

Notitie

HaskoningDHV Nederland B.V.
Mobility & Infrastructure

Aan: Amvest, gemeente Amsterdam, Rijkswaterstaat
Van: Royal HaskoningDHV, Aveco de Bondt/AVIV
Datum: 3 februari 2025
Kopie: -
Ons kenmerk: BD1624_N045_F5.0
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Aanvaarscenario's De Kop (Houtsma en Werkmeester) Cruquius

1 Inleiding

De ontwikkeling van 'de Kop' van het Cruquiusgebied vindt plaats langs de mond van het Amsterdam-Rijnkanaal, welke als belangrijke vaarroute voor beroepsvaart wordt gebruikt. Op het raakvlak van het ontwikkelingsgebied en de vaarweg heeft Rijkswaterstaat op de wijziging van het bestemmingsplan een zienswijze ingediend omdat er een risico is op aanvaren van de oever ter plaatse van de nieuwe te realiseren bebouwing.

Rijkswaterstaat heeft in december 2024 en januari 2025 een model opgesteld om toekomstige aanvaringen te simuleren ter plaatse van de Kop van Cruquius, om de gemeente te adviseren rondom de voor deze gebiedsontwikkeling gewenste wijziging van het bestemmingsplan, en als vergunningverlener. Op 13 december 2024 heeft Rijkswaterstaat een memo gedeeld met de voorlopige resultaten ten behoeve van een nieuwe beschouwing van de constructieve veiligheid van de gebouwen Houtsma en Werkmeester (ID2309 Kop van Cruquius - suggestie uitgangspunten concrete te beschouwen aanvaringen). Het type schepen en de optredende krachten uit het model verschillen aanzienlijk ten opzichte van de uitgangspunten in de eerdere analyse (destijds gebaseerd op NEN-EN-1991-1-1-7). De resultaten van deze simulatie geven daarom aanleiding tot een nieuwe analyse en bijbehorende berekeningen, met aangepaste uitgangspunten.

In de dialoog met Rijkswaterstaat zijn de resultaten van de simulaties vertaald naar vijf concrete aanvaarscenario's die als maatgevend beschouwd mogen worden voor de ontwikkelingen Houtsma en Werkmeester.

In voorliggende memo wordt de impact van die vijf concrete, extreme aanvaarsituaties uit de analyse van Rijkswaterstaat beschouwd. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen de gebouwen Houtsma en Werkmeester. Uitgangspunt is daarbij dat de gebouwen blijven voldoen aan de in de Eurocode geldende randvoorwaarden ook in het geval van een eventuele incidentele aanvaring.

Tot slot wordt kort ingegaan op het restrisico dat er nog is op de kade (openbare ruimte) in het geval van eerdergenoemde aanvaarsituaties.

1.1 Terugblik

De Gemeente Amsterdam heeft in 2012 de kaders vastgesteld voor het in ontwikkeling brengen van het Cruquiusgebied te Amsterdam, dit middels de zogenaamde "Spelregelkaart Cruquius" welke genoegzaam bekend is bij partijen. Inmiddels is aan de hand van inhoudelijk overleg, het vastleggen van uitgangspunten in (eerdere) bestemmingsplannen ca. de helft van de (woon)gebouwen langs het ARK al gerealiseerd en in gebruik genomen.

Sinds 2019 is Amvest in gesprek met de Gemeente Amsterdam en RWS voor het opstellen en afronden van het (ontwerp)bestemmingsplan Cruquius deelgebied 7, kop van Cruquius. Hierbij zijn nadere overleggen geweest en rapportages opgesteld naar aanleiding van de vragen die door RWS (en Gemeente) gesteld zijn. Dit specifiek voor de afstemming, voor dit deel van het plangebied welke voortborduurde op de al gerealiseerde ontwikkeling(en), van (woon)bebouwingen, de al aanwezige kadeconstructie (zoals door de Gemeente aangebracht) en het gebruik van de vaarweg.

2 Situatie

2.1 Locatie

De ontwikkeling bevindt zich in het Oostelijk Havengebied van Amsterdam. Het zogenaamde Cruquiusgebied is een schiereiland tussen de Entrepothaven en de Mond van het Amsterdam-Rijnkanaal. Het onderzoeksgebied in deze analyse richt zich op de kop van het gebied, aangegeven in Figuur 2-1.

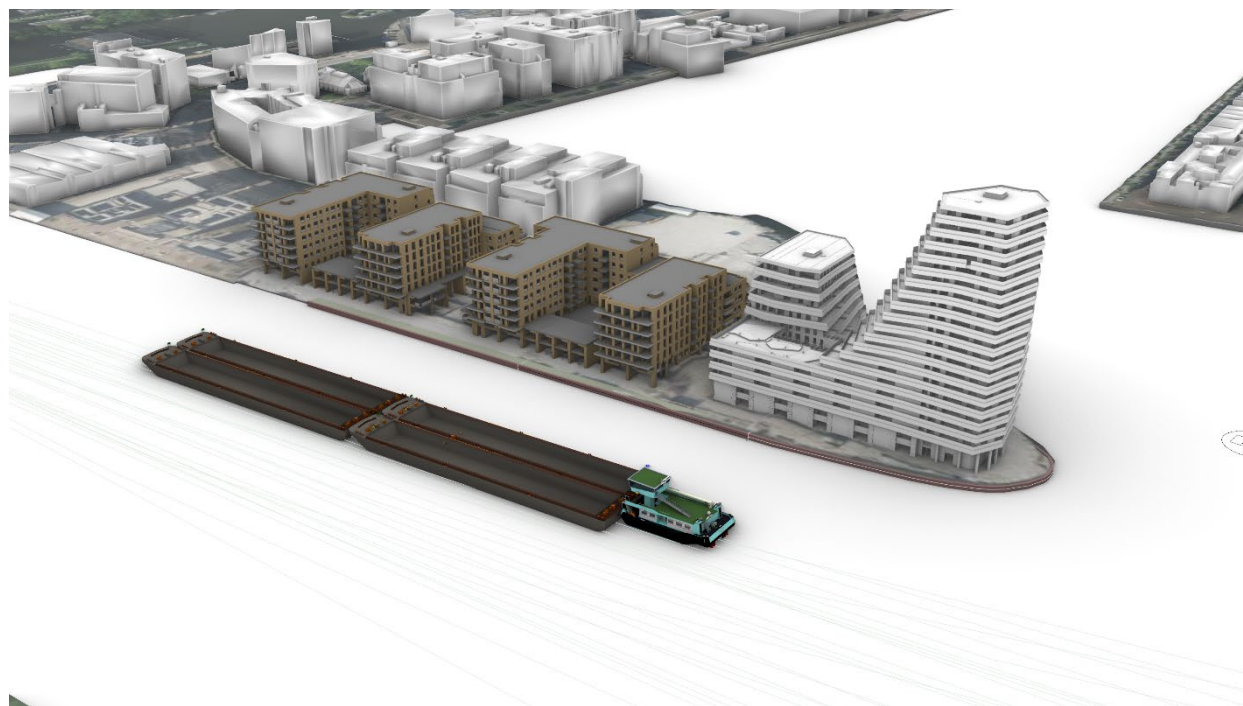


Figuur 2-1: Locatie van 'de Kop' van het Cruquiusgebied. Bron: Google Earth.

2.2 Ontwikkeling van het Cruquiusgebied

In Figuur 2-2 is een impressie van de ontwikkeling van de kop van het schiereiland weergegeven. De oude situatie met loodsen en andere industriële gebouwen zal worden vervangen door een situatie met appartementengebouwen, groen en publiek terrein. Aan de kade bevinden zich de complexen Werkmeester (de hoogbouw aan de kop) en Houtsma (langs het kanaal, met ondergrondse parkeergarage).

De bebouwing langs de gehele ontwikkeling staat op een variërende afstand van de waterkant. De volledige begane grond van Houtsma bevindt zich op een afstand van meer dan 9,50 meter van de kade. Ongeveer 6,50 meter boven maaiveld zijn er uitkragingen van het bouwvolume en balkons, die 3 meter uitsteken uit het gebouw richting de kade. De gevel aan de waterzijde van de begane grond van Werkmeester bevindt zich minstens 8,50 meter van de kade. De kolommen onder de hoogbouw naderen de kade tot 5,80 meter. Ook Werkmeester heeft uitkragende volumes en balkons. In het meest extreme geval naderen deze de waterkant tot 3,50 meter, 6 meter boven maaiveld.



Figuur 2-2 impressie van de ontwikkeling van de kop van het schiereiland



Figuur 2-3: Impressie van de ontwikkeling op de Kop van het Cruquiusgebied

2.3 Waterdiepten

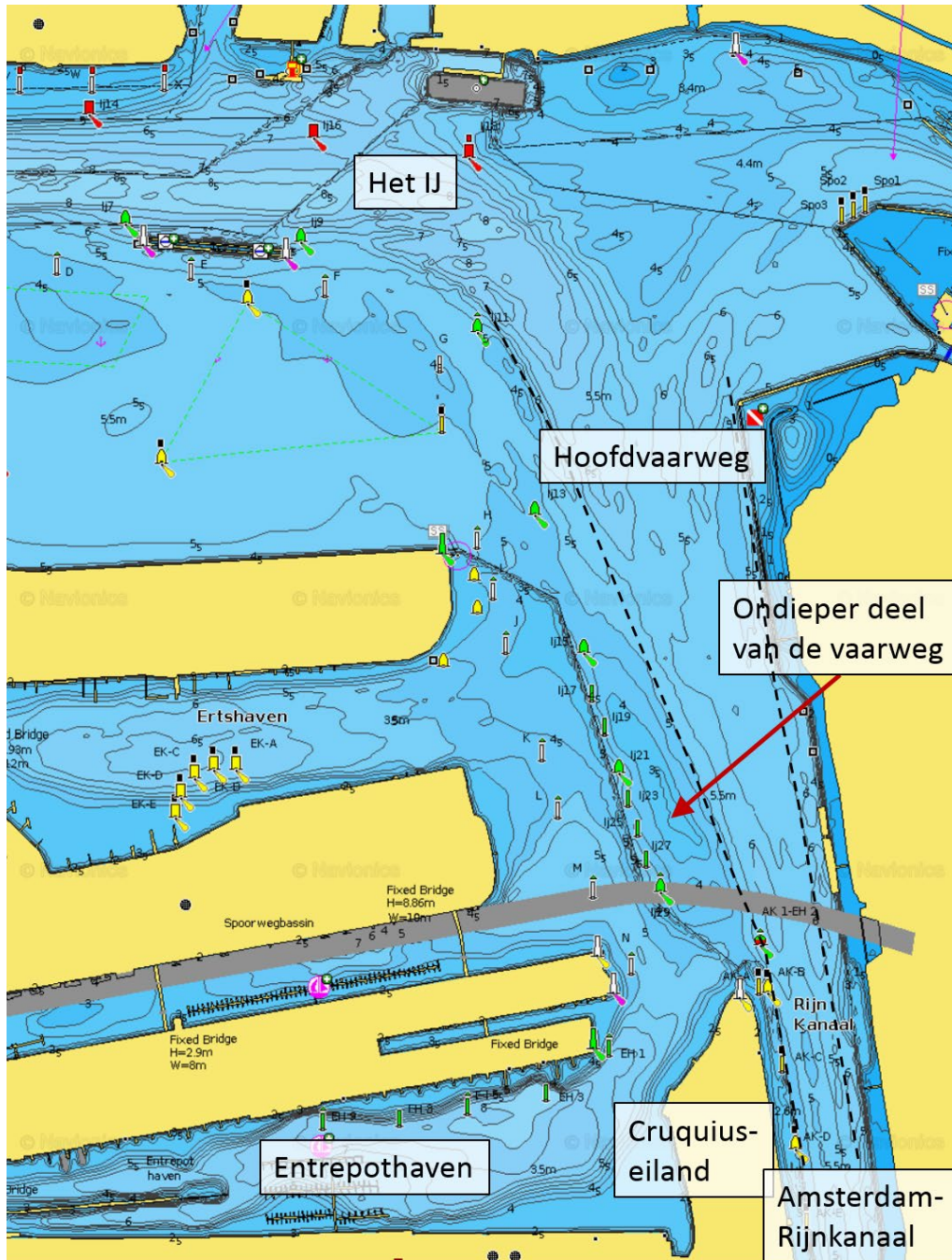
De beschikbare waterdiepten zijn in het kader van de analyse relevant.

Aan de westzijde van het schiereiland bevindt zich de toegang tot de Entreporthaven. Alhoewel de minimaal gegarandeerde waterdiepte 3,5 meter bedraagt, zijn grotere diepten (tot 8 meter) aanwezig.

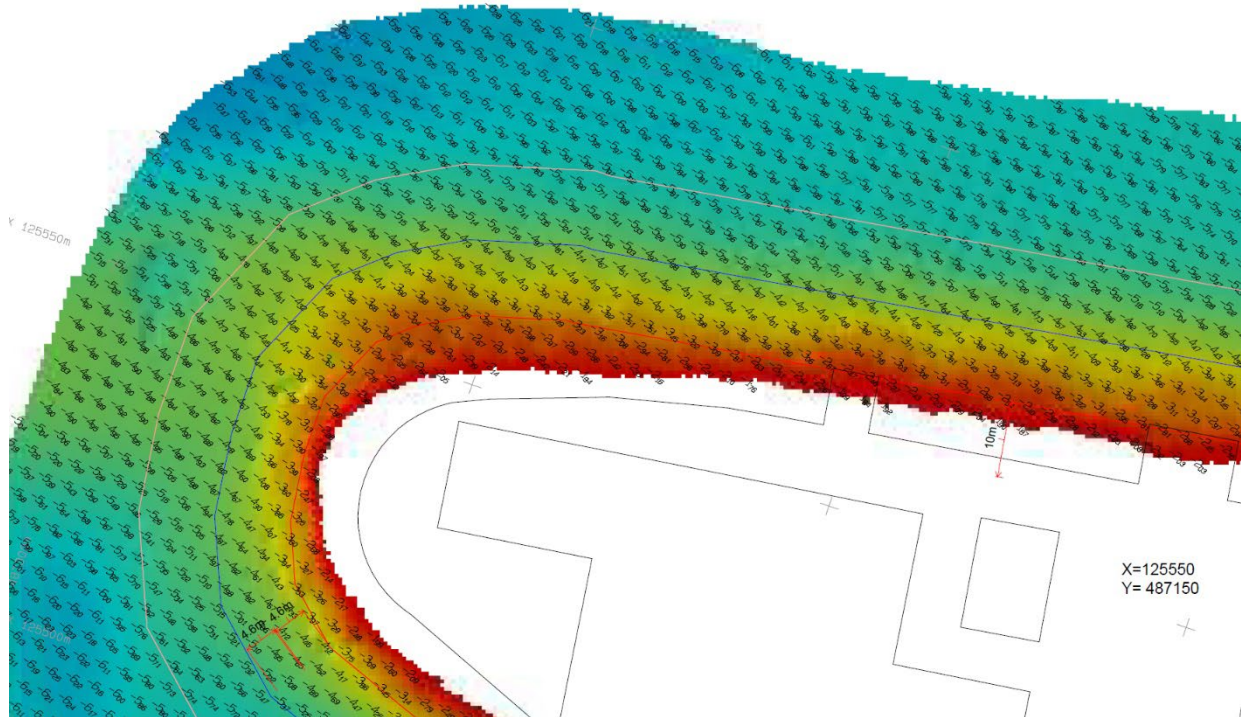
De diepte in het Amsterdam-Rijnkanaal varieert tussen 3,5 en 6,0 meter, waarbij de hoofdvaarweg een minimale diepte van 5,0 meter laat zien. Het ondiepere deel bevindt zich ten noorden van het Cruquiseiland en de Piet Heintunnel, op een breed en westelijk gedeelte van het kanaal.

Waterdiepten rond het schiereiland zijn langs de hele waterkant klein (zie Figuur 2-4 & Figuur 2-5). Direct aangrenzend aan de damwand wordt de bodemligging op basis van de beschikbare informatie ¹ conservatief aangenomen op NAP – 0,90 meter (zie ook Figuur 2-6). De waterstand varieert met het Amstellandsboezempeil tussen NAP – 0,20 en – 0,50 meter (streefpeil: NAP -0,40 meter). De waterdiepte aan de damwand bedraagt dus rond de 0,50 meter. De bodem loopt af tot de vereiste waterdiepte in het kanaal van ca. NAP – 5,5 meter, zie Figuur 2-5.

¹ Toetsing damwand Cruquiusgebied – Amsterdam-Rijnkanaal, CRUX Engineering BV, augustus 2018.

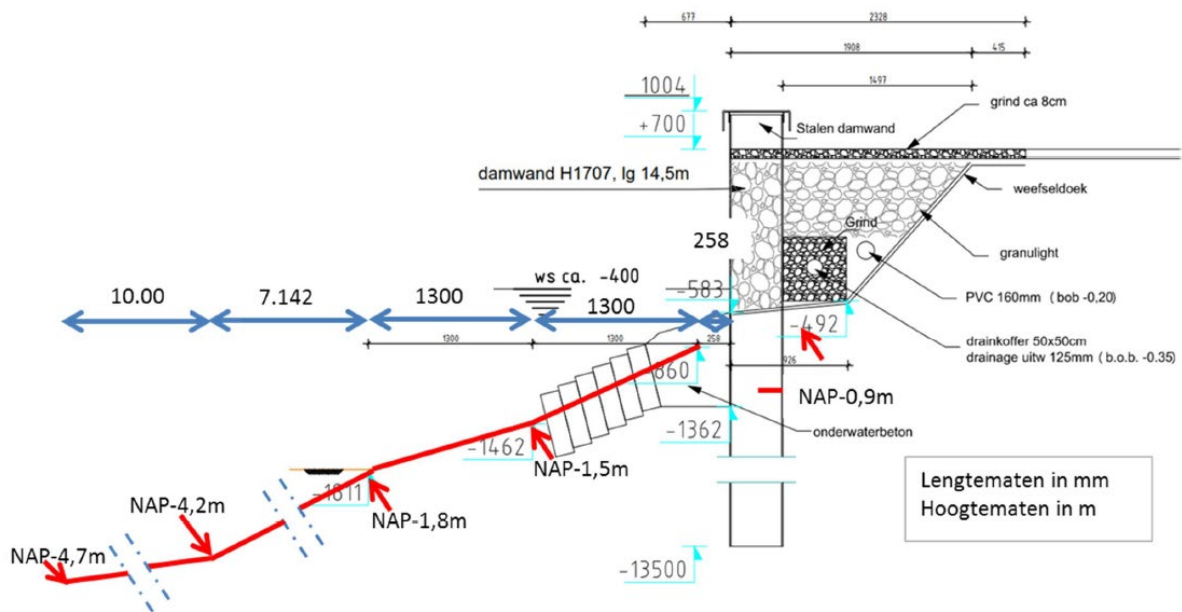


Figuur 2-4: Uitsnede van nautische kaart. Bron: webapp.navionics.com.



Figuur 2-5: Waterdiepte kaart rond de kop van het schiereiland, 2015, referentieniveau: NAP.

Nabij de oeverconstructie is de bodem verstevigd met onderwaterbeton op een hoogteligging van NAP – 1,5 meter tot NAP – 0,5 meter.



Figuur 2-6: Typische doorsnede van de oeverconstructie rond de Kop van het Cruquiusgebied. Bron: Toetsing damwand Cruquiusgebied – Amsterdam-Rijnkanaal, augustus 2018.

3 Scheepvaart

Het Amsterdam-Rijnkanaal is een belangrijke verbinding in het vaarwegennetwerk in Nederland (hoofdtransportas) en wordt hoofdzakelijk gebruikt door beroepsvaart. Voor deze analyse zijn zowel de vaarroutes, de scheepsafmetingen en de frequentie van het aantal passerende schepen relevant.

Daarnaast zijn in het kader van schade door aanvaringen aan de beschouwde gebieden, alleen de schepen met significante massa relevant. Dit sluit de recreatievaart en kleine beroepsvaart (sleeptboten, loodsboten, patrouilleboten etc.) uit, waardoor alleen het beroepsverkeer op het Amsterdam-Rijnkanaal relevant is te beschouwen.

3.1 Vaarweg

In Figuur 2-4 is te zien dat door middel van vaarwegmarkeringen het vaarwater voor de verschillende vervoersstromen inzichtelijk is gemaakt. De beschikbare vaarweg voor het Amsterdam-Rijnkanaal en het IJ is duidelijk te onderscheiden.

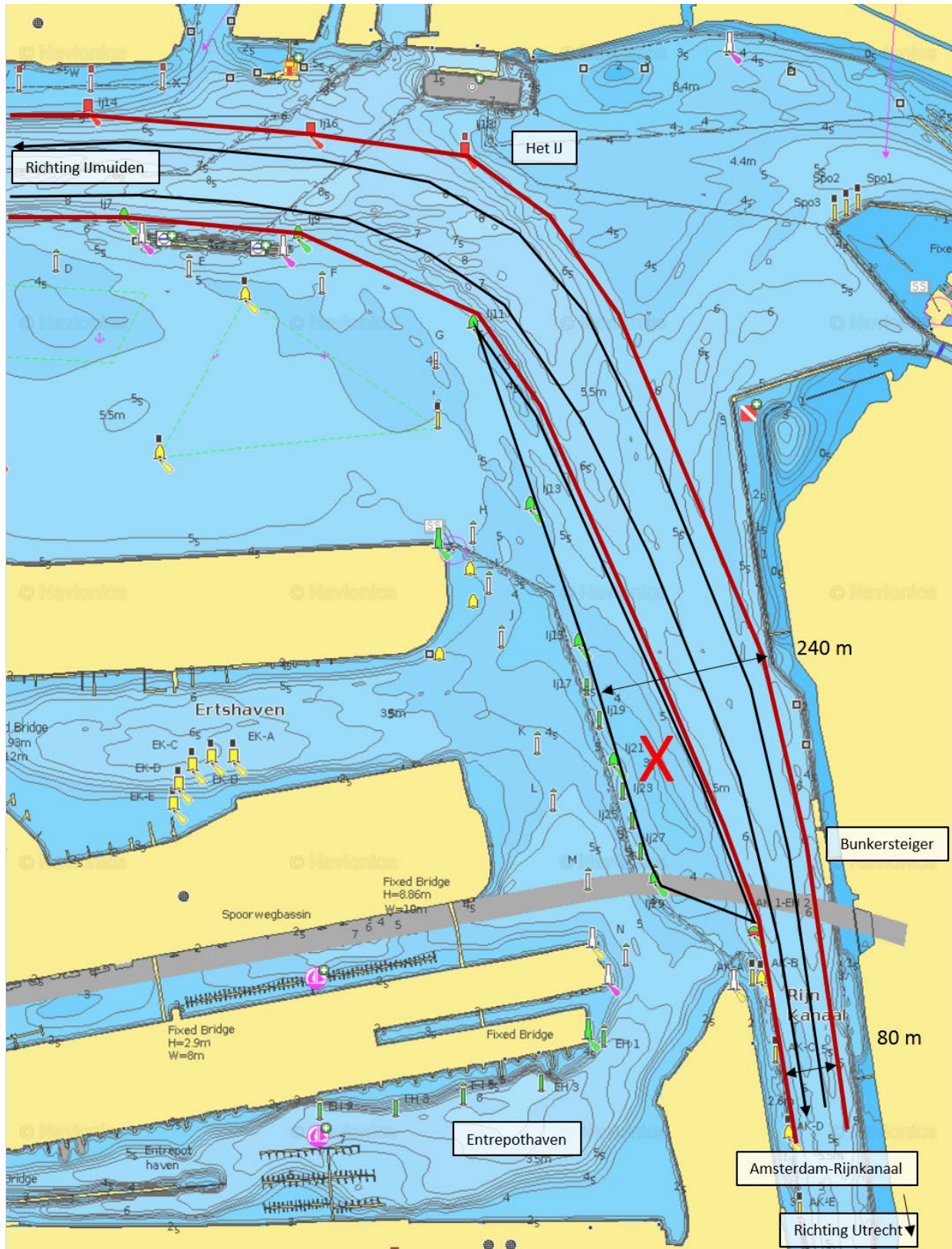
Andere vaarroutes in het onderzoeksgebied hebben betrekking tot de verschillende bassins aan de westelijke kant van het Cruquiusgebied. Deze bassins hebben hun binnenvaartfunctie verloren, en worden vooral gebruikt door pleziervaart en andere kleinere schepen. De pleziervaart kan in de verdere beschouwing van kansen op aanvaren buiten beschouwing worden gelaten, aangezien deze schepen naar verwachting geen significante schade zullen kunnen aanrichten aan de oeverconstructie of ontwikkelingen in het Cruquiusgebied.

Aan de zijde van het Cruquiuseland is gele betonning geplaatst, welke een afscheiding vormt tussen de oeverconstructie met beperkte waterdiepten en het kanaal, de beschikbare vaarwegbreedte is ter hoogte van het Cruquiuseland circa 80 meter, waarbij rekening gehouden wordt met schepen die afgemeerd liggen aan de bunkersteiger.

Ten noorden van het Cruquiusgebied verbreedt de vaarweg zich van 80 meter tot 240 meter, zie Figuur 3-1. Deze verbreding biedt meer ruimte voor het binnenvaartverkeer om de bocht met het IJ te maken en is goed aangegeven door de aanwezige vaarwegmarkeringen (groene betonning). Direct ten noorden van het Cruquiusgebied is een groen/rode vaarwegmarkering voorzien, wat aangeeft dat schepen vrij dienen te blijven van de ruimte tussen deze markering en het Cruquiusgebied.

In Figuur is de omvattende contour voor beroepsvaart in het de verbinding tussen het Amsterdam-Rijnkanaal en het IJ weergegeven. Het gebied met de rode X geeft een deel van de vaarweg aan, dat door de beroepsvaart niet of nauwelijks zal worden gebruikt. Deze observatie wordt gesteund door het beeld van scheepsbewegingen in Figuur .

De maximale vaarsnelheid voor het Amsterdam-Rijnkanaal is gesteld op 18 km/uur, wat overeenkomt met ca. 10 knopen of 5 m/s. Naar verwachting is het voor de beroepsvaart mogelijk om deze snelheid in de bocht van/naar het IJ vast te houden, aangezien de bocht vanuit het IJ dermate flauw is dat beroepsvaart zich zonder grote moeite kan ophijgen met het Amsterdam-Rijnkanaal. Hierbij wordt opgemerkt dat niet alle scheepvaart deze maximale snelheid zal varen. De situaties die verder uitgewerkt worden in hoofdstuk 4 gaan allen uit van 5 m/s.



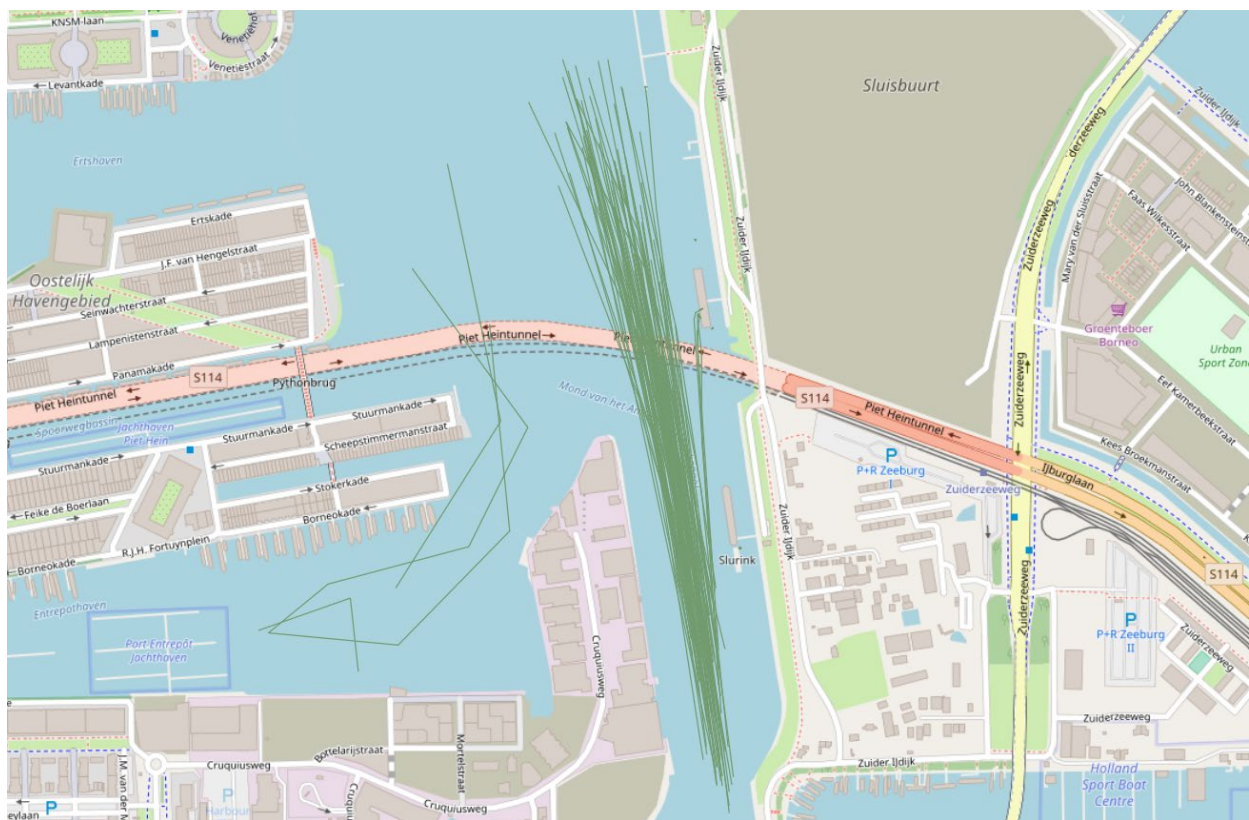
Figuur 3-1: Vaarwegbreedte voor het Amsterdam-Rijnkanaal. Bron: webapp.navionics.com.

3.2 Scheepvaartintensiteit

Rijkswaterstaat geeft in de memo *ID2309 Kop van Cruquius - suggestie uitgangspunten concreet te beschouwen aanvaringen* (Bijlage 1) aan dat er jaarlijks 80.000 scheepspassages plaatsvinden. De komende decennia kan dit groeien tot 100.000.

Op basis van ervaringen in het scheepvaartnetwerk en bekendheid met de praktijk in de haven van Amsterdam/IJmuiden, kan worden aangenomen dat schepen op de route IJ > Utrecht voor het merendeel geladen schepen zijn. Dit geldt ook voor de duwstellen, gezien de goederenstroom landinwaarts voor met name kolen naar het Duitse achterland. Daarnaast proberen binnenvaartschippers zoveel mogelijk met lading te varen, om de opbrengst zo groot mogelijk te maken. Deze verdeling van geladen/ongeladen schepen verkleint de kans op aanvaring met de kop van Cruquius door ongeladen of ondiep stekende schepen. In de richting Utrecht > IJ is het aandeel ongeladen schepen groter. Schepen varen over het algemeen aan de rechterzijde. Door de aanzienlijke boogstraal van uit de koers geraakte schepen zijn voor Houtsma daardoor vooral schepen uit zuidelijke richting relevant, en voor Werkmeester vooral schepen uit Noordelijke richting (die vrijwel frontaal kunnen aankomen).

Er zijn geen incidenten bekend waarbij het Cruquiusgebied is aangevaren.

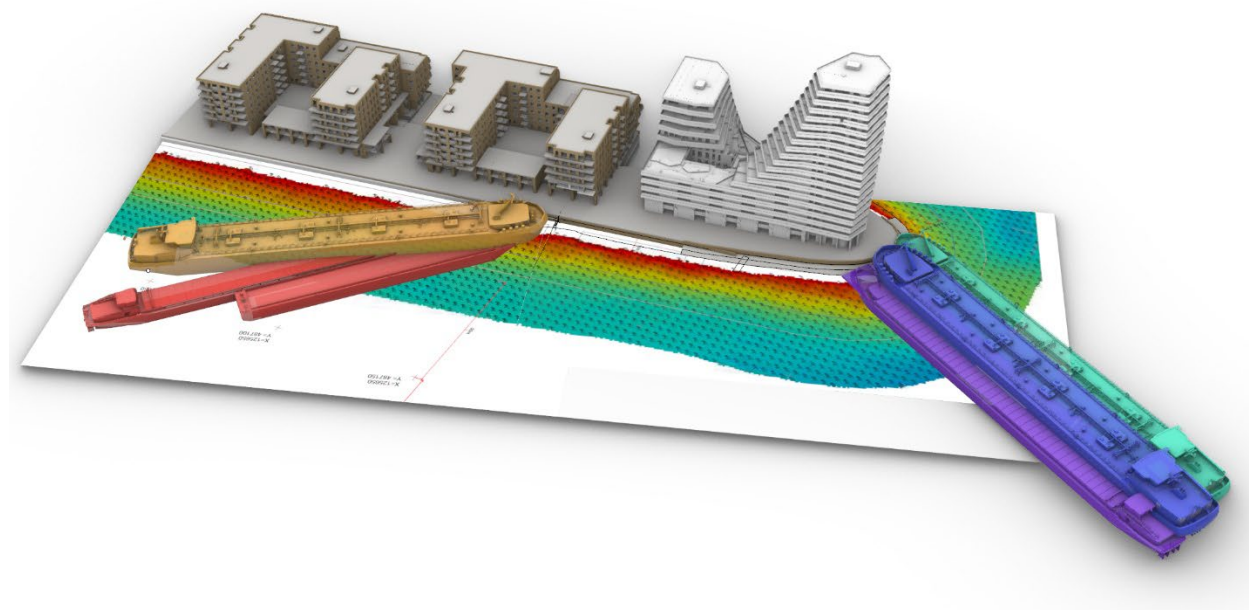


Figuur 3-2: Vaarverkeer op 3 maart 2019. Afgelegde route bij benadering bepaald met behulp van AIS-data. Bron: RHDHV.

4 Aanvaarscenario's

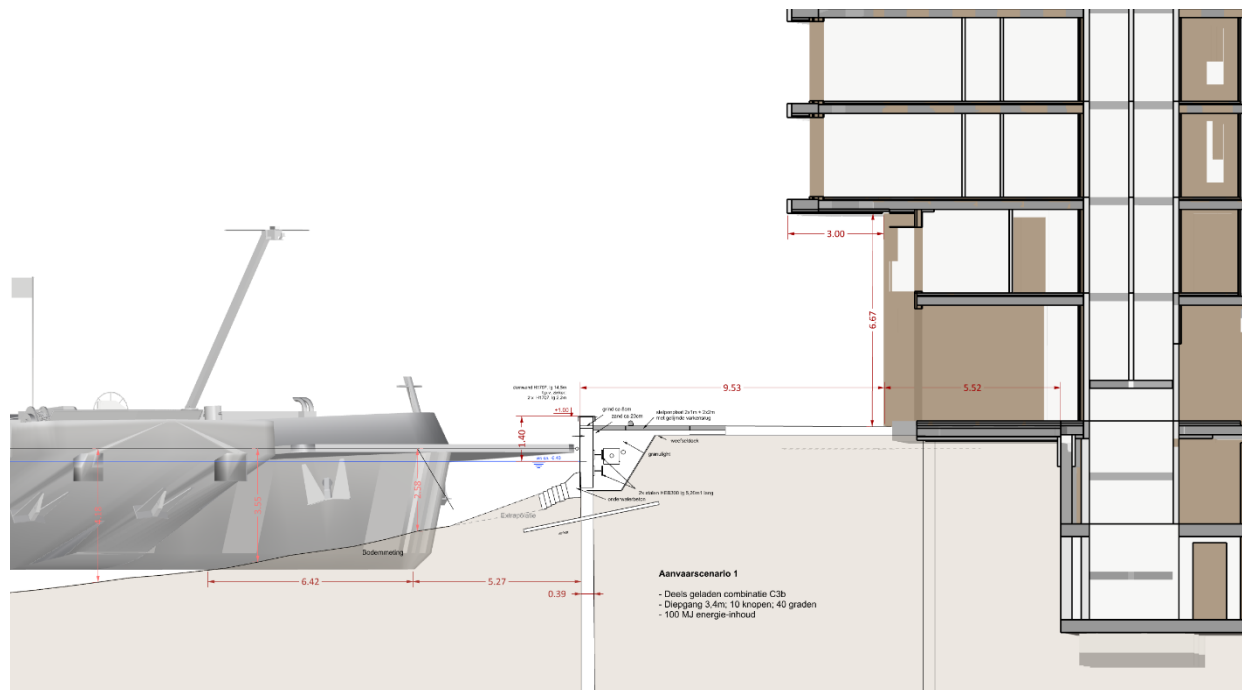
Rijkswaterstaat heeft de aanbeveling gedaan vijf specifieke scenario's te onderzoeken (1, 2, 3a, 3b, 4). Scenario 1 en 2 betreffen Houtsma (aanvaring vanuit de vaart); scenario's 3a, 3b en 4 zijn voor Werkmeester (frontale aanvaringen). Scenario 1, 3a en 3b zijn variaties waarin een extreme loodrechte kracht op de kade wordt uitgeoefend, dicht bij de kelder dan wel fundering van de bouwblokken. Scenario 2 en 4 bekijken situaties waarin schepen met zeer geringe diepgang de kade op kunnen worden gedrukt.

Om de informatie (opgenomen in bijlage 1) die vanuit Rijkswaterstaat is aangeleverd door te kunnen rekenen is er meer informatie nodig over de exacte dimensionering op de locatie van het aanvaringsscenario. Daartoe zijn de scenario's van Rijkswaterstaat gecombineerd met de beschikbare dieptescaans (multibeampeiling Deep BV, 2015), inmetingen van de as-built kademuren (Buro van Zwol, 2017), en up-to-date 3D bestanden (IFC Werkmeester & Houtsma) van de architect (Rijnbout, 2024), en tot slot de erfpachtuitgifte (2024); alles getekend op RD-coördinaten.

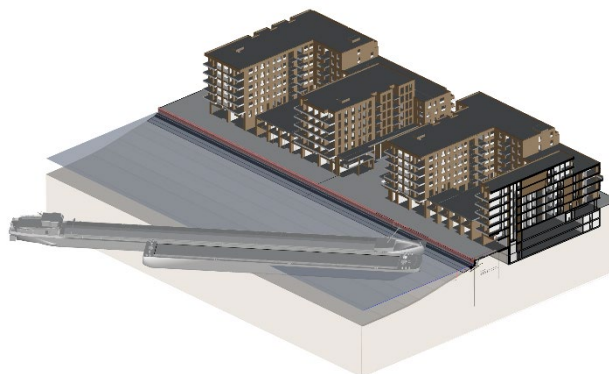


Figuur 4-1 overzicht scenario's Rijkswaterstaat in gecombineerd model. Rood = 1; Oranje = 2 (beiden Houtsma); Paars = 3a; Cyaan = 3b; Blauw = 4.

4.1 Scenario 1 (Houtsma)



Locatie	Houtsma
Scheepstype	Duwbakcombinatie C3b: M9 & Europa II verlengd
Afmetingen	2*11,4m breed
Diepgang	-3,40m
Hoek t.o.v. kade	40 graden
Energie; snelheid	100 MJ; 5 m/s
Kracht loodrecht; parallel	17 MN; 8,5 MN*
Waterverplaatsing	7.300 ton (deels geladen)



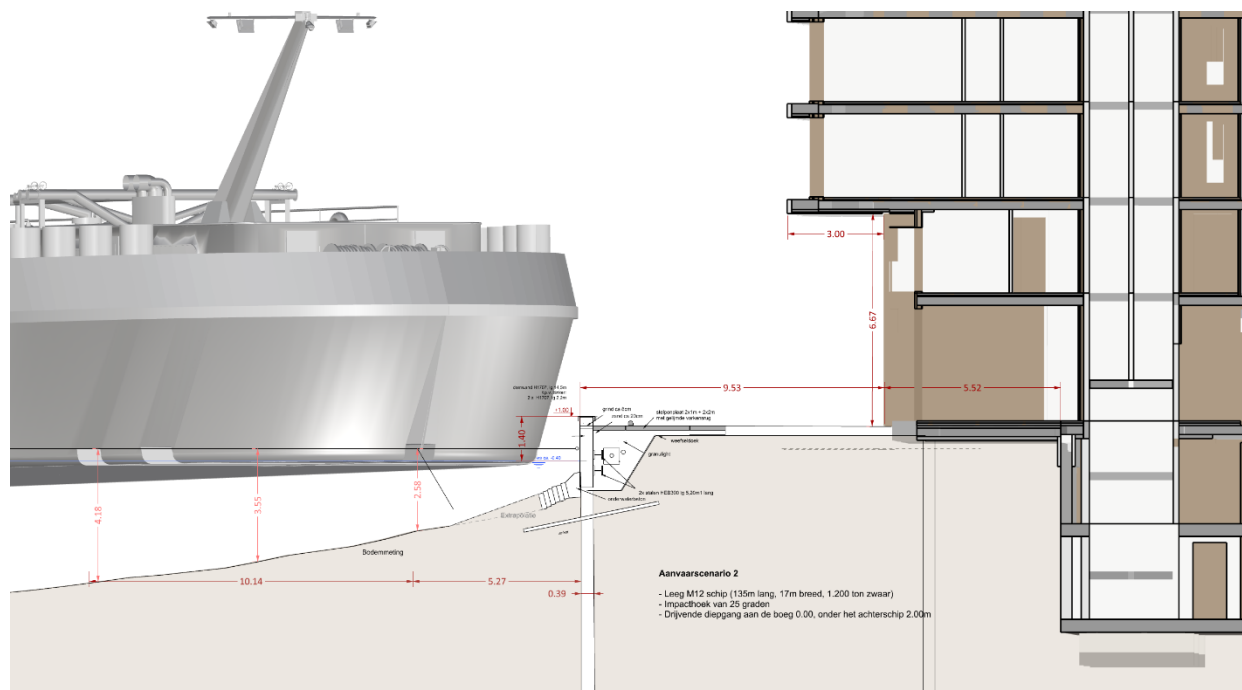
*Uitgaande van een starre kadeconstructie

Figuur 4-2 Doorsnede, overzichtstabel & 3D weergave scenario 1

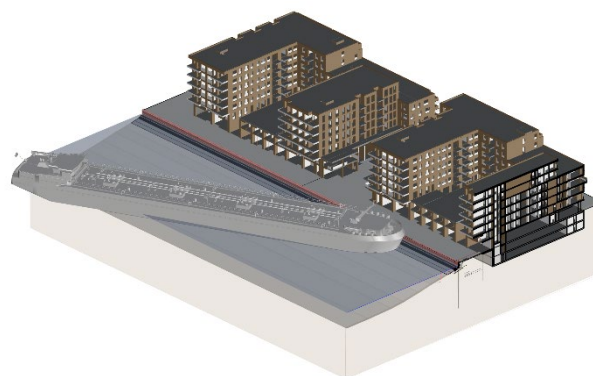
Voor het bodemprofiel worden conservatief de diepste metingen gebruikt over de volledige lengte van Houtsma, op vaste afstanden van de kade gemeten. De bodem speelt een aanzienlijke rol in het afremmen van het schip. De afstand waarover wrijving met de bodem kan ontstaan neemt toe door de lage aanvaarhoek. Aangenomen wordt dat er een breuk ontstaat in de koppeltrossen, waardoor de piekbelasting afneemt.

In de doorsnede is zichtbaar dat voor de kelder ook funderingspalen liggen, op een afstand van ongeveer 10 meter van de kade. Tussen de kade en de eerste funderingspalen bevinden zich restanten van oude damwanden en funderingsconstructies, deze zijn niet ingetekend en ook niet meegenomen in de verdere beschouwing.

4.2 Scenario 2a (Houtsma)



Locatie	Houtsma
Scheepstype	M12 (onbeladen)
Afmetingen	L=135m; b=17m
Diepgang	Voor 0,00; achter -2,00m
Hoek t.o.v. kade	25 graden
Energie; snelheid	15 MJ; 5 m/s
Kracht loodrecht; parallel	-
WATERVERPLAATSING	1.200 ton



Figuur 4-3 Doorsnede, overzichtstabel & 3D weergave scenario2

In het geval van een onbeladen schip ontstaat er geen remming door wrijving met de bodem. Het schip in dit scenario raakt direct de damwand, waardoor de damwand zal vervormen. Schepen met een totale hoogte van minder dan 6 meter moeten minimaal 9.5 meter loodrecht op de kade doorschuiven voordat de gevel van Houtsma bereikt wordt.

Door de zeer lage hoek en de verticale verplaatsing die nodig is om de kade op te komen, is het mogelijk dat dit type schip tordeert en de kade enkel schampt. De hoek waarbij dit kan gebeuren is echter onbekend; complicerend zijn daarbij ook de vele verschillende boegvormen die voorkomen in de passerende vloot.

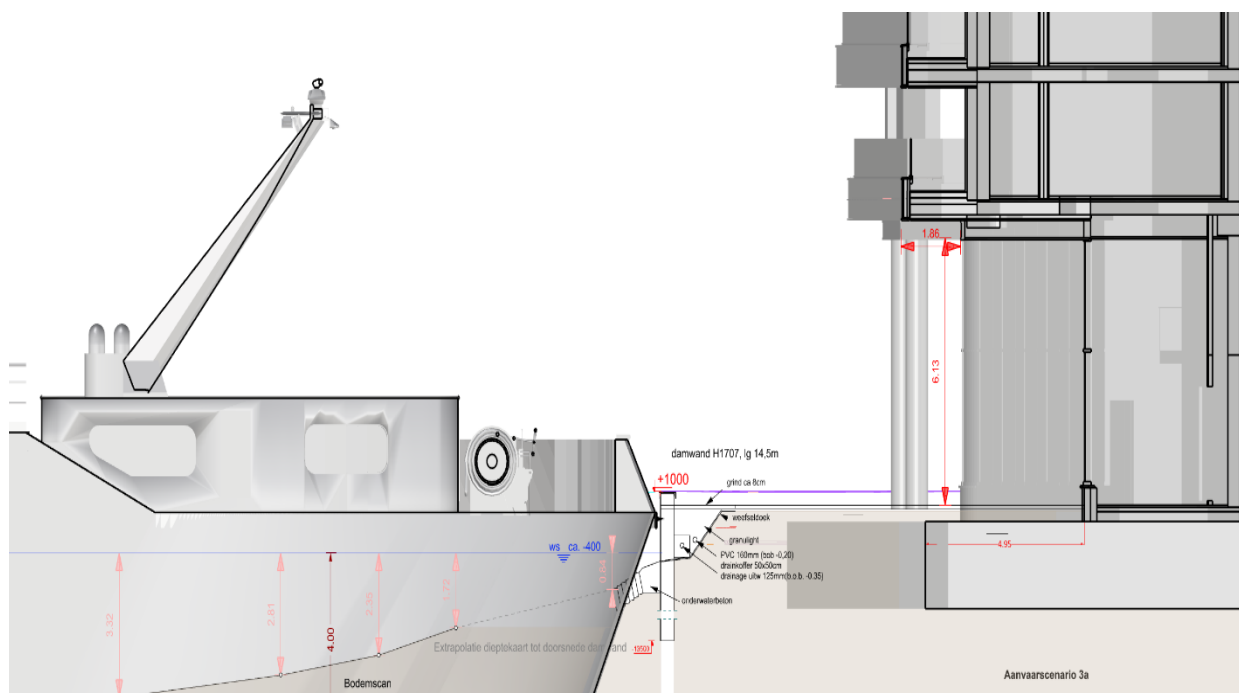
4.3 Scenario 2b (Houtsma)

Omdat de boegvorm bepalend kan zijn voor het al dan niet raken van de bebouwing, wordt ook een geometrische beschouwing gedaan met een ander type boegvorm. Dit betreft een lege duwbak die door zijn puntigere vorm makkelijker de kade op loopt en bovendien verder doorsteekt vanwege de flauwere boegvorm. Een ander belangrijk verschil met scenario 2a is de hoogte van de bak, die, indien het schip oploopt, onder de uitkragende delen van de gebouwen blijft.

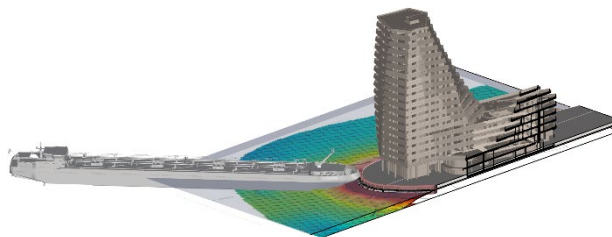
Er is aangegeven door RWS dat bij dit scenario ook de mogelijkheid bestaat dat de invalshoek groter dan 25 graden zal zijn. Daarom zal in dit scenario worden gekeken vanaf welke hoek de gevel van de bebouwing geraakt wordt en vervolgens zal de kans op deze gebeurtenis worden bepaald.

Uiteindelijk zal in hoofdstuk 7.1 worden beschouwd of de aanvaarkans tegen de gevel voor scenario 2b acceptabel is.

4.4 Scenario 3a (Werkmeester)



Locatie	Werkmeester
Scheepstype	M11
Afmetingen	Breedte 14,2m
Diepgang	-4,00m
Hoek t.o.v.	Frontaal (90 graden)
Energie; snelheid	90MJ; 5 m/s
Kracht loodrecht	36,5 MN*



Waternverplaatsing 6.500 tot 8.000 ton

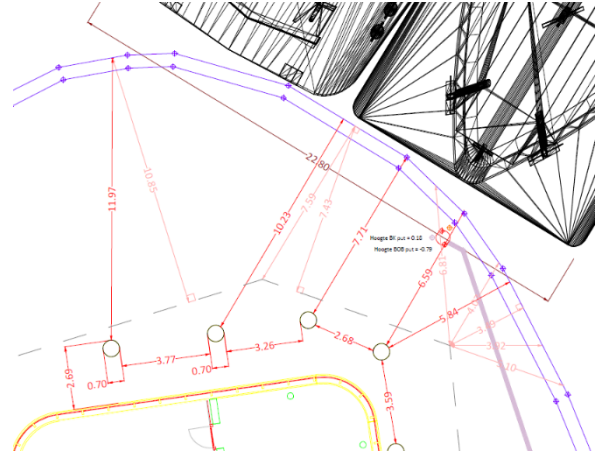
**Uitgaande van een starre kadeconstructie*

Figuur 4-4 (boven): Doorsnede, overzichtstabel & 3D weergave scenario 3a

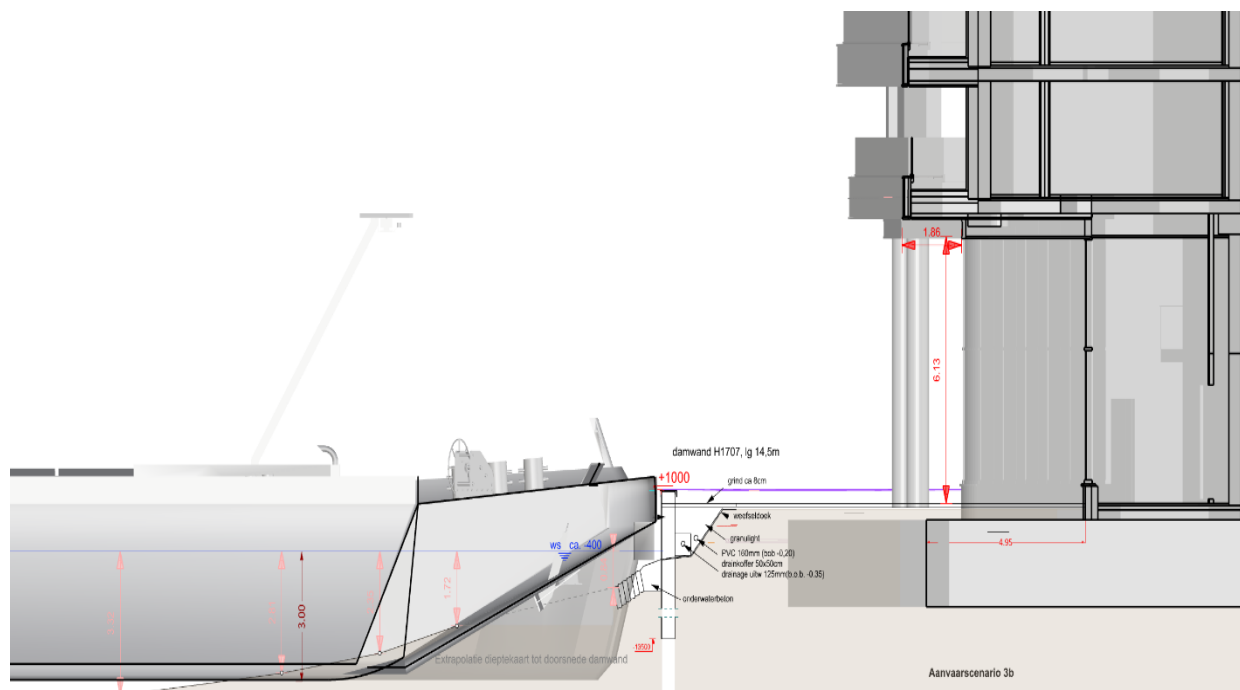
Figuur 4-5 (rechts): Afstanden van balkons en kolommen Werkmeester tot kademuur

Werkmeester kan frontaal aangevaren worden door uit koers geraakte schepen. De kleinste afstanden van de balkons en de gevel tot de kademuur bevinden zich niet in het gebied waar frontale aanvaringen kunnen ontstaan, maar aan de kanaalzijde (zie

Figuur 4-5). In deze beschouwing wordt dit scenario niet uitgewerkt. De doorsnede geeft de minimale afstanden aan die bij een (bijna) frontale aanvaring vanuit de vaart kunnen voorkomen.

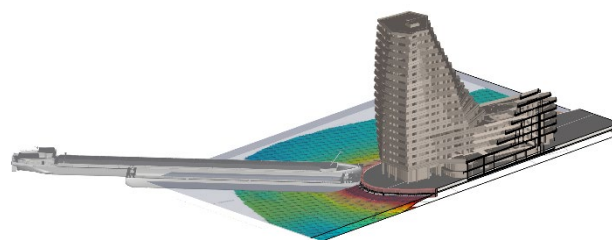


4.5 Scenario 3b (Werkmeester)



Locatie	Werkmeester
Scheepstype	Duwbakcombinatie C3b: M9 & Europa II verlengd
Afmetingen	Breedte 2*11,4m
Diepgang	-3,00m
Hoek t.o.v. kade	Frontaal
Energie; snelheid	90 MJ
Kracht loodrecht	36,5 MN*
Waterverplaatsing	6.500 tot 8.000 ton

*Uitgaande van een starre kadeconstructie

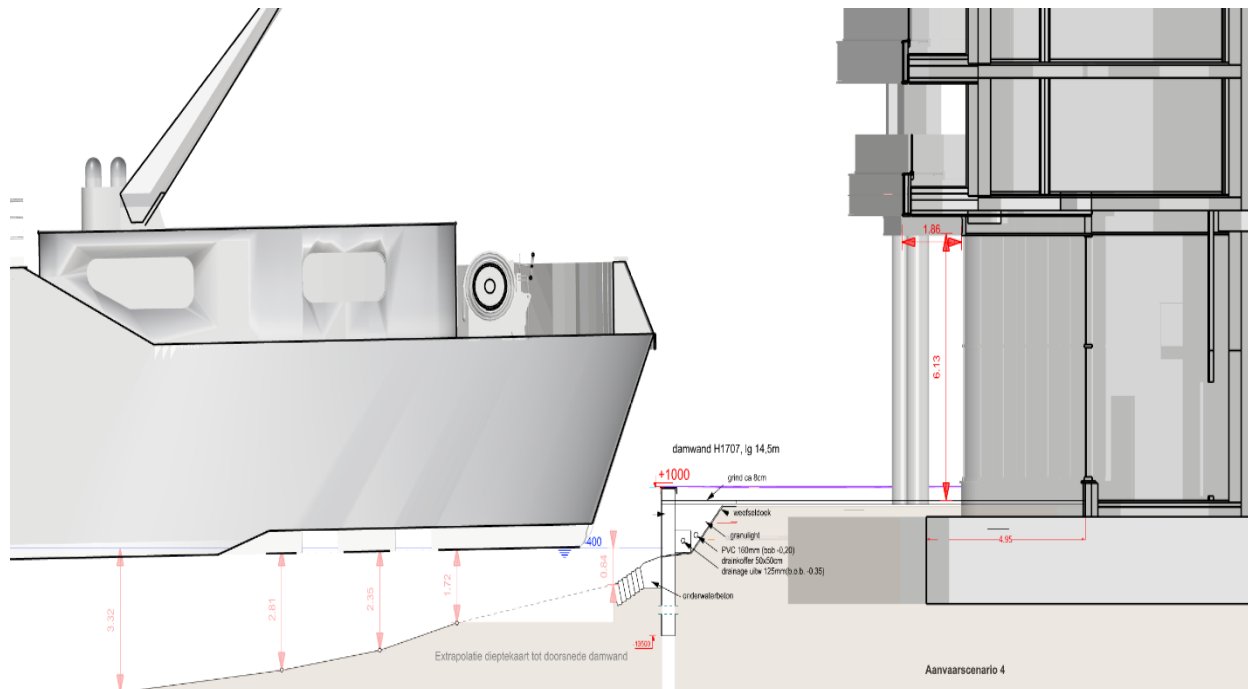


Figuur 4-6 Doorsnede, overzichtstabel & 3D weergave scenario 3b.

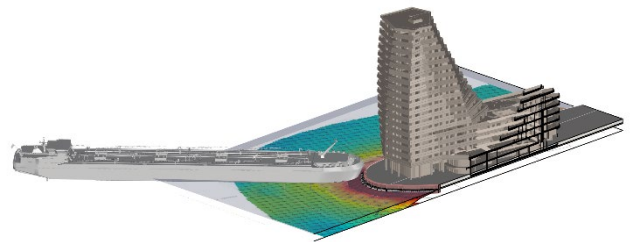
In vergelijking met scenario 3a, leidt het verschil in boegvorm en diepgang van scenario 3b tot een andere remmende werking van de bodem. Aangenomen wordt dat er voor dit scenario een breuk ontstaat in de koppeltrossen, waardoor de piekbelasting van de duwbakcombinatie afneemt. Dit is reeds verwerkt in de RWS simulaties (Sirene).

Werkmeester kan frontaal aangevaren worden door uit koers geraakte schepen. Het gebied waar frontale aanvaringen kunnen optreden grenst niet direct aan de vaarweg zelf, waardoor er in potentie meer ruimte is voor mitigerende maatregelen. Daarnaast bevindt zich onder de kolommen die de hoogbouw dragen een funderingsplaat met een dikte van 2,0 meter die de krachten kan verspreiden.

4.6 Scenario 4 (Werkmeester)



Locatie	Werkmeester
Scheepstype	M12 (onbeladen)
Afmetingen	L=135m; b=17m
Diepgang	Voor 0,00; achter -2,00m
Hoek t.o.v. kade	Frontaal (90 graden)
Energie; snelheid	15 MJ; 5 m/s
Kracht loodrecht; parallel	-
Waterverplaatsing	1.200 ton



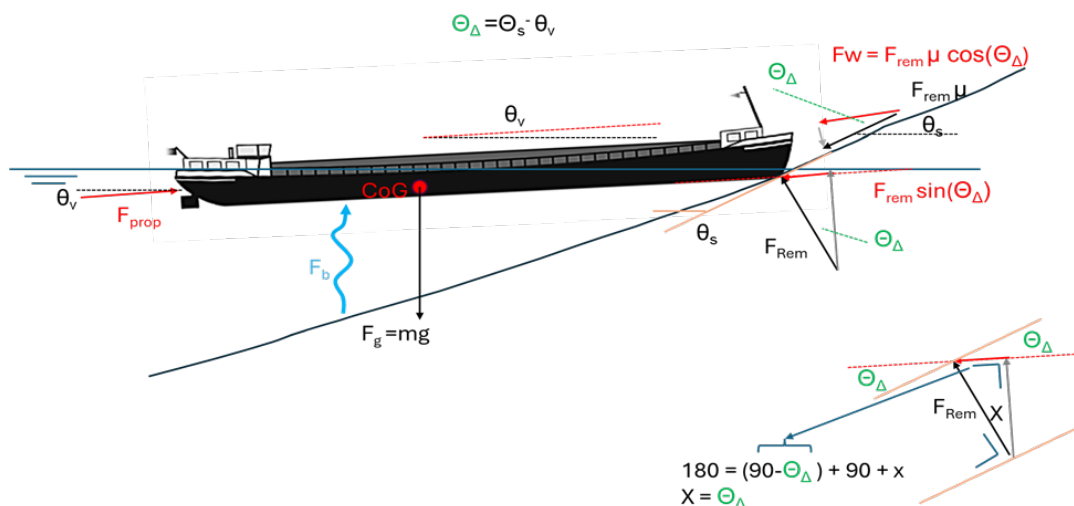
Figuur 4-7 : Doorsnede, overzichtstabel & 3D weergave scenario 4

In vergelijking met scenario 2 is de situatie voor Werkmeester ongunstiger, door de mogelijke frontale aanvaring. Het gebied waar frontale aanvaringen kunnen optreden grenst echter niet direct aan de vaarweg zelf, waardoor er in potentie meer ruimte is voor mitigerende maatregelen.

5 Uitgangspunten berekeningen

5.1 Model

Door middel van een rekenmodel wordt bepaald wat de invloed is van bodemwrijving op de energie en snelheid van het aanvarende schip, en wordt de resterende energie bij aanvaring met de kade berekend. Hierbij wordt uitgegaan van ophoop van het schip op de bodem; ploegen door de bodem is niet beschouwd. Het model wordt hieronder weergegeven. Het model is conservatief opgesteld en in concept ontwikkeld. Zo zijn bepaalde effecten verwaarloosd of niet meegenomen. In de volgende fase van dit project zal het model verder verfijnd en gekalibreerd worden om nauwkeurigere inzichten te verkrijgen. Het model maakt gebruik van een iteratief proces waarbij per tijdstap het krachterevenwicht van het schip wordt bepaald, op basis waarvan vervolgens de (negatieve) versnelling van het schip bepaald wordt.



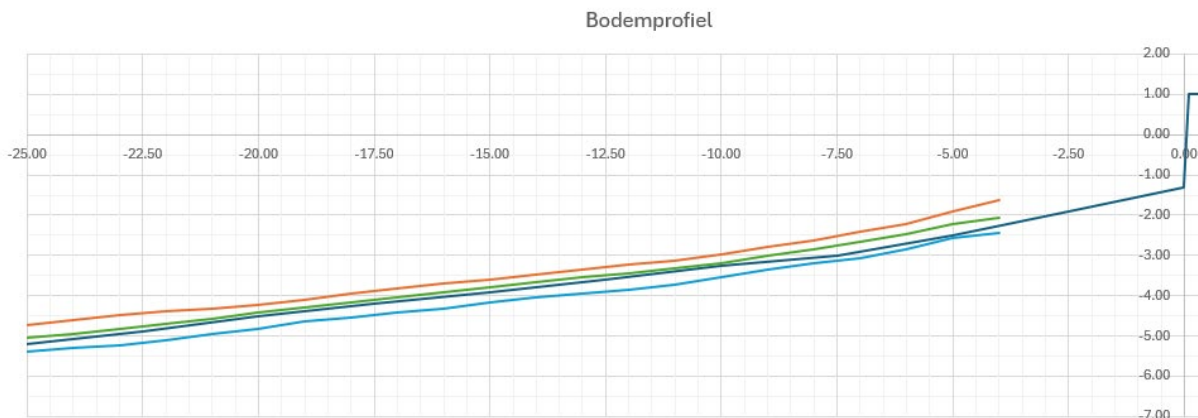
Figuur 5-1 Model beschouwing aanvarend schip.

De volgende invoerparameters zijn benodigd:

- Beginsnelheid v_0
- Aanvaarhoek (op basis hiervan wordt het bodemprofiel in vaarrichting bepaald)
- Schip: lengte, breedte, diepgang, blokcoëfficiënt
- Bodemprofiel loodrecht op de kade en wrijvingsconstante μ

5.2 Bodemprofiel Houtsma

De bodem is geschematiseerd op basis van de beschikbare dieptekaarten, waaruit een minimale diepte, een maximale diepte en een gemiddelde diepte is gehaald. Het toegepaste profiel ligt tussen het gemiddelde en het diepe profiel in (dieper is ongunstiger, omdat het aanvarend schip de bodem dichterbij de kade raakt).



Figuur 5-2 Bodemprofiel Houtsma

5.3 Scenario 1: maximale energie/belasting op kade

Input Start conditions		Input Schip	
Speed_constant (m/s)	5.14	Motor power (W) or (J/s)	1000000
Start Bow Distance (m)	-25.0	Width (m)	17.00
Aanvaarhoek t.o.v. vaaras [°]	40.0	Height (m)	4.00 m
		Schip lengte (m)	135 m
		Diepgang (m)	3.40
Solver input		Blokcoëfficiënt	0.88
time step [s]	0.01	Added mass	10%
Total simulation time (s)	300.0	Total Mass of Ship	7553304 kg
Pauze (ms)	10.0		
Stop bij kade	TRUE	Soortelijk water (kg/m ³)	1000
Stop bij einde profiel (m)	30.1	Wrijvingshoek zand (de	40
		Wrijvingsconstante μ (-)	0.279699877
		Energie start	99.8 MJ

Figuur 5-3 Invoerparameters Scenario 1

5.4 Scenario 2 a en 2b: maximale kans schip op kade

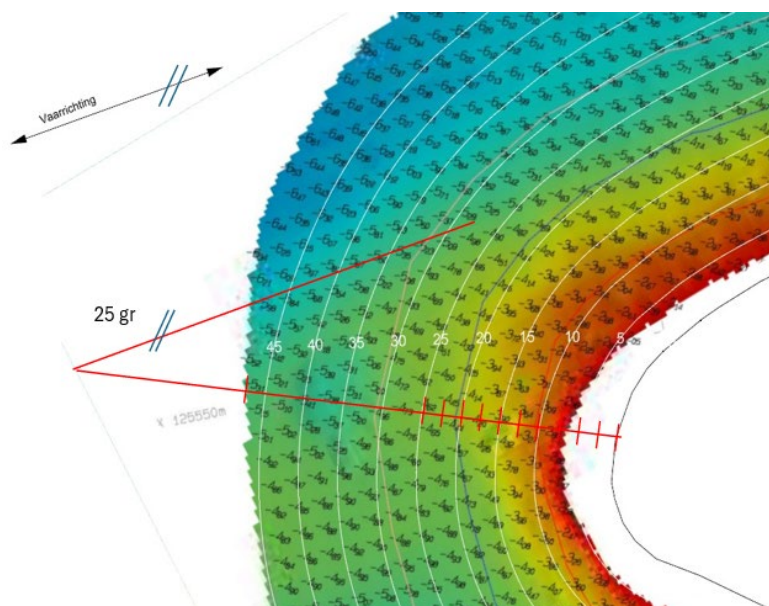
Voor scenario 2a staat in onderstaande figuur de input. Voor scenario 2b wordt een geometrische beschouwing gedaan die gebaseerd is op de oplooptkomsten van scenario 2a, waardoor er voor scenario 2b geen "nieuwe" modelinput is.

Input Start conditions		Input Schip	
		Motor power (W) or (J/s)	1000000
Speed_constant (m/s)	5.14	Width	17.00 m
Start Bow Distance (m)	-25.0	Height	5.00 m
Aanvaarhoek t.o.v. vaaras [°]	25.0	Length	135 m
		Diepgang gemiddeld	0.60 m
Solver input		Blokcoëfficiënt	0.82 -
time step [s]	0.10	Added mass	0%
Total simulation time (s)	300.0	Total Mass of Ship	1129140 kg
Pauze (ms)	50.0		11077 kN
Stop bij kade	FALSE	Soortelijk water (kg/m3)	1000
Stop bij einde profiel (m)	30.1	Wrijving staal op staal	
		Wrijvingsconstante μ (-)	0.50
		Energie start	14.9 MJ

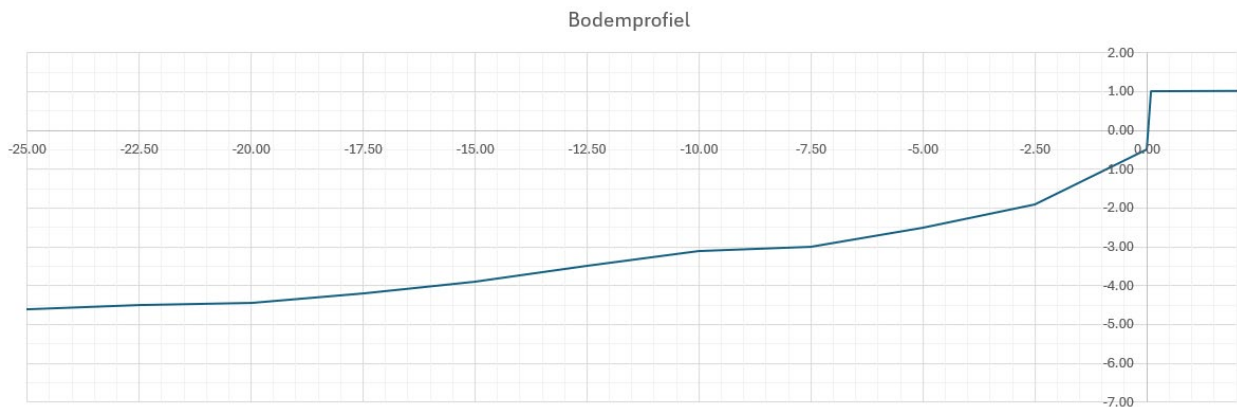
Figuur 5-4 Invoerparameters Scenario 2

5.5 Bodemprofiel Werkmeester

Op dezelfde wijze als voor Houtsma is een bodemprofiel bepaald. De ondiepte voor de Kop is hierin niet meegenomen; de aanvaring wordt iets oostelijk van de Kop geplaatst waarbij de hoek met de vaarwegas ongeveer 25° bedraagt, maar de hoek met de kade loodrecht is (zie ook §4.4).



Figuur 5-5 Locatie gekozen bodemprofiel Werkmeester



Figuur 5-6 Bodemprofiel Werkmeester

5.6 Scenario 3a en 3b

Input Start conditions		Input Schip	
Speed_constant (m/s)	5	Motor power (W) or (J/s)	1000000
Start Bow Distance (m)	-40.0	Width (m)	14.20
Aanvaarhoek t.o.v. vaaras [°]	40.0	Height (m)	5.00 m
		Schip lengte (m)	135 m
		Diepgang (m)	4.00
Solver input		Blokcoëfficiënt	0.86
time step [s]	0.10	Added mass	10%
Total simulation time (s)	300.0	Total Mass of Ship	7253928 kg
Pauze (ms)	0.0		
Stop bij kade	TRUE	Soortelijk water (kg/m3)	1000
Stop bij einde profiel (m)	19.0	Wrijvingshoek zand (deg)	40
		Wrijvingsconstante μ (-)	0.279699877
		Energie start	90.7 MJ

Figuur 5-7 Invoerparameters Scenario 3a

Input Start conditions		Input Schip	
Speed_constant (m/s)	4.8	Motor power (W) or (J/s)	1000000
Start Bow Distance (m)	-25.0	Width (m)	22.80
Aanvaarhoek t.o.v. vaaras [°]	90.0	Height (m)	5.00 m
		Schip lengte (m)	110 m
		Diepgang (m)	3.00
Solver input		Blokcoëfficiënt	0.95
time step [s]	0.10	Added mass	10%
Total simulation time (s)	300.0	Total Mass of Ship	7862580 kg
Pauze (ms)	10.0		
Stop bij kade	TRUE	Soortelijk water (kg/m3)	1000
Stop bij einde profiel (m)	19.0	Wrijvingshoek zand (deg)	40
		Wrijvingsconstante μ (-)	0.280
		Energie start	90.6 MJ

Figuur 5-8 Invoerparameters Scenario 3b

5.7 Scenario 4

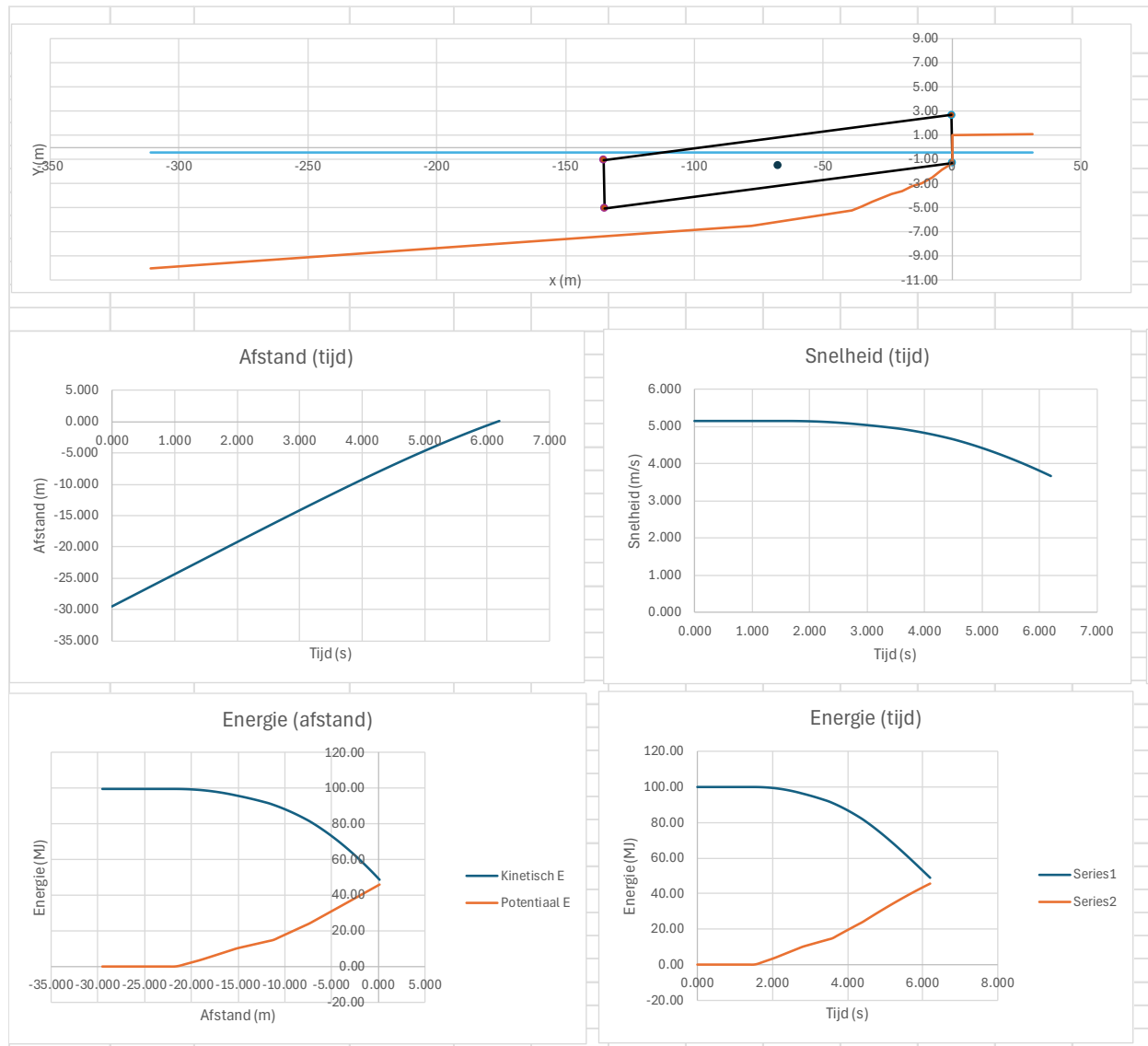
Input Start conditions		Input Schip	
		Motor power (W) or (J/s)	1000000
Speed_constant (m/s)	5.14	Width	17.00 m
Start Bow Distance (m)	-25.0	Height	5.00 m
Aanvaarhoek t.o.v. vaaras [°]	90.0	Length	135 m
		Diepgang gemiddeld	0.60 m
Solver input		Blokcoëfficiënt	0.82 -
time step [s]	0.10	Added mass	0%
Total simulation time (s)	300.0	Total Mass of Ship	1129140 kg
Pauze (ms)	50.0		11077 kN
Stop bij kade	FALSE	Soortelijk water (kg/m3)	1000
Stop bij einde profiel (m)	19.0	Wrijving staal op staal	
		Wrijvingsconstante μ (-)	0.50
		Energie start	14.9 MJ

Figuur 5-9 Invoerparameters Scenario 4

6 Resultaten

6.1 Houtsma

6.1.1 Scenario 1: maximale energie/belasting op kade



Figuur 6-1 Rekenkundige beschouwing Scenario 1

Energie van het schip bij contact met kade: 48.7 MJ

Op basis van Eurocode EN1991-1-7, bijlage C:

E_{kin}	49%
$E_a =$	48.7 MJ
$\alpha =$	40.0 °
$E_{def,L} =$	11.4 MJ
$F_{dyn,pl} =$	7.838 MN
$F_{dyn,pl,II} =$	3.919 MN

De vervormingsenergie E_{def} [MNm] is gelijk aan de beschikbare totale kinetische energie E_a in geval van frontale aanvaring, terwijl in geval van zijdelingse aanvaring met een hoek $\alpha < 45^\circ$, een rakingse aanvaring mag worden aangenomen en de vervormingsenergie mag worden gelijkgenomen aan

$$E_{def} = E_a (1 - \cos \alpha) \quad (C.10)$$

(4) Bij plastische vervormingen (wanneer $E_{def} > 0,21$ MNm), kan de rekenwaarde van de dynamische botskracht zijn berekend met uitdrukking (C.9):

$$F_{dyn,pl} = 5,0 \cdot \sqrt{1 + 0,128 \cdot E_{def}} \quad [\text{MN}] \quad (C.9)$$

11,4 MJ loodrecht op de kade.

Bij starre botsing: **7.84 MN loodrecht op de kade.**

Dit betreft een dynamische belasting voor gebruik in een plastische/dynamische berekening. Voor gebruik in een quasi-statische analyse dient een aanvullende stootfactor toegepast te worden.

Via een eerste conservatieve benadering met beperkte spreiding richting het gebouw volgt een belasting op de kelderbak van aanvullend 50/60 kN/m², rekenwaarde. Input van de constructeur Pieters is als volgt:

Belasting op kelderwand (ca.16 meter achter de bestaande kade):

- Extreem geval kan een puntlast geven, vertaald naar kelderwand van 50/60 KN/m².
- Dit is opneembaar door aanpassingen aan de kelderwand, dit door te verzwaren met wapening en/of dikte;

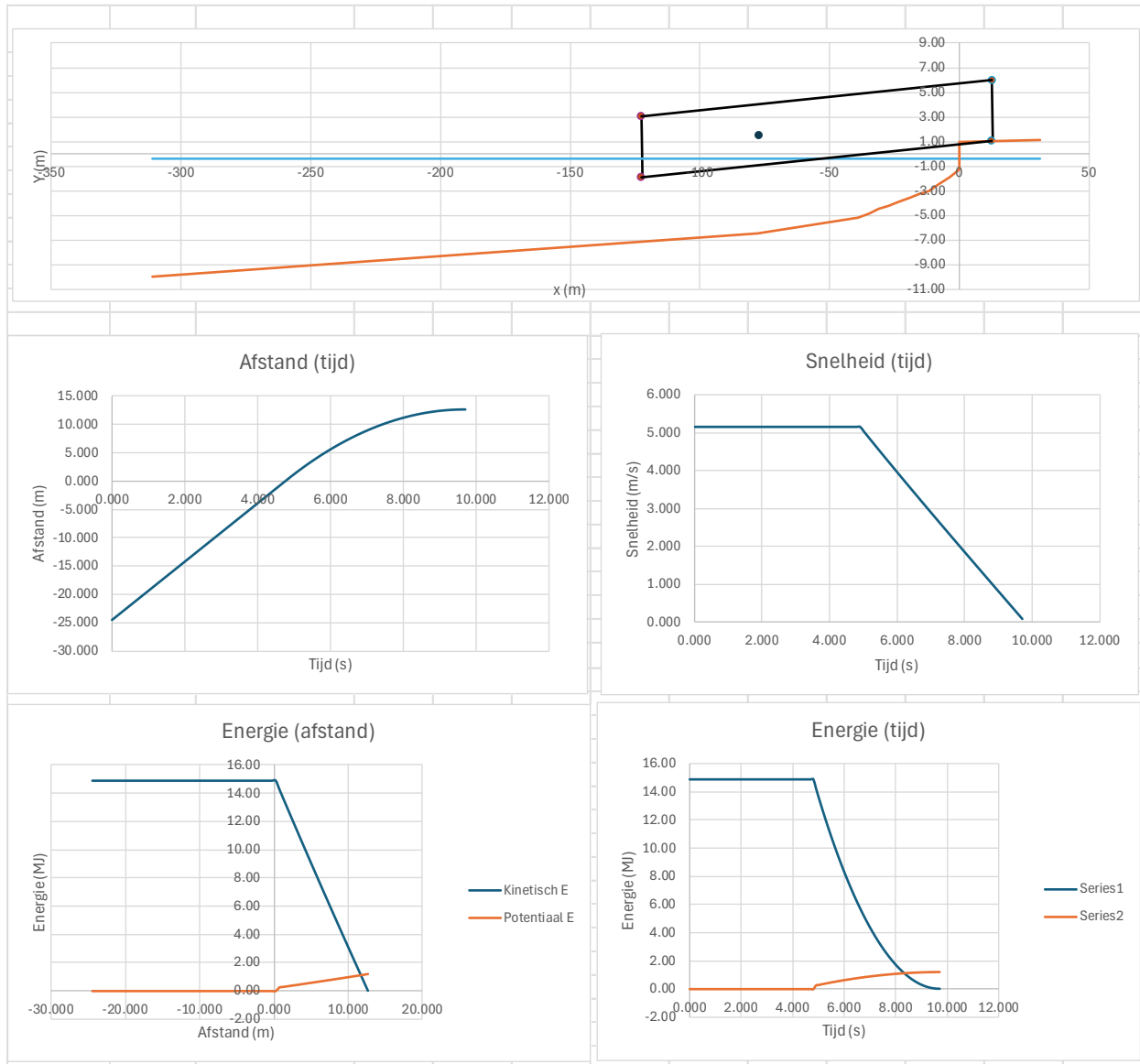
Belasting op palen/fundatie (ca. 10 meter achter de bestaande kade):

- Nadere (Plaxis) berekeningen moeten duiden, hoe gronddruk/verplaatsingen gaan werken op de palen;
- Mogelijkheid om de bovengelegen betonwand door te zetten (onder BG-niveau) naar diepte van de -1 vloer (haaks op vaarrichting). Dit zal een (console) werking hebben en het wegdrukken van palen tegengaan.
- Hierdoor ontstaat geen risico op bezwijken van palen, waardoor bovengelegen lagen zouden kunnen instorten.

6.1.2 Scenario 2: oploop schip op kade

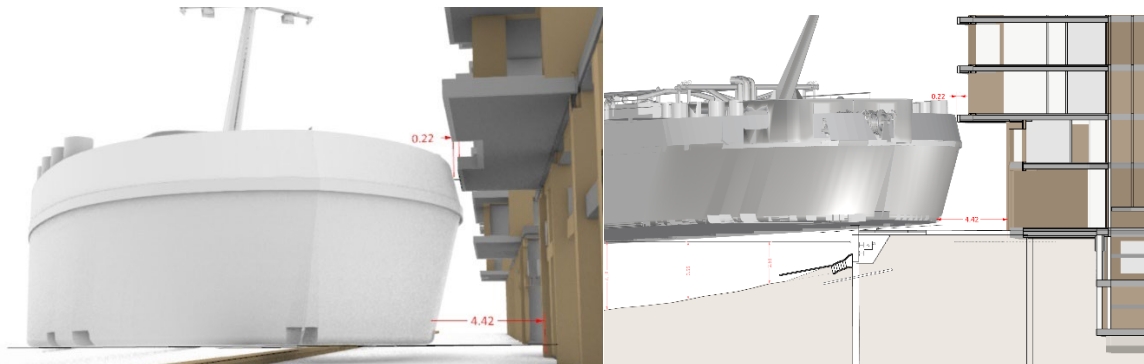
Dit schip zal naar verwachting schampen gezien de beperkte aanvaringshoek. Uitgangspunt voor dit scenario is echter het oplopen op de kade van het schip.

Wanneer het schip rechtdoor de kade op vaart zal het schip de kade op geduwd worden en wrijving ondervinden van de (vervormde) damwand.



Figuur 6-2 Rekenkundige beschouwing Scenario 2

Berekend wordt dat het schip ongeveer 13,0 meter door zal schieten op de kade in de vaarrichting van het schip. In het geval van scenario 2 met een aanvaarhoek van 25 graden betekent dit dat het schip op iets meer dan 5 meter haaks op de kade tot stilstand komt. De gevel van het gebouw bevindt zich op 9,5 meter en zal dus niet worden geraakt. Voor schepen die op de kade een hoogte van meer dan 6 meter hebben (en afhankelijk van de boegvorm), is de kleinste afstand tot het balkon 22 centimeter.

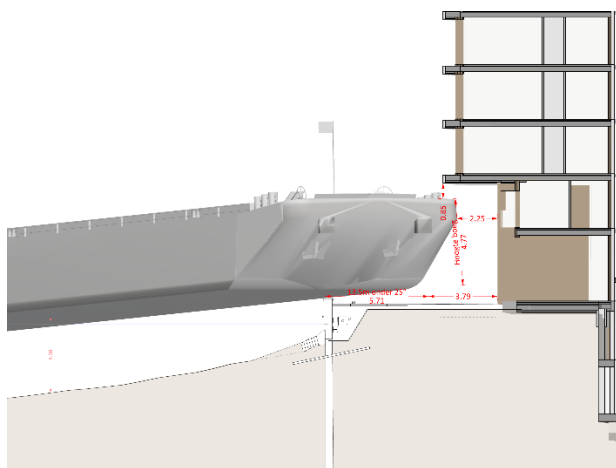


Figuur 6-3 Eindsituatie van scenario 2, bij een extreme verplaatsing van 13 meter (in de vaarrichting) na contact met de damwand. De vervorming van de damwand en grond na het eerste contact is niet afgebeeld; daardoor neemt de afstand tot het balkon toe.

6.1.3 Scenario 2b: oploop schip op kade – puntige boegvorm & hoek > 25°

Omdat de boegvorm bepalend kan zijn of de bebouwing net wel of net niet geraakt wordt, is ook een geometrische beschouwing gedaan met een ander type boegvorm. Dit betreft een Europa-II duwbak die door zijn puntiger vorm makkelijker de kade op loopt en bovendien verder doorsteekt vanwege de flauwere boegvorm. In de beschouwing wordt uitgegaan van een oploop van 13.5m. Dit is een halve meter ruimer ingeschat dan scenario 2a, waardoor het gebouw eerder geraakt wordt.

Om scenario 2a en 2b met elkaar te vergelijken wordt eerst de situatie van 25 graden beschouwd, zoals in 2a gedaan is. Omdat de duwbak minder hoog is dan het motorschip blijft deze onder het uitkragende deel van het gebouw. Ook hier zijn de afstanden vrij klein maar is de conclusie dat het gebouw niet geraakt wordt.

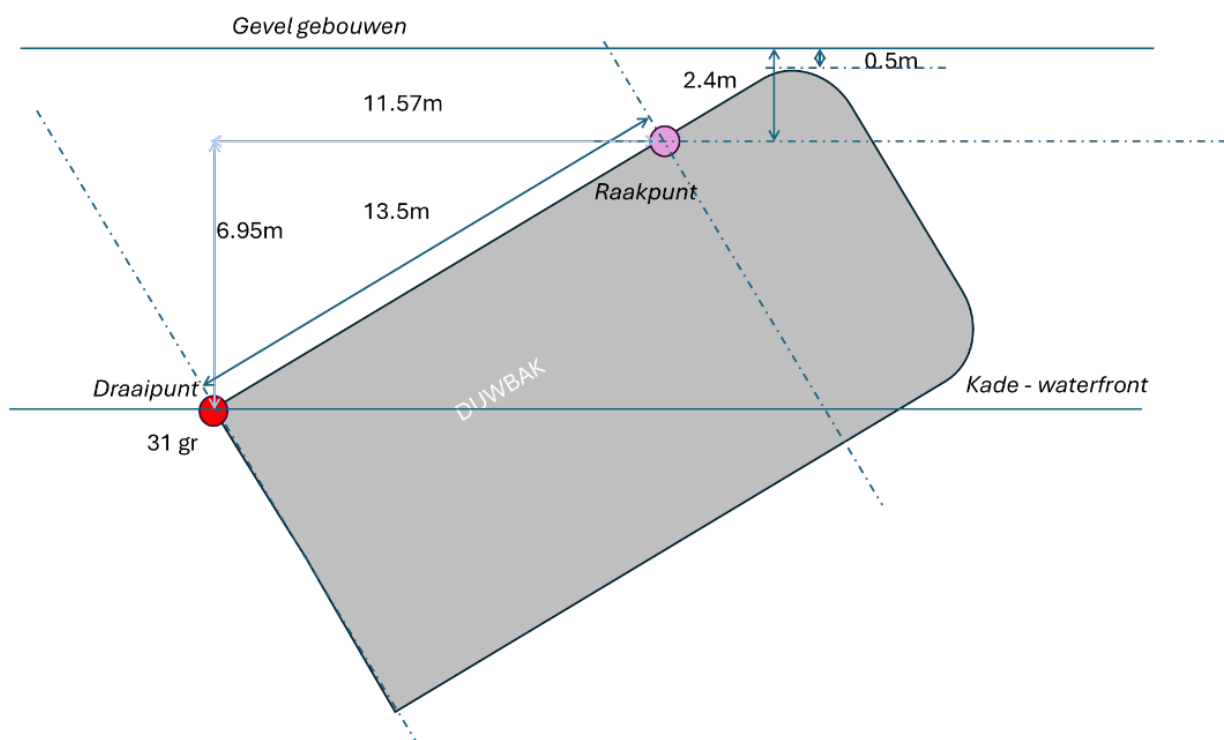


Figuur 6-4 Eindsituatie van scenario 2 waarbij in plaats van een leeg M11-schip een lege duwbak is beschouwd. De duwbak komt 13,5 m de kade op in de vaarrichting na contact met de damwand. Dit betekent een afstand loodrecht op de kade van 5,7 m voor de bodem, en ca. 7,3 m voor de boeg.

Naar aanleiding van een advies van RWS (mail d.d. 28 januari 2025) is bekeken wat er bij grotere aanvaarhoeken dan 25° gebeurt.

Eerst is er gekeken bij welke hoek het gebouw geraakt wordt. Uit een geometrische beschouwing blijkt dat bij een hoek van 31 graden een marge van 0,5 meter tussen boeg en gevel overblijft. Bij grotere hoeken dan 31 graden wordt aangenomen dat de gevel geraakt wordt. Aangenomen wordt dat de maximale aanvaarhoek waarbij de lege duwbak met deze energie de kade kan aanvaren, 40° bedraagt. Bij hogere aanvaarhoeken zal de energie waarmee het schip de kade bereikt lager zijn en niet maatgevend.

Een bovenaanzicht van de aanvaarsituatie bij 31° is weergegeven in onderstaande figuur; de situatie met een aanvaarhoek van 40° is weergegeven in Figuur 7-3.



Figuur 6-5 Boven-aanzicht van scenario 2b waarbij de gevel van net niet geraakt wordt bij een hoek van 31 graden.

De kans dat het scenario optreedt waarbij een schip met een enkele lege duwbak de kade oploopt met een hoek groter dan 31 graden is echter bijzonder klein. Om een idee te krijgen van deze kans, wordt de 1/150 jaar aanvaringskans, opgegeven door RWS, verder uitgesplitst tot scenario 2b (hoek groter dan 31 graden). Hierbij wordt uitgegaan van vijf opeenvolgende gebeurtenissen die allemaal moeten plaatsvinden opdat een lege duwbak de gevel van de bebouwing raakt:

- A) Allereerst moet er een aanvaring plaatsvinden tegen het huidige onbebouwde deel van de oostelijke kade van Cruquius, ter plaatse van ontwikkeling Houtsma.
- B) Vervolgens moet de betreffende combinatie een duwbakcombinatie zijn met een enkele bak.
- C) Daarnaast moet de bak leeg zijn.
- D) Daarna moet het schip een hoek groter dan 31 graden hebben (waarbij wordt uitgegaan van een energie kleiner dan of gelijk aan 15 MJ).
- E) Vervolgens moet er op de locatie van aanvaring nog bebouwing aanwezig zijn, dit kan de (toekomstige) hoogbouw zijn (kans E2) maar ook laagbouw (2 verdiepingen of minder, kans E1).

Onderstaand staan de cumulatieve kansen opgesomd. De onderbouwing van onderstaande berekening en ook de herkomst van deze getallen zijn uitgezet in bijlage 2.

		Kans		Gecombineerde kans per jaar		
			kans in %	[%]	[jaar ⁻¹]	[x 10 ⁻⁵ jaar ⁻¹]
A	Aanvaring langskade projectgebied onbebouwd	1 op	150	0.67%	0.667%	1 / 150 = A
B	Aanvarend schip is duwbakcombi	1 op	10	10.00%	0.067%	1 / 1500 = A x B
C	Duwbak is leeg	1 op	4	25.00%	0.017%	1 / 6000 = A x B x C
D	Kans op aanvaarhoek > 31° & E < 15MJ	1 op	6.89	14.51%	0.002%	1 / 41355 = A x B x C x D
E1	Aanwezigheid laagbouw t.p.v. aanvaring	1 op	3.64	27.51%	0.001%	1 / 150346 = A x B x C x D x E1
E2	Aanwezigheid hoogbouw t.p.v. aanvaring	1 op	1.23	81.10%	0.002%	1 / 50991 = A x B x C x D x E2
E3	Geen bebouwing aanwezig t.p.v. aanvaring	1 op	12.21	8.19%	0.000%	1 / 505009 = A x B x C x D x E3
F						...
G						...

Toelichting

A Basiskans op een aanvaring op de oostelijke langskade, onbebouwd deel (bron: mail RWS 5 december 2024)

B Op basis van de samenstelling van de Europese binnenvaartvloot en observaties ARK is het aandeel 1-baks-duwkonvoeien ingeschat

C Dit is een aanneme welk aandeel van dat deel van de vloot met een lege duwbak vaart

D Uit de resultaten van RWS' Sirene-model is bepaald hoeveel aanvaringen een gevaarlijke aanvaarhoek hebben binnen de subset $E \leq 15$ MJ

E Op de beschouwde kade is niet overal bebouwing aanwezig. E1 betreft de kans dat de laagbouw van Houtsma (van max. 2 verdiepingen) geraakt wordt, E2 de kans dat hoogbouw (Houtsma) geraakt wordt, en E3 de kans dat er op de plek van de aanvaring geen gebouw geraakt wordt.

Figuur 6-6 Kans op scenario 2b voor E1, E2

Daarnaast behoeft de 1/150 jaar kans bepaald door RWS een korte voetnoot. In de berekening van de 1/150 jaar aanvaarkans zijn enkele conservatieve aannames verwerkt die de kans op aanvaring verhogen. Echter, de combinatie van meerdere conservatieve scenario's is zeer onwaarschijnlijk. De belangrijkste twee conservatismes die gelijktijdig optreden, worden hieronder toegelicht.

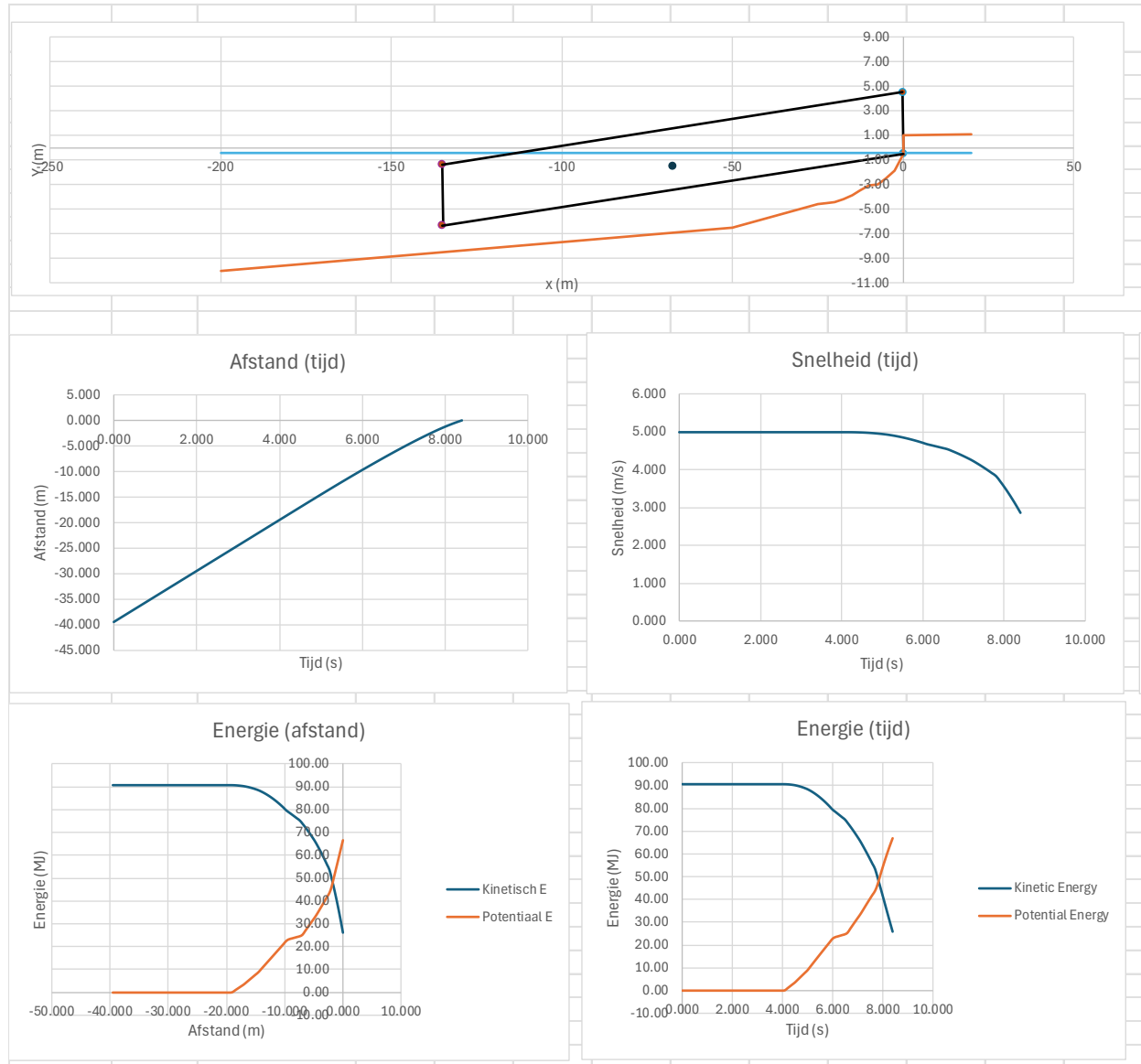
Simulaties, zowel in de Sirene-analyse van RWS als in deze memo, houden geen rekening met energiereductie bij scherpe bochten en rekenen met de energie van een recht traject. Dit leidt tot hogere berekende krachten en aanvaarkansen. Vooral bij invalshoeken van meer dan 30 graden op de oostelijke kade komen lege bakken ver de kade op. In werkelijkheid wordt bij grote invalshoeken een deel van de kinetische energie omgezet in rotatie-energie en wrijvingskrachten. Dit is niet meegenomen in de Monte-Carlosimulaties waardoor de resterende aanvaarenergie, en mogelijk de kans op aanvaring, overschat wordt. Concreet voor scenario 2B betekent dit dat in ieder geval de aanvaarenergie als conservatief gezien kan worden.

Daarnaast kunnen schepen in simulaties als "spookrijders" worden gemodelleerd, waarbij ze aan de verkeerde kant van het kanaal varen en een bocht richting de oostelijke kade maken, wat aanvaringen veroorzaakt. Hoewel dit scenario in de praktijk kan voorkomen door menselijke fouten of technische storingen, is het onwaarschijnlijk dat het spookvaren en verlies van controle over het schip gelijktijdig plaatsvinden.

In hoofdstuk 7.1 zal worden ingegaan op de gevolgen van bovenstaande aanvaarkansen op de risico's.

6.2 Werkmeester

6.2.1 Scenario 3a: maximale energie/belasting op kade



Figuur 6-7 Rekenkundige beschouwing Scenario 3a

Energie van het schip bij contact met kade: 25.9 MJ

Op basis van Eurocode EN1991-1-7, bijlage C:

E_{kin}	29%
E_a	25.9 MJ
α	40.0 °
E_{defL}	6.1 MJ
$F_{dynplst}$	6.663 MN

De vervormingsenergie E_{def} [MNm] is gelijk aan de beschikbare totale kinetische energie E_a in geval van frontale aanvaring, terwijl in geval van zijdelingse aanvaring met een hoek $\alpha < 45^\circ$, een rakingse aanvaring mag worden aangenomen en de vervormingsenergie mag worden gelijkgenomen aan

$$E_{def} = E_a (1 - \cos \alpha) \quad (C.10)$$

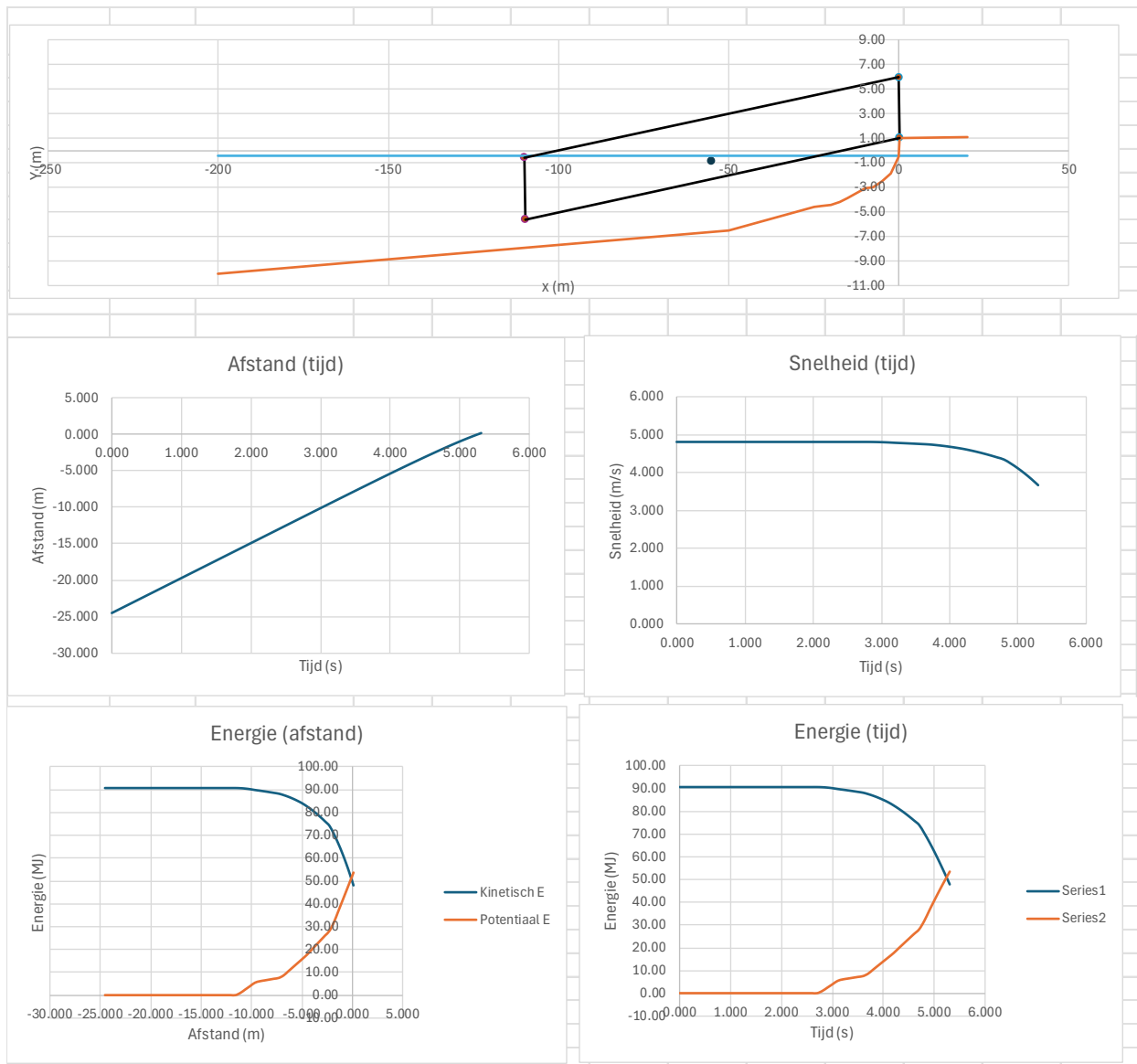
(4) Bij plastische vervormingen (wanneer $E_{def} > 0,21$ MNm), kan de rekenwaarde van de dynamische botskracht zijn berekend met uitdrukking (C.9):

$$F_{dynpl} = 5,0 \cdot \sqrt{1 + 0,128 \cdot E_{def}} \quad [MN] \quad (C.9)$$

6.1 MJ loodrecht op de kade.

Bij starre botsing: **6.7 MN loodrecht op de kade (dynamische botskracht)**

6.2.2 Scenario 3b: maximale energie/belasting op kade



Figuur 6-8 Rekenkundige beschouwing Scenario 3b

Energie van het schip bij contact met kade: 47.9 MJ

Op basis van Eurocode EN1991-1-7, bijlage C:

E_{kin}	53%	De vervormingsenergie E_{def} [MNm] is gelijk aan de beschikbare totale kinetische energie E_a in geval van frontale aanvaring, terwijl in geval van zijdelingse aanvaring met een hoek $\alpha < 45^\circ$, een rakingse aanvaring mag worden aangenomen en de vervormingsenergie mag worden gelijkgenomen aan
E_a	47.9 MJ	
α	90.0 °	
E_{defL}	47.9 MJ	
		$E_{def} = E_a (1 - \cos \alpha)$ (C.10)
$F_{dynplst}$	13.358 MN	(4) Bij plastische vervormingen (wanneer $E_{def} > 0,21$ MNm), kan de rekenwaarde van de dynamische botskracht zijn berekend met uitdrukking (C.9):
		$F_{dynpl} = 5,0 \cdot \sqrt{1 + 0,128 \cdot E_{def}}$ [MN] (C.9)

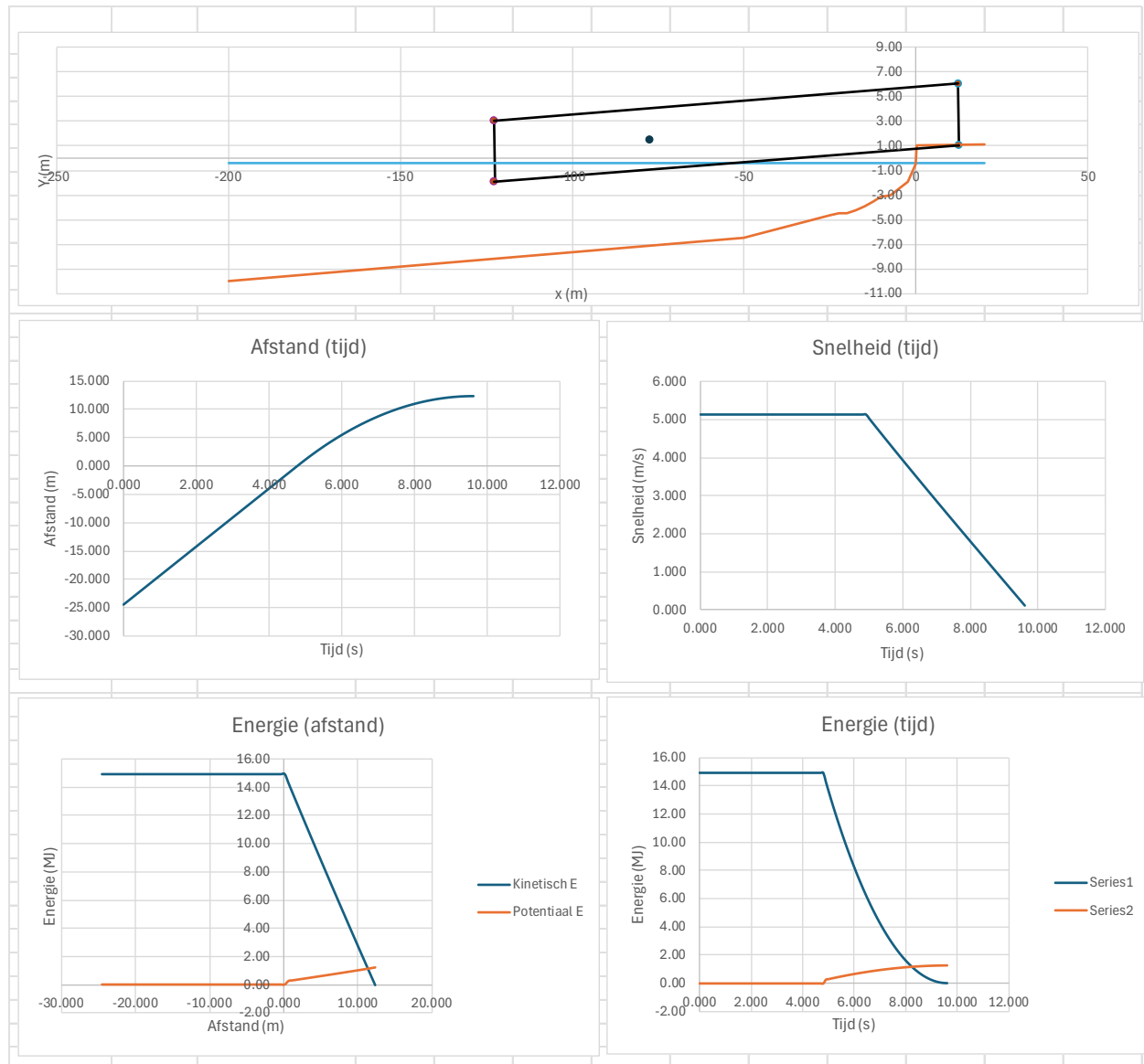
47.9 MJ loodrecht op de kade.

Bij starre botsing: **13.4 MN loodrecht op de kade (dynamische botskracht)**

Na vergelijken met Scenario 1 wordt de volgende inschatting gemaakt:

Gezien de kleinere afstand tussen kade en gebouw, en de grotere kracht op de kade plus achterliggende grond mag worden aangenomen dat de fundering van het gebouw te maken krijgt met aanzienlijke aanvullende belastingen en verplaatsingen, wat kan leiden tot bezwijken van (delen van) het gebouw.

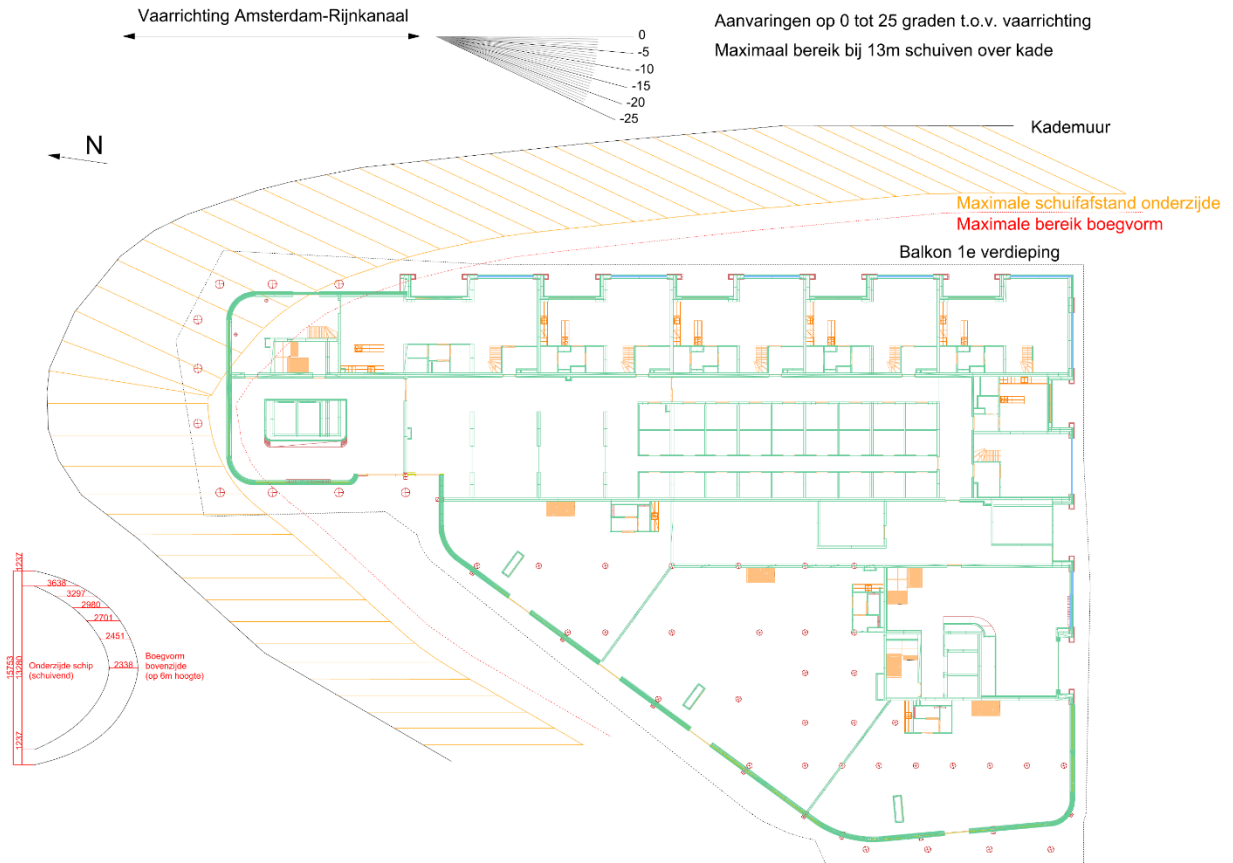
6.2.3 Scenario 4: oploop schip op kade



Figuur 6-9 Rekenkundige beschouwing Scenario 4

Berekend wordt dat het schip ongeveer 13,0 meter door zal schieten op de kade in de vaarrichting van het schip. In het geval van scenario 4 met een aanvaarhoek haaks op de kade betekent dit dat het schip 13,0 meter richting het gebouw zal bewegen over de kade heen. De gevel van het gebouw bevindt zich op het meest kritieke punt op c.a. 6 meter en zal dus worden geraakt. **Hiermee is aangetoond dat voor scenario 4, het voorland en kade niet afdoende zijn om de constructieve integriteit van de Werkmeester waarborgen.**

Het ontwerp van Werkmeester is ter illustratie in Figuur 6-10 afgebeeld, met daaroverheen het gebied waarin schepen in het meest extreme scenario zouden kunnen eindigen. Zowel de kolommen, gevel als balkons van de hoogbouw op de Kop vallen binnen dit gebied.



Figuur 6-10: maximale verplaatsing van schepen op de kade bij hoeken tot 25 graden t.o.v. de vaarrichting. Het bereik van de boegvorm kan verschillen per schip.

7 Risico voor personen

Volgens het Bkl moet de gemeente in het omgevingsplan binnen benoemde aandachtsgebieden rekening houden met het groepsrisico (art. 5.15). Hierbij gaat het om de kans per jaar dat tien of meer personen overlijden als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen de aandachtsgebieden Brand, Explosie en Gifwolk. Aanvaring valt niet binnen deze aandachtsgebieden, maar omwille van zorgvuldigheid en volledigheid is het risico voor personen door aanvaren van de kade beschouwd.

Deze beschouwing is voor ontwikkeling Houtsma op basis van het huidige ontwerp gedaan; voor ontwikkeling Werkmeester dienen nog maatregelen ontworpen te worden om het aanvaarrisico te verkleinen vanuit constructieve veiligheid. Uitgangspunt voor de risicobeschouwing voor Werkmeester is dat die maatregelen al uitgevoerd zijn, waardoor het gebouw niet direct door een aanvarend schip geraakt kan worden, en de constructieve integriteit niet in gevaar komt bij een aanvaring met de kade.

Als maatgevend scenario wordt uitgegaan van een vrijwel leeg schip dat de kade raakt (Scenario 2, zie §4.2). Om een inschatting te maken van het aantal personen dat mogelijk blootgesteld wordt aan de gevolgen van een aanvarend schip (dus op de kade), is gebruik gemaakt van de Hart (Handleiding risicoanalyse transport) [RIVM, 2017]. Daarin wordt voor de functie Wonen standaard uitgegaan van gemiddeld 2.4 personen per woning/appartement, waarvan 50% aanwezig is overdag en 100% 's nachts. Verder wordt aangenomen dat 7% van de aanwezige personen overdag buiten, in de openbare ruimte, verblijft, in de avond/nacht is dat 1%.

7.1 Houtsma openbare ruimte

Wanneer we deze gangbare kengetallen toepassen op de ontwikkeling van Houtsma zien we het volgende resultaat:

- Houtsma telt 263 woningen/appartementen.
- Overdag zijn er $263 * 2.4 * 50\% = 316$ personen aanwezig, 's nachts zijn dat er $263 * 2.4 * 100\% = 631$.
- Het aantal buiten verblijvende personen is $316 * 7\% = 22$ overdag en $631 * 1\% = 6$'s nachts.

Als aangenomen wordt dat 50% van de buiten verblijvende personen zich aan de Cruquiusweg-zijde bevindt en 50% aan de ARK-zijde, resulteert dat in 11 personen op de kade overdag en 3 personen 's nachts. De inschatting is verder dat het merendeel van deze 11 personen in deze zeer specifieke situatie, zo niet alle, het schip ziet aankomen en tijdig een veilig heenkomen weet te vinden.

Het aantal te verwachten slachtoffers is daarmee gemotiveerd kleiner dan 10. Volgens de definitie van het Bkl is er derhalve t.a.v. dit aanvaarscenario voor de openbare ruimte van de ontwikkeling Houtsma geen sprake van een groepsrisico.

7.2 Houtsma personen in gebouwen (aanvullend)

Groepsrisico

Uit de berekening aanvaarrisico scenario 2b (zie paragraaf 6.1.3) volgt dat niet uit is te sluiten dat in dit specifieke scenario de eerstelijns bebouwing ter plaatse van Houtsma geraakt kan worden. Derhalve is voor dit scenario omwille van zorgvuldigheid en volledigheid een groepsrisicoberekening opgesteld om te beoordelen of de gevolgen van dit risico dusdanig beperkt zijn dat deze aanvaardbaar zijn. De methode voor de berekening van het groepsrisico is hier toegepast op het aanvaarrisico. In dit geval is de "gevaarlijke stof" een schip dat een gebouw van plan Houtsma aan het ARK raakt.



Figuur 7-1 Impressie Houtsma

Voor de 'berekening' van het groepsrisico is uitgegaan van twee bebouwingstypen: laagbouw en hoogbouw. Dit is in Figuur 7-1 aangegeven met een L en een H. In hoofdstuk 6.1.3 is voor beide typen de kans op aanvaren afgeleid, zie Figuur 6-6. Deze kansen zijn uitgezet tegen het aantal slachtoffers dat kan vallen. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Voor de laagbouwdelen is uitgegaan van vier stadswoningen aan de vaarwegzijde, voor de hoogbouwdelen zijn dat er 14 (zeven lagen met twee appartementen elk).
- Conservatief wordt verondersteld dat in geval van aanvaring, per bouwdeel alle appartementen aan de vaarweg bezwijken en personen in de appartementen allen komen te overlijden.
- Ter plaatse van het Cruquiusgebied vindt 65% van de scheepvaart overdag plaats en 35% in de avond/nacht (Ontwikkeling Kop van Cruquius (deelgebied 7) in Amsterdam Akoestisch onderzoek, LBP Sight 2019, pagina 8).
- In groepsrisicoberekeningen wordt voor woningbouw standaard uitgegaan van gemiddeld 2.4 personen per woning/appartement. Daarvan is 50% aanwezig overdag en 100% 's nachts. De aantallen personen zijn dan als volgt:

Per gebouw	Dag	Nacht
Laagbouw	5	10
Hoogbouw	17	34

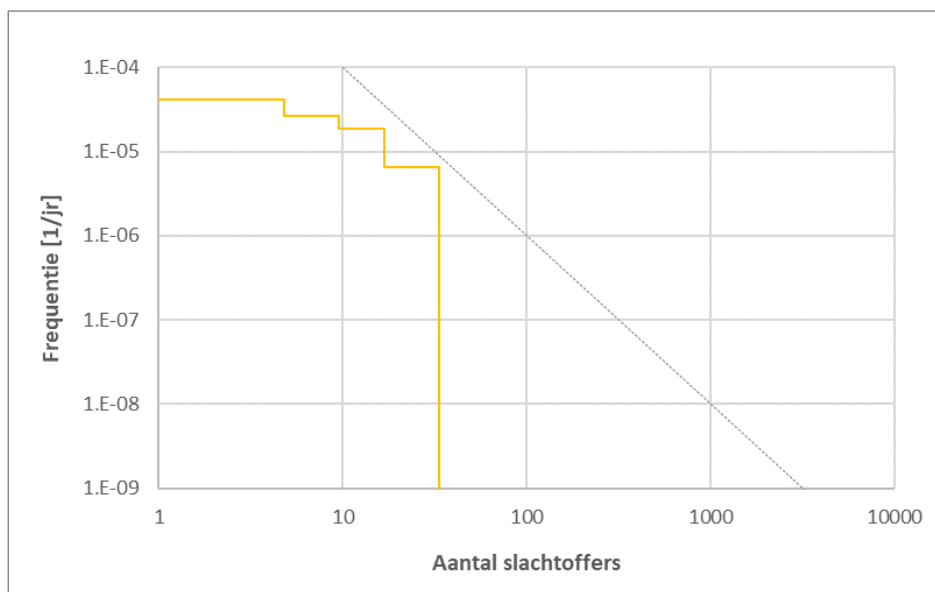
Tabel 7-1 Verondersteld aantal personen

Het groepsrisico (GR) is het risico dat een groep van 10 of meer personen overlijdt door een ongeval. Het groepsrisico kan worden weergegeven in een grafiek. In de grafiek wordt dan de groepsgrootte van het aantal slachtoffers (x-as) uitgezet tegen de cumulatieve kans dat een dergelijke groep het slachtoffer wordt van een ongeval (y-as). Hoe groter de groep slachtoffers kan zijn, hoe lager de kans op een dergelijk ongeval mag zijn (maatschappelijke aanvaardbaarheid). De gestippelde lijn in deze grafiek geeft de oriëntatiewaarde voor transportroutes weer.

Het GR kent een richtwaarde, de al eerder genoemde oriëntatiewaarde en dus niet een grenswaarde. Deze oriëntatiewaarde, geeft weer wat de algehele politiek-maatschappelijke opvatting is over de aanvaardbaarheid van de kans op een ongeval met een groep slachtoffers. Hoe groter de groep dodelijke slachtoffers, hoe kleiner de aanvaardbare kans op een ramp is. Door het groepsrisico te vergelijken met de oriëntatiewaarde kan het bevoegd gezag bepalen of de kans op ongeval voor haar acceptabel is.

Op basis van bovenstaande gegevens is de groepsrisicocurve samengesteld voor het benoemde specifiek aanvaarrisico 2b ter plaatse van Houtsma, de gele doorgetrokken lijn weergegeven in figuur 2. In de grafiek is het aantal slachtoffers uitgezet tegen de kans op dat aantal slachtoffers. Als de groepsrisicocurve de oriëntatiewaarde doorsnijdt, is er sprake van een overschrijding van de oriëntatiewaarde.

Uit figuur 2 blijkt dat het groepsrisico kleiner is dan de oriëntatiewaarde (factor 0.73).



Figuur 7-2. Groepsrisico Houtsma bij aanvaarscenario 2b

Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een transportroute bevindt, overlijdt door een ongeval (met het transport van gevaarlijke stoffen op die route). Plaatsen met een gelijk risico kunnen door zogenaamde risicocontouren op een kaart worden weergegeven. Het PR leent zich daarmee goed voor het vaststellen van een veiligheidszone tussen een route en kwetsbare bestemmingen zoals woonwijken.

Aan de berekening van het plaatsgebonden risico op het gebied van de externe veiligheid bekende aandachtsgebieden, maar ook voor luchthavens, liggen uitvoerige analyses van de casuïstiek ten grondslag. Uit de Rapportage Externe Veiligheid Bestemmingsplan Cruquius (Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied, 2018) volgt dat het IJ en Amsterdam-Rijnkanaal vaarwegen betreffen die vanuit het transport van gevaarlijke stoffen geen plaatsgebonden risicocontour PR 10-6 kennen.

Voor de kans op overlijden als gevolg van aanvaarrisico's zijn dergelijke analyses niet uitgevoerd. De informatie ontbreekt om voor het ARK (en overige vaarwegen) een gedegen gefundeerde kansschatting

te maken voor wat betreft het plaatsgebonden risico als gevolg van aanvaren. Er zijn dan ook geen plaatsgebonden risicocontouren berekend t.a.v. de vaarweg i.r.t. aanvaring/opvaring kade voor dit specifieke scenario 2b.

In het uitvoeringsbeleid externe veiligheid (2012) is een overzicht gegeven van de kans op overlijden als gevolg van incidenten en activiteiten. Dit overzicht is in onderstaande tabel weergegeven.

Activiteit	Kans op overlijden per jaar
Getroffen door neerstortend vliegtuig	1 op 10 miljoen
Sterven door een bijensteek	1 op 5,5 miljoen
Door de bliksem getroffen	1 op 2 miljoen
Externe veiligheid	op 1 miljoen
Vliegen	1 op 814.000 (per reiziger)
Werk in een gemiddeld bedrijf	1 op 77.000
Lopen in het verkeer	1 op 54.000
Fietsen	1 op 26.000
Autorijden	1 op 5.700
Brommer rijden	1 op 5.000
Sigaret roken (pakje per dag)	1 op 200

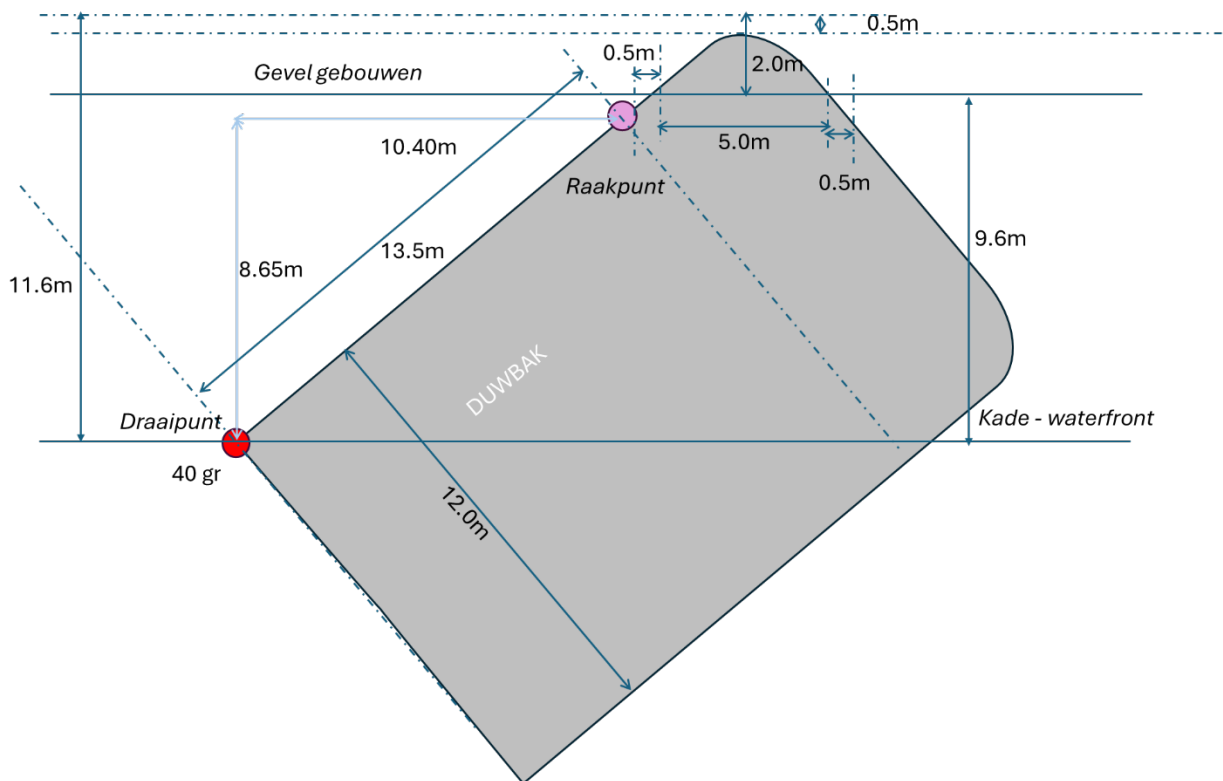
Tabel 7-2 Kans op overlijden als activiteiten of incidenten (bron: CBS, Vademecum gezondheidsstatistiek en Arbeidsinspectie)

LET OP: Ter vergelijking is de kans op een calamiteit waarbij een lege duwbak de kade op schiet één op 41,000 (kans D, zie paragraaf 6.1.3). Dit betreft dus niet de kans op overlijden. Die kans zal significant lager liggen maar is niet kwantificeerbaar.

Om een gevoel te krijgen voor de gevolgen van een aanvaring van de kade, is een SOS-database van RWS geraadpleegd [scheepsongevallenregistratiesysteem, versie 0014-a v1.3 van juli 2012]. Het gaat om registraties van scheepvaartongevallen op binnenvaarwegen in de periode 2003-2011. Op basis van de ongevalsbeschrijvingen is een selectie gemaakt van schepen, waaronder alle voorkomende duwbakschepen, op het ARK die om wat voor reden dan ook de kade, damwand of oever hebben geraakt. Uit geen van deze ongevalsbeschrijvingen blijkt dat het schip in kwestie daadwerkelijk de kade is opgevaren.

Constructieve veiligheid gebouwen als maatregel bij scenario 2b

Het scenario 2b is beschouwd door de constructeur van de gebouwen ter plaatse van Houtsma. Het uitgangspunt voor de groepsrisicoberekening dat *'in geval van aanvaring, per bouwdeel alle appartementen aan de vaarweg bezwijken en personen binnen de appartementen allen komen te overlijden'* blijkt te conservatief. Maatgevend is het risico waarmee de lege duwbak (4,8 meter hoog) de hoogbouw kan raken. Met de aanvaarenergie en het verlies van energie wanneer de duwbak over de kade schuift blijft een kracht over die maakt dat twee bouwlagen geraakt worden (begane grond en 1^e verdieping) en de duwbak theoretisch gezien het momentum heeft om tot maximaal 2,5 meter de gevel in te schuiven (uitgaande van de gevellijn op 9,6 meter van de kade). Mocht dit echter gebeuren dan is hier sprake van lokaal bezwijken en geen sprake van voortschrijdende instorting van overige delen van het gebouw. In deze eerste twee bouwlagen is voor de breedte van aanvaren door een duwbak (zie figuur 6-5) de bevinding dat er maximaal twee woningen lokaal kunnen bezwijken. Hierbij is uitgegaan van een impactzone met een lengte van 6,0 meter parallel aan de kade.



Figuur 7-3 Aanvaarsituatie lege duwbak bij 40°

Het maximaal aantal slachtoffers is daarmee lager dan 10 personen (twee woningen, 2,4 personen gemiddeld per woning aanwezig in de nacht en allen overlijden bij ongeval, + 1 persoon aanwezig in de openbare ruimte ter plaatse van het aanvaren, maakt 5,8 afgerond een maximaal te verwachten aantal slachtoffers van 6) overlijdt door een ongeval. Er is vanwege de maatregelen die genomen zijn in de hoofddragconstructie geen sprake van groepsrisico (GR).

De constructie voor de gebouwen Houtsma wordt ontworpen op basis van de Eurocode, gevolklasse CC2.

Uit voorgaande volgt een kans van 1: 50.991 (per jaar; zie kans E2 in paragraaf 6.1.3) dat 6 slachtoffers vallen als gevolg van dit zeer specifieke aanvaarscenario. Deze waarden liggen onder de oriëntatiewaarde (algehele politiek-maatschappelijke opvatting).

7.3 Werkmeester openbare ruimte

Op de ontwikkeling Werkmeester zijn de volgende getallen van toepassing:

- Werkmeester telt 105 woningen/appartementen.
- Overdag zijn er $105 * 2.4 * 50\% = 126$ personen aanwezig, 's nachts zijn dat er $105 * 2.4 * 100\% = 252$.
- Het aantal buiten verblijvende personen is $126 * 7\% = 9$ overdag en $252 * 1\% = 3$'s nachts.

Op basis van deze aantallen buiten verblijvende personen is meteen duidelijk dat het aantal te verwachten slachtoffers beduidend kleiner is dan 10.

8 Conclusie

Het ontwerp van de gebouwen dient te voldoen aan het Bouwbesluit of Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Door de gebouwen te ontwerpen volgens de Eurocode in Gevolgklasse 2 (CC2) wordt aan het vereiste veiligheidsniveau voldaan voor wat betreft de genormeerde reguliere belastingen. Omdat aanvaarbelastingen door schepen op gebouwen niet in de norm voorkomen, zijn deze belastingen berekend door middel van een aanvaarstudie.

8.1 Houtsma

De resultante extreme belasting uit scenario 1 zorgt voor een verhoogde belasting (en vervormingen) op de kelder van Houtsma en de voorliggende (paal)fundering. Er zal in een volgende ontwerpfase middels Plaxis een nadere beschouwing worden gedaan aangaande de vervormingen in de grond en belastingen op de kelder en paalfundering.

Bij het constructief ontwerp van het gebouwen en de kelder zullen deze belastingen worden meegenomen. Deze kunnen worden opgenomen eventueel met extra wapening en wanddikte dan wel eventueel aanvullende maatregelen voor het voorkomen van vervormingen (breken) van de funderingspalen.

In het geval van scenario 2a, met een op de kant lopend schip met steile boegvorm, zal het gebouw niet worden geraakt. Ook door een lege duwbak (scenario 2b) wordt het gebouw met dezelfde olopafstand en aanvaarhoek niet geraakt. Bij grotere aanvaarhoeken kan het gebouw wel geraakt worden, maar blijft het maximaal te verwachten aantal slachtoffers onder de 10, zoals in paragraaf 7.2 onderbouwd. Daarmee is er geen sprake van een groepsrisico.

In de berekening voor het groepsrisico is een aanvullende maatregel meegenomen om het aantal slachtoffers bij een calamiteit verder te beperken. Deze maatregel bestaat uit een aanvullende bepaling voor het constructieve ontwerp op basis van de in deze notitie gepresenteerde resultaten. Deze bepaling luidt:

Voor gebouwen waarvan de gevel binnen 11,6 meter vanaf de kaderand ligt van de oostelijke langskade, dient rekening gehouden te worden met aanvaring door een schip.

De impactzone dwars op de kade bedraagt 11,6 meter vanaf de kaderand en de hoogte van de impactzone bedraagt 4,8 meter vanaf het niveau bovenzijde kade. De afmeting van de zone in lengterichting van de kade bedraagt 6,0 m.

Indien het verlies van constructieve integriteit in deze zone zal leiden tot voortschrijdende instorting (progressief falen), dient het ontwerp van de draagconstructie van het gebouw te voorzien in een tweede draagweg om dit te voorkomen.

Voor Houtsma, waar de gevel op 9,6 meter van de kaderand staat, betekent dit dat in het ontwerp rekening gehouden moet worden met het wegvallen van de structurele integriteit van de eerste twee bouwlagen (begane grond en 1e verdieping) over een lengte parallel aan de gevel van 6,0 meter en tot 2,5 meter achter de gevel. De bovenliggende constructie mag hierbij niet instorten, zodat de schade lokaal blijft.

8.2 Werkmeester

Voor scenario 3a is de energie laag bij aankomst aan de kade, vanwege de grote diepgang van het schip.

Voor scenario 3b kunnen de kleinere afstand en grotere kracht op de kade en grond, vergeleken met scenario 1, leiden tot aanzienlijke extra belastingen en verplaatsingen van de fundering, wat kan resulteren in het bezwijken van (delen van) het gebouw. Nadere analyses voor oplossingen zijn nodig. Dit vergt uitgebreide en gedetailleerde analyses.

Aan de hand van de uitkomsten van scenario 4 blijkt dat het gebouw kan worden geraakt. De gevolgen van een dergelijk aanvaring zijn niet te overzien dus daarom zijn maatregelen gewenst/benodigd om de constructieve veiligheid van het gebouw Werkmeester te borgen.

Als maatregel kan gedacht worden aan het lokaal verbreden van de kade dan wel het aanbrengen van een extra dam-/combiwand. Andere mogelijkheden zijn om een aanvaarbeveiliging in het water te realiseren, en aanpassingen aan het gebouwontwerp te doen, eventueel in combinatie met eerdergenoemde maatregelen.

De maatregelen zullen in de vervolgfase in overleg met Rijkswaterstaat en de gemeente nader worden uitgewerkt. Hier is in verschillende overleggen al over gesproken. Op deze locatie is hier nog ruimte en mogelijkheid toe.

8.3 Risico voor personen

Het aantal te verwachten slachtoffers in de openbare ruimte is gemotiveerd kleiner dan 10 voor zowel de ontwikkeling Houtsma als voor de ontwikkeling Werkmeester, na treffen van maatregelen om directe aanvaring van het gebouw te voorkomen. Volgens de definitie van het Bkl is er daarom ten aanzien van dit aanvaarscenario in de openbare ruimte geen sprake van een groepsrisico. Uit de berekening aanvaarscenario 2b (zie paragraaf 6.1.3) volgt dat niet uit is te sluiten dat in dit specifieke scenario de eerstelijns bebouwing ter plaatse van Houtsma geraakt kan worden. Derhalve is omwille van zorgvuldigheid en volledigheid een groepsrisicobenadering en berekening uitgewerkt. Het maximaal te verwachten aantal slachtoffers t.a.v. dit specifieke aanvaarscenario 2b blijft onder de 10. Daarmee is er geen sprake van een groepsrisico.

Voor de ontwikkeling Werkmeester zal na toepassen (ontwerpen) van de maatregelen geverifieerd moeten worden dat het groepsrisico tot hetzelfde niveau of lager beperkt is.

Bijlage : 1
Onderwerp : RWS Memo uitgangspunten te beschouwen gevallen



RWS INFORMATIE - PERSOONSVERTROUWELIJK
RWS-MN

Rijkswaterstaat Grote
Projecten en Onderhoud

Griffioenlaan 2
3526 LA Utrecht
Postbus 2232
3500 GE Utrecht
T 088 797 21 11
www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon

expert vastgoed en
infrastructuur

M 06

memo

uitgangspunten te beschouwen gevallen aanvaren Kop
van Cruquius

Geachte [REDACTED],

Initiatiefnemer voor de bouwplanontwikkeling op de Kop van Cruquius zal moeten aantonen dat woningbouw acceptabel is. Onderdeel daarvan is dat de invloed van aanvaring van de kade niet leidt tot overschrijden van de toegestane bezwijkkans van de te realiseren bouwing. Bevoegd Gezag voor de constructieve veiligheid van deze woningbouw ligt bij de Gemeente Amsterdam. RWS beoordeelt als vergunningverlener e.e.a. vanuit waterstaatsbelang, dus dat de vaarweg veilig gebruikt en beheerd/onderhouden kan worden, peilbeheer en afvoer gewaarborgd zijn en dergelijke. Ook de beheersbaarheid van calamiteiten hoort daarbij.

De aanvaarkans is niet op voorhand verwaarloosbaar. Met orde van grootte, hierna aangegeven als (O), 80.000 passages beroepsvaart per jaar, de op praktijkdata gebaseerde generieke kans op een oevervaring met significante schade van $1E-6$ per passage per kilometer oever en een beschouwde kadelengte van grofweg 500m volgt een gemiddelde aanvaarkans van $80.000 * 1E-6 * 0,5 = 4\%$ per jaar. Dat is een factor 4.000 groter dan de toegestane bezwijkkans van $1E-5$ /jaar voor bezwijken als gevolg van buitengewone belastingen conform Eurocode EN1991-1-7 inclusief Nationale Annex.

Om hier handen en voeten aan te kunnen geven, is inzicht nodig in de effecten van aanvaringen op de kade. De wal keert het schip wel, de vraag is echter hoe. Als inzichtelijk gemaakt kan worden dat de energie die in het contact tussen schip en omgeving wordt gedissipeerd minstens zo groot is als de energie die in de beweging van het schip zit, zónder dat daarbij overbelasting van de gebouwen en hun fundaties plaatsvindt (of een eventueel bezwijken niet tot instorten van het gebouw leidt), dán is helder dat dit aspect de realisatie van de woongebouwen niet in de weg hoeft te staan.

Om de planontwikkeling verder te brengen, berekent RWS de aan te houden aanvaarenergie op de oever/kade. Deze actie loopt (rapport te verwachten per eind januari 2025), in dit stuk genoemde getallen zijn o.b.v. de stand van zaken per 11-12-2024 en kunnen t.z.t. nog wijzigen.

Zoals toegezegd geeft dit memo uitgangspunten om enkele concrete gevallen uit te kunnen werken. Daarbij gaat de aandacht vooralsnog uit naar de zones rond het deel van het gebied waar nu woningbouw ontwikkeld wordt, Onbebouwd_Oost en Kop_Noord in figuur 1.

Datum
13 december 2024

Ons kenmerk
ID2309

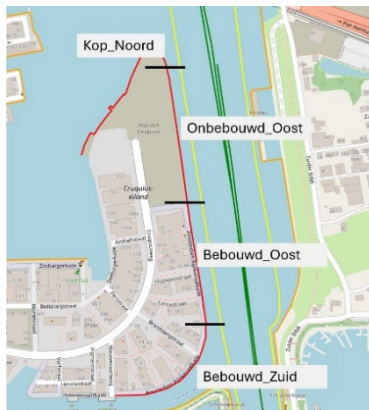
Bijlage(n)
4

Datum

13 december 2024

Ons kenmerk

ID2309



Figuur 1: indeling van de kade

Onbebouwd_Oost:

1. Op basis van de frequentietabel (bijlage 1) met de verdeling van impactenergie per impacthoek is te zien dat het aantal aanvaringen met impacthoeken >60 graden (de frontale aanvaringen) relatief beperkt is. In de trekking met bijna 22.000 aanvaringen op dit gedeelte van de kade gaat het om iets minder dan 300 gevallen. Omdat de complete verdeling is weergegeven in de tabel, zitten daarin ook de aanvaringen voorbij het ontwerp punt. Dat aantal is voor deze omvang berekend op ruim 300 stuks. De gevallen van frontale aanvaring kunnen dan worden gezien als geaccepteerd risico, waardoor dit mechanisme voor dit deel van de kade niet expliciet beschouwd hoeft te worden.
2. Dan resteren voor dit deel van de kade de schampende aanvaringen. De ontwerpwaarde voor de impactenergie conform document 'F+E - ROK - KvC_Onbebouwd_Oost.pdf' (bijlage 2) is op 99,3 MJ, dus (O) 100 MJ. Met de frontale aanvaarkracht hoeft dan niet gerekend te worden, maar wel met schampen waarbij de loodrecht ontbonden pieklast (afgerond) 17 MN is (het ontwerp punt in de betreffende grafiek). De hierbij tegelijkertijd optredende wrijvingskracht parallel aan de kade is de helft daarvan (conform eis ROK-0720), dus 8,5 MN.
3. Die (O) 100 MJ terugrekenen naar een concrete combinatie van snelheid en waterverplaatsing gaat met de relatie $E = 0,55 * m * v^2$, die inclusief de meegevoerde watermassa is. Dit kan bijvoorbeeld een schip zijn met een snelheid van 10 knopen (afgerond 5m/s) en een waterverplaatsing van $100E6 / (0,55 * 5^2) = 7.300$ ton. Dat is dan bijvoorbeeld een koppverband in CEMT-VIa (RWS-klasse C3b). Andere realistische combinaties van afmetingen en snelheid zijn ook denkbaar. In de frequentietabel zijn dergelijke energiewaarden bij hoeken van iets meer dan 40 graden te zien. De maximale diepgang van dergelijke combinaties is 4,0m en die hoort bij de maximale waterverplaatsing van ongeveer 8.300 ton (behalve lading ook eigen gewicht, bunkergewicht etc). In die 7.300 ton zit ongeveer 1.100 ton massa die niet de lading is, en die dus de lege diepgang bepaalt (die is ongeveer 2 m onder het achterschip en minder dan een halve meter aan de boeg). Bij 2 m diepgang over de hele lengte hoort een waterverplaatsing van $0,85$ (blokfactor) $\times 135$ (lengte) $\times 22,8$ (breedte) $\times 2 = 5.200$ ton. Het verschil $8.300 - 5.200 = 3.100$ ton bepaalt de diepgang van het schip tussen 2 en 4m. Daarvan is in dit geval $7.300 - 5.200 = 2.100$ ton in het schip aanwezig. $(4 \text{ m} - 2 \text{ m}) \times 2.100 \text{ ton} / 3.100 \text{ ton} = 1,4$ m. De diepgang van deze combinatie is dus ongeveer $2 + 1,4 = 3,4$ m.

Suggestie voor het eerste te beschouwen geval is dus een deels geladen combinatie C3b met een diepgang van 3,4 m die met 10 knopen de kade schampt onder een hoek van 40 graden, met 100 MJ energie-inhoud.

De loodrecht ontbondene is 17 MN, de tegelijkertijd in rekening te brengen component langs de kade (wrijvingskracht) 8,5 MN. Doorstaat de kade een dergelijke aanvaring zonder dat de schade dan wel lastafracht problematisch wordt voor de bebouwing?

**Rijkswaterstaat Grote
Projecten en Onderhoud**

Datum

13 december 2024

Ons kenmerk

ID2309

De krachten zijn afgeleid voor een volledig starre aangevaren constructie en mogen als (semi)-statische belastingen worden toegepast in rekenmodellen. Eventuele reductie, passend bij niet-volledig star modelleren zal onderbouwd moeten worden.

Schade (= plastische vervorming) in/aan de kade is bij dergelijke belastingen onvermijdelijk en is onder omstandigheden best toelaatbaar, mits deze zodanig beperkt blijft dat de (fundaties van de) gebouwen er niet door worden overbelast. Ook een strekking kade van een enkele tientallen meters lengte waarvan de damwand is verfrommeld, de bestrating over een flinke breedte kapot is en het grondmassief flink vervormd is, is in een situatie als deze op te vatten als een lokale, eenvoudig te herstellen schade. Daarbij zij opgemerkt dat kwetsbare of kritieke leidinginfrastructuur (gasleidingen bijvoorbeeld) natuurlijk niet in zo'n zone hoort.

Voor een beschouwing op energetisch niveau kan gewerkt worden met genoemde (O) 100MJ, aangezien die rechtstreeks uit de probabilistiek en gebruikte fysica volgt. Een deel van de energie gaat zitten in de koersverandering van het schip tijdens de botsing en het resterende deel moet worden geabsorbeerd in de kade. Ook hierbij geldt dat schade aan de kade niet bezwaarlijk hoeft te zijn, mits de gebouwen overeind blijven.

4. Omdat de kade heel laag is, moet rekening worden gehouden met het feit dat onbeladen schepen mogelijk op de kade terecht kunnen komen. Voor onbeladen schepen zijn de te beschouwen energie-inhouden een stuk lager, ze hebben immers geen lading bij zich. Met voornoemde $0,55\text{mv}^2$ is een energie-inhoud van (O) 15 MJ voor combinaties in CEMT-VIa zonder meer mogelijk (in CEMT-VIb nog een stuk hoger, maar die komt slechts weinig voor en blijft daarom nu buiten beschouwing). De diepgang van onbeladen duwbakken is maar een paar decimeter, aan de boeg van een onbeladen motorschip nog minder. Onbekend is welke hoek aangehouden kan worden als grens voor het mechanisme waarbij een leeg schip of lege bak op een lage kade wordt geduwd. Bij een aanvaring onder een hoek wordt het schip immers niet alleen opgetild, maar ook gerold en die beweging zorgt ervoor dat er ook van een lage kade enige geleidende werking uitgaat, waardoor de koers van het schip wordt veranderd. Ik ken hier geen theoretische uitwerking van. Gevoelsmatig ligt de grens voor dit mechanisme lager dan de 60 graden voor aanvaren tegen een (oneindig) hoge constructie, maar dát zo'n grenshoek er wel is, lijkt me wel realistisch.
5. De verdeling naar impacthoeken voor energieën tot circa 15 MJ is vrij breed, maar vertoont wel een duidelijke top tussen impacthoeken van 10-25 graden (bijlage 1).
6. Een veel voorkomend motorschip M12 ($l \cdot b$ 135 * 17 m) dat leeg vaart weegt ongeveer 1.200 ton. Dan gaat het bij 10 knopen (dagelijks waar te nemen, en dergelijke schepen kunnen beslist ook nog sneller varen) om een energie van (O) 16 MJ, dus in de range van voornoemde (O) 15 MJ. Aan de boeg vrijwel geen diepgang, 2 m aan het achterschip. Laat dat onder een hoek en met 15MJ op de oever varen, waarbij we veronderstellen dat het niet van de kade glijdt. Dus niet terug het kanaal in maar de kade op, in de lijn van de vaarbaan. Gedurende de voorwaartse beweging wordt het schip op het contactpunt op de kade opgetild, waarbij het zwaartepunt van het schip aanvankelijk vrijwel niet (want het achterschip zakt wat dieper in het water),

maar gaandeweg steeds meer omhoog wordt getild. Het zwaartepunt in het schip is te bepalen uit het verloop van de diepgang van boeg naar achtersteven vóór de aanvaring. Er is aandrijving tot het schip met z'n zwaartepunt voorbij het contactpunt met de kade is (want daarna is de schroef boven water), geschakeld motorvermogen is (O) 2000kW, waarvan door allerlei verliezen in de aandrijflijn pakweg de helft wordt omgezet in stuwdruk (aanne, voor nu voldoende). Er is dus te rekenen met 1 MJ/s energietoevoer. De energieomzetting van kinetisch naar potentieel (zwaartepunt van het schip optillen) levert een bijdrage aan het afremmen van het schip, en de wrijving op de kade (aanvankelijk op de rand, later op de bestrating) uiteraard ook. Voor de wrijvingsfactor tussen nat staal (schip) en droog staal (damwand) dan wel straatwerk is een waarde van 0,5 een acceptabel uitgangspunt voor deze fase. Daarmee is te bepalen hoe ver het schip op de kade komt. Om die maat te bezien ten opzichte van de voorgenomen bebouwing, is een impacthoek nodig. Neem deze in eerste instantie gelijk aan de grootste hoek ad punt 5, dus 25 graden.

Suggestie voor het tweede te beschouwen geval is een leeg M12 schip (135m lang, 17m breed, 1.200 ton zwaar) dat onder een impacthoek van 25 graden de kade op wordt geduwd en daar niet afglijdt, terug het kanaal in. $E_{t,aandrijvend} = 15 \text{ MJ} + 1 \text{ MJ/s}$ tot het zwaartepunt van het schip het front van de kade passeert. Drijvende diepgang aan de boeg nul, onder het achterschip 2 m. Energiedissipatie door optillen zwaartepunt en wrijving op de kade. Het schip ligt stil als $E_{t,aandrijvend} - E_{t,weerstandbiedend} = 0$. Hoeveel meter komt het schip de kade op in zijn vaarbaan en hoe verhoudt die maat zich tot de bebouwing die in de plannen kennelijk op 10m van de kaderand staat?

Kop_Noord:

7. De frequentietabel met de verdeling van impactenergie per hoek (bijlage 3) toont dat frontaal aanvaren hier zeer significant meeweegt, aangezien bijna de helft van de aanvaringen een impacthoek van 60 graden of meer heeft.
8. F+E - ROK - KvC_Kop_Noord.pdf (bijlage 4) geeft voor het ontwerppunt een energie van 87,6 MJ, (O) 90 MJ en een in vaarrichting gerichte pieklast van 36,5 MN (bij aanvaren op een starre constructie).
9. Bij deze energieniveaus horen snelheden en waterverplaatsingen van pakweg 9-10 knopen en waterverplaatsingen van ongeveer 6.500-8.000 ton. Zo'n combinatie van snelheid en waterverplaatsing is realistisch voor schepen in de klassen M11, M12, duwvaartcombinaties vanaf BII en koppelverbanden vanaf C3, met een toepasselijke beladingsgraad.
10. Schepen met een vaarpad dat het in/onder een gebouw leidt zijn aanvullend op het eerste te beschouwen geval interessant. Daarom ligt voor de hand om zo'n schip zuiver op de noordelijke punt van de KvC te projecteren en dat geval door te rekenen. Omdat het smalste schip in zo'n geval per meter voorwaartse verplaatsing de kade in, in de kade de minste hoeveelheid grond verplaatst, kan een vol beladen M11 (14,2 m breed) bekeken worden. De diepgang is dan 4m. En om inzicht te krijgen in het effect van een al dan niet aanwezige vooroever, is het zinnig om dit geval te vergelijken met de breedste combinatie (22,8m breedte) die hetzelfde pad volgt met dezelfde energie-inhoud. Deze combinatie heeft een diepgang van ongeveer 3m. De energie-inhoud wordt per seconde aangevuld met 1 MJ (aandrijving blijft ingeschakeld).

Suggestie voor het derde te beschouwen geval: 90 MJ, met 36,5 MN loodrechte, frontale belasting indien de kade als een starre constructie doorgerekend wordt. Bij een beschouwing op energetisch niveau, zowel een M11 met 4m diepgang doorrekenen, als een 22,8m brede combinatie met 3m diepgang. Beide met

voornoemde 90MJ en 1MJ/s voortstuwing. Hoe ver boort het schip zich in de kade voordat het stil ligt en heeft de woontoren daar last van?

**Rijkswaterstaat Grote
Projecten en Onderhoud**

11. Ook voor Kop_Noord is aannemelijk dat lege duwbakken of motorschepen een stuk op de (lage) kade kunnen komen. Zo'n 20% van de gevallen in de set met ongeveer 7.500 aanvaringen op Kop_Noord heeft een energie-inhoud tot ongeveer 15 MJ en impacthoeken die neerkomen op frontaal aanvaren (bijlage 3). Een deel van die 20% betreft ongeladen schepen met aanzienlijke snelheden.
12. Uitgegaan kan worden van eenzelfde scenario als bij het oostelijke deel van de kade, maar dan met de vaarbaan van het geladen schip dat Kop_Noord loodrecht aanvaart. Bij gebrek aan een mechanisme dat het schip terug het kanaal in leidt, is goed voorstelbaar dat zo'n combinatie op de kade eindigt.

Datum

13 december 2024

Ons kenmerk

ID2309

Suggestie voor het vierde te beschouwen geval: als de suggestie voor het tweede te beschouwen geval, echter als loodrechte aanvaring op de noordelijke punt van de kop van Cruquius.

Met vriendelijke groet,



expert vastgoed en infrastructuur

Bijlagen:

1. E_hoek onbeb oost.pdf
2. F+E - ROK - KvC_Onbebouwd_Oost.pdf
3. E_hoek noord.pdf
4. F+E - ROK - KvC_Kop_Noord.pdf

Bijlage : 2
Onderwerp : BD1624 Scenario 2B - Berekening kans+bijlagen

PROJECT TITLE: Kop van Cruquius

SUBJECT: Aanvaarscenario 2B

PROJECT NO: BD1624

PREPARED BY: M.C. Booj DATE: 30 Jan 2025

CHECKED BY: M.J. Hemel DATE: 30 Jan 2025



		Kans	kans in %	Gecombineerde kans per jaar		
				[%]	[jaar ⁻¹]	[x 10 ⁻⁵ jaar ⁻¹]
A	Aanvaring langskade projectgebied onbebouwd	1 op 150	0.67%	0.667%	1 / 150	= A
B	Aanvarend schip is duwbakcombi	1 op 10	10.00%	0.067%	1 / 1500	= A x B
C	Duwbak is leeg	1 op 4	25.00%	0.017%	1 / 6000	= A x B x C
D	Kans op aanvaarhoek > 31° & E < 15MJ	1 op 6.89	14.51%	0.002%	1 / 41355	= A x B x C x D
E1	Aanwezigheid laagbouw t.p.v. aanvaring	1 op 3.64	27.51%	0.001%	1 / 150346	= A x B x C x D x E1
E2	Aanwezigheid hoogbouw t.p.v. aanvaring	1 op 1.23	81.10%	0.002%	1 / 50991	= A x B x C x D x E2
E3	Geen bebouwing aanwezig t.p.v. aanvaring	1 op 12.21	8.19%	0.000%	1 / 505009	= A x B x C x D x E3
F					...	
G					...	

Toelichting

- A Basiskans op een aanvaring op de oostelijke langskade, onbebouwd deel (bron: mail RWS 5 december 2024)
- B Op basis van de samenstelling van de Europese binnenvaartvloot en observaties ARK is het aandeel 1-baks-duwkonvoeien ingeschat
- C Dit is een aanname welk aandeel van dat deel van de vloot met een lege duwbak vaart
- D Uit de resultaten van RWS' Sirene-model is bepaald hoeveel aanvaringen een gevaarlijke aanvaarhoek hebben binnen de subset $E \leq 15$ MJ
- E Op de beschouwde kade is niet overal bebouwing aanwezig. E1 betreft de kans dat de laagbouw van Houtsma (van max. 2 verdiepingen) geraakt wordt, E2 de kans dat hoogbouw (Houtsma) geraakt wordt, en E3 de kans dat er op de plek van de aanvaring geen gebouw geraakt wordt.

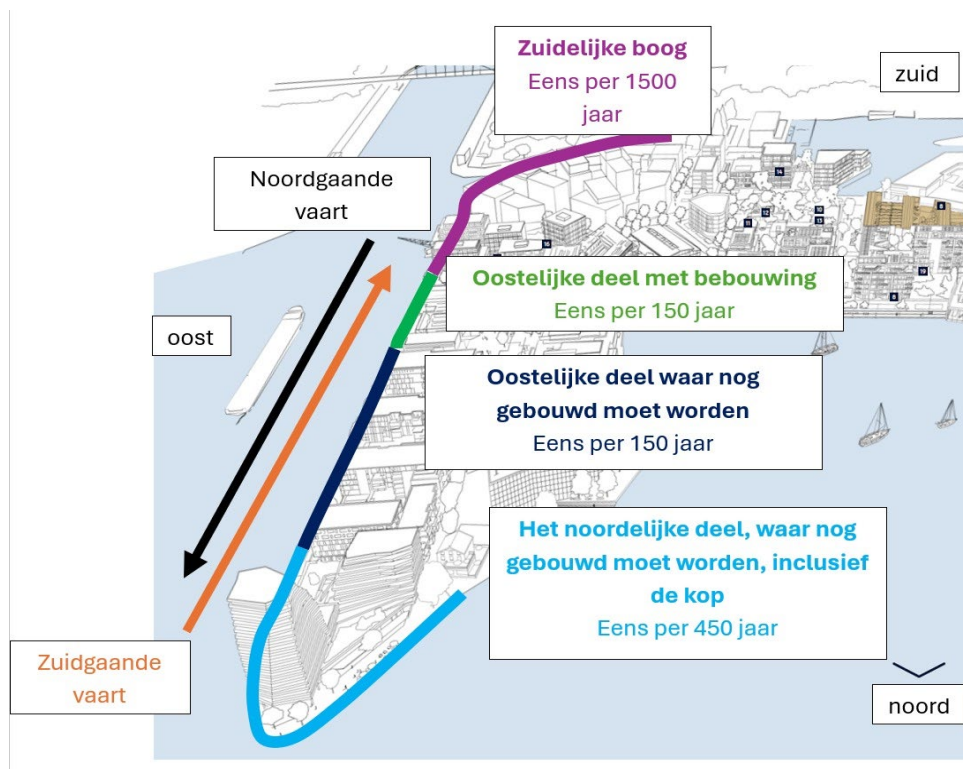
Onderbouwing kans A

Bron: mail RWS

Van: Rijkers, Menno (RWS GPO) <menno.rikkers@rws.nl>

Verzonden: donderdag 5 december 2024 17:02

Onderwerp: ID2309 - Kop van Cruquius - stand van zaken



Van: [REDACTED]

Verzonden: donderdag 5 december 2024 17:02

Aan: [REDACTED]

CC: [REDACTED]

Onderwerp: ID2309 - Kop van Cruquius - stand van zaken

Dag allemaal,

Zoals toegezegd een update m.b.t. de Sirene-simulaties rond de Kop van Cruquius. Nog niet intern getoetst maar wel in onderlinge afstemming tot stand gekomen.

We hebben de geometrie gemodelleerd en de informatie over de passerende vloot verwerkt, en intussen ook de eerste simulaties gemaakt voor de bestaande situatie.

De verkeersstroom valt uiteen in 3 aparte delen, te weten de noordgaande vaart, de zuidgaande vanuit het westen en de zuidgaande vanuit het oosten (vanaf de PWA/Oranjesluizen). Noord/zuid is de verdeling ongeveer 50/50 en de verdeling qua herkomst van de zuidgaande vaart is ook ongeveer 50/50 (uit westen/uit oosten). De verdeling ongeladen/volume beladen/massa beladen hebben we ontleend aan andere studies. De passerende vloot is behoorlijk omvangrijk, daarom zullen de aanvaarkansen relatief hoog uitvallen en de onderschrijdingswaarden waarop ontworpen moet worden, liggen dan behoorlijk ver in de staart van de verdeling. De vloot nu is ongeveer 80.000 passage per jaar, voor de toekomstige ontwikkeling gaan we uit van een groei naar ongeveer 100.000 passages per jaar over 30 jaar (2054).

E.e.a. zal in de rapportage allemaal beschreven worden.

De KvC is geschematiseerd tot 4 objecten:

- Het zuidelijke deel van de kade waar al bebouwing is, zeg maar de zuidelijke boog.
- Het oostelijke deel van de kade met al bestaande bebouwing
- Het oostelijke deel waar nog gebouwd zou moeten worden
- Het noordelijke deel, waar nog gebouwd zou moeten worden, inclusief de kop.

De run omvatte dik 400.000 trekkingen, dus ruim 400.000 aanvaringen en daarmee zien we een goede convergentie. Zouden de objecten veel kleiner worden gemaakt om meer delen preciezer in beeld te brengen, dan moeten we wel naar grotere sets en neemt de rekentijd toe (al blijft het maar een klein deel van de doorlooptijd van een run).

Van die dik 400.000 aanvaringen in het beschouwde gebied belanden er ruim 50.000 op 1 van de 4 objecten, waarvan dan een kleine 22.000 op elk van de oostelijke delen, ruim 2.000 op het zuidelijke deel en ongeveer 7.500 op het noordelijke deel inclusief de kop.

De aanvaarkansen komen daarmee per object, in voornoemde volgorde, op eens per ongeveer 1500/150/150/450 jaar. Vergeleken met de toe te stane bezwijkkans van eens in de 100.000 jaar

uit de Eurocode is dan dus duidelijk dat de aanvaarkans veel te groot is om aanvaren als faalmechanisme te verwaarlozen.

Voor het hele beschouwde gebied is de kans op een aanvaring met een oever of kade ongeveer eens per 8 jaar (dat is dus inclusief de gemodelleerde oevers die wel in het model zitten, maar niet deel uitmaken van de vier voornoemde objecten).

Zoals verwacht ligt het zuidelijke deel behoorlijk afgeschermd. De zuidgaande vaart geeft hier nauwelijks aanvaringen van betekenis en van de noordgaande vaart vangt de oever bij sifon Zeeburg de meeste klappen op. Dat is gunstig voor dit deel van de kade. Desondanks kom je hier nog op best aanzienlijke belastingen, omdat de aanvaarkans per jaar nog best hoog is en omdat de impacthoeken die worden behaald, best fors zijn vanwege de kromming van de kade.

In het ontwerppunt vinden we een energie-inhoud van ongeveer 66 MJ. Zou je de kade als volledig star modelleren, dan is er in het ontwerppunt een onontbonden frontale kracht van circa 32 MN. Voor schampen geldt in het ontwerppunt een loodrechte kracht van ongeveer 21 MN en een kracht parallel aan de kade van ongeveer 10 MN.

NB: de genoemde energie of krachten zijn steeds in het ontwerppunt voor de betreffende grootte, behorend bij de kans van $1E-5$ /jaar. Het discrete geval dat bij die waarde hoort is niet steeds dezelfde aanvaring, maar van alle trekkingen zijn de parameters en uitkomsten te vinden.

De beide oostelijke delen ontlopen elkaar maar weinig. Voor beide delen kan in het ontwerppunt worden gerekend met (in dezelfde volgorde als genoemd voor het zuidelijke deel): 100 MJ / 39 MN / 17 MN / 8MN. Als je deze getallen vergelijkt met het bebouwde zuidelijke deel, dan zie je dat je ondanks een hogere energie-inhoud in het ontwerppunt, voor het schampen op lagere krachten uitkomt. Dat komt doordat (conform verwachting) de impacthoeken wat kleiner zijn aangezien de kade hier mooi evenwijdig aan de as van de vaarweg is. Dat de frontale kracht iets hoger uitkomt, komt vermoedelijk doordat de aanvaarkans op het oostelijke deel een stuk hoger ligt dan op het zuidelijke deel en er toch best forse impacthoeken mogelijk zijn, specifiek voor de veelvoorkomende, wat minder lange schepen in CEMT-klasse V en VI. De lange combinaties van CEMT-Vb doen amper mee bij het aanvaren van het zuidelijke deel, maar tikken flink door in het schampend aanvaren van het oostelijke deel (C3l bij het oostelijke deel 40-45% bijdrage in het totaal van de ontwerpwaarde, bij het zuidelijke deel van de kade maar een kleine 10%). Terzijde zij opgemerkt dat combinaties die in CEMT-VIb vallen (4-baks duwconvoeien) maar zó weinig voorkomen, dat die in de statistiek van het aanvaren überhaupt niet significant zullen meetellen. Die hebben we om die reden helemaal uit de vloot gelaten.

Het aantal aanvaringen op de kop valt me mee t.o.v. de aantallen op de beide oostelijke delen, ook als je onderkent dat ongeveer de helft van de passerende vloot (namelijk de noordgaande vaart) het noordelijke deel nauwelijks raakt. Dit komt vermoedelijk doordat we niets hebben veranderd aan de default-waardes voor varen op de autopiloot/handmatig sturen. Deze staat standaard op 90%/10%. Bij de gevoeligheidsanalyse gaan we hier nog wel aandacht aan geven, want voor de zuidgaande vaart komende vanuit het oosten is deze default-verdeling wellicht te optimistisch.

Voor het noordelijke deel vinden we in het ontwerppunt 88 MJ / 37 MN / 34 MN / 13 MN.

Op alle vier delen zien we dat de aanvaringen worden gedomineerd door de scheepvaartklassen M12 en C3l, behalve voor het bebouwde zuidelijke deel waar C3l veel minder relevant is. M11, M10, M9 en M8 doen ook mee en maken de verdeling voor vrijwel 100% vol.

Volgende week bij het overleg heb ik hopelijk ook wat beeldmateriaal om te delen, dat geeft allicht wat meer inzicht. Plaatjes maken kost wat handwerk en dus schaarse tijd.

Tot zover. Ik kan me voorstellen dat e.e.a. vragen oproept, aarzel niet om die te stellen. Omwille van het zuiver houden van de communicatielijntjes, a.u.b. steeds [redacted] en [redacted] in de cc meenemen.

Vriendelijke groeten,

[redacted]

[redacted]

Senior adviseur Constructieve Waterbouw

.....
Rijkswaterstaat GPO – Tunnels en Natte Kunstwerken
Griffioenlaan 2 | 3526 LA Utrecht
Postbus 2232 | 3500 GE Utrecht

.....
M +31(0)6 [redacted]

[redacted]

www.rijkswaterstaat.nl

.....
Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.
.....

Onderbouwing kans B en C

Ik heb data van Eurostat en CCNR gecombineerd en kom dan tot de volgende globale conclusie voor de Europese binnenvaart vloot:

Duwconvoien:

Duw/sleep boten – 2,000

Bakken – 5,000

Motorvrachtschepen – 5,500

Verhouding duw – sleep is niet expliciet gegeven. Aanname 25% sleepboten => 1500 duwboten.

Potentieel $1500 / (2000 + 5500) = 20\%$ van de Europese vloot is een duwboot met één of meer bakken. Op het Amsterdam Rijn kanaal zie ik op Google hoofdzakelijk duwers met één bak.

Let op dit zijn de verhoudingen voor de Europese vloot, op Google Earth zie ik nauwelijks 1-baks duwvaart in het ARK. Dit zou aanleiding kunnen zijn voor, zeg een halvering. Dan zit je op 10% van de passages is duwvaart. **[B]**

Voor de verhouding leeg / vol wordt 25% / 75% aangenomen **[C]**. Dit is een conservatieve aanname, want:

- het is niet economisch om met lege duwbakken te varen, dus zal altijd geprobeerd worden om lading mee te nemen;
- als er dan toch met lege duwbakken gevaren wordt, is het economischer om er meerdere mee te nemen die dan normaal gesproken in een lang konvooi worden gekoppeld vanwege de relatief smalle breedte van het ARK. Met een meerbaks lengtecombinatie is het veel onwaarschijnlijker dat grote aanvaarhoeken bereikt worden.

Op de gehele passerende vloot zal niet meer dan 2.5% lege 1-baks duwvaart betreffen **[B x C]**.

Bronnen:

[6. CARGO FLEETS - CCNR - Observation Du Marché](#)
[Statistics | Eurostat](#)

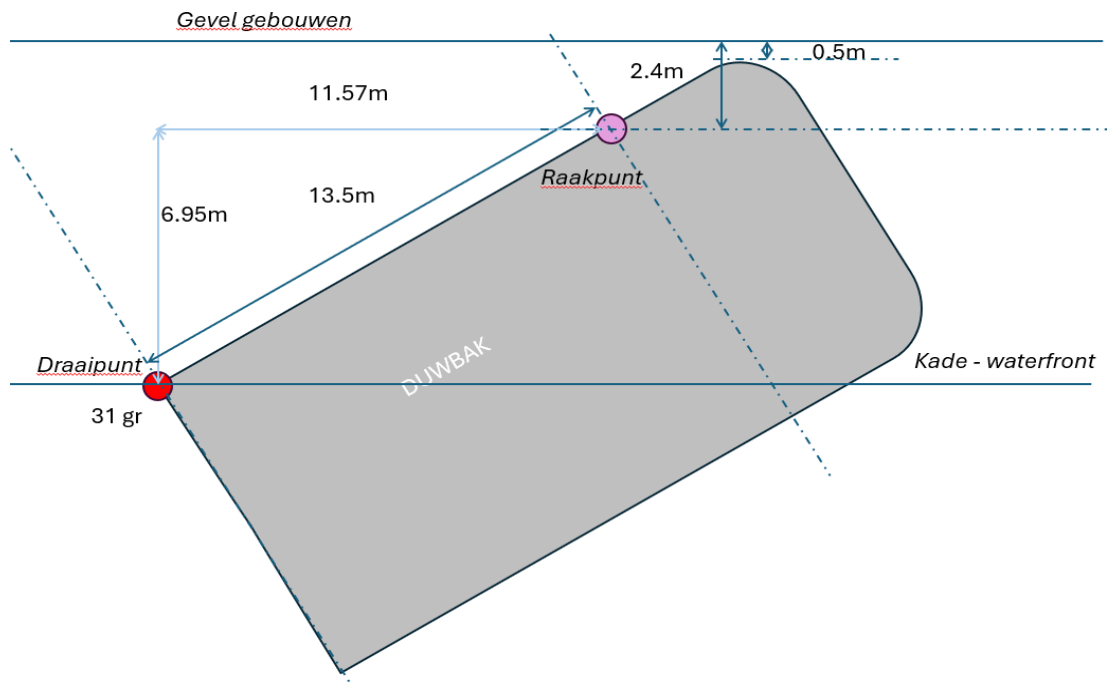
Onderbouwing kans D

Marge	0.50 m	
Maximale aanvaarhoek zonder contact gebouw	31 °	(zie onderstaande figuur)
Maximale aanvaarenergie	15 MJ	

Telling op basis van door RWS aangeleverde resultaten van het aanvaarsimulatiemodel "Sirene":

Gebied	E_onbeb_oost	
Aantal aanvaringen <31° en <15 MJ	8662	10132
Aantal aanvaringen >31° en <15 MJ	1470	

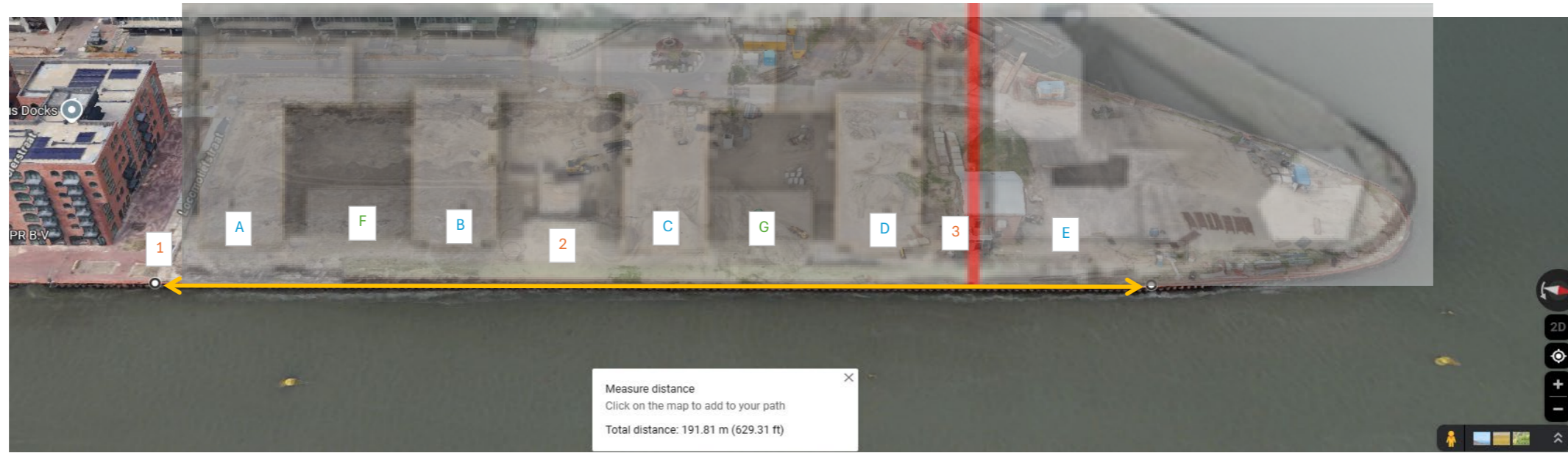
Kans dat hoek > 31° voor alle schepen met E ≤ 15 MJ 0.1451 ~ 1 op 6.89 14.5%



Aanvaar- hoek	Energie (MJ)														
	0.0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0	6.0-7.0	7.0-8.0	8.0-9.0	9.0-10.0	10.0-11.0	11.0-12.0	12.0-13.0	13.0-14.0	14.0-15.0
0-1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1-2	2	0	1	0	1	1	5	0	2	0	0	0	0	1	0
2-3	2	2	2	2	1	2	0	1	3	1	1	1	0	0	1
3-4	4	2	5	7	6	6	3	4	1	1	0	2	0	3	2
4-5	11	6	14	10	6	9	10	14	8	1	3	8	3	5	1
5-6	9	11	11	12	9	3	4	9	6	4	6	4	5	4	4
6-7	20	26	18	20	13	21	18	19	15	14	9	6	10	7	12
7-8	21	16	21	19	12	8	15	21	15	9	13	11	10	6	6
8-9	43	37	25	34	26	27	18	33	26	23	25	16	14	16	17
9-10	14	24	28	23	20	13	18	15	18	12	14	12	13	13	7
10-11	34	40	48	53	41	28	41	43	33	32	25	21	26	16	13
11-12	30	41	40	38	29	24	24	36	32	23	21	17	24	16	15
12-13	29	55	51	43	29	32	36	39	43	31	30	30	20	16	14
13-14	36	52	59	29	31	35	34	33	37	25	36	22	20	16	21
14-15	36	53	42	42	34	41	41	27	36	31	25	33	22	19	28
15-16	26	61	54	55	45	38	41	45	33	27	32	17	19	22	21
16-17	25	51	51	47	31	31	38	42	24	31	18	23	17	16	17
17-18	29	70	49	45	56	46	54	47	27	31	31	27	22	19	15
18-19	21	43	27	34	20	23	29	27	20	26	10	14	6	19	5
19-20	30	53	40	45	35	36	51	42	36	32	11	16	26	16	22
20-21	30	48	38	35	29	23	31	28	24	22	16	14	8	10	16
21-22	25	45	50	35	28	32	36	38	39	16	21	15	25	19	14
22-23	18	40	30	23	18	23	26	25	22	16	12	8	9	11	20
23-24	20	52	39	29	19	29	12	12	18	14	9	9	16	12	10
24-25	17	25	21	19	15	10	17	17	12	16	5	10	8	6	4
25-26	20	23	17	21	15	11	9	6	21	8	11	5	10	7	7
26-27	16	39	14	10	18	15	14	17	10	12	12	6	4	8	9
27-28	19	17	17	7	13	13	10	13	10	8	10	9	7	4	5
28-29	22	19	14	4	9	7	8	14	12	8	3	4	2	1	3
29-30	20	29	12	9	6	4	7	16	5	9	2	8	2	8	2
30-31	17	17	7	7	3	6	5	9	8	4	4	2	5	4	1
31-32	14	10	9	11	6	9	9	12	8	6	6	3	9	8	3
32-33	14	14	17	9	11	3	6	6	4	2	2	2	3	4	3
33-34	8	9	3	4	3	3	7	8	4	10	0	5	1	2	1
34-35	14	6	5	3	5	5	2	8	2	7	2	2	2	3	6
35-36	8	5	3	7	8	3	8	2	1	3	2	2	2	4	1
36-37	14	13	4	6	3	5	5	4	8	1	3	1	3	0	3
37-38	8	5	4	3	0	2	2	1	0	2	2	2	1	4	0
38-39	8	4	4	2	2	0	8	4	2	3	1	3	1	3	1
39-40	13	4	1	6	2	5	1	0	2	1	6	1	3	0	2
40-41	10	4	1	0	2	7	2	2	2	1	0	0	1	4	1
41-42	9	8	8	5	3	3	2	1	0	3	0	1	0	1	2
42-43	13	7	4	6	1	6	3	5	0	6	1	0	1	1	1
43-44	3	0	3	1	3	1	2	5	1	0	1	3	1	0	0
44-45	11	8	4	2	4	3	2	0	1	1	0	0	0	2	2
45-46	9	6	7	2	4	1	1	3	0	0	2	1	4	1	1
46-47	5	4	2	1	0	1	1	2	0	1	0	1	0	2	3
47-48	6	5	2	2	1	3	2	0	1	0	0	0	3	2	0
48-49	5	1	1	3	2	2	2	3	1	2	3	0	0	0	0
49-50	10	8	3	5	4	4	1	0	3	1	2	2	1	1	1
50-51	3	4	3	2	2	1	2	1	2	0	0	1	0	0	1
51-52	4	1	3	1	2	2	0	4	1	1	1	1	1	0	3
52-53	2	8	1	2	1	1	1	2	0	1	0	2	0	0	1
53-54	5	5	2	2	2	2	2	1	3	1	1	0	0	0	1
54-55	2	2	1	0	3	5	2	0	2	0	2	0	1	0	2
55-56	1	1	2	0	3	0	0	2	1	0	1	1	1	1	0
56-57	3	1	1	1	2	1	3	0	0	1	0	1	0	0	0
57-58	2	4	4	1	1	1	1	1	2	0	1	0	0	1	2
58-59	4	4	1	1	2	0	1	3	2	1	1	0	0	0	2
59-60	3	5	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0
60-61	5	4	2	1	0	1	0	1	2	0	1	0	0	1	0
61-62	2	2	2	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
62-63	3	5	0	0	0	1	0	1	1	1	2	1	0	1	0
63-64	4	2	0	2	0	0	0	1	2	2	1	1	0	0	2
64-65	3	3	2	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	0	0
65-66	2	3	2	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
66-67	2	2	1	1	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0
67-68	2	1	1	1	0	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0
68-69	4	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
69-70	1	2	2	1	0	0	1	2	0	1	0	1	1	1	0
70-71	3	1	3	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
71-72	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
72-73	0	3	0	4	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
73-74	2	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	2	0
74-75	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
75-76	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
76-77	1	0	0	0	1	1	2	0	1	1	0	1	0	0	0
77-78	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
78-79	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79-80	1	3	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
80-81	0	2	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
81-82	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
82-83	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83-84	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
84-85	0	3	0	0	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0
85-86	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
86-87	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
87-88	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0
88-89	1	2	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
89-90	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0

Onderbouwing kans E1, E2 en E3

Totale lengte kade	192 m
Lengte onbebouwd	39.6 m
Lengte laagbouw	52.4 m
Lengte hoogbouw	98.5 m
	190.5
Afwijking	-0.78%
Aanname breedte boeg (onder hoek)	8.0 m
Breedte hoogbouw (incl. boeg)	154.5 m
Aanvaarkans E2	81.1%
Breedte laagbouw (incl. boeg)	52.4 m
Aanvaarkans E1	27.5%
Breedte onbebouwd	15.60 m
Aanvaarkans E3	8%
totaal	117% (doordat aanvaringen op grens hoogbouw-laagbouw in beide kansen wordt meegeteld is het totaal groter dan 100%)



Onbebouwd, van links naar rechts

1	9.0 m
2	15.6 m
3	15.0 m

Bron:
 Google Maps
 Tekeningen Houtsma
 Tekeningen Werkmeester

Bebouwd hoogbouw, L naar R

A	17.0 m
B	17.0 m
C	17.0 m
D	17.0 m
E	30.5 m

Tekeningen Houtsma
 Tekeningen Houtsma
 Tekeningen Houtsma
 Tekeningen Houtsma
 Tekeningen Werkmeester

Bebouwd laagbouw, L naar R

F	26.2 m
G	26.2 m

Tekeningen Houtsma
 Tekeningen Houtsma

