

Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen Keersluis Den Oever

Project Afsluitdijk



Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Zaaknummer: 31091279

Documentnummer: ASD-UNO-0026
 Revisie: G
 Status: Definitief
 Datum: 20-apr-2020

Werkpakket: O.03.06-Ontwerpen Keersluis Den Oever DO-Fase

@ Niets uit dit rapport en / of dit ontwerp mag worden veeelvoudigd, openbaar gemaakt en / of overhandigd aan derden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Level EPC.

Opgesteld door:	Gecontroleerd door:	Vrijgegeven door:
21.04.2020 Paraaf: 	21.04.2020 Paraaf: 	21.04.2020 Paraaf: 

Revisie	Datum	Toelichting
0.01	13-07-2018	Concept
0.02	08-08-2018	Correctie op afwijkende waterstanden na interne toetsing
A	29-08-2018	Verwerken commentaar na interne toetsing en nieuw sjabloon
B	22-10-2018	Toevoegen verwijzing naar memo aangaande de vermoeiingsberekeningen.
B.01	24-10-2018	Revisie B ter beoordeling
B.02	06-11-2018	Verwerken correctie SLS belastingen
B.03	12-12-2018	Reduceren ASD-UNO-0026 tot UGT belastingen
B.04	30-04-2019	Wijzigen hydraulische randvoorwaarden: - WOG IJsselmeerzijde - Waterstanden Waddenzeezijde
B.05	27-05-2019	Doorvoeren aanpassing waterstanden Waddenzeezijde
B.06	01-07-2019	Verwerking BGT belastingen & update format naar nieuwe template & verwerking eerdere beoordelingsronde Hessel Voortman, Erik ten Oever en Vincent Hombergen
C	05-07-2019	Definitief
C.01	04-09-2019	Toevoeging WOG LLW en paragraaf nivelleerschuij
D	12-09-2019	Definitief
D.01	30-01-2020	Verwerking reactie RWS (28 januari 2020)
D.02	04-02-2020	Verwerking aanpassingen ASD-BER-0286 - Aanvullende analyse belasting bij noodsluiting - Herzien golfbelasting bij sluiting - Update vermoeiingsbelasting (nieuwe methodiek) - Belasting op aanvaarbalk
E	06-02-2020	Commentaar op versie D.02 na interne controle verwerkt.
E.01	20-02-2020	Verwerking laatste opmerkingen RWS (naar aanleiding van overleg. 18-02-2020) en reviewformulieren nogmaals ontvangen 19-02-2020 - Toevoeging belasting op droogzetschotten - Verwerking laatste opmerkingen RWS
F	03-03-2020	Definitief na TIS beoordeling (geen commentaar)
F.01	30-03-2020	Verwerking laatste opmerkingen
G	20-04-2020	Definitief

Beheer: De meest recente revisie in het DMS is geldend.

Managementsamenvatting

In deze notitie worden de hydraulische belastingen voor de uiterste grenstoestand (UGT), bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) en vermoeiing bepaald op de Keersluis van Den Oever. Voor de uiterste grenstoestand wordt rekening gehouden met een storm met een terugkeerfrequentie van 1/10.000 jaar. Deze storm levert onder andere golfdruk en verticale aanstroming van de verstijvers door orbitaalsnelheid van de golven. Voor de vermoeiing van de deuren van de keersluis is rekening gehouden met golfdrukken door stormen met terugkeerfrequenties van 1/1, 1/100, 1/1.000 en 1/10.000 jaar. Verder is er gekeken naar de volgende belastingen

- Belasting door een langsvarend schip;
- Belasting bij openen van de deuren;
- Indicatieve concept belasting op de droogzetschotten
- Indicatieve concept belasting op het nood-sluitsysteem
- Belasting waar rekening mee gehouden moet worden tijdens realisatiefase

De in deze rapportage gegeven belastingen zijn representatieve belastingen. Dat wil zeggen exclusief veiligheidsfactoren. Belastingfactoren en belastingcombinaties worden bepaald in het constructief ontwerp.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
1 Algemeen	6
1.1 Project	6
1.2 Doel van het document	6
1.3 Scope van het document	7
1.4 Leeswijzer van het document	7
2 Randvoorwaarden en uitgangspunten	8
2.1 Contracteisen	8
2.2 Raakvlakken	8
2.3 Project-specifieke documenten (bindend)	8
2.4 Project-specifieke documenten (niet-bindend)	9
2.5 Normen en richtlijnen	9
2.6 Randvoorwaarden en uitgangspunten	10
2.7 Software	10
3 Kenmerken van het ontwerp	11
3.1 Vormgeving	11
3.2 Civiel	11
3.3 Mechanische installaties	11
3.4 Elektrische installaties	11
3.5 RAM-aspecten (betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid)	11
3.6 Veiligheid & Gezondheid	11
3.7 Duurzaamheid	11
3.8 Omgeving en milieu	11
3.9 Bediening en Besturing	11
3.10 Test- en keurconcept	11
3.11 Uitvoeringsconcept	11
3.12 Risico's en beheersmaatregelen	11
3.13 Raakvlakken	12
3.14 Toleranties en maatvoering	12
4 Ontwerpfrequenties en zichtjaren	13
4.1 Klimaatscenario	13
4.2 Zichtjaren, ontwerplevensduur en ontwerpfrequenties	13
4.3 Autonome bodemdaling	13
5 Waterstanden, vervallen en ontwerpgolfcondities	15
5.1 Karakteristieke waarden	15
5.2 Waterstanden bij ijsbelasting	15
5.3 Vervallen en laagwaterstanden	16
5.4 Lage laagwaterstanden	16
5.5 Ontwerpgolfcondities	17

5.5.1	Waddenzeezijde	17
5.5.2	IJsselmeerzijde	18
6	Belastingen.....	19
6.1	Definities en uitgangspunten	19
6.1.1	Geometrie Keersluis Den Oever	19
6.1.2	Definitie schematische weergave krachten	21
6.1.3	Overige begrippen en uitgangspunten	21
6.2	Deurhoogte keersluis	22
6.3	Constructie	23
6.3.1	Belastingen UGT	23
6.4	Puntdeuren	24
6.4.1	Puntdeuren UGT	24
6.4.2	Puntdeuren vermoeiing	24
6.4.3	Puntdeuren langskracht passerende scheepvaart.....	24
6.4.4	Puntdeuren verticale stromingsbelasting op bovenste gording	24
6.4.5	Puntdeuren operationeel: F13 Windgolfbelasting.....	25
6.4.6	Puntdeuren operationeel: F21 Toegevoegd massa draagheidsmoment versnelde deurbeweging.....	26
6.4.7	Puntdeuren operationeel: F22 Stromingsweerstand eenparige deurbeweging	27
6.4.8	Puntdeuren operationeel: F23 Golfweerstand	28
6.4.9	Puntdeuren operationeel: F24 Kasweerstand.....	28
6.5	Operationele belasting aandrijfmechanisme noodsluitsysteem	30
6.6	Operationele belasting aandrijfmechanisme nivelleerschuiif	31
6.6.1	Maximaal statisch verval bij bewegen nivelleerschuiif.....	31
6.6.2	Golfbelasting aandrijfsysteem nivelleerschuiif	31
6.7	Droogzetschotten	32
6.7.1	Golfbelasting Waddenzeezijde	32
6.7.2	Golfbelasting IJsselmeerzijde	32
6.8	Hydraulische belasting aanvaarbalk	33
6.8.1	Hydraulische belastingen	33
6.8.2	Dynamisch gedrag	34
6.9	Realisatiefase	35
6.9.1	Hydraulische belastingen	35
Bijlage 1.	Golfdruk berekeningen	37
Bijlage 2.	Overslagberekeningen.....	42
Bijlage 3.	Waterstanden en vervallen.....	43
Bijlage 4.	TIS formulier	47

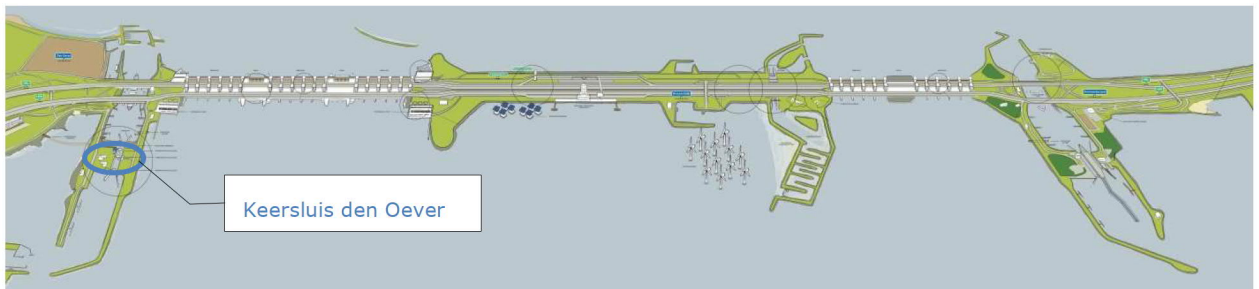
1 Algemeen

1.1 Project

De Afsluitdijk vormt de scheiding tussen het IJsselmeer en de Waddenzee, is een icoon van de Nederlandse waterbouw en is aangelegd in 1932. De primaire functies van de Afsluitdijk zijn het verzorgen van de waterveiligheid vanuit de Waddenzee en waterafvoer vanaf het IJsselmeer en als bijkomende functie het verzorgen van het wegverkeer tussen de provincies Noord-Holland en Friesland en voor scheepvaartverkeer tussen de Waddenzee en het IJsselmeer.

Vanwege het stijgen van de zeespiegel en het vergroten van de afvoercapaciteit dient de Afsluitdijk te worden versterkt zoals aangegeven in Document "Rijksinpassingsplan Afsluitdijk" de datum januari 2016. Voor deze versterking treedt het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud op als opdrachtgever en Levvel als Opdrachtnemer.

Onderdeel van het project Afsluitdijk is de aanleg van een nieuwe keersluis voor de schutsluis van Den Oever. Het betreft object 1.03.2-Keersluis Den Oever.



Figuur 1-1: Schematische weergave Project Afsluitdijk

1.2 Doel van het document

Dit uitgangspuntenrapport heeft als doel de onderbouwing te geven van de keersluizen bij Den Oever. Het uitgangspunten rapport geeft invulling aan eis ME_0345 Opstellen Systemspecificatie, zie Figuur 1-2

ID	Opstellen systemspecificatie	Bovenliggend	Onderliggend
ME_03002	De Opdrachtnemer dient het systeem zodanig te documenteren in een systemspecificatie, dat het gehele ontwerpproces volledig inzichtelijk is. In de systemspecificatie dienen de volgende elementen minimaal te zijn uitgewerkt: a) systeemdefinitie; b) gebruik en werking van het systeem met zijn te leveren functies; c) ontwerpkeuzes inclusief onderbouwing; d) van toepassing zijnde normen en richtlijnen; e) systeemseisen met bijbehorende verificatiemethoden; f) randvoorwaarden m.b.t. de uitvoering en onderhoud van het systeem; g) risico's met beheersmaatregelen.	ME_03001	ME_03145
Eis geldt beginnend op		Eis geldt op	
Contractdatum.		Einddatum.	
Verwijzing ISO 15288:		NEN-ISO-IEC 15288 par. 6.4.3 Architectural Design Process	

Figuur 1-2 Managementspecificaties eis ME_0345

1.3 Scope van het document

In dit rapport worden de ontwerpuitgangspunten voor het kunstwerk 'keersluis Den Oever' vastgelegd ten behoeve van het definitieve ontwerp (DO). Doelstelling is een samenvatting van de Outputspecificatie, interpretatie van de normen en richtlijnen en uiteenzetting van de ontwerpuitgangspunten.

1.4 Leeswijzer van het document

In de onderstaande tabel wordt aangegeven wat in welke hoofdstukken wordt beschreven. Deze hoofdstukken en paragrafen geven invulling aan de uitgangspunten en randvoorwaarden die gelden voor dit object.

Tabel 1-1 Leeswijzer

Hoofdstuk	Status	Beschrijving
H1 Inleiding	Gereed (26 juni 2019)	Inleiding van het document
H2 Randvoorwaarden en uitgangspunten	Gereed (01 juli 2019)	Samenvatting van randvoorwaarden en uitgangspunten relevant voor dit document. Dit is aanvullend op H4 en H5.
H3 Kenmerken van het ontwerp	Gereed (01 juli 2019)	Samenvatting van de kenmerken die relevant zijn voor dit document
H4 Ontwerpfrequenties en zichtjaren	Gereed (26 juni 2019)	Uitgangspunten
H5 Waterstanden, vervallen en ontwerp golfcondities	Gereed (04-09-2019)	Hydraulische ontwerpcondities
H6 Belastingen	Gereed (06-02-2020)	Belastingen op sluis en sluisdeur.
Bijlage 1 Golfdruk berekeningen	Gereed (26 juni 2019)	Berekeningen van de golfdrukken.
Bijlage 2 Overslagberekeningen	Gereed (26 juni 2019)	Berekening van de overslag.
Bijlage 3 Waterstanden en vervallen	Gereed (26 juni 2019)	Overzicht van de relevante waterstanden en vervallen.

Dit uitgangspuntenrapport 'Hydraulische belastingen: Keersluis Den Oever' geeft de relevante hydraulische belastingen weer voor het ontwerp van de keersluizen bij Den Oever. Allereerst worden de (algemene) randvoorwaarden uitgangspunten behandeld in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 worden de kenmerken van het ontwerp gegeven die relevant voor dit document zijn. In hoofdstuk 4 worden de ontwerpfrequenties, klimaatscenario's en zichtjaren van de constructie besproken. De waterstanden, vervallen en ontwerp golfcondities komen aan bod in hoofdstuk 5. De relevante golfbelastingen worden behandeld in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 6 wordt ook ingegaan op de overslagbelastingen om de constructiehoogtes vast te leggen.

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Dit rapport is een beschrijving en onderbouwing van ontwerponderdeel Keersluis Den Oever. Voor randvoorwaarden en uitgangspunten met betrekking tot deze rapportage wordt in paragraaf 2.7 verwezen naar de verschillende hoofdstukken met uitgangspunten die van belang zijn voor dit rapport.

2.1 Contracteisen

De eisen uit Relatics zijn weergegeven in het Verificatieplan met kenmerk ASD-PLA-0024. De eisen worden aangetoond in bovenliggende ontwerpnota met kenmerk ASD-ONO-0030.

2.2 Raakvlakken

2.3 Project-specifieke documenten (bindend)

Voor project-specifieke documenten wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017. In de onderstaande tabel zijn de overige project-specifieke bindende documenten gehanteerd in dit rapport weergegeven.

Tabel 2-1 Bindende project-specifieke documenten

Nr.	Document	Versie	Datum	Bindend
A.	Deltares, 2013. Hydraulische randvoorwaarden voor het ontwerp van de versterking van de Afsluitdijk.		2013	Ja
B.	Rijkswaterstaat, 2017a. Hydraulische Randvoorwaarden Afsluitdijk, versie 7.0: Rapport_Hydraulische_Randvoorwaarden_v7.0.pdf.	V7.0	31-10-2019 Oplage 2: 30-01-2020	Ja
C.	Rijkswaterstaat, 2017b. Zichtjaren en ontwerplevensduren Infrastructuur RWS: RWS_DR_AFSLUITDIJK-12259-v1-Zichtjaren_en_ontwerplevensduren_Infrastructuur_RWS.pdf		10-07-2017	Ja
D.	Rijkswaterstaat, 2017c. Belastingnota project Afsluitdijk: RWS_DR_AFSLUITDIJK-12107-v1-Belastingnota_onderdelen_infrastructuur_RWS_Afsluitdijk.PDF	V7	13-07-2017	Ja
E.	BND-0156 - CON00116, Mededeling omtrent negatief verval over en nivelleren van Keersluis, zaaknr. 31091279		14-09-2017	Ja

2.4

2.5 Project-specifieke documenten (niet-bindend)

Voor niet-bindende project-specifieke documenten wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017. In de onderstaande tabel zijn de overige project-specifieke niet-bindende documenten gehanteerd in dit rapport weergegeven.

Tabel 2-2 Niet-bindende project-specifieke documenten

Nr.	Document	Versie	Datum	Bindend
F	ASD-BER-0286 - Berekening Hydraulische Belastingen Keersluis Den Oever	B	20-april-2020	Nee
G	ASD-UNO-0006 - Uitgangspuntennota WTB (Bewegingswerk deuren en nivelleerschuiven) Keersluis Den Oever		28-mrt-2018	Nee
H	ASD-ONO-0031 - Ontwerpnota DO Keersluis Den Oever WTB (Bewegingswerk)		10-mei-2019	Nee

Tabel 2-3 Niet-bindende project-specifieke tekeningen

Nr.	Tekeningnummer	Omschrijving	Versie	Datum
1.	n.v.t.			

2.6 Normen en richtlijnen

Voor normen en richtlijnen wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017. In de onderstaande tabel zijn de overige normen en richtlijnen gehanteerd in deze berekeningsrapport weergegeven.

Tabel 2-4 Normen en Richtlijnen

Nr.	Document	Versie	Datum	Bindend
I.	U.S. Army Corps of Engineers, 2002. Coastal Engineering Manual - Part VI.		2002	Nee
II.	EurOtop, 2016. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B., www.overtopping-manual.com .		2016	Nee
III.	Rijkswaterstaat 2013. Kenmerkende waarden Getijgebied 2011 - http://publicaties.minienm.nl/documenten/kenmerkende-waarden-getijgebied-2011		2011	Nee
IV.	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), 2003. Leidraad Kunstwerken		2003	Ja

v.	ISO19906-2010 - Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures			Nee
----	---	--	--	-----

2.7 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Zie hoofdstukken 4 en 5 en paragraaf 6.1.

2.8 Software

De gehanteerde software is MathCad 15.0, Matlab en Excel 365.

3 Kenmerken van het ontwerp

3.1 Vormgeving

Voor vormgeving wordt -om dubbeln van informatie te voorkomen- verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.2 Civiel

Voor civiele kenmerken wordt -om dubbeln van informatie te voorkomen- verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.3 Mechanische installaties

Niet van toepassing voor dit document.

3.4 Elektrische installaties

Niet van toepassing voor dit document.

3.5 RAM-aspecten (betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid)

Voor RAM-aspecten wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.6 Veiligheid & Gezondheid

Niet van toepassing voor dit document. Voor veiligheid en gezondheid wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.7 Duurzaamheid

Niet van toepassing voor dit document. Voor duurzaamheid wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.8 Omgeving en milieu

Niet van toepassing voor dit document.

3.9 Bediening en Besturing

Niet van toepassing voor dit document.

3.10 Test- en keurconcept

Niet van toepassing voor dit document.

3.11 Uitvoeringsconcept

Niet van toepassing voor dit document.

3.12 Risico's en beheersmaatregelen

Voor risico's en beheersmaatregelen wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.13 Raakvlakken

Voor raakvlakken wordt verwezen naar de uitgangspuntennota met kenmerk ASD-UNO-0017.

3.14 Toleranties en maatvoering

Niet van toepassing voor dit document

4 Ontwerpfrequenties en zichtjaren

4.1 Klimaatscenario

Voor de nieuw te bouwen kunstwerken met zichtjaar 2120 dienen in overeenstemming met [Tabel 2-1 ,B] de volgende klimaatscenario's toegepast te worden:

- 'Veerman': voor de niet-vervangbare onderdelen; dit zijn de fundering, de betonconstructie en de keersluis (behalve de hoogte);
- 'W+': voor de hoogte van de keersluis;
- 'W+': voor de vervangbare onderdelen; de bodembescherming wordt als vervangbaar aangemerkt.

De bijbehorende toeslagen op de waterstanden ten opzichte van referentiejaar 1990 zijn overgenomen uit [Tabel 2-1 ,B] en worden weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Absolute zeespiegelstijging en peilstijging ten opzichte van 1990 voor zichtjaren 2020, 2050 en 2120 op de Waddenzee en het IJsselmeer. [Tabel 2-1 ,B]

Zichtjaar	Scenario zeespiegelstijging	ZeespiegelstijgingWaddenzee [m]	Peilstijging IJsselmeer [m]
2020	KNMI W+	+0,07	+0,00
2050	KNMI W+	+0,35	+0,00
2120	KNMI W+	+1,05	+0,60
2120	Veerman	+1,54	+0,60

4.2 Zichtjaren, ontwerplevensduur en ontwerpfrequenties

Tabel 4-2 geeft de zichtjaren, ontwerplevensduur en frequenties weer voor de onderdelen van de keersluis Den Oever, die relevant zijn voor het ontwerp.

Tabel 4-2 Frequenties, zichtjaren en levensduur objecten

Object	Frequentie	Zichtjaar	Scenario	Levensduur	Referentie
Keermiddel (hoogte)	1/10.000 per jaar	2120	KNMI W+	100 jaar	(Rijkswaterstaat, 2017a ;2017b)
Fundering, betonconstructie en keersluis	1/10.000 per jaar	2120	Veerman	100 jaar	(Rijkswaterstaat, 2017a; 2017b)

4.3 Autonome bodemdaling

De hoogte van de dijk moet gecorrigeerd worden voor autonome bodemdaling gedurende de levensduur. In Deltares, 2013 en Rijkswaterstaat, 2017a, paragraaf 2.5 worden de volgende waarden gegeven:

- Zichtjaar 2050: 0,05 m;
- Zichtjaar 2100: 0,10 m;

Op basis van de bovenstaande waarden zijn de onderstaande inschattingen gemaakt.

- Zichtjaar 2020: 0,00 m. De verwachting is dat 2020 de start van de autonome bodemdaling is.
- Zichtjaar 2120: 0,10 m. De verwachting is dat tussen 2100 en 2120 geen extra bodemdaling optreedt.

5 Waterstanden, vervallen en ontwerpcondities

5.1 Karakteristieke waarden

Karakteristieke waterstanden bij Den Oever zijn gegeven in Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Karakteristieke waterstanden

Waterstand	Den Oever [m t.o.v. NAP]	Referentie
Gemiddeld springtij	+0,80 / -0,80	(Rijkswaterstaat, 2013), pagina 34 en 35
Gemiddeld tij	+0,74 / -0,74	(Rijkswaterstaat, 2013), pagina 34 en 35
LAT (laagste astronomische getij)	-1,15	(Rijkswaterstaat, 2013), pagina 34 en 35
Streefpeil IJsselmeer	-0,20 (zomer),- 0,40 (winter)	(Rijkswaterstaat, 2017a), Tabel 5

5.2 Waterstanden bij ijsbelasting

De waterstanden waarbij de ijsbelasting kan plaats vinden worden in deze paragraaf gegeven. Dit is gedaan door de onder- en bovengrens aan te geven, lage en hoge waterstand. Alle waterstanden daartussen kunnen ook optreden tijdens ijsbelasting. De lage waterstand aan de IJsselmeerzijde is het streefpeil in de winter, -0.4 m +NAP. De hoogwaterstand aan de IJsselmeerzijde is afgeleid uit de randvoorwaarden uit Levvel 2018b (ASD-MEM-0080) bij een terugkeerfrequentie van 1/100 jaar, conform ISO19906-2010. De hoge waterstanden van de Waddenzeezijde zijn conform Rijkswaterstaat, 2017a, Bijlage E.1.1, bij een terugkeerfrequentie van 1/100 jaar, conform ISO19906-2010. Aangenomen wordt dat de wind en opzet volledig afhankelijk zijn voor deze hoge waterstanden. Hiermee kan de opzet gereduceerd worden met een factor 0,9 voor de hoge waterstanden op de Waddenzee, conform ISO19906-2010. De lage waterstanden op de Waddenzee zijn gelijk gesteld aan LAT uit Rijkswaterstaat, 2013. De gepresenteerde waarden zijn inclusief robuustheidsfactoren op de waterstand. De volledige tabel met invoer en uitvoer van de waterstanden is gegeven in Tabel 6-21 en

Tabel 6-22 in Bijlage 3

Een samenvatting van de resulterende waterstanden voor de bepaling van de ijsbelasting voor Den Oever is in Tabel 5-2 weergegeven.

Tabel 5-2 Overzicht maatgevende waterstanden voor ijsbelasting Waddenzeezijde en IJsselmeerzijde Den Oever.

Den Oever	2120 W+		2120 Veerman	
Zijde	Lage ontwerp waterstand ijsbelasting	Hoge ontwerp waterstand ijsbelasting	Lage ontwerp waterstand ijsbelasting	Hoge ontwerp waterstand ijsbelasting
	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]
Waddenzeezijde	-1,15	4,34	-1,15	4,74
IJsselmeerzijde	-0,4	1,6	-0,4	1,6

5.3 Vervallen en laagwaterstanden

De vervallen Waddenzee - IJsselmeer en IJsselmeer - Waddenzee worden gegeven in Rijkswaterstaat, 2017a, Bijlage E.2. De resultaten zijn te vinden in Tabel 6-19 en Tabel 6-20 in Bijlage 3.

Voor de locatie Den Oever zijn voor het verval van IJsselmeer naar Waddenzee twee vervaltabellen gegeven ("Den Oever – advies" en "Den Oever – regressie"). De keersluis Den Oever dient de waterstanden en vervallen uit beide tabellen te kunnen weerstaan.

5.4 Lage laagwaterstanden

De vervalbelastingen geven enkel de laagwaterstanden behorende bij het maximale verval. Dit is mogelijkwerwijs niet de absoluut laagst mogelijke waterstand. Voor het ontwerp van onder andere de keer-/damwanden zijn er aanvullende hydraulische randvoorwaarden benodigd; laagwaterstanden die niet zijn gekoppeld aan, en ook niet gecombineerd hoeven te worden met andere belastingen zoals vervallen, golfbelastingen en ijsbelasting. De lage laagwaterstanden behorende bij bepaalde onderschrijdingsfrequenties (kans dat waterstand lager is) zijn gegeven in Tabel 5-3 voor het IJsselmeer en de Waddenzee in Den Oever. De waarden zijn gegeven voor het zichtjaar 2020, omdat voor andere zichtjaren mag niet gerekend worden met zeespiegel- en meerpeilstijging indien dit een gunstig effect heeft (WOG LLW).

Tabel 5-3 Lage laagwaterstanden Den Oever. Bron: 11201202-004-HYE-0001-v0.2-r. Randvoorwaarden zijn opgelegd door WOG LLW (laag laagwater).

zichtjaar	2020				
onderschrijdingsfrequentie (1/x jaar)	1	10	100	1000	10000
Laagwaterstanden Waddenzeezijde Den Oever [m +NAP]	-1,65	-2,05	-2,5	-2,9	-3,35
Laagwaterstanden IJsselmeerzijde Den Oever [m +NAP]	-0,75	-1,1	-1,4	-1,7	-2,0

5.5 Ontwerpgolfcondities

De ontwerpgolfcondities in dit uitgangspuntenrapport zijn gedefinieerd volgens de volgende parameters:

- H_{m0} = significante golfhoogte, gebaseerd op het spectrum = $4\sqrt{m_0}$;
- $T_{m-1,0}$ = spectrale golfperiode = m_{-1}/m_0 ;
- T_p = piekperiode;
- θ = golfrichting in graden t.o.v. noord.

5.5.1 Waddenzeezijde

De golfcondities voor het ontwerp zijn bindend voorgeschreven in (Rijkswaterstaat, 2017a), Bijlage E.1.1. Er zijn in totaal 30 uitvoerpunten beschikbaar waarvoor informatie over de golfcondities bekend is. Sectie 29 is gekozen als maatgevende uitvoerpunt voor de keersluis bij Den Oever (zie Figuur 5-1).

Bij het bepalen van de golfbelastingen wordt uitgegaan van loodrecht invallende golven. Deze benadering is verdedigbaar gegeven de lay-out van de voorhaven.



Figuur 5-1 Uitvoerpunten golfmodellering (Rijkswaterstaat, 2017a)

Tabel 5-4 toont de golfcondities voor de waterstanden, de verschillende zichtjaren en frequenties, uitgaande met Havendam configuratie A¹ (een deel van de dammen is intact). De 1/1 per jaar frequentie vormt een uitzondering en gebruikt de huidige havendam configuratie (alles intact). **De tabel bevat enkel golfcondities met bijbehorende waterstanden.**

Tabel 5-4 Ontwerpgolfcondities aan de Waddenzeezijde voor uitvoerlocatie 29, de keersluizen bij Den Oever uitgaande van Havendam configuratie A

¹ Voor Den Oever is de keuze voor alternatieve configuraties gebaseerd op het onderscheid dat wordt gemaakt tussen dammen die in beheer zijn van Rijkswaterstaat (dam 6, 9, 12, 15 en 16) en het waterschap HHNK (overige). Havendam configuratie A gaat uit dat de dammen 6, 9, 11, 12, 15 en 16 intact zijn; deze worden ook versterkt. SWAN sommen voor Havendam Configuratie C (alleen dam 6, 15 en 16 versterken) hebben aangetoond dat voor de bestaande spuisluisen de verschillen in golfcondities verwaarloosbaar zijn. De tabellen maken gebruik van de golfcondities van Havendamconfiguratie A.

Hydraulische condities Den Oever uitvoerlocatie 29						
Frequentie		1/1 per jaar*				
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]
KNMI W+	2020	0,50	1,89	1,74	311	2,30
KNMI W+	2120	0,57	2,43	2,68	317	3,27
Veerman	2120	0,53	2,57	2,83	323	3,69
Frequentie		1/100 per jaar				
		H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]
KNMI W+	2020	0,94	2,86	3,77	321	3,70
KNMI W+	2120	0,97	3,09	3,40	319	4,70
Veerman	2120	1,01	3,17	3,48	314	5,10
Frequentie		1/1.000 per jaar				
		H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]
KNMI W+	2020	1,09	3,12	4,15	321	4,40
KNMI W+	2120	1,14	3,38	3,72	322	5,30
Veerman	2120	1,15	3,50	3,86	322	5,90
Frequentie		1/10.000 per jaar				
		H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]
KNMI W+	2020	1,25	3,36	4,55	321	4,90
KNMI W+	2120	1,32	3,59	3,95	322	5,90
Veerman	2120	1,38	3,71	4,09	322	6,50

* waterstanden en golven op basis van extrapolatie voor de situatie met alle havendammen (Havendamconfiguratie 'huidig'). Extrapolatie is lineair gedaan met de terugkeerfrequenties op een log schaal.

5.5.2 IJsselmeerzijde

De hydraulische belasting vanuit het IJsselmeer tijdens storm condities wordt niet behandeld in dit uitgangspuntenrapport. Ten zuiden van de keersluis is er namelijk een schutsluis aanwezig, waardoor aangenomen kan worden dat er geen golven de keersluis vanaf het IJsselmeer zullen bereiken en deze belasting vanuit de IJsselmeerzijde niet meegenomen hoeft te worden.

6 Belastingen

In dit hoofdstuk zijn de belastingen gepresenteerd die relevant zijn voor de keersluis bij Den Oever. Een overzichtstabel van de belastingen is gegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Overzicht van belastingen

Toelichting binnen deze rapportage in paragraaf	Onderdeel	Belasting	Berekening te vinden in
4.2	Hoogte deur	Maximale overslag	Bijlage 2
4.3.1	Gehele constructie	Hydrostatische drukken - UGT	Rijkswaterstaat, 2017a, bijlage E2
4.4.1	Puntdeur	Vermoeiing	ASD-BER-0286, bijlage 1.9 (Levvel, 2019a)
4.4.4	Puntdeur, bewegingswerk	F13 Windgolf	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.4.5	Puntdeur, bewegingswerk	F21 Toegevoegd massatraagheid	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.4.6	Puntdeur, bewegingswerk	F22 Stromingsweerstand	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.4.7	Puntdeur, bewegingswerk	F23 Golfweerstand	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.4.8	Puntdeur, bewegingswerk	F24 Kasweerstand	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.5	Puntdeur, noodbewegingswerk	Noodsluitsysteem	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.6	Droogzetschot	Golfbelasting	ASD-BER-0286 (Levvel, 2019a)
4.7	Gehele constructie	Hydrostatische drukken Realisatiefase - UGT	Paragraaf 4.6 en Rijkswaterstaat, 2017a

6.1 Definities en uitgangspunten

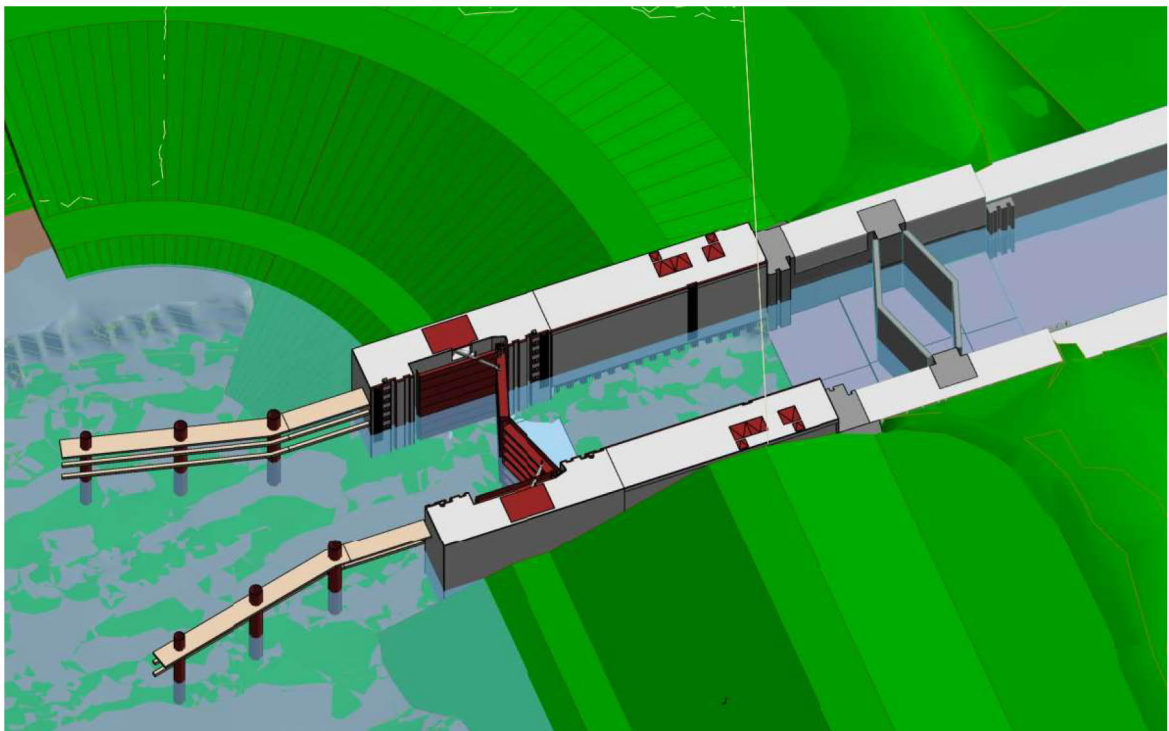
Deze paragraaf bevat de definities en uitgangspunten gehanteerd bij het opstellen van de ontwerpberekeningen waarvan het resultaat wordt gegeven in dit hoofdstuk. In paragraaf 6.1.1 wordt de gehanteerde geometrie gegeven, in paragraaf 6.1.2 wordt de schematische weergave van de definities van de krachten gegeven en in paragraaf 6.1.3 wordt tot slot een opsomming gegeven van overige definities en uitgangspunten.

6.1.1 Geometrie Keersluis Den Oever

De geometrie van de Keersluis Den Oever is overgenomen uit LEVVEL-CIV-1.03.2-0022 en LEVVEL-CIV-1.03.2-DO-0010. Een aantal karakteristieke waarde wordt vermeld in Tabel 6-2. Een 3D weergave van keersluis is opgenomen in Figuur 6-1.

Tabel 6-2 Belangrijkste geometrische waarde keersluis DOV.

Parameter	Waarde
Breedte opening	14,1 meter
Hoogte van de deur	11,55 meter
Drempelhoogte	NAP -4,5 meter
Bodemhoogte	NAP -4,75 meter
Bovenkant betonconstructie	NAP + 7,4 meter

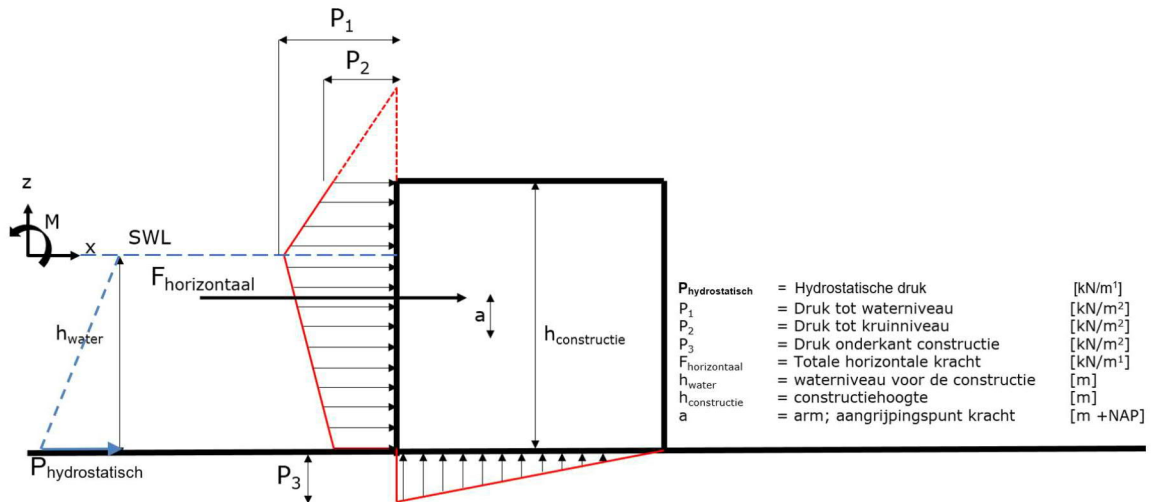


Figuur 6-1 Schematische 3D weergave keersluis DOV. Bron: Levvel-CIV-1.03.2.DO-0010

6.1.2 Definitie schematische weergave krachten

Een schematisch overzicht van de krachtdefinities is te zien in Figuur 6-2. In beginsel zijn de relevante golfbelastingen op de constructie; de horizontale golfdruk tot waterniveau (P_1), de horizontale druk tot kruinniveau (P_2), druk op de onderkant van de constructie (P_3) en de totale horizontale golfkracht ($F_{\text{horizontaal}}$). De hydrostatische druk moet los meegenomen worden vanaf de waterlijn (SWL in Figuur 6-2).

De golfdrukken worden per strekkende meter deur bepaald. De strekkende meter is in de lengterichting van de constructie (en dus niet over de diepte). De gepresenteerde golfbelasting (kracht, F_h) is een integratie van de berekende golfdrukken.



Figuur 6-2 Schematische weergave definities golfbelastingen op de constructie

6.1.3 Overige begrippen en uitgangspunten

In dit uitgangspuntenrapport worden de volgende begrippen en uitgangspunten gehanteerd:

- Het keermiddel betreft een puntdeur. De functies die aan de puntdeur toegekend zijn:
 - Keren hoogwater
 - Laten passeren scheepsvaart
- Sluitcriteria (BND-0156):
 - Waterstand Waddenzee > 2,10m +NAP.
 - Verval IJsselmeer – Waddenzee >2,40m
- Uiterste grenstoestand (UGT): dit zijn de belastingen met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Hiervoor geldt het KNMI Veerman scenario voor Keersluis DOV. Het bijbehorende zichtjaar is 2120 (conform BND-0095).
- Voor de realisatiefase is zichtjaar 2020 van toepassing (conform BND-0095).
- Alle belastingen zijn bepaald met de golfcondities inclusief robuustheidsfactoren op de golfcondities;
- De golfbelastingen gaan uit van loodrecht invallende golven. De belastingen zijn niet gecompenseerd voor scheef invallende golven. Deze benadering is verdedigbaar gegeven de lay-out van de voorhaven.
- De golfdrukken in dit uitgangspuntenrapport zijn exclusief de hydrostatische waterdruk. Deze moet aanvullend nog in rekening gebracht worden;
- De belastingen zijn representatieve waarden;

- **De golfbelastingen en de bijbehorende configuraties zijn bindend voorgeschreven in Rijkswaterstaat, 2017c.** In dit document worden enkel de maatgevende belastingen en de bijbehorende configuratie(s) daarvan gepresenteerd;
- De effecten van zakkingen op de belastingen is klein waardoor dit weinig tot geen effect heeft op de kracht;
- Uitvoerpunt 29 is maatgevend;
- De belasting door quasi-statische golfdruk op de constructie worden bepaald aan de hand van Goda en Takahashi uit de Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003). De invoerparameters en de gedetailleerde berekeningen zijn samengevat in ASD-BER-0286, bijlage 1.9 (Levvel, 2019a);

6.2 Deurhoogte keersluis

De hoogte van de Keersluis is bepaald in de tender. De hoogte van de keersluis is bepaald op basis van het voorgeschreven toelaatbaar gemiddeld golfoverslagdebiet tijdens maatgevende omstandigheden. De volgende uitgangspunten zijn gebruikt om de kruinhoogtes te bepalen:

- Overslagdebiet is maximaal 130 l/s/m bij Den Oever, conform de eis SYS-0144;
- Zichtjaar 2120;
- Overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar;
- Zowel de KNMI W+ en Veerman scenario's zijn beschouwd. Het Veerman scenario is relevant omdat de belastingen op de niet-ervangbare constructieonderdelen met dit scenario gedimensioneerd moeten worden (bijvoorbeeld de funderingen);
- De benodigde deurhoogte is gecorrigeerd met autonome bodemdaling van 10 cm in zichtjaar 2120. Tabel 6-3 geeft de benodigde deurhoogte zonder bodemdaling (hkruin) als de gecorrigeerde deurhoogte waarin bodemdaling is meegenomen (zie ook paragraaf 2.3);
- De golfoverslagberekeningen zijn gemaakt aan de hand van de laatste inzichten zoals gepresenteerd in EurOtop, 2016. Dit is conform VVS-00117 gedaan (in dit voorschrift is geen versie voorgeschreven).

De benodigde deurhoogtes zijn weergegeven in Tabel 6-3.

Tabel 6-3 Berekende deurhoogtes keersluis Den Oever voor de KNMI W+ en Veerman scenario's voor het zichtjaar 2120 inclusief toeslag voor autonome bodemdaling

Scenario	Bodem niveau 2020 [m t.o.v. NAP]	Bodem niveau 2120 [m t.o.v. NAP]	h [m t.o.v. NAP]	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	h _{deur} [m t.o.v. NAP]	h _{deur,correctie} [m t.o.v. NAP]
KNMI W+	-5	-5,10 *	5,9	1,32	3,59	6,40	6,50
Veerman	-5	-5,10 *	6,5	1,38	3,71	7,00	7,10

* het in de berekening gehanteerde bodemniveau (onderkant deur) ligt iets lager dan het daadwerkelijke niveau onderkant deur. De constructeur gebruikt een drukfiguur volgende uit bovenstaande waarden, uit deze drukfiguur volgt de druk op niveau onderkant deur.

De invoerparameters en de gedetailleerde berekeningen zijn samengevat in Bijlage 2.

6.3 Constructie

6.3.1 Belastingen UGT

Voor de extreme belastingen (overschrijdingsfrequentie 1/10.000 per jaar) worden zowel de Veerman en KNMI W+ scenario's beschouwd. Het Veerman scenario wordt toegepast op de moeilijke/niet-verticale constructie elementen. Dit zijn o.a. de funderingen, betonconstructies en de afsluitmiddelen (maar niet de hoogtes). Het KNMI W+ scenario zijn voor de overige constructieonderdelen van toepassing.

Hydraulische golfbelastingen

De hydraulische belastingen op de keersluizen zijn als volgt:

- Golfdrukken op de verticale keersluizen:
- Golfdruk op waterniveau (P_1);
- Golfdruk op kruinniveau (P_2);
- Druk op onderkant constructie (P_3).
- De totale horizontale golfbelasting op de keersluizen ($F_{\text{horizontaal}}$).

De maatgevende belastingen voor het zichtjaar 2120 met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar voor de KNMI W+ en Veerman scenario's voor de keersluizen bij Den Oever zijn is te vinden in Tabel 6-4. De invoer en (tussen)resultaten zijn toegevoegd in Bijlage 1.

Tabel 6-4 Maatgevende belastingen voor de keersluizen bij Den Oever, KNMI W+ en Veerman scenario's

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting W+	Golfbelasting Veerman
			UGT - 1	UGT - 2
niveau waterlijn	h_1	m t.o.v. NAP	5,90	6,50
niveau kruin	h_2	m t.o.v. NAP	7,00	7,00
onderkant constructie / bodem	h_3	m t.o.v. NAP	-5,10 *	-5,10 *
Druk op waterniveau	P_1	kN/m ²	14,60	15,26
Druk op kruinniveau	P_2	kN/m ²	10,17	13,25
Druk onderkant constructie	P_3	kN/m ²	1,67	1,83
Totale horizontale golfbelasting	$F_{\text{horizontaal}}$	kN/m ¹	103,1	106,3

* het in de berekening gehanteerde bodemniveau (onderkant deur) ligt iets lager dan het daadwerkelijke niveau onderkant deur. De constructeur gebruikt een drukfiguur volgende uit bovenstaande waarden, uit deze drukfiguur volgt de druk op niveau onderkant deur.

6.4 Puntdeuren

6.4.1 Puntdeuren UGT

De UGT belasting op de puntdeuren door quasi-statische golfdruk is dezelfde belasting als gegeven in paragraaf 6.3.1. Enkel zal een deel van de drukfiguur boven de bovenkant van de puntdeuren liggen. Dit deel van het drukprofiel kan dan weggelaten worden.

6.4.2 Puntdeuren vermoeiing

Voor de toetsing op vermoeiing zijn diverse stormverlopen gegenereerd o.b.v. de data geleverd op uitvoerpunt 29. Voor het volledige stormverloop voor de 1/1 t/m 1/10.000 per jaar storm zijn de belastinghistogrammen o.b.v. een golfhoogteverdeling gegenereerd. Deze belastingen gaan uit van:

- Een kracht onder een golfpiek (middenstand tot piek golf).
- Indien de volledige wissel van de kracht toegepast moet worden, dan dient de kracht uit het histogram vermenigvuldigd te zijn met een factor 2.
- De histogrammen zijn als excel toegevoegd aan de BER in het documentbeheersysteem (Thinkproject).

6.4.3 Puntdeuren langskracht passerende scheepvaart

Een varend schip verplaatst water, dit geeft een;

- waterspiegeldaling langs het schip Deze zorgt voor een verval over de deur wanneer de deur geopend is en een schip langs vaart. Deze belasting is relevant voor een keersluis en een schutsluis.
- boeggolf welke de waterstand aan de voorzijde van het schip verhoogt. Deze verhoging is relevant voor een gesloten deur wanneer een schip de kolk invaart. Deze belasting is niet relevant voor een keersluis.

In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het bepalen van de vasthoudkracht en de vermoeiingsbelasting op de deur. Deze belastingen zijn bepaald in Levvel, 2019a (ASD-BER-0286, bijlage 1.5a en 1.5b).

Het verval over de deur is bepaald voor de volgende twee scenario's:

- Bijlage 1.5a: belasting bij een waterstand van NAP + 1,8 meter (vasthoudkracht)
- Bijlage 1.5b: belasting bij gemiddelde waterstand (vermoeiing)

Tabel 6-5 Verval over puntdeuren bij passeren scheepvaart

Belasting	Maximaal verval over de deur
Waterstand NAP +1,8 meter (vasthoudkracht)	0,725 m
Belasting bij gemiddelde waterstand (vermoeiing)	0,615 m

6.4.4 Puntdeuren verticale stromingsbelasting op bovenste gording

Een kunstwerk geplaatst in water wordt belast door windgolven. De gordingen van Keersluis Den Oever bevinden zich aan de Waddenzeezijde en worden daardoor blootgesteld aan stroming door

orbitaalbeweging van de golf. De kracht is bepaald voor een gesloten deur (in stormstand) en per eenheid van breedte.

Tabel 6-6 Verticale stromingsbelasting door orbitaalbeweging van de golf per strekkende meter deur (maatgevende combinatie waterstand/golfhoogte)

Belasting	Stroming: totale cyclische* verticale kracht per strekkende meter deur. Breedte gording 0,863 meter.
Stroming 5x per jaar	+/- 15,6 kN/m
Stroming 1/1 per jaar	+/- 16,5 kN/m
Stroming 1/10 per jaar	+/- 11,5 kN/m
Stroming 1/100 per jaar	+/- 9,6 kN/m
Stroming 1/1.000 per jaar	+/- 8,6 kN/m
Stroming 1/10.000 per jaar	+/- 8,4 kN/m

* de krachten opgenomen in deze tabel treden 2 maal per golfperiode op, een maal positief en een maal negatief.

6.4.5 Puntdeuren operationeel: F13 Windgolfbelasting

Tijdens open en sluiten worden de puntdeuren belast door windgolven. In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het dimensioneren van de bewegingswerken. Deze belastingen zijn bepaald in Levvel, 2019a (ASD-BER-0286, bijlage 1.3 en 1.4).

Een schematisatie van de gepresenteerde kracht wordt gegeven in Figuur 6-3. De berekening is uitgevoerd voor de volgende condities:

- F13_{vobb} Belasting waddenzeezijde zichtjaar 2120
 - 1/10 per jaar golfrandvoorwaarden toegepast op NAP +2,1m met de aanwezigheid van havendammen.
 - Voorfront 1/10.000 per jaar golfrandvoorwaarden toegepast op bovenstaande peilen met de aanwezigheid van havendammen.
- Belasting IJsselmeerzijde niet van toepassing in verband met aanwezigheid sluis

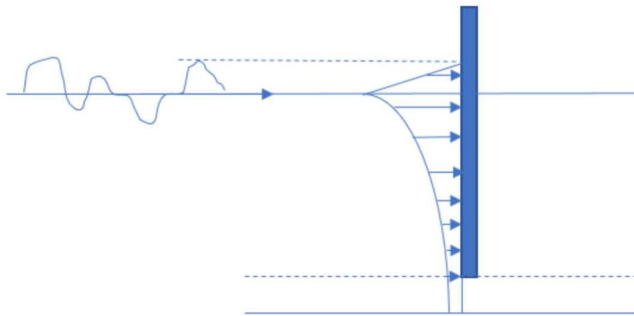
Hierbij is onderscheid gemaakt in belasting tijdens het dal van de golf en tijdens de piek van de golf.

Uitgangspunten & aannames bij berekening

- De golfbelastingen zijn niet afhankelijk gemaakt van de positie van de deur
- De reflectiecoëfficiënt is gelijkgesteld aan 1 (volledige reflectie)
- Brekende golven zijn niet inbegrepen in de berekening. Dit is aangenomen omdat golven zeer waarschijnlijk al gebroken zijn. Er is namelijk geen berm of vooroeverhelling aanwezig voor de keersluis.

Tabel 6-7: F13 Windgolfbelasting puntdeur tijdens beweging (ontwerp bewegingswerk)

Berekening	Golfpiek		Golfdal	
	1/10 per jaar	voorfront 1/10.000	1/10 per jaar	voorfront 1/10.000
Significante golfkracht conform Goda ($\gamma = 1,5$)	34,0 kN/m	59,0 kN/m	-32,0 kN/m	-56,0 kN/m



Figuur 6-3 Definitie kracht Windgolf op deur (figuur voor golfpiek)

6.4.6 Puntdeuren operationeel: F21 Toegevoegd massatraagheidsmoment versnelde deurbeweging

Wanneer een voorwerp in water wordt versneld, ondervindt het in de bewegingsrichting een kracht die evenredig is met de versnelling en met de snelheid van het voorwerp. In deze paragraaf wordt het deel van de kracht door het water behandeld dat evenredig is met de versnelling van het voorwerp. In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het bepalen van de kracht op het bewegingswerk van de deur. Deze belastingen zijn bepaald in Levvel, 2019a (ASD-BER-0286, bijlage 1.6).

Berekening conform Handboek Schutsluizen paragraaf 11.3.2.2

- Voor de (vrijwel) gesloten deur wordt stroming in het verticale vlak gehanteerd, er is vrijwel geen lekstroming langs de deuromtrek.
- Voor de deels geopende deur wordt het massatraagheidsmoment in het horizontale vlak (omstroming rond de deurtip) gebruikt.
- Voor de (vrijwel) geopende deur wordt de kleinste waarde van het massatraagheidsmoment in het horizontale vlak (omstroming rond deurtip) of verticale vlak (enkel stroming onder deur, niet om deur) gebruikt.
- Positieve waarde werkt tegen de beweegricting van de deur in (bij versnelling beweging deur), negatieve waarde werkt met de beweegricting van de deur mee (bij vertraging beweging deur)

Tabel 6-8 Toegevoegd massastraagheidsmoment versnelde deurbeweging

Belasting	Moment ten opzichte van draaipunt deur*
F21 Toegevoegd massastraagheidsmoment Vrijwel gesloten deur (nabij hart vaarweg) Hoekversnelling: +/- 0,22 deg/s ²	+/- 37,2 kNm
F21 Toegevoegd massastraagheidsmoment Vrijwel geopende deur (nabij deurkas) Hoekversnelling: +/- 0,22 deg/s ²	+/- 54,6 kNm
F21 Toegevoegd massastraagheidsmoment Noodstop Hoekversnelling: -0,37 deg/s ²	- 62 kNm

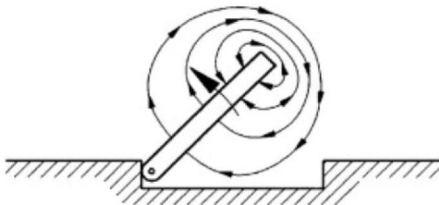
* Positieve waarden werken tegen de draairichting van de deur in. Negatieve waarden werken met de draairichting van de deur mee.

6.4.7 Puntdeuren operationeel: F22 Stromingsweerstand eenparige deurbeweging

De stromingsweerstand rondom de eenparig roterende deur is afgeleid voor water met ruime horizontale afmetingen zonder dat de horizontale stroming rondom de deurtip beperkt wordt (Figuur 6-4). Aan de voorzijde van de deur ontstaat een drukverhoging, de stroming laat los bij de deurtip waarbij wervels ontstaan. Aan de achterzijde is een drukverlaging aanwezig. In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het bepalen van de kracht op het bewegingswerk van de deur. Deze belastingen zijn bepaald in Levvel, 2019a (ASD-BER-0286, bijlage 1.6).

Berekening conform Handboek Schutsluizen paragraaf 11.3.3.2.

- In de berekening is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van (geopende) nivelleeropeningen.
- De netto deurlengte (van deurtip tot draaipunt) is in rekening gebracht



Figuur 6-4 Schetsmatige weergave mechanisme. Bron: Handboek Schutsluizen figuur 11.9

Tabel 6-9 Stromingsweerstand eenparige deurbeweging

Belasting	Moment ten opzichte van draaipunt deur*
F22 Stromingsweerstand Eenparig Hoeksnelheid: 1.1 deg/s	3,13 kNm

* Positieve waarden werken tegen de draairichting van de deur in. Negatieve waarden werken met de draairichting van de deur mee.

6.4.8 Puntdeuren operationeel: F23 Golfweerstand

Het sluiten en openen van de deur wekt een golf op aan de voor en achterzijde van de deur. Aan de voorzijde van de deur (voorzijde = de richting waarin de deur beweegt) wordt een positieve golf opgewekt en aan de achterzijde van de deur wordt een negatieve golf opgewekt.

- Door de opgewekte golven ontstaat een verval over de deur wat resulteert in een kracht op de deur. In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het bepalen van de kracht op het bewegingswerk van de deur. Deze belastingen zijn bepaald in Levvel, 2019a (ASD-BER-0286, bijlage 1.6).
- Door de relatief kleine "kolk" tussen keersluis en scheepvaartsluis en de relatief hoge sluitsnelheid kan het water niet snel genoeg wegstromen. Hierdoor wordt het water in de "kolk" opgestuwd en ontstaat een aanvullende belasting.

Berekening conform Handboek Schutsluizen paragraaf 11.3.3.3

- Voorhaven aangenomen als voldoende breed waardoor de golf aan de voorhavenzijde van de deur niet significant is
- Gerekend met halve kolkbreedte om toepassing bij puntdeuren mogelijk te maken

Tabel 6-10 Golfweerstand

Belasting	Moment ten opzichte van draaipunt deur*
Golfweerstand door eenparige beweging bij openen deur	180 kNm
Aanvullende belasting door waterstandsverhoging in de kolk	236 kNm

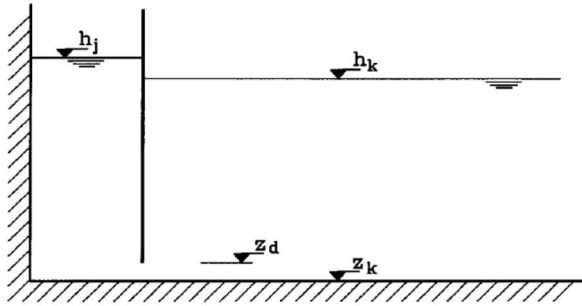
* Positieve waarden werken tegen de draairichting van de deur in. Negatieve waarden werken met de draairichting van de deur mee.

6.4.9 Puntdeuren operationeel: F24 Kasweerstand

Als het openen van de deur bijna voltooid is drukt de deur een hoeveelheid water in de deurkas waardoor in korte tijd de gemiddelde waterspiegel in de deurkas stijgt. Het door de enkele draaideur of puntdeur opgewekte debiet is gelijk aan het debiet benodigd voor de verticale beweging van de waterspiegel in de deurkas en het debiet door de spleten en de openingen. In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het bepalen van de kracht op het bewegingswerk van de deur. Deze belastingen zijn bepaald in Levvel, 2019a (ASD-BER-0286, bijlage 1.6).

Berekening conform Handboek Schutsluizen paragraaf 11.3.3.4

- De golfhoogte aan de kolkzijde van de deur wordt verwaarloosd ten opzichte van de waterstandsverhoging in de deurkas.



Figuur 6-5 Kasweerstand door waterstandsverhoging in kas bij openen deur

Tabel 6-11 Kasweerstand

Belasting	Moment ten opzichte van draaipunt deur
Bovengrensbenadering Kasweerstand	315,5 kNm (sluiting bij max hoeksnelheid)
Openen sluisdeur (van stormstand naar kas)	50 kNm (numerieke benadering) De kracht werkt het openen van de kering tegen (waterstandverhoging in kas).
Sluiten sluisdeur (van kas naar stormstand)	61,3 kNm (numerieke benadering) De kracht werkt het sluiten van de kering tegen (waterstandverlaging in kas).

6.5 Operationele belasting aandrijfmechanisme noodsluitsysteem

Dit is een conceptversie van het rekenresultaat. Definitieve versie volgt wanneer er meer details bekend zijn over de condities waarbij noodsluiting optreedt, zoals de golfhoogte op het moment van noodsluiting.

In deze paragraaf worden de belastingen getoond t.b.v. het bepalen van de kracht op het bewegingswerk van de deur bij aandrijving noodsluitmechanisme. In beginsel is de uitgevoerde berekening gelijk aan de berekening uit bij ASD-BER-0286, bijlage 1.6 maar dan met slechts 1/10 van de sluitsnelheid. Naar verwachting resulteert dit in zeer lage belastingen op de deur.

Belangrijkste rekenparameters:

- Hoeksnelheid: 0,08 graden/s
- Hoekversnelling: 0,02 graden/s²

Tabel 6-12 Operationele belasting aandrijfmechanisme noodsluitsysteem

Belasting	Moment ten opzichte van draaipunt deur*
F21 Stromingsweerstand versnelling	+/- 3,96 kNm (vrijwel geopende deur) +/- 2,7 kNm (vrijwel gesloten deur)
F22 Stromingsweerstand eenparige beweging	0,02 kNm (verwaarloosbaar)
F23 Golfweerstand	13,04 kNm (golfweerstand door golf) 113 kNm (extra moment door waterstandsverhoging in kolk)
F24 Kasweerstand	1,66 kNm

* Positieve waarden werken tegen de draairichting van de deur in. Negatieve waarden werken met de draairichting van de deur mee.

In overleg met ontwerper van het noodsluitmechanisme is besloten om voorlopig de golfbelasting aan te houden behorende bij de normale sluitoperatie. Indien de golfhoogte op het moment van noodsluiting hoger is dan bij normale sluiting dient hier een losse berekening voor gemaakt te worden. Dit is mede afhankelijk van het proces rondom noodsluiting en wordt nader uitgewerkt in de volgende versie van de UNO.

6.6 Operationele belasting aandrijfmechanisme nivelleerschuiif

De nivelleerschuiiven kennen twee operationele scenario's;

1. Inlaten water voorafgaand aan bewegen deur (nivelleren)
2. Inlaten water om kolk op peil te houden tijdens storm bij een Waddenzeepeil tussen NAP + 2,1m en NAP + 4,15m

De maatgevende belasting (verval en golven) voor het ontwerp van het bewegingswerk volgt uit scenario 2, inlaten water om kolk op peil te houden. De belastingen op het bewegingswerk van de nivelleerschuiif zijn bepaald in ASD-BER-0178 (Belastingnota Bewegingswerk DO Keersluis).

6.6.1 Maximaal statisch verval bij bewegen nivelleerschuiif

De operationele vervalbelastingen over de nivelleerschuiif zijn overgenomen uit ASD-BER-0178 en worden samengevat in Tabel 6-13.

Tabel 6-13 – Operationele vervalbelasting nivelleerschuiif keersluis DOV

Scenario	Waterstand Waddenzee [NAP + meter]	Waterstand Kolk [NAP + meter]	Verval [meter]
Inlaten water tijdens storm	4,15	2,10	2,05

6.6.2 Golfbelasting aandrijfsysteem nivelleerschuiif

De operationele golfbelastingen op de nivelleerschuiif is opgenomen in Tabel 6-14. In beginsel hoeven golven niet beschouwd te worden bij het bewegen van een verticale schuiif aangedreven door een cilinder. Golfbelasting is cyclisch met een relatief korte periode. Indien golfbelasting zorgt voor overbelasting van een cilinder raakt deze gedurende korte tijd in de overstort, wat over het algemeen niet schadelijk is.

De gepresenteerde waarde betreft de piekbelasting tijdens piek van de golf en kan worden opgevat als een bovengrensbenadering waarmee door de ontwerper van het bewegingswerk getoetst kan worden of het bewegingswerk geen schade oploopt.

Tabel 6-14 – Operationele golfbelasting nivelleerschuiif keersluis DOV (golftop)

Scenario	Waterstand [NAP + m]	Golfhoogte Hm0 [m]	Kracht [kN/m]
1/10.000 per jaar	4,15 *	1,38	8,44
1/10.000 per jaar bij lage waterstand (voorfront)	2,6	1,2	7,54

* golfhoogte opgelegd bij lagere waterstand dan volgt uit HR 6.2 bijlage E.1.1

6.7 Droogzetschotten

Ten behoeve van het plaatsen van droogzetschotten zijn conform SYS-2217 voorzieningen getroffen in het betonwerk.

Indicatie oplegkracht per oplegging droogzetschot op basis van hydrostatische druk (dus excl. golfbelasting);

- Hoogte schot NAP + 2,5m
- Ontwerpwaterstand droogzetschot NAP + 2,5 m
- Ontwerpwaterstand sponningen (voorziening waar schot op steunt) NAP + 3,69 m
- Onderkant schot NAP -4,75 meter (bodem kolk)

De droogzetschotten worden ontworpen op een ontwerpwaterstand NAP + 2,5m, dit is afdoende tot circa 2050. De sponningen waar de droogzetschotten op af steunen dienen ontworpen te worden op een ontwerpwaterstand van NAP +3,69m, zijnde NAP+2,5m + 1,19m (zeespiegelstijging tussen 2050 en 2120).

6.7.1 Golfbelasting Waddenzeezijde

De gegeven golfdrukken zijn quasi-statische golfdrukken. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden. De berekening is opgenomen in ASD-BER-0289.

Tabel 6-15 **Golfdrukbelasting** droogzetschot Waddenzeezijde. Zichtjaar 2020, herhalingsfrequentie 1/1 en 1/10 per jaar.

Scenario	Waterstand [NAP+m]	H _{m0} [m]	Horizontale Kracht [kN/m]	Druk P1 [kN/m ²]	Druk P3 [kN/m ²]	Druk P4 [kN/m ²]
1/1 2020 "huidig"	2,3	0,5	20,8	5,43	0	4,63
1/10 2020 "A"	2,5 *	0,77	36,2	8,39	1,25	-

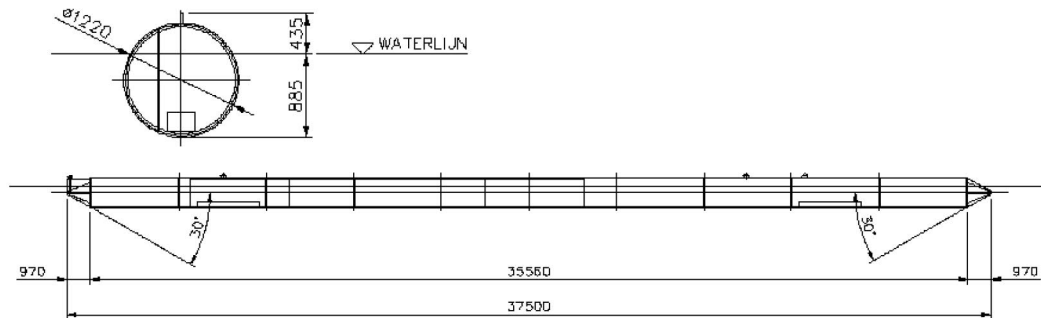
* golfhoogte opgelegd bij lagere waterstand dan volgt uit [Tabel 2 1, A]

6.7.2 Golfbelasting IJsselmeerzijde

Niet van toepassing

6.8 Hydraulische belasting aanvaarbalk

De aanvaarbalk van keersluis Den Oever (zie 6-6) sluit gelijktijdig met de hoofdwaterkering. Tijdens het sluiten en in gesloten toestand wordt de balk belasting door golven.



6-6 Geometrie aanvaarbalk

6.8.1 Hydraulische belastingen

De belasting tijdens sluiten wordt bepaald aan de hand van de condities die ook voor het sluiten van de keersluis worden gehanteerd. De belasting wordt gegeven in onderstaande tabel per strekkende meter balk. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd;

- Bepaling belasting op balk met behulp van de Morison methode en factoren conform de Manual Hydraulic Structures, TU Delft
- Bepaling maximale sleep- en traagheidskracht op basis van de $H_{0,1\%}$ en volledige reflectie
- Aanvaarbalk sluit en opent gelijktijdig met keermiddel.
- Beweging in horizontale en verticale richting niet mogelijk door inklemming aan weerszijden.

Opmerking: de aanname dat de balk in verticale richting is ingeklemd resulteert in een significante overschatting van de kracht in Z-richting. In de praktijk drijft de balk en beweegt deze mee met de golven.

Tabel 6-16 - Kracht op aanvaarbalk

Herhalingfrequentie [1/jaar]	Kracht in X-richting (in knoop reflectie op sluis) [kN/m]	Kracht in Z-richting (in buik reflectie op keermiddel) [kN/m]
1/1	15.4	15.4
1/10	19.3	19.3
1/100	19.0	19.0
1/10.00	18.7	18.7
1/10.000 (maatgevend laagwater / voorfront)	26.2	26.2
1/10.000	19.7	19.7

6.8.2 Dynamisch gedrag

Inschatting dynamisch gedrag balk op basis van de golf frequentie en de eigenfrequentie. Ten aanzien van de schematisatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd;

- Aanvaarbalk kan vrij bewegen in verticale richting.
- Beweging in horizontale richting is niet mogelijk door inklemming aan weerszijden.
- Bepaling beddingconstante door middel van bepaling benodigde kracht om aanvaarbalk in rusttoestand 10 cm naar beneden te drukken
- Massa aanvaarbalk 32 ton inclusief aangroei
- Added mass aanhangend water 0,4 x massa balk

Op basis van de analyse (zie bijlage 1.11 in ASD-BER-) wordt geconcludeerd dat de eigenfrequentie van de balk circa 0,5 Hz is.

- Dit ligt nabij de golffrequentie van 0,29 à 0,38 Hz behorende bij de contractueel voorgeschreven randvoorwaarden.
- De beddingconstante varieert met de diepgang van de balk en is dus niet constant.
- Resonantie valt niet zondermeer uit te sluiten
- Verwacht mag worden dat de verticale uitwijking van de balk circa 1,1 maal de lokale golfhoogte bedraagt.

6.9 Realisatiefase

De hydraulische randvoorwaarden tijdens de realisatie zijn voorgeschreven in Rijkswaterstaat, 2017a en aanbestedingsverklaringen (vraagnummer VR-0143, datum 25 mei 2017). De maatgevende belasting door hoogwater in de uitvoeringsfase is gelijk aan de Hydraulische Randvoorwaarden (HR) met zichtjaar 2020 en een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Dit komt doordat in de uitvoeringsfase de schutsluis nog steeds de functie van primaire waterkering heeft. Voor werkzaamheden tijdens de zomerperiode (van 1 april tot 15 oktober) is het voor hoogwater op de Waddenzee toegestaan om de gereduceerde HR te gebruiken, door het verlagen van de maatgevende hoogwaterstanden op de Waddenzee met 1,25 m. Buiten deze reductie moet er rekening gehouden worden met de golfcondities die horen bij een storm met overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 jaar. Volgens de voorgeschreven hydraulische randvoorwaarden (Rijkswaterstaat, 2017a) mogen de golfparameters niet worden verlaagd en blijven deze gelijk aan de uitgangspunten gepresenteerd in de hydraulische condities (zie Tabel 5-4).

6.9.1 Hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen op de keersluizen zijn als volgt:

- Golfdrukken op de verticale keersluizen:
 - o Golfdruk op waterniveau (P_1);
 - o Golfdruk op kruinniveau (P_2);
 - o Druk op onderkant constructie (P_3).
- De totale horizontale golfbelasting op de keersluizen ($F_{\text{horizontaal}}$).

De definities van de belastingen zijn weergegeven in Figuur 6-2. De maatgevende belastingen voor het zichtjaar 2020 met een overschrijdingsfrequenties van 1/10.000 per jaar voor het KNMI W+ scenario voor de keersluizen bij Den Oever zijn gepresenteerd in tabel 6-16.

Tabel 6-16 Belastingen met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar voor de bouwfase met zichtjaar 2020

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting W+ Bouwfase - 1 Hoog water	Golfbelasting W+ Bouwfase - 2 Laag water
Frequentie	-	jaar ⁻¹	1/10.000	1/10.000
Druk niveau waterlijn	h ₁	m t.o.v. NAP	4,90	3,65
Druk niveau kruin	h ₂	m t.o.v. NAP	7,00	7,00
Druk onderkant constructie / bodem	h ₃	m t.o.v. NAP	-5,10	-5,10
Druk op waterniveau	P ₁	kN/m ²	14,07	14,35
Druk op kruinniveau	P ₂	kN/m ²	5,48	0,44
Druk onderkant constructie	P ₃	kN/m ²	3,69	4,63
Totale horizontale golfbelasting	F _{horizontaal}	kN/m ¹	109,3	107,9

Bijlage 1. Golfdruk berekeningen

Tabel 6-16 Golfdrukberekeningen met invoer, tussenresultaten en eindresultaten (zichtjaar 2120, zichtjaar bouwfase 2020)

Input	Parameter	Eenheid	Den Oever keersluis UGT - 1	Den Oever keersluis UGT - 2	Den Oever keersluis Bouwfase - 1 H water
Havendam scenario			A	A	A
Overschrijdingsfrequentie		[jaar ⁻¹]	1/10.000 (W+)	1/10.000 (Veerman)	1/10.000 (W+)
Significante golfhoogte	H _s	[m]	1,32	1,38	1,25
Verhouding H_{0.1%}/H_s	H _{max} /H _s	[-]	1,83	1,83	1,83
Piek golfperiode	T _p	[s]	3,95	4,09	4,55
Hoek van inval op dijk uit HR-documenten	β	[°]	0	0	0
Waterstand	DWL	[m t.o.v. NAP]	5,9	6,5	4,9
Kruinhoogte	h _{crest}	[m t.o.v. NAP]	7,0	7,0	7,0
Bermhoogte (drempel) incl, bodemdaling	h _{berm}	[m t.o.v. NAP]	-5,1	-5,1	-5,1
Bodem voor berm/drempel	h _b	[m t.o.v. NAP]	-5,1	-5,1	-5,1
Bodemhoogte op 5*Hd	h _{bodem,5Hd}	[m t.o.v. NAP]	-5,1	-5,1	-5,1
Bermbreedte	B _m	[m]	0	0	0
Waterdiepte voor constructie	h	[m]	11	11,6	10
Waterdiepte boven berm/drempel	D	[m]	11	11,6	10
Waterdiepte boven funderingsvlak van de constructie	h'	[m]	11	11,6	10
Kruinhoogte boven waterlijn	R _c	[m]	1,1	0,5	2,1

Waterdiepte op 5 Hd van de wand	h_b	[m]	11	11,6	10
Totale hoogte deur	$h_{constructie}$	[m]	12,1	12,1	12,1
Golflengte	L	[m]	24,20	25,93	31,19
λ_1	-	-	1	1	1
λ_2	-	-	1	1	1
a_1	-	-	0,601	0,601	0,610
a_2	-	-	0	0	0
a_3	-	-	0,115	0,120	0,262
a^*	-	-	0,000	0,000	0,000
a_1	-	-	-0,001	-0,001	-0,001
a_{10}	-	-	0,220	0,218	0,229
a_{11}	-	-	-0,002	-0,002	-0,002
d_1	-	-	-6,552	-6,552	-6,552
d_{11}	-	-	-0,328	-0,328	-0,328
d_2	-	-	-2,523	-2,523	-2,523
d_{22}	-	-	-0,515	-0,515	-0,515
U_{Fh}	-	-	1,00	1,00	1,00
H_{design}	-	[m]	2,417	2,526	2,292
η^*		[m]	3,63	3,79	3,44
Dichtheid water	r_w	[kg/m ³]	1025	1025	1025
Zwaartekracht	g	[m/s ²]	9,81	9,81	9,81
Golfdrukken					
Druk niveau waterlijn	$P_{1,h}$	[m t.o.v. NAP]	5,9	6,5	4,9
Druk niveau kruin	$P_{2,h}$	[m t.o.v. NAP]	7,00	7,00	7,00
Druk onderkant constructie / bodem	$P_{3,h}$	[m t.o.v. NAP]	-5,1	-5,1	-5,1
Druk op waterniveau	P_1	[kN/m ²]	14,60	15,26	14,07

Druk op kruinniveau	P ₂	[kN/m ²]	10,17	13,25	5,48
Druk onderkant constructie	P ₃	[kN/m ²]	1,67	1,83	3,69
Totale horizontale kracht	F _h	[kN/m ¹]	103,1	106,3	109,3

In beginsel zijn de krachten de horizontale golfdrukken tot waterniveau (P₁), horizontale drukken tot kruinniveau (P₂) en de totale horizontale druk tot onderkant constructie (P₃) de relevante belastingen op de constructie:

$$p_1 = 0,5 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 \alpha_1 + \lambda_2 \alpha_* * p_1$$

$$p_2 = \begin{cases} \left(1 - \frac{R_c}{\eta^*}\right) * p_1, & \eta^* > R_c \\ 0, & \eta^* \leq R_c \end{cases}$$

$$p_3 = \alpha_3 * p_1$$

$$F_{\text{horizontaal}} = U_{F_h} * ((p_1 + p_2)R_c + \frac{1}{2} * p_3)$$

De parameters in de golfdrukken zijn als volgt berekend:

- $\lambda_{1,2} = \text{modificatie factoren; verticale constructie} = 1,00;$
- $\alpha_1 = \text{modificatie factor; verticale constructie} = 0,6 + 0,5 * \left(\frac{\frac{4\pi h_s}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi h_s}{L}\right)}\right)^2;$
- $\alpha_2 = \text{modificatie factor; verticale constructie} = \min \left\{ \frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_{\text{design}}}{d}\right)^2; \frac{2d}{H_{\text{design}}}\right\};$
- $\alpha_3 = \text{modificatie factor; verticale constructie} = 1 - \frac{R_c}{h_s} * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi h_s}{L}\right)}\right);$
- $\alpha_* = \text{modificatie factor voor golfdruk } p_1 = \max\{\alpha_2;\alpha_1\};$
- $\alpha_l = \alpha_{l0} * \alpha_{l1};$
- $\alpha_{l0} = \begin{cases} \frac{H_{\text{design}}}{d}, & \frac{H_{\text{design}}}{d} \leq 2 \\ 2,0, & \frac{H_{\text{design}}}{d} > 2 \end{cases};$
- $\alpha_{l1} = \begin{cases} \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)}, & \delta_2 \leq 0 \\ 1, & \delta_2 > 0 \end{cases};$
- $\delta_1 = \begin{cases} 20 * \delta_{11}, & \delta_{11} \leq 0 \\ 15 * \delta_{11}, & \delta_{11} > 0 \end{cases};$

- $\delta_{11} = 0,93 \left(\frac{B_m}{L} - 0,12 \right) + 0,36 * \left(\frac{h_s - d}{h_s} - 0,6 \right);$
- $\delta_2 = \begin{cases} 4,9 * \delta_{22}, & \delta_{22} \leq 0 \\ 3 * \delta_{22}, & \delta_{22} > 0 \end{cases};$
- $\delta_{22} = -0,36 * \left(\frac{B_m}{L} - 0,12 \right) + 0,93 * \left(\frac{h_s - d}{h_s} - 0,6 \right);$
- $H_{design} = design\ wave\ height; = \frac{H_{0,1\%}}{H_s} * H_s$ (Battjes & Groenendijk, 2000); zie Tabel 6-17
- $\eta^* = oppervlakteuitwijking\ vlakbij\ de\ vertical\ constructie; = 0,75 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 * H_{des}$;
- $U_{F_h} = veiligheidsfactor\ voor\ de\ horizontale\ golfbelasting$

De verhouding $H_{0,1\%} / H_s$ is als volgt bepaald aan de hand van Battjes & Groenendijk, 2000:

Tabel 6-17 Berekening van de ontwerpgolfhoogte met invoer, tussenresultaten en eindresultaten (Battjes & Groenendijk, 2000)

Input	Parameter	Eenheid	Den Oever keersluis UGT - 1	Den Oever keersluis UGT - 2	Den Oever keersluis Bouwfase water
Overschrijdingsfrequentie		[jaar ⁻¹]	1/10.000 (W+)	1/10.000 (Veerman)	1/10.000 (W+)
Significante golfhoogte	H _s	[m]	1,32	1,38	1,25
Piek golfperiode	T _p	[s]	3,95	4,09	4,55
Waterstand	d	[m]	11,00	11,60	10,00
Helling	α	°	100000	100000	100000
Eerste orde moment energiespectrum	m ₀	[m ²]	0,330	0,345	0,313
Golfhoogte - Root Mean Square	H _{rms}	[m]	0,92	0,96	0,87
Transitie golfhoogte	H _{tr}	[m]	3,851	4,061	3,501
Genormaliseerde transitie golfhoogte	H _{tr} '	-	4,19	4,22	4,01
Genormaliseerde golfhoogte met 0.1% overschrijdingskans (opzoeken in tabel)	H _{0.1%} '	-	2,63	2,63	2,63
Golfhoogte met 0.1% overschrijdingskans	H _{0.1%}	[m]	2,42	2,53	2,29
Verhouding H_{0.1%} / H_s	H _{0.1%} / H _s	-	1,831	1,831	1,834

De parameters zijn als volgt berekend:

- $m_0 = \left(\frac{H_s}{4}\right)^2$;
- $H_{rms} = \left(2,69 + 3,24 \frac{\sqrt{m_0}}{DWL}\right) \sqrt{m_0}$;
- $H_{tr} = (0,35 + 5,8 \tan(\alpha)) * DWL$;
- $H'_{tr} = \frac{H_{tr}}{H_{rms}}$;

Bijlage 2. Overslagberekeningen

Tabel 6-18 Invoer en eindresultaten voor de kruinhoogtes van de keersluizen bij Den Oever

Input	Parameter	Eenheid	Den Oever keersluis 2120 W+ 1/10.000	Den Oever
Havendam scenario / uitvoerpunt	-	-	A / 29	
Significante golfhoogte	H_s	[m]	1,32	
Spectrale golfperiode	$T_{m-1,0}$	[s]	3,59	
Hoek van inval	β	[°]	0	
Bodemhoogte	h_{bed}	[m t.o.v. NAP]	-5	
Bodemhoogte incl bodemdaling	$h_{bed, bodemdaling}$	[m t.o.v. NAP]	-5,1	
Ontwerp waterstand	DWL	[m t.o.v. NAP]	5,9	
Bermniveau	h_{berm}	[m t.o.v. NAP]	-5	
Kruinniveau	h_{crest}	[m t.o.v. NAP]	6,40	
Invoed voorland	-	-	Geen	
Ontwerp of vergelijking met metingen	-	-	Ontwerp	
Output				
Golfenlengte	$L_{m-1,0}$	[m]	20,1	
Golfsteilheid	$S_{m-1,0}$	[-]	0,066	
Freeboard	R_c	[m]	0,5	
Waterdiepte	h	[m]	10,93	
Waterdiepte op berm	d	[m]	10,93	
Relatieve waterdiepte	d/h	[-]	1,00	
Relatieve freeboard	R_c/H_{m0}	[-]	0,36	
Invoed van de schuin invallende golven	$\gamma\beta$	[-]	1,00	
Golf breken check	$h^2/(H_{m0}L_{m-1,0})$	[-]	4,50	
	$h.d/(H_{m0}L_{m-1,0})$	[-]	4,50	
Type constructie				Verticaal
Mogelijk golfbreking op verticale constructie				Nee
Mogelijk golfbreking op composiet constructie				Ja
Gemiddelde overslagdebieten	q	[l/s/m]	128	

Voor de overslagberekeningen bij de keersluis Den Oever is gebruik gemaakt van de volgende **ontwerp**formule (U.S. Army Corps of Engineers):

$$\frac{q}{\sqrt{g * H_s^3}} = 0,054 * \exp\left(-\left(2,12 * \frac{R_c}{H_s}\right)^{1,3}\right)$$

Bijlage 3. Waterstanden en vervallen

Tabel 6-19 Waterstanden en vervallen voor hoogwater Waddenzee - laagwater IJsselmeer

Hoogwater Waddenzee - laagwater IJsselmeer											
Zichtjaar (scenario)	2020 (KNMI W+)					2120 (KNMI W+)					2
Peilstijging Waddenzee [m]	0,07					1,05					
Peilstijging IJsselmeer [m]	0,00					0,60					
Den Oever											
	2020 (KNMI W+)					2120 (KNMI W+)					
Overschrijdingsfrequentie [jaar ⁻¹]	1/1	1/100	1/200	1/1.000	1/10.000	1/1	1/100	1/200	1/1.000	1/10.000	1/1
Waterstand Waddenzee [m t.o.v. NAP]	2,57	3,91	4,08	4,48	5,00	3,55	4,89	5,06	5,46	5,98	4,04
Waterstand IJsselmeer [m t.o.v. NAP]	-0,62	-0,94	-0,98	-1,09	-1,21	-0,01	-0,34	-0,38	-0,49	-0,61	-0,01
Verval [m]	3,19	4,85	5,06	5,57	6,21	3,56	5,23	5,44	5,95	6,59	4,05

Tabel 6-20 Waterstanden en vervallen voor hoogwater IJsselmeer - laagwater Waddenzee

Hoogwater IJsselmeer - laagwater Waddenzee											
Zichtjaar (scenario)	2020 (KNMI W+)					2120 (KNMI W+)					2
Peilstijging Waddenzee	0,07					0,67					
Peilstijging IJsselmeer	0,00					0,60					
Den Oever (regressie)											
	Zichtjaar 2020 (KNMI W+)					zichtjaar 2120 (KNMI W+)					
Overschrijdingsfrequentie [jaar ⁻¹]	1/1	1/100	1/200	1/1.000	1/10.000	1/1	1/100	1/200	1/1.000	1/10.000	1/1
Waterstand IJsselmeer [m t.o.v. NAP]	-0,30	-0,14	-0,12	-0,07	0,01	0,30	0,46	0,48	0,53	0,61	0,30
Waterstand Waddenzee [m t.o.v. NAP]	-1,50	-2,28	-2,39	-2,66	-3,03	-0,90	-1,68	-2,39	-2,06	-2,43	-0,90
Verval [m]	1,20	2,14	2,27	2,59	3,04	1,20	2,14	2,87	2,59	3,04	1,20

Den Oever (advies)	Zichtjaar 2020 (KNMI W+)					zichtjaar 2120 (KNMI W+)					
Overschrijdingsfrequentie [jaar ⁻¹]	1/1	1/100	1/200	1/1.000	1/10.000	1/1	1/100	1/200	1/1.000	1/10.000	1/1
Waterstand IJsselmeer [m t.o.v. NAP]	0,33	0,79	0,85	0,99	1,21	0,93	1,39	1,45	1,59	1,81	0,93
Waterstand Waddenzee [m t.o.v. NAP]	-0,88	-1,35	-1,42	-1,60	-1,83	-0,28	-0,75	-0,82	-1,00	-1,23	-0,28
Verval [m]	1,21	2,14	2,27	2,59	3,04	1,21	2,14	2,27	2,59	3,04	1,21

Tabel 6-21 Maatgevende waterstanden voor ijsbelasting IJsselmeerszijde. Deze waarden komen uit Levvel 2018b (ASD-MEM-0080) voor uitvoerlocatie faalmechanisme "Golfklap".

Waddenzeezijde			2050			2120		
Locatie	lage of hoge waterstand	Frequentie	waterstand incl. robuustheidstoelag en meerpeilstijging	Meerpeil stijging	Ontwerp Waterstand IJsselbelasting	waterstand incl. robuustheidstoelag en meerpeilstijging	Meerpeil stijging	Ontwerp Waterstand IJsselbelasting
		[1/jaar]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]
Den Oever	lage waterstand	n.v.t.	-0,4	0	-0,4	-0,4	0	-0,4
	hoge waterstand	100	1,0	0	1,0	1,6	0,6	1,6

Tabel 6-22 Maatgevende waterstanden voor ijsbelasting Waddenzeezijde voor keersluis Den Oever. De hoge waterstanden komen uit tabel E1.1 uit F waterstanden zijn gelijk aan LAT uit Rijkswaterstaat, 2013, pagina 34 en 35. Ook de gemiddelde waterstand SWL komt uit Rijkswaterstaat, 2013, pa

Waddenzeezijde		2020					2050			2120 W+		
Locatie	lage of hoge waterstand	Frequentie	waterstand incl. surge	SWL	Surge	gereduceerde surge	Zeespiegelrijzing	waterstand incl. surge	Ontwerp Waterstand IJsbelasting	Zeespiegelrijzing	waterstand incl. surge	Ontwerp Waterstand IJsbelasting
		[1/jaar]	[m+NAP]	[m+NA P]	[m]	[m]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]
Den Oever	lage waterstand	n.v.t	-1,15	n.v.t	n.v.t	n.v.t	0	n.v.t	-1,15	0	n.v.t	-1,15
	hoge waterstand	100	3,70	0,11	3,59	3,23	0,28	4,00	3,64	0,98	4,7	4,34

Tabel 6-23 Quasi-hydrostatische golfdrukken op puntdeuren van de Keersluis bij Den Oever voor 1/10000 per jaar storm Waddenzeezijde met zichtj ASD-BER-0286, bijlage 1.9 (Level, 2019a)

				Golfbelasting 1/10.000 per jaar W							
Omschrijving	Parameter	Eenheid	Referentie								
Begin tijd	tbegin	[s]	Invoer	0	14727	29455	44182	58909	73636	88364	
Eind tijd	teind	[s]	Invoer	14727	29455	44182	58909	73636	88364	103091	
Duur van klasse	T	[s]	Invoer	14727	14728	14727	14727	14727	14728	14727	
Waterstand Waddenzee	h_wad	[m t.o.v. NAP]	Vervallen	1,08	2,01	3,67	3,52	4,36	5,90	4,36	
Waterstand IJsselmeer	h_ijs	[m t.o.v. NAP]	Vervallen								
Golfperiode	Tm-1,0	[s]	RVW	1,65	2,07	2,63	3,13	3,46	3,59	3,46	
Aantal golven	N	[-]		8935	7117	5598	4704	4252	4103	4252	
Golfdruk niveau waterlijn	p1,h	[m t.o.v. NAP]	Goda	1,08	2,01	3,67	3,52	4,36	5,90	4,36	
Golfdruk niveau totale constructie	p2,h	[m t.o.v. NAP]	Goda								
Golfdruk niveau onderkant deur / bodem	p3,h	[m t.o.v. NAP]	Goda								
				-5,10	-5,10	-5,10	-5,10	-5,10	-5,10	-5,10	
Druk op waterniveau	p1	[kN/m2]	Goda	3,01	4,79	7,77	11,11	13,65	14,60	13,65	
Druk op kruinniveau constructie	p2	[kN/m2]	Goda	0,00	0,00	0,00	0,00	5,43	12,59	5,43	
Druk op onderkant deur / bodem	p3	[kN/m2]	Goda	0,00	0,04	0,23	1,17	1,92	1,67	1,92	

Bijlage 4. TIS formulier



Toetsingsformulier ingediende documenten Project Afsluitdijk			N-00226-CTG
Project onderdeel :	Uitgangspuntenrapporten Hydraulische belastingen		
Document nr.		TF nr :	/012-M
Toetser :		Datum :	17 april 2020

Overzicht getoetste documenten

Document ID	versie	titel	status	datum
ASD-ONO-0028	B.04	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – bestaande spuisluizen Kornwerderzand	GC/TK	04/12/2019
ASD-UNO-0023	D	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – bestaande spuisluizen Den Oever	GC/TK	25/10/2019
ASD-UNO-0024	E	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – spuigroepen 1.6 en 1.7	GC/TK	11/03/2020
ASD-UNO-0025	E.02	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – pompgroepen Den Oever	GC/TK	03/03/2020
ASD-UNO-0026	F.01	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – Keersluis Den Oever	GC/TK	17/04/2020
ASD-UNO-0101	A.07	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen : keersluis KWZ	GC/TK	06/11/2019
ASD-BER-0286	C.01	Berekening Hydraulische belastingen Keersluis Den Oever	GC/TK	17/04/2020
ASD-BER-0287	B	Berekening Hydraulische belastingen BSM Den Oever	GC/TK	25/10/2019
ASD-BER-0288	A	Rapportage hydraulische belastingen NSM Spuigroepen Den Oever	GC/TK	04/02/2020
ASD-BER-0289	A	Rapportage hydraulische belastingen pompgroepen Den Oever	GC/TK	19/11/2019
ASD-BER-0290	0.02	Rapportage DO Keersluis KWZ Hydraulische belastingen	GC/TK	06/11/2019
ASD-BER-0291	0.02	Berekening Hydraulische belastingen BSM Kornwerderzand	GC/TK	04/12/2019

Overzicht getoetste tekeningen

Document ID	versie	titel	status	datum

Status :	OO	Openstaande Opmerking // bevinding
	NT	Nadere Toelichting gevraagd
	AP	AandachtsPunt voor vervolgtraject
	GC	Geen Commentaar // opmerkingen opgelost
	TK	Ter Kennisname // geen scope van toetsing



Toetsingsformulier ingediende documenten		N-00226-CTG	
Project Afsluitdijk			
Project onderdeel :	Uitgangspuntenrapporten Hydraulische belastingen		
Document nr.		TF nr :	/012-M
Toetser :		Datum :	17 april 2020

Inhoud van de toetsing :

- Validatie van de invoerwaarden
 - Materiaaleigenschappen
 - Belastingaannames
 - Grondparameters
- Validatie van de duurzaamheid
 - Betondekking
 - Betonsamenstelling/milieuklasse
 - Scheurwijdtebepaling
 - Andere : corrosie damwanden
- Validatie van de eindresultaten d.m.v.
 - Vereenvoudigd schaduwmodel door gebruik makend van software : damwandberekening dmv programma Sheet (intern ontwikkeld programma op basis van verenmodel)
 - Uitgebreid schaduwmodel door gebruik makend van software :
 - Handmatige verificatie
 - Verificatie t.o.v. referentiemodel nr.

Detail van het schaduwmodel of handmatige validatie :

- In rekening gebrachte belastingen
 - Eigengewicht
 - Gebruiksbelasting :
 - Verkeersbelasting volgens NEN-EN 1991
 - Spoor- en treinbelasting volgens NEN-EN 1991 + NB + OVS
 - Windbelasting volgens ...
 - Sneeuwbelasting volgens ...
 - Uitzonderlijke belasting volgens ...
 - Overige belastingen : ...
- Belastingcombinaties volgens NEN-EN 1990 + NB
- Uiterste grenstoestand / bezwijkgrenstoestand
- Gebruiksgrenstoestand
- Parameterstudie :

Bijkomende inlichtingen :

- Inhoudelijke toetsing betreffende hydraulische belastingen bij de bestaande spuisluizen Kornwerderzand
- [Toetsing revisie document op aanpassingen en uitbreidingen ten aanzien van voorgaande versie, waarop geen bijkomende bijzondere tekortkomingen worden vastgesteld.](#)



Toetsingsformulier ingediende documenten		N-00226-CTG	
Project Afsluitdijk			
Project onderdeel :	Uitgangspuntenrapporten Hydraulische belastingen		
Document nr.		TF nr :	/012-M
Toetser :		Datum :	17 april 2020

Ref : ASD-ONO-0028-v.B.04 : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–bestaande spuisluizen Kornwerderzand
ASD-UNO-0023-v.D : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–bestaande spuisluizen Den Oever
ASD-UNO-0024-v.E : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–spuigroepen 1.6 en 1.7
ASD-UNO-0025-v.E.02 : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–pompgroepen Den Oever
ASD-UNO-0026-v.F.01 : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–Keersluis Den Oever
ASD-UNO-0101-v.A.07 : Uitgangspunten rapport Hydraulische belastingen : keersluis Kornwederzand
ASD-BER-0286-v.C.01 : Berekening Hydraulische belastingen – keersluis Den Oever
ASD-BER-0287-v.B : Berekening Hydraulische belastingen – BSM Den Oever
ASD-BER-0288-v.A : Rapportage Hydraulische belastingen NSM spuigroepen Den Oever
ASD-BER-0289-v.A : Rapportage Hydraulische belastingen pompgroepen BSM Den Oever
ASD-BER-0290-v.02 : Rapportage DO keersluis Kornwederzand, hydraulische belastingen
ASD-BER-0291-v.0.02 : Berekening Hydraulische belastingen – BSM Kornwerderzand

Opmerking :

Datum: 17/04/2020

Op bovenstaand document zijn er geen inhoudelijke technische tekortkomingen vast te stellen, voor deze fase van het ontwerp. Is hoofdzakelijk input voor het vervolgproces.

Commentaar LEVVEL :

Datum:

Commentaar Seconded :

Datum: 17/04/2020

afgerond