

MEMO

PROJECT	Planproducten ZV3T
PROJECTNR.	WAB013298
ONDERWERP	Effecten op scheepvaart
REFERENTIE	WAB013298-D-008
AAN	
AUTEUR	Dook Ligthart; Kevin Oudenbroek; Fokke Westebring
DATUM	15 juli 2021

INLEIDING

In de Verlengde 3de Toetsing (V3T) primaire waterkeringen zijn delen van de kering van Waterschap Hollandse Delta afgekeurd op het faalmechanisme zettingsvloeiing. Dit betreft de volgende trajecten:

- Dijkkring 17: Oude Maas ter hoogte van Hoogvliet;
- Dijkkring 20: Oude Maas ter hoogte van Spijkenisse;
- Dijkkring 20: Hartelkanaal;
- Dijkkring 25: Haringvliet ter hoogte van Middelharnis;
- Dijkkring 25: Grevelingen ter hoogte van Ouddorp.

De locaties zijn weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Locaties risico op zettingsvloeiing

Op deze locaties worden onderwatertaluds verflauwd naar 1:3 en wordt daar stortsteen op aangebracht om het risico op zettingsvloeiing te verkleinen.

In deze memo wordt ingegaan op twee aspecten met betrekking tot effecten op de scheepvaart als gevolg van deze maatregelen (na realisatie van deze maatregelen en bij uitvoering), namelijk:

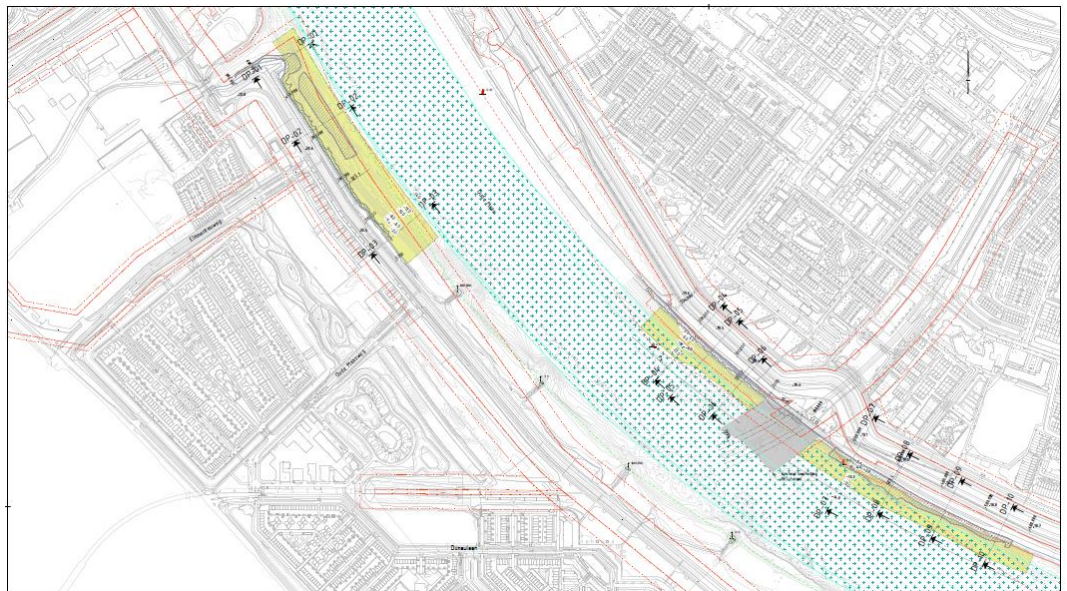
- het vaststellen of het ontwerp onderwatertalud effect heeft op de scheepvaart;
- bepalen van de hoeveelheid hinder voor de scheepvaart tijdens uitvoering conform de werkwijze beschreven in het rapport 'Concept uitvoeringsplan' [1].

In de afgelopen periode zijn er gesprekken gevoerd met de beheerders van de vaarwegen. Voor het Hartelkanaal is dit het Havenbedrijf Rotterdam. Voor de Oude Maas is Het havenbedrijf de nautisch beheerder en Rijkswaterstaat de beheerder van de vaarweg. Voor de overige projectlocaties is Rijkswaterstaat de beheerder. De gemaakte opmerkingen van de beheerders zijn verwerkt in deze memo.

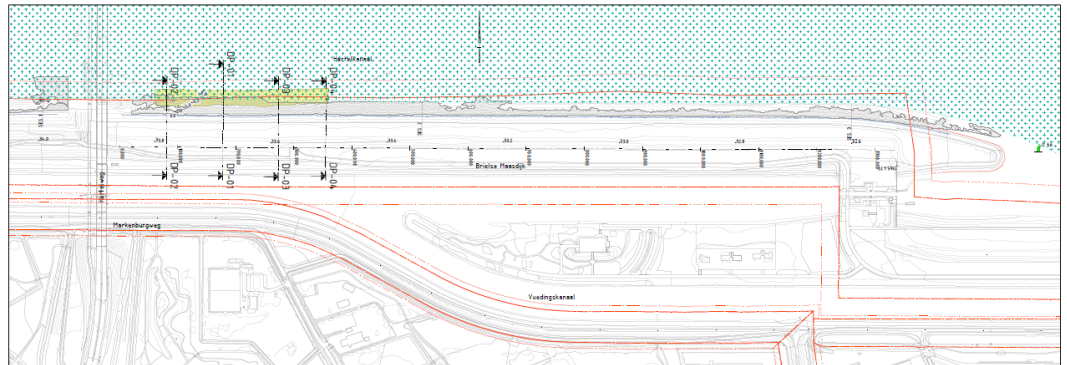
1 LOCATIES

In onderstaande figuren is in bovenaanzicht het ontwerp onderwatertalud gegeven, alsmede de locatie van de vaargeul. Bij het Haringvliet is de afstand tussen de projectlocaties en de vaargeul ca. 100 m en bij het Grevelingenmeer ca. 3 km (deze afstand is dusdanig groot dat de vaargeul niet zichtbaar is in Figuur 1-4).

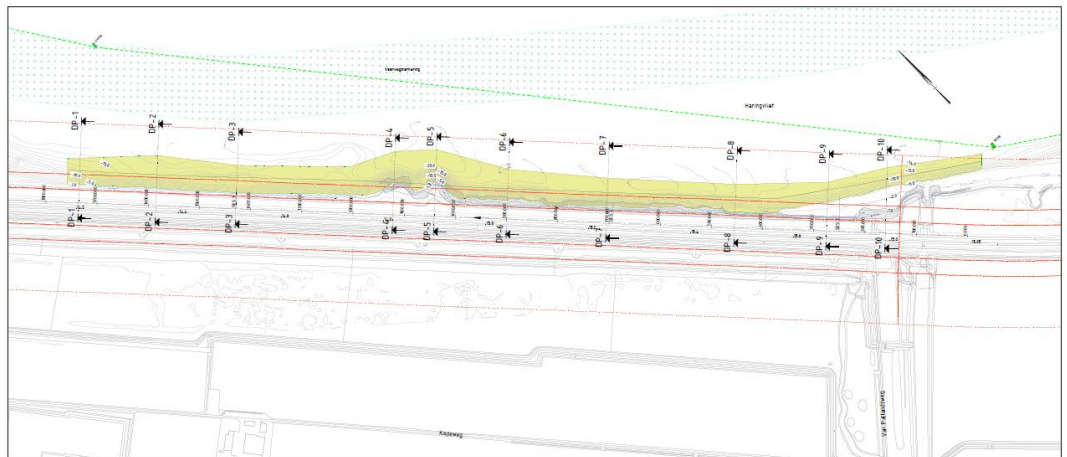
Bij de Oude Maas en het Hartelkanaal overlapt in het bovenaanzicht de vaarweg met het ontwerp onderwatertalud. In de volgende hoofdstukken worden deze locaties nader bestudeerd. Bij de locatie Oude Maas is er sprake van een binnenvaartgeul en een zeevaartgeul.



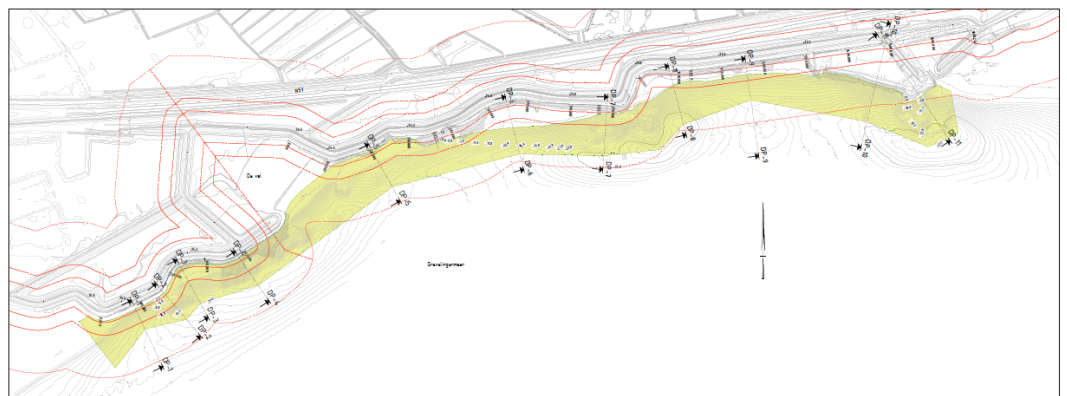
Figuur 1-1: Projectlocaties aan de Oude Maas in geel en vaarwegprofiel in blauw



Figuur 1-2: Projectlocaties aan het Hartelkanaal in geel en vaarwegprofiel in blauw



Figuur 1-3: Projectlocatie aan het Haringvliet in geel (vaarweg ca. 100 m buiten locaties met werkzaamheden)



Figuur 1-4: Projectlocatie aan het Grevelingenmeer in geel (geen vaarweg aanwezig in de omgeving)

2 EFFECT SCHEEPVAART

Oude Maas

Door het ontwerp van het onderwater talud wordt de doorsnede van de rivier versmald. Dit heeft twee gevolgen:

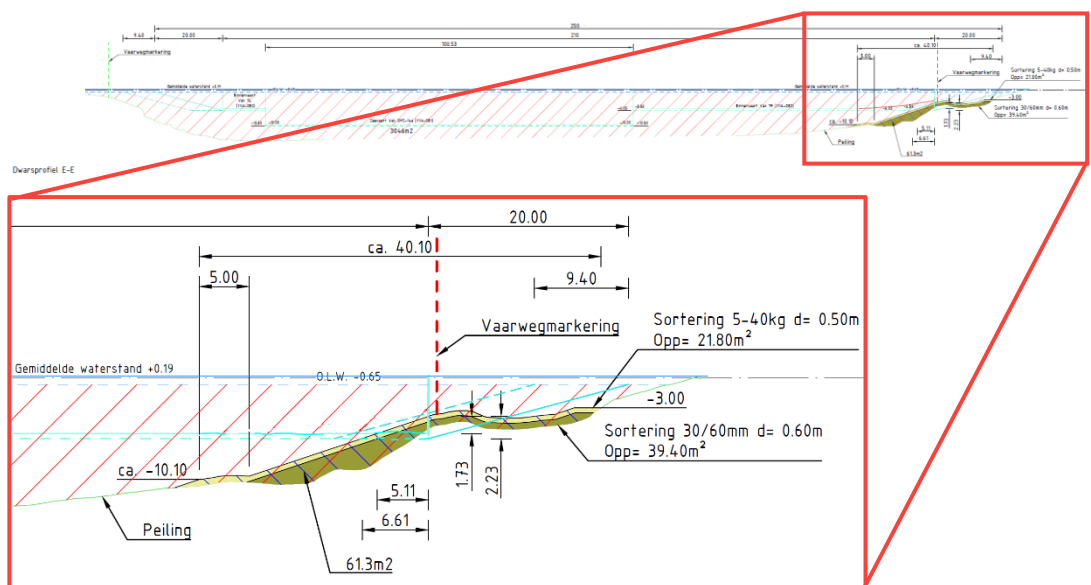
1. De benodigde waterdiepte kan niet meer gegarandeerd worden voor de hele vaargeul;
2. De versmalling heeft effect op het vaargedrag van de schepen. Door het verkleinen van de doorsnede neemt de zuiging (squat) theoretisch iets toe.

Deze twee punten worden hieronder nader toegelicht.

Ad 1) Waterdiepte in de vaargeul

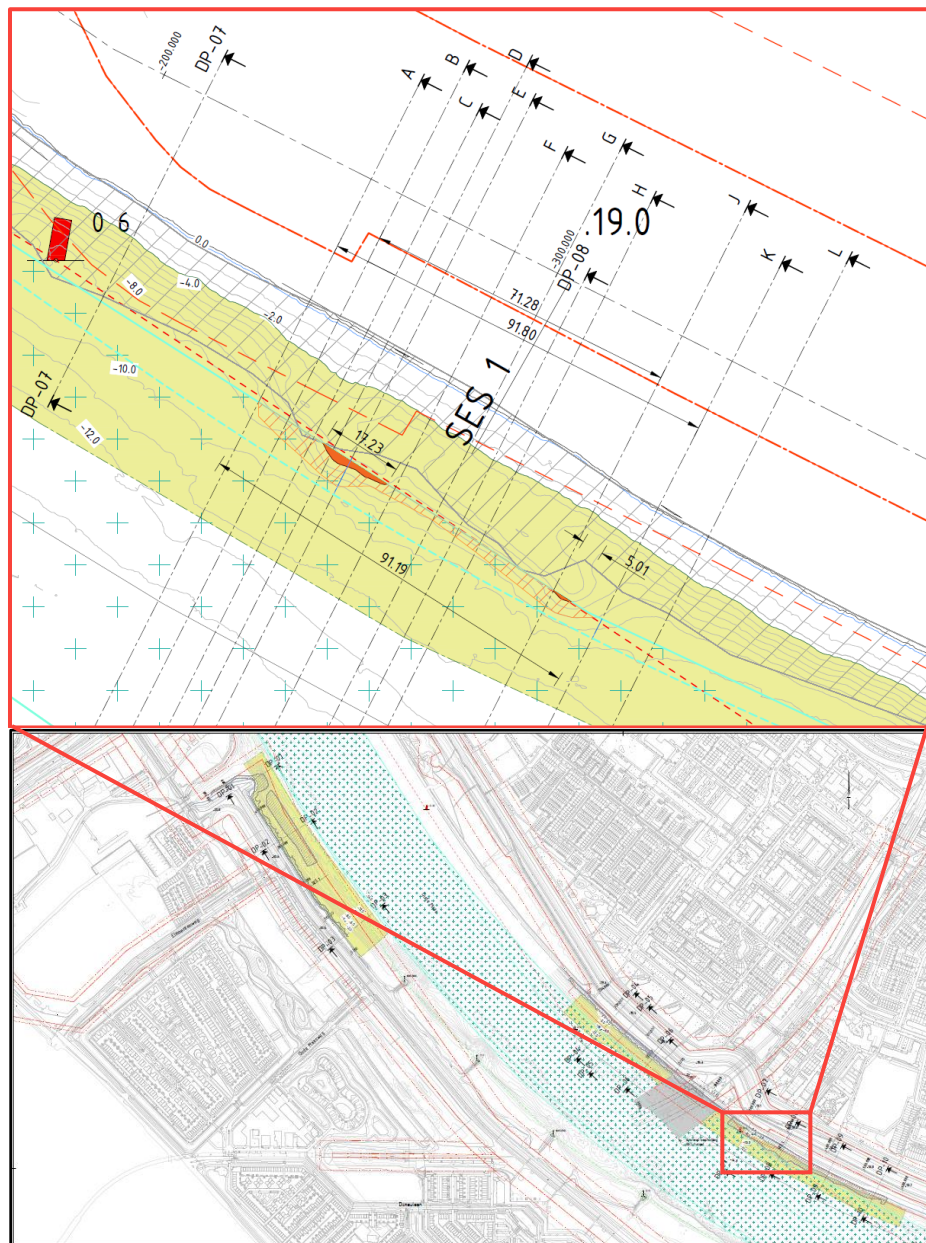
In onderstaande Figuur 2-1 is de doorsnede van de rivier gegeven (rood gearceerd) met daarin (in blauw) het profiel van de vaargeul. De vaargeul bestaat uit een diepe zeevaartgeul die ca. 100m breed is, en een binnenvaart geul die 250m breed is. De binnenvaart geul is dus breder dan de zeevaartgeul en strekt zich zowel links als rechts van de zeevaartgeul uit. Naast de binnenvaartgeul ligt aan beide zijden nog een strook van 20m die gebruikt kan worden voor de recreatie vaart. Deze strook heeft een oplopende diepte (schuine lijn). Zoals te zien is de rivier nagenoeg overal breder en dieper dan het profiel van de vaarweg zodat er overal voldoende diepte is.

Echter op één locatie in de Oude Maas; iets ten zuiden van de metro tunnel ligt de vaargeul te dicht tegen de noordoever aan zodat niet over de hele vaargeul voldoende diepte aanwezig is. De locatie is te zien in Figuur 2-2 op de volgende pagina.



Figuur 2-1: Doorsnede E Oude Maas

In de huidige situatie is er op twee stroken van 17 en 5m een raakvlak tussen de vaargeul en de bestaande oever (rode vlakken in onderstaande figuur). Wanneer het onderwatertalud wordt aangepast om de zettingsproblematiek op te lossen wordt de oever aangevuld en komt deze verder naar binnen. Daardoor wordt het raakvlak groter. Over een afstand van ca. 90m (rood gearceerd) komt de oever in de vaargeul te liggen zodat er niet wordt voldaan aan de vereiste waterdiepte. In onderstaande figuur zijn een aantal doorsneden gemaakt om dit raakvlak goed in beeld te krijgen. Bij doorsnede E (Figuur 2-1) is het raakvlak het grootst. Over een breedte van 6,61m is er onvoldoende diepgang.

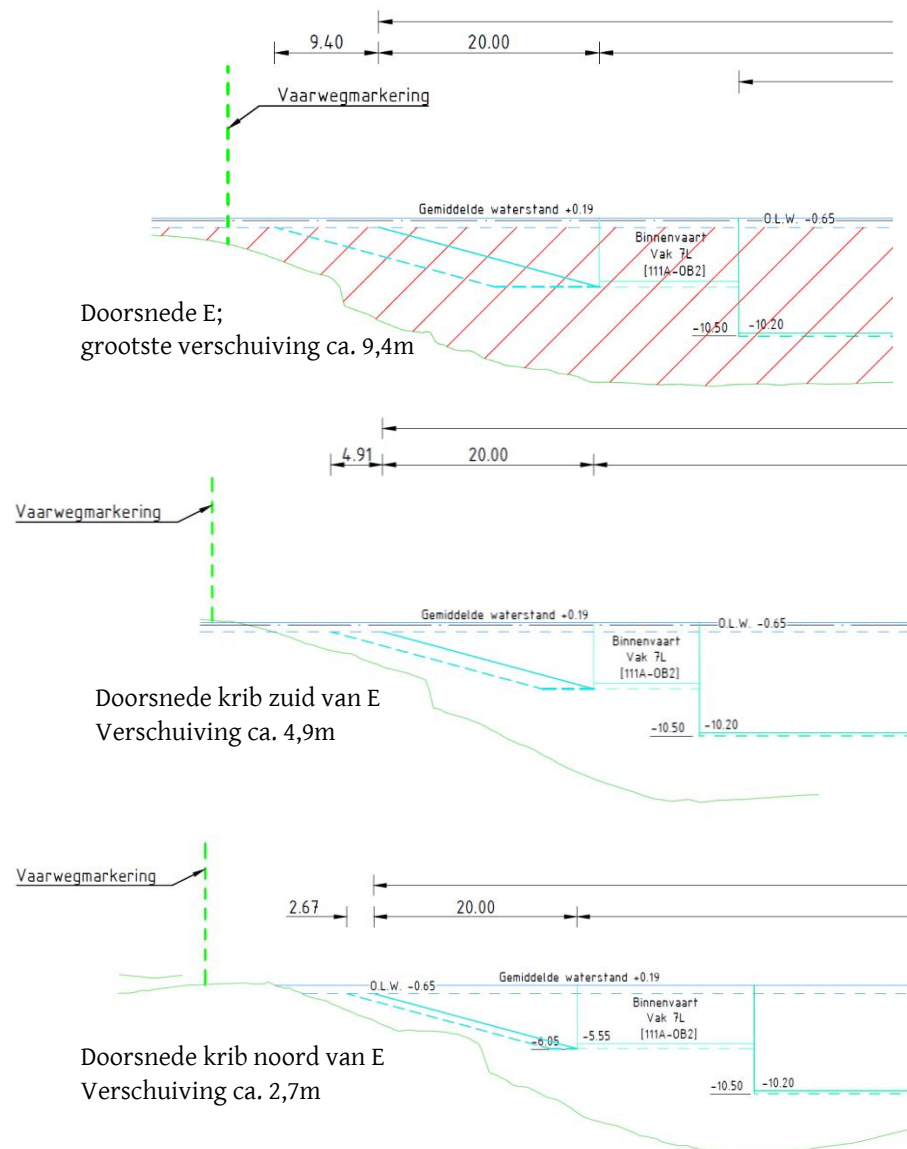


Figuur 2-2: Locatie doorsnede E langs de noordzijde van de Oude Maas

Met de vaarwegbeheerders is overeengekomen dat dit raakvlak kan worden opgelost door de binnenvaartgeul op die locatie op naar het zuiden toe op te schuiven. Door de vaargeul ca. 9,40 op

de schuiven is er in de hele vaargeul voldoende waterdiepte en is er voldoende marge t.o.v. het nieuwe onderwatertalud. NB de zeevaartgeul wordt niet opgeschoven.

Uiteraard is gecontroleerd of het verschuiven van de binnenvaartgeul naar het zuiden geen problemen oplevert bij de zuidoever. Dit speelt vooral ter plaatse van de dichtstbij gelegen kribben langs de zuidoever. Zoals in onderstaande doorsneden is te zien blijft er ook na het verschuiven van de binnenvaartgeul (onderbroken blauwe lijn) voldoende ruimte over aan de zuidoever. Zowel bij doorsnede E waar de vaargeul en meest moet worden verschoven, als bij de doorsneden over de kribben waar de verschuiving al weer iets kleiner is.



Figuur 2-3: Controle zuidelijke oever na verschuiven van de vaargeul.

Het verschuiven van de binnenvaartgeul is voor het overgrote deel een papieren exercitie want de vaargeul zoals getekend is uiteraard niet zichtbaar voor de schepen. De schepen blijven gebruik maken van de vaarwegmarkering; op deze locatie de rode boeien aan de noordoever en de groen staken op de kribben aan de zuidoever. Enkel boei 06 zal ook zuidelijk worden verplaatst zodat de lijn van de vaarwegmarkering (rode stippellijn in de tekeningen) niet buiten de vaargeul komt te liggen.

Geconcludeerd wordt dat er ter plaatse van de noordelijke oever van de Oude Maas ter hoogte van Hoogvliet er een raakvlak is tussen de maximale contractdiepte van de binnenvaartgeul en het ontwerp onderwatertalud. Dit negatieve effect wordt opgelost door het verschuiven van de binnenvaartgeul zodat er weer overal voldoende waterdiepte is. Door het verplaatsen van boei 06 is dit duidelijk voor de scheepvaart.

Ad 2) Zuiging (squat) door versmalling

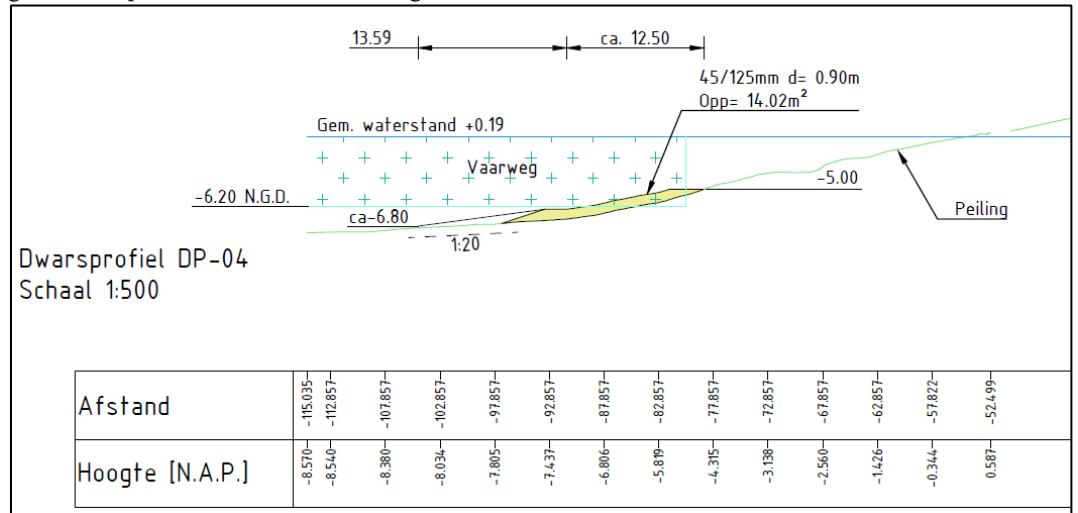
Zuiging of *squat* is een fenomeen dat wordt veroorzaakt door drukverschillen over de lengte van het schip, waardoor het schip als het ware naar de bodem wordt gezogen waardoor het dieper en niet meer horizontaal in het water ligt. De bestuurbaarheid van het schip kan hierdoor negatief worden beïnvloed. Dit verschijnsel treedt voornamelijk op in ondiep en smal water en is afhankelijk van de schip- en vaarwegdimensies.

Wanneer taludbescherming wordt toegepast, neemt het doorsnedeoppervlak van de vaarweg af, waardoor er meer drukverschillen ontstaan op de passerende schepen en het effect van zuiging dus groter wordt. In bijlage A is een notitie opgenomen waarin het effect van de aan te brengen taludbescherming op de zuiging is bepaald. Met drie verschillende methodes zijn de verschillen berekend tussen de *squat* mét en zonder taludbescherming, zodat een betrouwbaar oordeel gegeven kan worden over de invloed van het toepassen ervan.

Op basis van de beschouwing in bijlage A kan worden geconcludeerd dat het toepassen van taludbescherming als maatregel tegen zettingsvloei een verwaarloosbare invloed heeft op de *squat* die optreedt.

Hartelkanaal:

Bij alle doorsnedes bij het Hartelkanaal is er een raakvlak tussen het Nautisch Gegarandeerd Diepte (N.G.D.) en het ontwerp onderwatertalud. In doorsnede 4 (zie Figuur 2-4) is dit raakvlak het grootste. Opvallend is dat in de huidige situatie ook een raakvlak is tussen het talud en de N.G.D.



Figuur 2-4: Doorsnede DP06 Hartelkanaal

De beheerder heeft aangeven dat het huidige vaarweg profiel ter plaatse voldoende ruim is. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat dit raakvlak met de N.G.D. niet leidt tot een significant negatief effect op de scheepvaart.

3 HINDER VOOR DE SCHEEPVAART TIJDENS REALISATIE

Daar waar overlap is tussen of daar waar de vaargeul en de locaties van werkzaamheden vlakbij elkaar liggen, dient onderzocht te worden of er tijdens uitvoering hinder zal zijn voor de scheepvaart.

Rijkswaterstaat gebruikt voor het vaststellen van hinder op de vaarweg de 'Werkwijzer Minder Hinder' [2]. Bij deze werkwijzer wordt de hinder ingedeeld in hinderklassen, zoals in Tabel 3-1 is gegeven. Deze werkwijzer geldt dus voor de Oude Maas, het Grevelingmeer en het Haringvliet. Voor het Hartelkanaal wordt voorsnag dezelfde systematiek toegepast. Mogelijk komen hiervoor aanvullende eisen vanuit het Havenbedrijf Rotterdam.

Tabel 3-1: Indeling hinderklassen conform 'Werkwijzer Minder Hinder' [2]

Hinder-klasse	Beschrijving	Communicatieoverleg met stakeholders (Opvoeren werken in PLOV indien mogelijk)	Verplicht communicatiemoment aan gebruiker (Opvoeren werken in PLOV – www.vananaarbeter.nl)
0	Geen hinder. Werkzaamheden waarbij de scheepvaart geen hinder ondervindt.	6 weken	6 weken
1	Beperkte hinder, een gedragsaanpassing die door de uitvoering van Werkzaamheden tijdens de passage van een object aan de doorgaande scheepvaart wordt opgelegd. Dit kan zijn een beperking van de normale vaarsnelheid of een beperking van de beschikbare manoeuvreerruimte, een oploopverbod of ontmoetingsverbod. Gezien de intensiteit van de scheepvaart wordt verwacht dat er geen sprake is van daadwerkelijke vertraging.	6 weken	6 weken
2	Korte vertraging van minder dan een half uur.	8 weken	8 weken
3	Vertraging met een lengte tot 2 uur met een maximum van 2 keer per etmaal, waarbij tussendoor gedurende enkele uren vrije doorvaart wordt verleend.	8 weken	8 weken
4	Een vertraging van lange duur van maximaal 2 etmalen.	26 weken	12 weken
5	Een vertraging van uitzonderlijk lange duur, langer dan een aaneengesloten periode van 2 etmalen.	52 weken	26 weken

Een overzicht van de hinderklasse conform de 'Werkwijzer Minder Hinder' is gegeven in Tabel 3-2 (zie ook het 'Concept uitvoeringsplan').

Voor de locaties aan het Grevelingenmeer en het Haringvliet geldt dat er geen hinder wordt verwacht op de vaarwegen. Bij het Grevelingenmeer is er mogelijk wel hinder voor recreatievaart van de nabijgelegen jachthaven. Deze hinder valt echter niet onder de hinderklassen uit de 'Werkwijzer Minder Hinder'. Bij het Haringvliet is de dichtstbijzijnde jachthaven (van Middelharnis) meer dan 1 km van de werklocatie verwijderd en wordt geen hinder verwacht.

Voor zowel de Oude Maas als het Hartelkanaal wordt beperkte hinder verwacht. Door de werkzaamheden is waarschijnlijk een gedragsaanpassing nodig in de vorm van snelheidsvermindering. Dit is o.a. noodzakelijk ter voorkoming van hinderlijke waterbewegingen (bijvoorbeeld door haalgolven) vooral bij het passeren van duwvaart of zeeschepen. Ondanks de beperkte hinder dient er rekening mee gehouden te worden dat de werkzaamheden een aanzienlijke periode zullen duren. Voor het Hartelkanaal is een bovengrens van ca. 90 dagen werk vastgesteld en voor de Oude Maas een bovengrens van ca. 150 dagen [1].

Tabel 3-2: Hinder voor vaarverkeer en hinderklasse conform 'Werkwijzer Minder Hinder' [2]

Locatie	Gebruik vaargeul	Verwachte hinder vaarverkeer	Toelichting	Hinder-klasse
Oude maas	Veel beroepsvaart + pleziervaart	Hinder beroepsvaart	Aan de noordzijde liggen de werkgebieden in de vaargeul. Aan de zuidzijde zit er ca. 10 m tussen vaargeul en het werkgebied. Materieel komt naar verwachting ook buiten de grens van het werkgebied en zal daardoor ook hinder veroorzaken in de vaargeul.	1
Hartelkanaal	Veel beroepsvaart Geen pleziervaart	Hinder beroepsvaart	Werkzaamheden vinden plaats tot 45 m uit de oever en reiken tot in de opening door de Hartelkering en daarmee tot in de vaargeul.	1
Haringvliet	Weinig scheepvaart	Geen hinder	Overall zit meer dan 50 m tussen de locatie van werkzaamheden en de vaargeul. De locatie van de werkzaamheden is > 1 km verwijderd van de dichtstbijzijnde jachthaven.	0
Grevelingenmeer	Weinig scheepvaart	Waarschijnlijk hinder voor recreatievaart	De vaargeul ligt niet nabij de werkzaamheden. Er zal daarom geen hinder zijn voor beroepsvaart. Wel zijn er werkzaamheden nabij en mogelijk zelfs in de jachthaven van Ouddorp. Hier zal waarschijnlijk hinder zijn voor de recreatievaart.	0

Bij hinderklasse 1 (en 2) hoeft er conform de 'Werkwijzer Minder Hinder' [2] geen aanvullende analyse uitgevoerd te worden wat betreft hinderrisico's. Met de beheerders zal worden afgestemd of er aanvullende maatregelen nodig zijn.

Aanbevolen wordt om na te gaan hoe de werkelijke breedte van het vaarwegprofiel zich verhoudt tot de minimaal aan te houden breedte conform de Richtlijn Vaarwegen. Indien de werkelijke breedte groter is dan de minimale breedte is er ruimte voor de werkzaamheden.

Snelle beschouwing voor de meest kritische locatie Oude Maas:

- Vaarweg klasse VIc geeft volgens tabel 18 van de RVW 2020 voor een normaal profiel een breedte van ($W_t + \Delta_w = 91,2 + 19 =$) 110,2 m.
- De vaarweg ter plaatse is ca. 200m breed.
- Er lijkt dus voldoende breedte aanwezig voor additionele toeslagen (klasse Vb, bocht etc.) en voor de werkschepen (kraanschip + beunschip + veiligheidsafstand)

Eventueel kan ter plaatse van de werkzaamheden een oploopverbod worden ingesteld aangezien het minimum vaarwegprofiel volgens de RVW wel uit gaat van 2 richting verkeer maar niet van meerdere schepen naast elkaar in dezelfde richting. Een oploopverbod valt nog binnen hinderklasse 1.

In overleg met de beheerders zal moeten worden afgestemd of een aanvullende beschouwing noodzakelijk is en of een oploopverbod wenselijk is. Tevens bespreken of er eisen moeten worden gesteld aan de werkzaamheden zoals:

- Maximale lengte waarover mag worden gewerkt;
- Minimale afstand tussen locaties waar wordt gewerkt;
- Voorkomen dat aan twee zijden tegelijk wordt gewerkt (dit geldt enkel voor de locatie Oude Maas, al liggen de locaties niet recht tegenover elkaar toch kan bij werken aan twee zijden een onwenselijke situatie voor zicht en uitwijkmanoeuvres ontstaan).

4 CONCLUSIES

4.1 INVLOED OP DE SCHEEPVAART

Bij de locaties aan het Haringvliet en het Grevelingenmeer is er geen impact op de scheepvaart.

Geconcludeerd wordt dat er ter plaatse van de noordelijke oever van de Oude Maas ter hoogte van Hoogvliet er een raakvlak is tussen de maximale contractdiepte van de binnenvaartgeul en het ontwerp onderwatertalud. Door het verschuiven van de binnenvaartgeul wordt dit raakvlak opgelost en is er weer overal voldoende waterdiepte. Door het verplaatsen van boei 06 is dit duidelijk voor de scheepvaart. NB de zeevaartgeul wordt niet verschoven.

Ter plaatse van het Hartelkanaal is er een raakvlak is tussen de Nautisch Gegarandeerde Diepte (N.G.D.) en het ontwerp onderwatertalud. De vaarwegbeheerder Havenbedrijf Rotterdam geeft aan dat de vaarweg voldoende ruim is. Geconcludeerd wordt dat het raakvlak niet leidt tot een significant negatief effect op de scheepvaart.

4.2 HINDER VOOR HET VAARVERKEER TIJDENS REALISATIE

Als gevolg van de werkzaamheden aan het Haringvliet en het Grevelingenmeer wordt geen hinder verwacht op de vaarwegen. Wel is er bij de locatie aan het Grevelingenmeer mogelijk hinder voor de recreatievaart van/naar de nabijgelegen jachthaven.

Bij de locaties aan het Hartelkanaal en de Oude Maas wordt er beperkte hinder verwacht, overeenkomend met hinderklasse 1 van de 'Werkwijzer Minder Hinder'. Er worden geen stremmingen (c.q. vertragingen) verwacht, waarmee hinderklasse 2 wordt uitgesloten.

5 REFERENTIES

- [1] Lievense | WSP, Concept uitvoeringsplan; planproducten zettingsvloeiing, WAB103298-D-001, 10 september 2020
- [2] Rijkswaterstaat, Werkwijzer Minder Hinder Vaarwegen, 18 april 2014
- [3] Rijkswaterstaat, Richtlijn Vaarwegen, 31 juli 2020
- [4] Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid; Oude Maas Zeevaart; vaargeul legger; kaartnummer ZHD1401gc9851_07; 22-04-2014
- [5] Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid; Oude Maas Binnenvaart; vaargeul legger; kaartnummer ZHD1401gc9851_08; 22-04-2014
- [6] ZETTINGSVLOEIING VERLENGDE DERDE TOETSRONDE; Oude Maas; Overzicht; WAB013298-00-T-VO-OVE-301
- [7] ZETTINGSVLOEIING VERLENGDE DERDE TOETSRONDE; Oude Maas; Aanvullende doorsnede; WAB013298-00-T-VO-OVE-302
- [8] ZETTINGSVLOEIING VERLENGDE DERDE TOETSRONDE; Oude Maas; Aanvullende doorsnede 2; WAB013298-00-T-VO-OVE-303

BIJLAGE A:

**NOTITIE 'INVLOED TALUDBESCHERMING OUDE MAAS OP SQUAT
SCHEEPVAARTVERKEER'**

NOTITIE

Projectnaam Planuitwerking zettingsvloei

Projectnummer WAB013298

ONDERWERP Invloed taludbescherming Oude Maas op *squat* scheepsverkeer

AUTEUR Willem Dommelen, van

DATUM 30 juni 2021

1 INLEIDING

Ten behoeve van het project *planuitwerking zettingsvloei*, wordt gekeken naar de invloed van het toepassen van taludbescherming op de zuiging ofwel *squat* van het scheepsverkeer. *Squat* is een fenomeen dat wordt veroorzaakt door drukverschillen over de lengte van het schip, waardoor het schip niet meer horizontaal in het water ligt. Dit verschijnsel treedt voornamelijk op in ondiepere waters en is afhankelijk van de schip- en vaarwegdimensies.

Wanneer taludbescherming wordt toegepast, neemt het doorsnedeoppervlak van de vaarweg af, waardoor er meer drukverschillen ontstaan op de passerende schepen. Met drie verschillende methodes worden de verschillen berekend tussen de *squat* met en zonder taludbescherming, zodat een betrouwbaar oordeel gegeven kan worden over de invloed van het toepassen ervan.

2 UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk worden kort de uitgangspunten opgesomd die ten grondslag liggen aan de berekening van de aanzuiging door het scheepsverkeer. De uitgangspunten zijn gebaseerd op onderstaand figuur uit correspondentie met Rijkswaterstaat [B].

Afmetingen zeevaart op de Oude Maas klopt wel, maar er komen regelmatig grotere schepen, de zgn. Supramax L190m en br32.5
De maximale afmeting door Loodswezen gehanteerd is L201m en br32.5m.
De maximale diepgang blijft altijd 9.45m.
Over de waterdiepte het volgende: de verplichte under keel clearance, UKC, is op de rivier steeds 10% van de diepgang in zoetwater.
Er wordt met deze maximale diepgang met een waterstand van minimaal +20cm gevaren.
WD 10.2 +0.2 geeft 10.4 min diepgang geeft ukc10%.
Vaart:
Voor de vaart naar Dordrecht gelden tij restricties voor passage Botlek brug en Spijkenissebrug: waterstand, UKC en stroom.
Deze soort schepen gaan met opkomend water naar Dordrecht. Met de vloed dus voorstrooms, de snelheid door het water zal max 9 knoop zijn op dit aangewezen deel van het traject.
Uitgaand, afvarend, zal er max 6 knoop gevaren worden om op kentering van de vloedstroom de bruggen te passeren. Dat zal dan niet meer dan 6.5 knoop door het water zijn.

Figuur 2-1 Uitgangspunten op basis van [B]

De berekening worden uitgevoerd met drie verschillende berekeningsmethoden die in bijlage A nader uitgewerkt zijn.

2.1 EIGENSCHAPPEN SCHIP

De berekening wordt uitgevoerd voor het schiptype *Supramax*. De eigenschappen van dit schip zijn gegeven in onderstaande tabel:

Tabel 2-1 Eigenschappen Handymax

Omschrijving	Symbool	Waarde	Eenheid	Opmerking
Lengte schip	L_{BP}	201	m	Max. afmeting Loodswezen
Breedte schip	B	32,5	m	
Geladen diepgang	T	9,45	m	
Block coefficient	C_B	0,85	-	Bovengrens voor bulkschepen [A]
Ondergrens snelheid	V_{min}	6 3,09	Knopen m/s	
Bovengrens snelheid	V_{max}	10 5,14	Knopen m/s	

2.2 GEOMETRIE VAARWEG

De geometrie van de vaarweg is ontleend aan WAB013298-00-T-VO-OVE-0303-3 V1a Concept. Deze tekening is toegevoegd in bijlage B. Doorsnede E-E is als maatgevende doorsnede beschouwd, aangezien het oppervlak van de taludbescherming in deze doorsnede het grootste is.

Tabel 2-2 Eigenschappen vaarweg

Omschrijving	Symbool	Waarde	Eenheid	Opmerkingen
Diepte vaarweg	h	14,8	m	T.o.v. NAP+0,2m
Breedte vaarweg bovenzijde	W_{top}	270	m	
Opp. vaarweg zonder taludbescherming	A_C	3276	m ²	=3046 m ² conform tekening + $w_{top} \cdot 0,85m$ 3046 is t.o.v. O.L.W., terwijl NAP+0,2m als vaarwaterstand geldt
Opp. taludbescherming	A_{TB}	61,3	m ²	61,3 m ² conform tekening
Opp. vaarweg met taludbescherming	$A_{C, incl. TB}$	3214	m ²	= $A_C - A_{TB}$
Blockage factor zonder taludbescherming	S	0,094	-	=onderwateropp. schip/ opp. vaarweg
Blockage factor met taludbescherming	$S_{incl. TB}$	0,095	-	=onderwateropp. schip/ opp. vaarweg

2.3 BEREKENINGSMETHODE

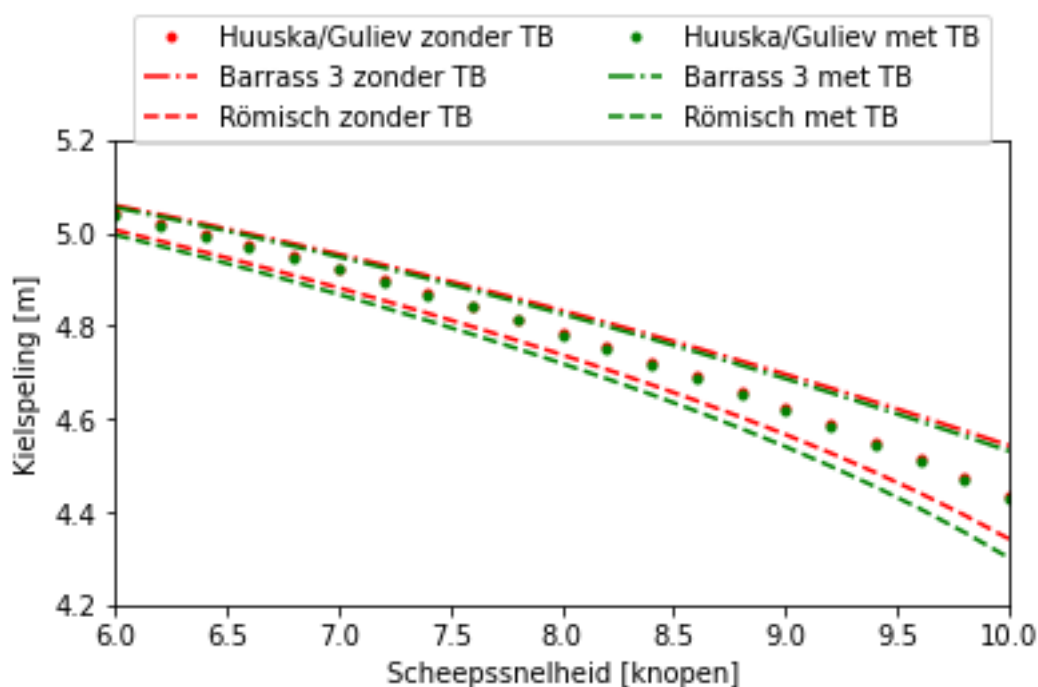
Met behulp van Python wordt voor verschillende vaarsnelheden bekeken wat de te verwachten diepgang is bij het optreden van *squat* in de situatie zonder en met taludbescherming. De snelheden zijn gevarieerd van 6 knopen tot 10 knopen, bij drie verschillende berekeningsmethoden:

1. Huuska/Guliev
2. Barrass3
3. Römisch

Toelichting op elk van deze methodes is gegeven in bijlage A.

3 RESULTATEN

In Figuur 3-1 is de verwachte kielspeling van de schepen weergegeven in de situatie met en zonder taludbescherming. Uit Figuur 3-1 valt op te maken dat er verschillen zitten in de verwachte kielspeling afhankelijk van welke berekeningsmethode gekozen wordt. Binnen elke berekeningsmethode zijn de verschillen tussen wel en niet toepassen van taludbescherming op de kielspeling echter zeer beperkt. In Tabel 3-1 zijn daarom voor verschillende scheepssnelheden de verschillen in kielspeling tussen de situatie met en zonder taludbescherming gegeven. Met een maximaal verschil van ca. 40mm tussen de situatie met en zonder taludbescherming, kan geconcludeerd worden dat het toepassen ervan een verwaarloosbaar effect heeft op de squat die optreedt.



Figuur 3-1 Verwachte kielspeling in de situatie zonder (rood) en met (groen) taludbescherming

Tabel 3-1 Verschil in kielspeling bij verschillende scheepssnelheden

Scheepssnelheid	Verschil in kielspeling Huuska/Guliev	Verschil in kielspeling Barrass 3	Verschil in kielspeling Römisch
6 knopen	2,8 mm	4,2 mm	10,3 mm
7 knopen	3,9 mm	5,7 mm	14,0 mm
8 knopen	5,1 mm	7,5 mm	18,7 mm
9 knopen	6,6 mm	9,5 mm	26, mm
10 knopen	8,4 mm	11,7 mm	40,8 mm

4 STROOMSNELHEID

De stroomsnelheid van de vaarweg bedraagt in de huidige situatie 3,0 m/s volgens tabel 2-2 uit het uitgangspuntenrapport [C]. Met een nat oppervlak van de vaarweg van 3276 m² geeft dit een debiet van:

$$Q_{\text{huidig}} = 3,0 \text{ [m/s]} * 3276 \text{ [m}^2\text{]} = 9828 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Door het toepassen van taludbescherming, neemt het oppervlak van de vaarweg af naar 3214 [m²]. Met een gelijkblijvend debiet, levert dit een nieuwe stroomsnelheid van:

$$v_{\text{nieuw}} = 9828 \text{ [m}^3\text{/s]} / 3214 \text{ [m}^2\text{]} = 3,06 \text{ m/s}$$

Dit is een toename in de stroomsnelheid van circa 2%.

(NB dit is een vereenvoudigde berekening van een rivierkundige situatie die in werkelijkheid niet zo lineair werkt maar geeft wel een inschatting van de orde grootte van het effect)

5 CONCLUSIE

Op basis van de resultaten in hoofdstuk 3 kan geconcludeerd worden dat het toepassen van taludbescherming als maatregel tegen zettingsvloei een verwaarloosbare invloed heeft op de *squat* die optreedt.

Daarnaast leidt het toepassen van taludbescherming tot een verhoging van de stroomsnelheid in de vaarweg van circa 2%.

Referenties

- [A] SBRCURnet. (2018). *Flexible Dolphins*. Delft
- [B] Mail Melle Zegel, RE: *Inhoudelijk bespreken raakvlak WSHD en RWS Oude Maas*, d.d. 15-06-2021
- [C] Uitgangspuntendocument versie 2, 27 oktober 2020

BIJLAGE A TOELICHTING OP BEREKENINGEN T.A.V. AANZUIGING

This attachment contains an overview of the formulas and methods used for the squat calculations according to PIANC [D].

A.1 THE DEPTH FROUDE NUMBER

The most important dimensionless parameter in squat calculations is the Depth Froude Number, which is a measure of the ship's resistance to motion in shallow water [D]. It is defined as:

$$F_{nh} = \frac{V_s}{\sqrt{gh}}$$

where g is the gravitational acceleration and V_s is the speed of the ship in m/s. Typically, F_{nh} will remain below 0.60-0.70, and in all cases should remain below 1, since this is an effective speed barrier. For the typical vessel speeds in the fairway the Froude number will be therefore between 0.26 (for $V_k = 6$ kts) and 0.44 (for $V_k = 10$ kts).

A.2 EMPIRICAL SQUAT FORMULAS

This section and following sections follow the lines of Appendix D of PIANC Report no. 121 - 2014 Harbour Approach Channels Design Guidelines [D]. Seven empirical formulas for squat have been proposed based on physical model tests and field measurements. They all include sinkage and dynamic trim as part of the calculations. Squat may occur both at bow and stern, but the mentioned formulas give predictions for the maximum squat S_{Max} , except for Römisch (1989), which explicitly gives squat predictions for bow (S_b) and stern (S_s). The first empirical squat formula, which is the basis for all the squat formulas used in this report, was developed by Tuck (1966) and is given by:

$$S_{bT} = (C_z + C_\theta) \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}}$$

C_z and C_θ are coefficients based on the ship hull characteristics for sinkage and trim, all the other variables have been explained before. Since the hull characteristics are based on integrals and are difficult to apply, three methods were selected that are in a more useful format. The used formulae and the reasons why they were chosen for this report are:

- Huuska/Guliev (1976) – widely used and recommended
- Barrass3 (2004) – simplified
- Römisch (1989) – more detailed

They will be further explained in the following sections. Table 1 gives a list of the parameters for which the formulas were established, and the parameters for the design vessel used. As can be seen, these parameters fall mostly in the same order of magnitude and therefore it can be concluded that the used formulas can be assumed valid for the mentioned ship.

Table 1: Range of validity for empirical squat formulas

Ship parameters	C_B	B/T	h/T	L/B	L/T
	0.85	3.43	1.57	6.2	21.3
Parameter constraints	C_B	B/T	h/T	L/B	L/T
Huuska/Guliev (1989)	0.6-0.8	2.19-3.5	1.1-2.0	5.5-8.5	16.1-20.2
Barrass3 (2004)	0.5-0.85		1.1-1.4		
Römisch (1989)		2.6	1.19-2.25	8.7	22.9

A.3 HUUSKA/GULIEV (1976)

The first method is that of Huuska/Guliev (1976). It is chosen for this analysis because it is widely used by for example the Finnish Maritime Administration (FMA) and is recommended by the Spanish ROM [D][D]. The bow squat is defined by:

$$S_{bH} = C_s \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} K_s$$

where the squat constant is usually taken to be 2.40. The factor ∇/L_{pp}^2 is equivalent to $C_B B T/L_{pp}$ and can be used interchangeably. It has to be noted that it is recommended **not** to use this formula for $F_{nh} > 0.70$. Since the maximum considered speed inside the fairway is only 10 kts this method can be used for the investigated situation.

The dimensionless factor K_s is defined as:

$$K_s = \begin{cases} 7.45s_1 + 0.76 & s_1 > 0.03 \\ 1.0 & s_1 \leq 0.03 \end{cases}$$

where the dimensionless corrected blockage factor for a canal-type channel is equal to the blockage factor, $s_1 = S$.

A.4 BARRASS3 (2004)

The second method is that of Barrass3 (2004). It is used here because it can give a quick and simple idea about the magnitude of the squat. It is a so-called “short-cut” formula, since it determines the maximum squat at bow or stern solely based on the ship’s block coefficient and blockage factor. It is defined as:

$$S_{Max,B3} = \frac{C_B V_k^2}{100/K}$$

where the dimensionless coefficient K is given as:

$$K = 5.74S^{0.76}$$

This method poses no restrictions on channel types and was used for example for New and Traditional Lakers in the Lake St. Francis area [D].

A.5 RÖMISCH (1989)

Römisch (1989) developed formulas that are slightly more detailed and give the squat explicitly for both bow and stern. The squat for bow $S_{b,R}$ and for stern $S_{s,R}$ are given by:

$$S_{b,R} = C_v C_F K_{\Delta T} T$$

$$S_{s,R} = C_v K_{\Delta T} T$$

where C_v is a correction factor for the ship speed, C_F is a correction factor for the ship shape and $K_{\Delta T}$ is a correction factor for squat at ship critical speed. These coefficients are defined as:

$$C_v = 8 \left(\frac{V_s}{V_{Cr}} \right)^2 \left[\left(\frac{V_s}{V_{Cr}} - 0.5 \right)^4 + 0.0625 \right]$$

$$C_F = \left(\frac{10 C_B}{\frac{L_{pp}}{B}} \right)^2$$

$$K_{\Delta T} = 0.155 \sqrt{h/T}$$

V_{cr} is the ship's critical speed that ships cannot exceed due to the energy balance between the continuity equation and Bernoulli's law. For a canal, it is given as:

$$V_{cr} = C_c K_c$$

where

$$C_c = \sqrt{g h_m}$$

$$K_c = \left[2 \sin \left(\frac{\arcsin(1 - S)}{3} \right) \right]^{1.5}$$

Because for this assessment we are interested in the maximum squat of the vessel, we additionally defined the maximum Römisch squat at a given speed as:

$$S_{m,R} = \max(S_{b,R}, S_{s,R})$$

References

[D] PIANC Report no. 121 - 2014 Harbour Approach Channels Design Guidelines

BIJLAGE B *WAB013298-00-T-VO-OVE-0303-3 V1A CONCEPT*

Dwarsprofiel E-E
Schaal 1:500



ALGEMEEN

Maatvoering in millimeters, tenzij anders aangegeven.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.
Hoeken in 360 graden stelsel.
Coördinaten in meters t.o.v. Rijksdriehoekstelsel.
Maatvoering afgerond op mm. Doortelmaten kunnen hierdoor een mm afwijken.

DATABRON

- AHN3 geraadpleegd op 12-08-2020
- Peiling: oms2020_27_05_2020_vak11_wshd1
oms2020_28_05_2020_vak12_wshd1
oms2020_28_05_2020_vak13_wshd1
- Open data waterschap Hollandse Delta:
WSHD Waterstaatswerken en Zoneringen (waterkeringen)
WSHD Hectometrening Waterkeringen
- Rapportage waterbouw: WAB013298-D-006 (Fugro)
- Binnenvaart/ Zeevaart: <https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/apps/geonetwork-dataportaal/srv/dut/catalog.search#/metadata/iukavgpp-4y35-68s5-8hk7-k15utz4u0cxe?tab=general>
Kaartnummer: ZHD1401gc9851_07 Oude Maas (Zeevaart) (111A-OB1)
Kaartnummer: ZHD1401gc9851_08 Oude Maas (Binnenvaart) (111A-OB2)

1a	11-06-2021	Concept	DJO
v.	Datum	Omschrijving	Gefekend

ZETTINGSVLOEIING VERLENGDE DERDE TOETSRONDE

-

OUDE MAAS VERBREDEN BINNENVAART 111A-OB2 VLAK L7

MAATGEVEND DWARSPROFIEL DP-E-E

Projectnr.:	WAB013298	Fase:	Voorlopig ontwerp	Gefekend:	H.A. de Jongh	
Documenttype:	Tekening	Gecontroleerd:	-			
Status:	CONCEPT	Vrijgegeven:	-			

LIEVENSE

Transmissie 2, NL-4814 AB Breda
+31(0) 30 200
www.Lievense.com

wsp

Schaal: 1:500
Blad nr.: 1 van 1
Tekening nr.: WAB013298-00-T-V0-OVE-0303-3

Formaat: 420x841
Datum: 11-06-2021
Versie: 1a