodemcontact)</b> Hs ≈ 4.8 m (groenwater)	Hs ≈ 6 m (versnellingen) <b>Hs ≈ 4.5 m (bodemcontact)</b> Hs ≈ 5.9 m (groenwater)

In het algemeen zijn de voorlopige beperkende golfhoogtes in de ondiepe zuidelijke route lager dan in de diepere noordelijke route: het risico op het verliezen van containers in de zuidelijke route is hoger dan in de noordelijke route.

Maar ook voor de noordelijke route heeft MARIN voorlopige beperkende golfhoogtes afgeleid om het verliezen van containers te voorkomen. Deze beperkingen treden op bij dwarsgolven.

### Aanbevelingen

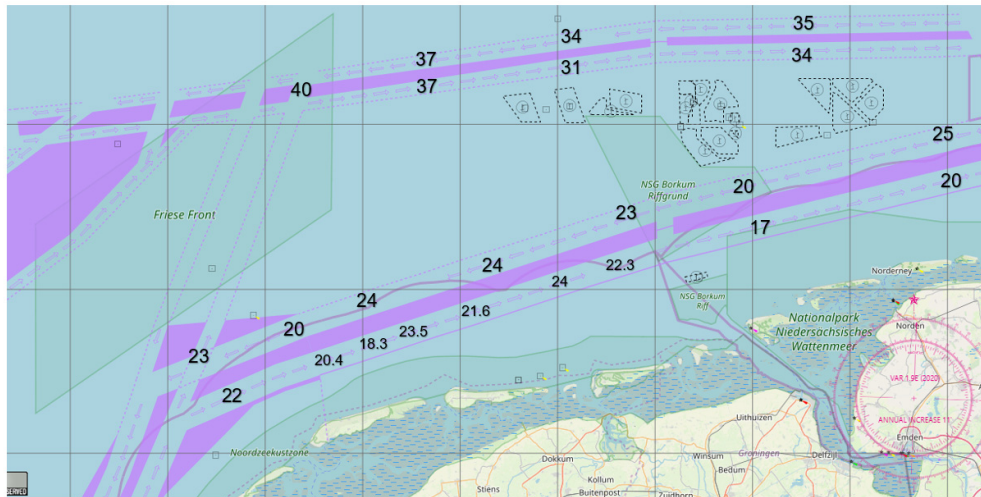
Deze **voorlopige beperkende golfhoogtes** voor drie containerscheepstypes zijn belangrijk om het risico op container verlies sterk te verlagen. We bevelen aan om deze golfhoogtes en de verdere bevindingen in dit rapport in acht te nemen bij het besluitvormingsproces rond het gebruik van de routes boven de Waddeneilanden en het advies dat de Kustwacht geeft aan schepen die in dit gebied varen.

Zoals vermeldt, zijn grote slingerbewegingen en groenwater veelal het sterkst bij golven dwars op de vaarroute of vaarrichting. Wanneer dit gedrag zich voordoet, is met lage snelheid 'met de kop op de golven gaan liggen' verstandig in het kader van goed zeemanschap.

---

*golfhoogte waarbij de relatieve golfbewegingen de laagste container op het dek kunnen raken (limiet=vrijboord+2.5m). In alle gevallen wordt het Most Probable Maximum (MPM: meest waarschijnlijke maximum) in een 3 uren storm gebruikt.*

<sup>4</sup> *Mogelijk bodemcontact wordt bij de Feeder bij deze golfhoogte alleen voorspeld bij golven vrijwel recht op de kop en bij een snelheid van 8 knopen. Bij een lagere snelheid van 4 knopen (meer realistisch in deze omstandigheden), stijgt de beperkende golfhoogte naar 6.5 m.*



*De noordelijke en zuidelijke route met waterdieptes (chart datum LAT: Lowest Astronomical Tide).*

Om de **uiteindelijke beperkende golfhoogtes** te bepalen die nodig zijn om het verlies van containers boven de Wadden te voorkomen, bevelen we een (statistische) risico analyse aan. Zoals aangegeven in de Figuur aan het begin van deze samenvatting, is het daarbij belangrijk de (lange termijn verdeling van) de omgevingscondities (zoals waterdieptes, getijden en golven), de karakteristieken van schip en lading (zoals diepgang, vrijboord en stabiliteit: metacenterhoogte) en het effect van bemanningskeuzes (zoals de koers relatief ten opzichte van de golfrichting) mee te nemen. De aspecten die daarbij worden aanbevolen, zijn opgenomen in dit rapport (sectie 6.6). Voor het bepalen van deze uiteindelijke beperkende golfhoogtes is het belangrijk dat de overheid een noodzakelijk veiligheidsniveau (of toelaatbaar risiconiveau) vaststelt voor het verliezen van containers in de buurt van dit beschermd natuurgebied (Particularly Sensitive Sea Area, PSSA).

We bevelen ook aan om het complexe probleem van groenwater belasting op de containers verder te onderzoeken, speciaal voor de kleinere schepen zoals Feeders met hun relatief lage vrijboord. Groenwater belasting is een beperkende factor voor deze schepen in beide routes. De (statistiek van) complexe niet-lineaire relatieve golfbewegingen, groenwater impacts en reacties van de (stapels) containers vragen verder onderzoek om het risiconiveau en de beperkende golfhoogtes nauwkeuriger te bepalen. Hierbij speelt ook de hoogte van het vrijboord een belangrijke rol. We bevelen aan om, naast dwarsgolven, ook naar situaties met golven (schuin) van voren te kijken. Met lage snelheid 'met de kop op de golven gaan liggen' is een logische keuze wanneer grote slingerbewegingen en groenwater optreden in dwarsgolven. Het is echter belangrijk te onderzoeken of er in golven (schuin op) de kop ook groen water tegen de containers aanslaat vanaf de zij of over de boeg.

We raden aan om tijdens dit onderzoek in koppgolven ook verder te kijken naar 'parametrisch slingeren'<sup>5</sup>. Parametrisch slingeren in koppgolven kan optreden bij bepaalde combinaties van golflengte, golfperiode en eigen slingerperiode van het schip. Het moet worden voorkomen dat de keuze om met de kop op de golven te gaan varen, alsnog resulteert in grote slingerbewegingen en containerverlies. Hoewel een eerste extra set van proeven geen parametrisch slingeren liet zien van het huidige kleine Feeder testmodel, raden we dit extra onderzoek aan om te er zeker van te zijn dat dit probleem zich niet voordoet (of kan worden voorkomen door goede instructies aan bemanningen).

<sup>5</sup> *Parametrisch slingeren is één van de belangrijke onderwerpen in de IMO 2nd generation intact stability criteria, maar richt zich niet specifiek op de situatie van hoge (brekende) golven in ondiep water.*

Tot slot bevelen we aan hierbij de reactie van bemanningen op dit soort gebeurtenissen te onderzoeken: hoe reageren zij vanuit goed zeemanschap op situaties waarbij het schip sterk slingert of groenwater op het dek komt?

De resultaten in dit rapport en de voorlopige beperkende golfhoogten zijn een concrete invulling van de onderwerpen die benoemd worden in de IMO Intact Stability code<sup>6</sup>. Zoals Hoofdstuk 5 en achterliggend rapport<sup>7</sup> laat zien, vraagt de bepaling van de **uiteindelijke beperkende golfhoogtes** daarnaast meer transparante en consistente voorschriften<sup>8</sup> van internationale organisaties zoals IMO en de classificatiemaatschappijen:

- De dimensies van containerschepen zijn de afgelopen decennia sterk gegroeid. Er is beperkte ervaring en statistiek om rekening te houden met deze sterke stijging in scheepsgroottes, ontwikkelingen op het vlak van weerrouting, extremere waarden van de stabiliteit (metacenterhoogte GM) van recente scheepsontwerpen en de weersafhankelijke reducties van de versnellingsniveaus die geaccepteerd zijn geraakt de afgelopen 10 jaar. De criteria uit de huidige classificatievoorschriften, die worden gebruikt in de berekeningen van beladingsystemen, kunnen daardoor anders zijn dan de bewegingen en versnellingen die daadwerkelijk acceptabel zijn in de praktijk. Het is daarom noodzakelijk de kennis te verhogen van de daadwerkelijke belastingen die optreden op containers aan boord van de huidige (zeer grote) containerschepen.
- De grote variaties in de bewegings- en versnellingscriteria tussen de verschillende classificatiebureaus in de berekeningen van de beladingsystemen, zoals aangetoond in Hoofdstuk 5, illustreren deze onzekerheid en het gebrek aan transparantie. Dit heeft effect op de betrouwbaarheid van de ontwerplimieten (veilige waarden waarvoor het schip ontworpen is) en op de beperkende golfhoogtes als gevolg daarvan. Ook is het niet duidelijk hoe de vlaggenstaten controle houden over de standaarden die zij de industrie opleggen op dit vlak.
- Goed zeemanschap is essentieel om de daadwerkelijke belastingen op de lading binnen de ontwerplimieten van de beladingsystemen te houden. Er is op dit moment echter geen verplichting om apparatuur aan boord te hebben die de actuele scheepsbewegingen en versnellingen meet en weergeeft. De bemanning heeft dus niet standaard de informatie om te bepalen of de veilige waarden die zijn gebruikt in de beladingsberekeningen worden overschreden. Ook weet zij vaak niet welke limietwaarden er precies zijn gebruikt in de berekeningen in de beladingscomputer. Het wordt daarom aanbevolen om de bemanningen van containerschepen beter te ondersteunen bij hun beslissingsprocessen aan boord, zodat zij mogelijke problemen tijdens de operatie herkennen en daarop kunnen reageren.

We bevelen de Nederlandse overheid daarom aan hiervoor internationaal aandacht te vragen op basis van de bevindingen in Hoofdstuk 5 en achterliggend rapport.

Tot slot bevelen we aan om het onderzoek naar het risico op containerverlies langs de Nederlandse kust uit te breiden naar andere gebieden op de Noordzee, waar ook de combinatie van ondiep water met hoge golven kan voorkomen in sommige stormcondities.

---

<sup>6</sup> Zie secties 3.7.5, 5.1.6 en 5.3.6 van Resolution MSC.267(85), 4 December 2008.

<sup>7</sup> MARIN Report 32558-5-PaS: 'Container securing, Overview current practice & regulatory framework'.

<sup>8</sup> Zoals SOLAS Chapter VI, de IMO 'Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing' (CSS Code) en de 'class guidelines' voor 'container securing' van de verschillende classificatiemaatschappijen.



*Ultra Large Container Ship (ULCS) 'MSC ZOE' op 2 januari 2019 (links) en de Feeder 'Rauma' op 11 februari 2020 (rechts), bron Kustwacht.*