



Effect sluisstremmingen sluizencomplex Terneuzen

Rapport

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie

27 februari 2023

Project Effect sluisstremmingen sluisencomplex Terneuzen
Opdrachtgever Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie
Contactpersonen Eric van Zanten en Laurens Hermans

Document Rapport
Status Definitief
Datum 27 februari 2023
Referentie 133870/23-003.446

Projectcode 133870
Projectleider Ir. L. Elzinga
Projectdirecteur Ir. P. Quist

Auteur(s) Ir. I. Koevoets
Gecontroleerd door Ir. L. de Boom, Ir. L. Elzinga
Goedgekeurd door Ir. L. Elzinga

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Blaak 16
Postbus 2397
3000 CJ Rotterdam
+31 (0)10 244 28 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCTIE | 5 |
| 1.1 | Aanleiding | 5 |
| 1.2 | Doel van het onderzoek en aanpak | 5 |
| 1.3 | Locatiebeschrijving | 6 |
| 1.4 | Leeswijzer | 7 |
| 2 | DATA VOOR DE SIMULATIES | 8 |
| 2.1 | Situatie Terneuzen | 8 |
| 2.2 | Karakteristieken van de sluiskolken | 9 |
| 2.3 | Vlootbeschrijving | 10 |
| 2.4 | Beslisregels toewijzing sluiskolken | 14 |
| 2.5 | Omgevingscondities | 15 |
| 3 | OPZET MODEL SLUIZENCOMPLEX TERNEUZEN | 17 |
| 3.1 | Introductie | 17 |
| 3.2 | Verschillen tussen de werkelijkheid en het model | 17 |
| 3.3 | Modelopzet | 18 |
| 3.4 | Kalibratie | 19 |
| 3.5 | Resultaten kalibratie | 20 |
| 3.6 | Ombouw model naar toekomstige situatie | 21 |
| 4 | SIMULATIE STREMMINGSSCENARIO'S | 23 |
| 4.1 | Beschrijving stremmingsscenario's | 23 |
| 4.2 | Resultaten per stremmingsscenario | 26 |
| 4.3 | Inzicht in ontstaan en oplossen van wachtrijen | 33 |
| 4.4 | Kolkvullingen | 35 |
| 4.5 | Workshop | 38 |
| 4.6 | Inzicht effecten aanvullende simulaties | 39 |
| 4.7 | Conclusies | 40 |

| | | |
|-----|---|------------------------|
| 5 | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 42 |
| 6 | REFERENTIES | 44 |
| | Laatste pagina | 44 |
| | Bijlage(n) | Aantal pagina's |
| I | Toegestane scheepvaartklassen per kolk | 2 |
| II | Resultaten simulaties variatie per replicatie | 3 |
| III | Resultaten simulaties gesorteerd op schutwaterverlies | 3 |

1

INTRODUCTIE

1.1 Aanleiding

Er wordt bij het sluisencomplex Terneuzen een nieuwe sluis kolk gerealiseerd: de Nieuwe Sluis Terneuzen (NST). Hiermee wordt het Kanaal Gent-Terneuzen beter bereikbaar voor binnenvaart en grote zeevaart. Het beheer van het kanaal en met name de waterstanden, moet worden afgestemd op de schuttingen van de Nieuwe Sluis Terneuzen. Het kanaal is een droogtegevoelig systeem. Waar waterschaarste in de zomer kan ontstaan door een tekort aan wateraanvoer vanaf de Leie en de Schelde in verhouding tot het waterverlies door schuttingen bij sluisencomplex Terneuzen.

Met het in gebruik nemen van de NST neemt het risico op peilonderschrijdingen op het kanaal toe. De NST heeft veel grotere afmetingen dan de bestaande kolken van het sluisencomplex, waardoor er per schutting van deze nieuwe kolk meer waterverlies op kan treden. Daarnaast zal naar verwachting de snellere afhandeling van schepen in Terneuzen leiden tot meer scheepvaartverkeer.

Bij dreigende peilonderschrijdingen worden één of meerdere sluis kolken gedurende een aantal uren rondom laag water gestremd. Hierdoor neemt de capaciteit van het sluisencomplex gedurende een aantal uur per dag (flink) af. Door klimaatverandering gecombineerd met het grotere waterverlies aan de sluisencomplex zal deze situatie in te toekomst zich waarschijnlijk frequenter voordoen. De verwachting is dat dit tot oplopende wachttijden leidt voor scheepvaart en daardoor tot meer hinder.

1.2 Doel van het onderzoek en aanpak

Het doel van het onderzoek wat in het voorliggende rapport is gepresenteerd, is het bepalen en kwantificeren van de effecten van sluisstremmingen op scheepvaart. Deze effecten worden bepaald door middel van een simulatiestudie. Hiervoor is in SIVAK (Simulatiepakket voor verkeersafwikkeling bij kunstwerken) een model opgesteld van het sluisencomplex Terneuzen. In deze studie wordt gebruik gemaakt van SIVAK III, versie 1.5.2.

Het model is opgebouwd en gekalibreerd met data van de zomer van 2021. Vervolgens is het omgebouwd naar de toekomstige situatie om de situatie met de NST te modelleren. Hierdoor kon het model gebruikt worden om scenario's met verschillende stremmingen te simuleren.

De simulatiestudie richt zich enkel op het sluisencomplex zelf. Het effect van de stremmingen op ondersteunende diensten rondom het sluisencomplex en de omliggende infrastructuur zoals wachtplaatsen en bruggen op het Kanaal tussen Gent en Terneuzen is enkel kwalitatief beschreven.

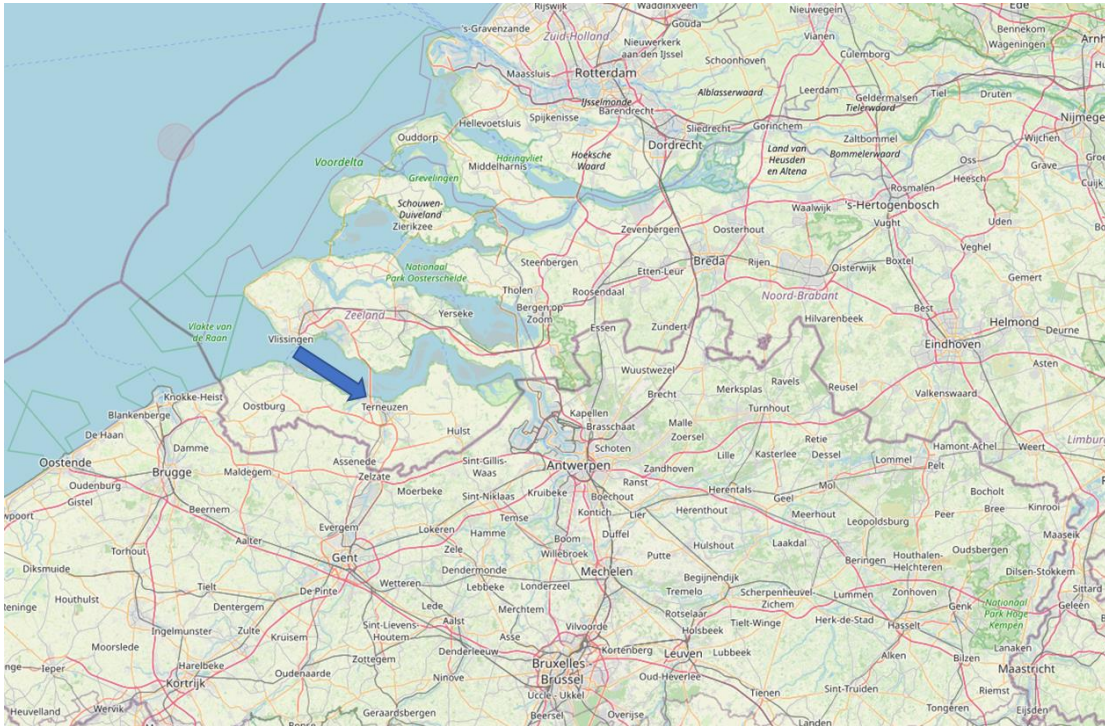
In SIVAK kijkt het wachten van schepen af van de werkelijkheid. In werkelijkheid wordt voor sluisencomplex Terneuzen de GTI-Tool gebruikt. Schepen reserveren hierin een slot voor een passagemoment. Scheepvaart wacht daardoor niet bij het sluisencomplex zelf maar komt vaak precies op tijd aan om zonder te wachten de kolk in te varen. Het daadwerkelijke wachten vindt dus eerder plaats (bijvoorbeeld op zee) of de vaarsnelheid wordt aangepast om wachttijd te vermijden. In SIVAK wordt geen gebruik gemaakt van de GTI-Tool, schepen worden gegenereerd en varen direct naar het sluisencomplex toe. Indien schepen moeten wachten, wachten

zij bij het sluiscomplex. Voor deze periode wordt in dit rapport de term 'wachttijd' gebruikt. De wachttijd gaat in op het moment dat het schip bij de sluis arriveert en eventueel afmeert. De wachttijd eindigt op het moment dat de sluisdeuren sluiten voor de schutting van het schip. De invaartijd wordt dus geregistreerd als onderdeel van de wachttijd. De schuttijd (nivelleertijd en tijd voor open/sluiten deuren) is geen onderdeel van de wachttijd.

1.3 Locatiebeschrijving

Het sluiscomplex Terneuzen ligt ten westen van de stad Terneuzen in Zeeuws-Vlaanderen. Het sluiscomplex verbindt de Westerschelde met het Kanaal Gent-Terneuzen. De locatie van het sluiscomplex is weergegeven in afbeelding 1.1. Een uitgebreidere beschrijving van het sluiscomplex is opgenomen in hoofdstuk 2.

Afbeelding 1.1 Locatie sluiscomplex Terneuzen, (bron: openstreetmap)



1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de resultaten van de data-analyse, hierin zijn de gegevens van het sluiscomplex en de scheepvaartintensiteit gepresenteerd. In hoofdstuk 3 wordt de modelopbouw beschreven. In hoofdstuk 4 volgen de resultaten van de simulaties. Vervolgens worden in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen gegeven. De gebruikte referenties in dit rapport zijn opgenomen in het hoofdstuk 6.

2

DATA VOOR DE SIMULATIES

Dit hoofdstuk beschrijft de situatie rondom het sluisencomplex Terneuzen. De karakteristieken van de kolken in dit sluisencomplex zijn beschreven. Daarnaast is de scheepsvaartvloot die het sluisencomplex passeert beschreven.

2.1 Situatie Terneuzen

Het sluisencomplex Terneuzen vormt de verbinding tussen het Kanaal Gent-Terneuzen en de Westerschelde. Het sluisencomplex is de toegang tot de havens van Gent en Terneuzen. In 2015 is besloten om een nieuwe kolk te realiseren voor dit sluisencomplex. De Nieuwe Sluis Terneuzen wordt momenteel gebouwd en scheepvaart kan in de nabije toekomst gebruik maken van deze nieuwe kolk.

In afbeelding 2.1 is de toekomstige situatie van het sluisencomplex te zien met de NST. Deze sluis vervangt de Middensluis, welke in oktober 2021 buiten bedrijf is gesteld. De ligging van de Middensluis is indicatief weergegeven in afbeelding 2.1. Ook de overige 2 sluiskolken, de Westsluis en de Oostsluis zijn in de afbeelding aangegeven.

Aan de buitenzijde (noord) bevindt zich de Westerschelde en aan de binnenzijde (zuid) het Kanaal Gent-Terneuzen.

Afbeelding 2.1 Overzicht sluisencomplex Terneuzen, bron (VNSC, aangevuld met bijschriften)



Voor het simuleren van de vaart van en naar het sluisencomplex is het van belang om de kenmerken van het aangrenzende deel van de vaarweg mee te nemen. De afmetingen van de omliggende vaarweg

zijn hiervoor van belang. Hiervoor wordt het smalste deel van de waterweg aangehouden. Dit smalste deel is voldoende breed om de maatgevende schepen van het sluisencomplex 240 x 34 m (lengte x breedte) te accommoderen. In tabel 2.1 zijn de in SIVAK ingevoerde karakteristieke van de aangrenzende vaarwegen weergegeven. In SIVAK is het van belang dat schepen op enige afstand van het sluisencomplex worden gegeneerd, zodat schepen ruim voor het sluisencomplex in een schutting kunnen worden ingedeeld. Daarom is een lengte van de aangrenzende vaarwegen van 8 km aangehouden. In deze aangrenzende vaarwegwegen zijn de aanwezig objecten (zoals bijvoorbeeld de bruggen op het Kanaal Gent-Terneuzen) niet meegenomen. Scheepvaart kan in het model ongehinderd naar het sluisencomplex varen.

Tabel 2.1 Karakteristieken aangrenzende vaarwegen

| | Minimale Breedte | Bodemniveau | Maximum snelheid (km/uur) | Lengte | Waterstanden |
|------------------------------|------------------|--------------|---------------------------|--------|--|
| buitenhaven (noord) | 150 m | NAP -16,5 m | 20 | 8 km | variabel |
| Kanaal Gent-Terneuzen (zuid) | 140 m | NAP -14,12 m | 16 | 8 km | vast kanaalpeil NAP +2,1 m (TAW +4,45 m) |

2.2 Karakteristieken van de sluiskolken

Om de afmetingen van de sluiskolken goed te kunnen simuleren zijn de verschillende eigenschappen in kaart gebracht per sluiskolk. Deze zijn in tabel 2.2 weergegeven. De 'wateroppervlakte lengte' betreft de lengte van de gehele sluiskolk. Schepen kunnen echter niet over deze gehele lengte worden gesjut. De effectieve kolk lengte waarover schepen gesjut kunnen worden is in tabel 2.2 weergegeven als de schutlengte. De drempeldiepte is de hoogte van het hoogste vaste punt van de drempel van het sluis hoofd.

Alle sluisenkolken van het sluisencomplex hebben meerdere deuren en deurkassen. Het wateroppervlak van een schutting is afhankelijk van de gebruikte deuren en verschilt hierdoor in de praktijk per schutting. Voor de Westsluis is het verschil in wateroppervlakte lengte tussen de 2 binnenste deuren en 2 buitenste deuren bijvoorbeeld circa 70 m. Ook voor de NST is dit verschil enkele tientallen meters. Voor de kolkafmeting zijn in deze studie representatieve conservatieve waarden aangehouden, dat wil zeggen grote schutlengtes en grote wateroppervlakte lengtes. Dit levert een mogelijke kleine overschatting op van het schutwaterverlies en een iets grotere sluis capaciteit¹.

Tabel 2.2 Kolkafmetingen sluisencomplex Terneuzen

| | Oostsluis | | Middensluis | | Westsluis | | Nieuwe Sluis Terneuzen | |
|-----------------------------|-----------|--------|-------------|--------|-----------|--------|------------------------|--------|
| | zee | kanaal | zee | kanaal | zee | kanaal | zee | kanaal |
| schutlengte (m) | 280 | | 140 | | 290 | | 427 | |
| breedte sluis hoofd (m) | 24 | | 18 | | 38 | | 55 | |
| wateroppervlakte lengte (m) | 320 | | 230 | | 360 | | 460 | |
| wateroppervlak breedte (m) | 24 | | 24 | | 38 | | 55 | |

¹ Dit effect is gekwantificeerd door na afloop van de simulaties een aantal controle simulaties uit te voeren met minimale sluiskolk afmetingen. Het effect op schutwaterverlies is maximaal 8-10 % wanneer er consistent met de kortste kolk lengte wordt gesjut. De orde grootte van dit effect is in dezelfde range als de verschillen tussen modelherhalingen. Op de gemiddelde wachttijden van scheepvaart is het effect kleiner, wanneer met kleinere schutlengtes wordt gerekend zijn de gemiddelde wachttijden 0-5 % langer, wat neerkomt op enkele minuten.

| | Oostsluis | | Middensluis | | Westsluis | | Nieuwe Sluis Terneuzen | |
|---------------------------------|-----------|------|-------------|------|-----------|-------|---------------------------|--------|
| fuiklengte (m) | 250 | 110 | 110 | 50 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| drempeldiepte (NAP t.o.v. m) | -6,5 | -4,5 | -7,6 | -6,2 | -12,8 | -11,4 | -16,44 | -13,87 |
| openen deuren (min.) | 3 | 3 | 3 | 3 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| sluiten deuren (min.) | 3 | 3 | 3 | 3 | 4,7 | 3,5 | 4,7 | 3,5 |
| nullast nivelleren (min.)* | 1 | 1 | 2 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| factor nivelleren* | 2 | 2 | 2 | 2 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |

* Afwijkend ten opzichte van [ref. 2] vanwege aanpassingen gedurende de kalibratie.

De schutlengte en breedte van het sluishoofd zijn overgenomen uit vaarweginformatie.nl [ref. 3]. De schutlengtes wijken en deels af van de eerdere simulatiestudie uitgevoerd door Marin in 2015, welke gerapporteerd is in [ref. 2]. De fuiklengte en wateroppervlakte afmetingen zijn bepaald op basis van metingen op luchtfoto's. Voor de NST zijn de fuiklengte en de tijden voor deuren en nivelleren overgenomen van de Westsluis. In tabel 2.2 is te zien dat bij de Middensluis de breedte van het sluishoofd minder groot is dan de wateroppervlakte breedte. De kolk zelf was namelijk breder dan het sluishoofd.

De deur- en nivelleertijden zijn overgenomen van de simulatiestudie uitgevoerd in 2015 [ref. 2]. Voor de Oostsluis en Westsluis zijn deze in de kalibratie deels aangepast zodat de kalibratieresultaten beter in lijn liggen met de realiteit. De nivelleertijden zijn gedefinieerd als 'nullast' en 'factor nivelleren'. De 'nullast' is de minimale tijd die nodig is voor nivelleren bij gelijke waterstanden. Per meter waterstandsverschil komt daar de 'factor nivelleren' nog bij. Voor de Middensluis in een situatie met 1,5 m waterstandsverschil volgt hieruit een nivelleertijd van 5 minuten (=2 + 1,5 x 2 minuten).

2.3 Vlootbeschrijving

Vloot 2021

Vanuit de IVS-Next data [ref. 1] is de gepasseerde scheepvaartvloot afgeleid. Deze dataset bevat de (geanonimiseerde) gegevens van gepasseerde schepen in de periode 1 juni 2021 tot en met 31 oktober 2021 (153 dagen). Gedurende deze periode zijn in totaal 24.690 passages geregistreerd.

Voor zowel binnenvaart als zeevaart zijn de passages ingedeeld in scheepvaartklassen en is de wekelijkse gemiddelde intensiteit bepaald.

In het SIVAK-model zijn 3 verschillende vloten aangehouden. Deze vloten zijn:

- binnenvaart;
- zeevaart;
- overige.

De vloot is in drieën verdeeld zodat de gegevens separaat worden gelogd in SIVAK en daardoor presentatie van resultaten los van elkaar mogelijk is. Ook is de verdeling nodig om verschillende groeifactoren per vloot in te kunnen stellen (zie verderop in deze paragraaf).

De gepasseerde schepen uit de IVS-data zijn in een van deze vloten ingedeeld. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- schepen waarbij een SK-code is geregistreerd zijn ingedeeld als binnenvaart. Deze binnenvaartschepen zijn ingedeeld in de RWS-klassen (Motorvrachtschepen (M1-M12), duwbaken en koppverbanden);
- de schepen waarbij geen SK-code is geregistreerd zijn ingedeeld op basis van de geregistreerd RWS-type code. Hierbij is de volgende indeling aangehouden:

- de schepen die geregistreerd zijn als RWS-type 43, 'duwboot losvarend' zijn ingedeeld als duwstel 'BII-1 duwstel Europa II (V)'. Dit betreffen 447 schepen, de meeste van de schepen hebben in de data de geregistreerde afmetingen overeenkomstig met dit duwstel (en zijn dus niet losvarend). De duwstelen zijn ingedeeld in de binnenvaartvloot;
- de schepen die registreert zijn als RWS-type (50, 51, 52, 53, 54, 63 en 64) zijn ingedeeld als Zeevaart. Deze zijn vervolgens aan de hand van de scheeps lengte en scheeps breedte ingedeeld in een scheepsklasse. In totaal hebben 42 schepen afwijkende registreerde afmetingen waardoor deze niet in één van de scheepvaartklassen ingedeeld kunnen worden. Deze schepen worden niet meegenomen in de modellering;
- de schepen die registreert zijn als RWS-type (80, 81, 82, 83, 84, 85 en 89) zijn ingedeeld als recreatievaart. Aangenomen is dat deze allemaal 'grote motorjachten' zijn. Deze zijn ingedeeld in de vloot 'overige';
- de schepen met RWS-type 44, 'passagiersschip binnenvaart' zijn ingedeeld als 'passagiersschip moderne riviercruise'. Dit betreffen 185 passages. Deze zijn ingedeeld in de overige vloot;
- de schepen die registreert zijn als RWS-type (40, 41, 42, 60 en 61) zijn ingedeeld als sleepboten en zijn ingedeeld in de vloot 'overige';
- de schepen die geregistreerd zijn met een andere RWS-type dan de hierboven genoemden, zijn nader geanalyseerd. Dit betreffen bijvoorbeeld werkschepen en dienstvaartuigen. Schepen uit deze groep met een geregistreerde lengte groter dan 85 m en een breedte kleiner 14 m zijn ingedeeld als binnenvaart M10 schip (56 stuks). Daarnaast zijn 17 binnenvaartschepen met zeer afwijkende afmetingen bijvoorbeeld met breedtes van meer dan 14 m als onbekend geclassificeerd en niet meegenomen. De overige schepen (201) stuks zijn ingedeeld als overige schepen. Hiervoor is in het SIVAK model een nieuwe scheepvaartklasse (binnenvaart overig (Terneuzen)) aangemaakt. De verhouding tussen de breedte en lengte van deze schepen wijkt met name af van de standaard binnenvaart klassen. Deze schepen hebben een lengte tussen 7 en 79 m en een breedte tussen 2 en 11 m.

Hiermee zijn de scheepsaantallen per vloot afgeleid zoals in tabel 2.3 zijn weergegeven. Dit betreft het totaal aantal schepen in beide richtingen in de beschouwde periode.

Een klein deel van de schepen is dus niet ingedeeld in één van de scheepvaartklasse. Deze schepen hebben sterk afwijkende geregistreerde scheepsdimensies. Deze schepen worden niet meegenomen in de simulaties. Totaal betreffen dit 59 schepen. Op een totaal van 24.690 schepen is dit aantal verwaarloosbaar.

Tabel 2.3 Aantal passages per vloot in de periode tussen 1 juni 2021 en 31 oktober 2021 (153 dagen)

| Vloot | Aantal schepen |
|---|----------------|
| binnenvaart | 18.583 |
| zeevaart | 3.153 |
| overige (sleepboten, recreatievaart, dienstvaartuigen, riviercruise etc.) | 2.895 |
| niet ingedeeld | 59 |
| totaal | 24.690 |

De gemiddelde intensiteit per scheepvaartklasse per week per richting is weergegeven in tabel 2.4, tabel 2.5 en tabel 2.6 voor respectievelijk de binnenvaart, zeevaart en de overige vaart. Scheepvaartklassen met een lagere intensiteit dan 0.1 schepen per week worden in SIVAK niet meegenomen. Daarvan is dus geen intensiteit gepresenteerd in onderstaande tabellen.

In SIVAK zijn zoveel als mogelijk de standaard scheepvaartklassen aangehouden die ook in andere studies zijn toegepast. Voor een aantal scheepsklassen komt de standaard parameterverdeling voor scheeps lengtes, breedtes en dieptes in SIVAK niet goed overeen met de parameterverdeling die volgt uit de IVS data.

Daarom zijn een aantal nieuwe scheepvaartklassen gedefinieerd met nieuwe parameterverdelingen en onderlinge correlaties. Dit is gedaan voor de volgende scheepvaartklassen:

- passagiersschip moderne riviercruise → voor de riviercruiseschepen;
- zeeschip overig (Terneuzen) → voor zeeschepen met lengte tussen 31 en 46 m;
- binnenvaart overig (Terneuzen) → voor de afwijkende binnenvaart.

Daarnaast zijn de parameters voor de volgende 2 klassen aangepast, zodat deze beter overeenkomen met de IVS data:

- zeeschip Z1, $L < 90$ (Terneuzen): minimale lengte aangepast naar 75 m;
- overm zeeschip Z6 'Terneuzen max', $224 < L \leq 240$: maximale lengte aangepast naar 240 m.

Tabel 2.4 Gemiddelde intensiteit per week per klasse voor de binnenvaart vloot, per richting gedurende de dataperiode 2021

| Scheepsklasse | Inkomend | Uitgaand |
|--|----------|----------|
| M0 (overig) | 2,1 | 2,6 |
| M1 (Spits) (CEMT I) | 4,2 | 3,9 |
| M2 (Kempenaar) (CEMT II) | 19,2 | 17,5 |
| M3 (Hagenaar) (CEMT III) | 16,2 | 16,2 |
| M4 (Dortmund-Emskan) (CEMT III) | 18,3 | 18,3 |
| M5 (Verlengde Dortmunder) (CEMT III) | 31,1 | 30,5 |
| M6 (Rijn-Hernekan) (CEMT IV) | 104,3 | 99,8 |
| M7 (Verlengd Rijn-Hernekan) (CEMT IV) | 16,8 | 18,3 |
| M8 (Groot Rijnschip) (CEMT V) | 135,1 | 136,3 |
| M9 (Verlengd Groot Rijnschip) | 18,0 | 17,7 |
| M10 (Breed Groot Rijnschip) | 13,0 | 13,7 |
| M11 (Verlengd Breed Groot Rijnschip) | 4,6 | 4,6 |
| M12 (Rijnmax) | 5,6 | 6,0 |
| C1b, koppelverband, 2 spitsen breed | 0,1 | 0,1 |
| C1-l, koppelverband, 2 spitsen (lang) (l) | 0,3 | 0,1 |
| C2b, koppelverband, IV + Eur I breed | 0,1 | 0,1 |
| C2l, koppelverband, IV+ Eur 1 lang(IV B) | 1,5 | 1,6 |
| C3b, koppelverband, Va + Eur II breed | 0,5 | 0,5 |
| C3l, koppelverband, Va + Eur II lang | 2,2 | 2,8 |
| C4, koppelverband, Va + 3x Eur II (*) | 0,1 | |
| BO2 duwstel | 0,1 | 0,1 |
| BO4 duwstel | 0,1 | |
| BI-1 duwstel Europa I (IV) | 0,8 | 1,5 |
| BII-1 duwstel Europa II (V) | 13,4 | 12,4 |
| BIIa-1 duwstel Europa IIa (V) | 4,7 | 5,3 |
| BIIl-1 duwstel Europa II Lang(V) | 1,7 | 1,9 |
| BII-2b duwstel Eur II, 2b breed | 6,2 | 6,3 |
| BII-2l 2 baks duwstel Europa II (lange form) | 1,8 | 1,3 |
| BII-4 duwstel Eur II 4b | 4,0 | 4,2 |

| Scheepsklasse | Inkomend | Uitgaand |
|-------------------------------|----------|----------|
| BII-6I duwstel Eur II 6b lang | 0,4 | 0,1 |

Tabel 2.5 Intensiteit per week per klasse voor de zeevaart vloot, per richting gedurende de dataperiode 2021

| Scheepsklasse | Inkomend | Uitgaand |
|---|----------|----------|
| zeeschip Z1, L<=90 (Terneuzen) | 17,3 | 17,6 |
| zeeschip Z2, 90 < L<=130 | 32,0 | 33,4 |
| overm zeeschip Z3, 130 < L <=180 | 8,0 | 7,9 |
| overm zeeschip Z4 'handysize', 180 < L<=224 B<26 | 0,8 | 0,9 |
| overm zeeschip Z5 'handymax', 180 < L<=224 B>=26 | 7,6 | 7,3 |
| overm zeeschip Z6 'Terneuzen max', 224 < L <= 240 | 6,0 | 5,5 |

Tabel 2.6 Intensiteit per week per klasse voor de overige vloot, per richting gedurende de dataperiode 2021

| Scheepsklasse | Inkomend | Uitgaand |
|--------------------------------------|----------|----------|
| sleepboot* | 10,9 | 12,1 |
| motorjacht groot | 14,5 | 14,1 |
| passagiersschip moderne riviercruise | 4,3 | 4,1 |
| zeeschip overig (Terneuzen) | 4,6 | 4,9 |
| binnenvaart overig (Terneuzen) | 4,4 | 4,8 |

* De intensiteit van de scheepvaartklasse 'sleepboot' is in de kalibratie aangepast zodat enkel losvarende sleepboten in het SIVAK model zijn meegenomen. Sleepboten die een zeeschip assisteren zijn niet meegenomen in SIVAK.

Toekomstige vloot

De verwachting is dat door de NST de scheepsvaartintensiteit toe gaat nemen. De volgende uitgangspunten zijn hiervoor aangehouden:

- de intensiteit van de volledige binnenvaartvloot neemt met 10 % toe;
- de intensiteit van de zeevaartvloot neemt totaal met 10 % toe, de toename komt volledig voor rekening voor de grootste scheepvaartklasse, de klasse 'overm zeeschip Z6 'Terneuzen max', 224 < L <= 240';
- de maximale scheepsafmetingen blijven gelijk aan de 2021-situatie;
- de vloot met overige schepen groeit niet.

De toename is in het SIVAK-model ingevoerd als groeifactor op de vloot. De volledige binnenvaartvloot in beide richtingen krijgt een groeifactor van 10 %. De maatgevende zeevaart krijgt een groei van 127 %¹.

Met deze groeifactoren komt de gemiddelde weekintensiteit voor de toekomstige situatie uit op 1.226,6 schepen per week. De verdeling per vloot is gepresenteerd in tabel 2.7. De assisterende sleepboten worden niet in het model meegenomen (los varende sleepboten wel). Op jaarbasis wordt dus gerekend met een scheepvaartintensiteit van circa 64.000 schepen.

¹ Een groei van de zeevaart van 10 % betekent een totale toename van 14,6 schepen per week. Enkel voor maatgevende schepen betekent dit dat deze klasse groeit van totaal 11,5 per week naar 26,1 per week. Dit betreft dus een groei van 127 %.

Tabel 2.7 Toekomstige scheepvaart intensiteit per week

| Vloot | Aantal schepen per week |
|-----------------------------|-------------------------|
| binnenvaart | 935,4 |
| zeevaart | 158,7 |
| overige | 78,7 |
| totaal meegenomen in model | 1.172,9 |
| niet meegenomen sleepboten | 53,7 |
| totaal inclusief sleepboten | 1.226,6 |

Aankomstpatronen

Het aankomstpatroon van schepen wordt in SIVAK als input gebruikt om de spreiding van schepen over een week en per dag mee te nemen. In het aankomstpatroon is voor iedere dag van de week de relatieve aankomst intensiteit per uur gedefinieerd. Het aankomstpatroon van de verschillende schepen is daarom uit de IVS-data gehaald.

Op basis van de IVS-data zijn de volgende aankomstpatronen gedefinieerd:

- 1 binnenvaart inkomend;
- 2 binnenvaart uitgaand;
- 3 zeevaart.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- de aankomst van schepen bij het sluisencomplex volgt hetzelfde patroon als in de zomer 2021. Uit de IVS-data zijn de aankomstpatronen afgeleid. Met de aankomstpatronen is een gemiddelde relatieve intensiteit per uur van de dag bepaald, hiervoor is de geregistreerde invaartijd uit de IVS-data aangehouden;
- het aankomstpatroon van zeevaart is bepaald aan de hand van alle geschutte zeevaart uit de IVS-data. Hierbij is geen rekening gehouden met schutrichting en scheepsklasse. Vanwege relatief lage intensiteit ten opzichte van binnenvaart en het vergelijkbare inkomende en uitgaande patroon is aangenomen dat het aankomstpatroon voor zeevaart in beide richtingen gelijk is;
- de 2 aankomstpatronen voor binnenvaart zijn bepaald aan de hand van de passages van de als binnenvaart geclassificeerde schepen. Hierbij is rekening gehouden met de schutrichting. Er is geen onderscheidt gemaakt voor verschillende scheepvaartklassen;
- er is geen apart aankomstpatroon afgeleid voor de overige vaart. Per scheepvaartklasse is het passagepatronen van de schepen vergeleken met de afgeleide aankomstpatronen. Het aankomstpatroon wat het meest op het passagepatroon lijkt is vervolgens toegepast. Voor de scheepvaartklassen motorjacht groot, zeeschip overig (Terneuzen) en binnenvaart overig (Terneuzen) is dit het aankomstpatroon binnenvaart. Voor de scheepvaartklassen 'sleepboot' en 'passagiersschip moderne riviercruise' is dit het aankomstpatroon van zeevaart.

2.4 Beslisregels toewijzing sluiskolken

Situatie tot 2021

Sluisencomplex Terneuzen gebruikt voor het inplannen van schepen de GTI-Tool¹. Voor zeevaart is deze sinds 2013 in gebruik. Voor binnenvaart wordt deze sinds 2017 gebruikt. In deze tool reserveren schepen een plek in een schutting. Voor zeevaart is hierdoor het tijdstip van schutten 6 uur van te voren bekend. Voor binnenvaart is dit 3 uur. De exacte kolk waarin binnenvaart wordt geschut is pas vlak voor de schutting bekend dit is circa 1 uur van te voren.

¹ De GTI-Tool is te vinden via deze link: <https://www.gtitool.be/PubliekStart.aspx>

Tot 2021 werden de volgende regels gehanteerd voor het schutten van schepen:

- de Westsluis is de zeevaartsuis. Hier wordt echter naast zeevaart ook binnenvaart geschut;
- de Oostsluis wordt voor binnenvaart en recreatievaart gebruikt. Zeevaart wordt in principe niet door deze sluis geschut¹;
- de Middensluis is een gecombineerde sluis en hierin wordt zowel binnenvaart, recreatievaart als de kleine zeevaart geschut;
- riviercruiseschepen en recreatievaart kunnen samen geschut worden met andere schepen zolang deze geen kegelschepen zijn².

Toekomstige situatie

Voor de toekomstige situatie met de NST en geen Middensluis is het voorzien gebruik als volgt:

- de Oostsluis wordt voor binnenvaart en recreatievaart gebruikt. Zeevaart wordt niet door deze sluis geschut;
- de Westsluis wordt gebruikt voor het schutten van zowel zeevaart als binnenvaart;
- de NST wordt gebruikt voor het schutten van zowel zeevaart als binnenvaart. In de NST zijn schepen met een diepgang van 12,5 m niet meer getij gebonden (zoals in de Westsluis). De NST wordt gebruikt voor het tij onafhankelijk schutten van zeeschepen met een grote diepgang.

Het gebruik van de Oostsluis en Westsluis verandert dus niet ten opzichte van de situatie voor ingebruikname van de NST.

2.5 Omgevingscondities

Waterstanden

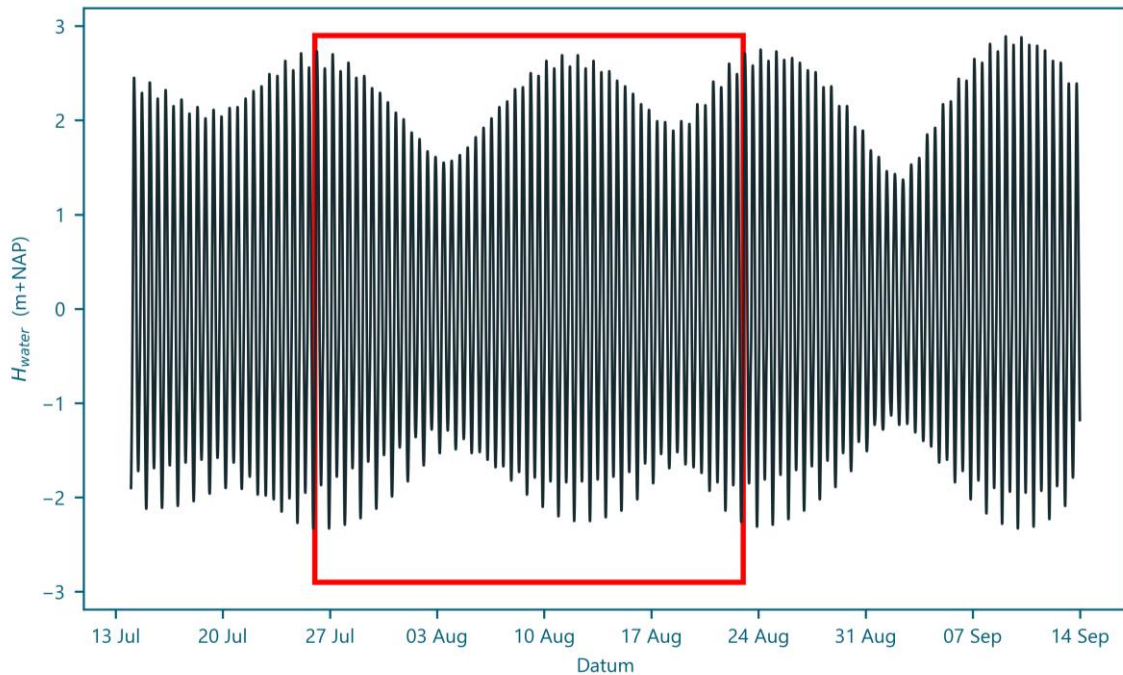
Het Kanaal Gent-Terneuzen heeft een vast waterpeil. In SIVAK is voor het kanaal een peil aangehouden van NAP +2,10 m. In de buitenhaven en de Westerschelede is getij aanwezig. In SIVAK zijn hiervoor de waterstanden van de zomer van 2021 aangehouden zoals gemeten bij de meetpunten Terneuzen [ref. 4].

In afbeelding 2.2 zijn de waterstanden gemeten bij het meetpunt Terneuzen (TERNZN) weergegeven. Dit meetpunt ligt in de buitenhaven van de Oostsluis. De waterstanden in de periode 13 juli 2021 tot en met 14 september 2021 zijn weergegeven in de afbeelding. Met rood is in deze afbeelding een dubbele springtij-doodtij-springtij cyclus aangegeven. De waterstanden van deze periode (26 juli tot en met 23 augustus) zijn in SIVAK ingevoerd als getijdata.

¹ In uitzonderlijke gevallen werden kleine ondiepe coaster (tot 125 m) wel door de Oostsluis geschut.

² In het SIVAK-model wordt geen onderscheid gemaakt tussen normale schepen en kegelschepen, omdat hier geen data over beschikbaar is. Deze regel heeft voor het model geen impact.

Afbeelding 2.2 Waterstand buitenhaven sluiscomplex Terneuzen in periode juli-september 2021



Niet beschouwde factoren

In de simulaties worden geen externe factoren als stormen, storingen of extreme waterstanden meegenomen waardoor één of meerdere kolken tijdelijk buiten bedrijf zijn. Gedurende de gehele simulaties zijn de aanwezige kolken (met uitzondering van de vooraf gedefinieerde stremmingsmomenten) dus beschikbaar.

Er is slechts één tijdsreeks met waterstanden in de simulatie meegenomen. Deze tijdsreeks is gekozen in de zomer waarvan ook de IVS-data is gebruikt. Het mogelijke effect van de nodale cyclus (stand van de maan met een periode van 18,6 jaar) op de gemiddelde waterstanden is niet beschouwd.

Daarnaast is in de IVS-data geen informatie opgenomen met betrekking tot het vervoer van gevaarlijke stoffen per schip. Een consequentie van het varen met gevaarlijke stoffen is dat schepen kegels moeten voeren (op basis van de vervoerde lading). Eén kegel bij brandbare stoffen, 2 kegels bij voor de gezondheid schadelijke stoffen en 3 kegels voor ontplofbare stoffen. Op basis van het aantal kegels van een schip, gelden afspraken over het houden van voldoende afstand ten opzichte van andere schepen (niet samen schutten met passagiersschepen, afstand ten opzichte van niet kegel voerende schepen).

Het onderscheid tussen normale schepen en kegelschepen is niet gemaakt in de modelering vanwege het ontbreken van informatie over de verhouding hiertussen. Alle schepen zijn daarom als niet-kegelvoerende schepen beschouwd. Het niet meenemen van de kegelschepen geeft een beperkte onderschatting van het aantal schuttingen.

3

OPZET MODEL SLUIZENCOMPLEX TERNEUZEN

3.1 Introductie

Met de in hoofdstuk 2 beschreven data is voor het sluisencomplex in SIVAK een model opgesteld om de situatie rondom sluisencomplex Terneuzen zo goed mogelijk na te bootsen. Hierbij is in eerste instantie de situatie van de zomer van 2021 gemodelleerd, waarin de Middensluis nog in bedrijf was. Dit model is in de kalibratie bijgesteld zodat de situatie uit de zomer van 2021 zo goed als mogelijk wordt gerepresenteerd. Vervolgens is dit model omgebouwd naar de toekomstige situatie waarbij de Middensluis is vervangen door de NST.

3.2 Verschillen tussen de werkelijkheid en het model

Bij het opzetten van het model is rekening gehouden met de praktijk (IVS-Next data) en sluiscolk-beslisregels. Het een-op-een nabootsen van de werkelijkheid is met een model niet mogelijk, omdat er altijd vereenvoudigingen ten opzichte van de werkelijkheid worden gedaan. Voorbeelden daarvan zijn het in de praktijk afwijken van beslisregels, onvoorziene omstandigheden zoals storing en de limiet aan instellingsmogelijkheden van het model.

In de zomer van 2021 waren de bouwwerkzaamheden aan de NST al gestart. De scheepvaart van/naar de Middensluis ging door het Kapitein Rooiboskanaal. De situatie was in deze zomer dus deels anders dan de oorspronkelijke situatie. Scheepvaart ondervond op sommige momenten hinder van de werkzaamheden, vanwege bijvoorbeeld vaarbependingen, schutbependingen of werkschepen. Het effect van deze hinder op schuttingen zit in de IVS-Next data daardoor indirect meegenomen in de modelopbouw. Bij later uit te voeren simulaties met stremmingen zijn er geen beperkingen voor het gebruik van de beschikbare sluiscolken opgenomen.

Een groot verschil tussen het model en werkelijkheid is het moment van inplannen van een schutting. In werkelijkheid wordt hiervoor de GTI-tool gebruikt, waardoor schepen ruim van te voren het moment van schutten weten. Schepen wachten op zee, aan de kade of varen het laatste stuk met aangepaste snelheid. Hierdoor kunnen de schepen bij aankomst direct de sluiscolk invaren zonder te hoeven wachten bij het sluisencomplex. Dit leidt ertoe dat schepen economisch kunnen varen en daardoor op het juiste moment bij het sluisencomplex arriveren. In SIVAK is het niet mogelijk om een sluisplanning te maken zoals in de praktijk met GTI-tool wordt gedaan. In het SIVAK-model worden schepen ingepland als ze binnen de zichtafstand van het sluisencomplex komen. Dit leidt ertoe dat schepen soms voor de sluis moeten wachten als deze bijvoorbeeld nog in een andere schutcyclus zit. De tijd die schepen wachten wordt bij de passeertijd gerekend. In werkelijkheid wordt deze tijd als wachttijd anders ervaren doordat vooraf bekend is in welke schutting de schepen mee kunnen. Het effect van de spreiding van schepen door middel van de GTI-tool wordt wel gereflecteerd in het aankomstpatroon van de schepen in het model, omdat de GTI-tool ook tijdens de data periode al actief was.

Een ander verschil met de werkelijkheid is de ondersteunende dienstverlening op het sluisencomplex zoals sleepboten, loodsen en bootlieden. In het SIVAK-model zijn deze niet meegenomen. Het uitgangspunt bij de simulaties is dat de ondersteunende diensten altijd beschikbaar zijn voor zeeschepen en niet gelimiteerd zijn.

In het SIVAK-model kunnen de schepen ongehinderd en op ieder moment naar het sluiscomplex toe varen. De verwachting van experts (zie paragraaf 4.5) is dat beperkingen op het Kanaal Gent-Terneuzen wel degelijk tot vertragingen kunnen leiden. De beperkingen op het Kanaal Gent-Terneuzen door bruggen en passeerplaatsen vallen buiten de scope van deze studie.

Hieronder volgt de beschrijving van het opgezette model. Dit model is gedurende kalibratie in een aantal stappen iteratief aangepast. Het resultaat van het gekalibreerde model wordt gepresenteerd.

3.3 Modelopzet

Hieronder volgt voor een aantal ingevoerde aspecten een beknopte beschrijving.

Tijdsperiode

Het model is opgezet voor een periode van 28 dagen startend vanaf 26 juli 2021 en eindigend op 23 augustus 2021. De periode valt samen met 2 volledige doortij-springtij-doottij cycli, startend op de dag met doortij. De waterstanden gedurende deze periode zijn gepresenteerd in afbeelding 2.2.

Waterstanden

Voor de waterstand op het Kanaal Gent-Terneuzen is een vaste waarde van 2,10 m ingevoerd. Voor de waterstand in de buitenhaven en Westerschelde is een variabele waterstand ingevoerd. Deze is ingevoerd in stappen van 10 minuten en is overeenkomstig met de gemeten waterstanden van meetpunt Terneuzen [ref. 4] startend vanaf 28 juli 2021 0.00 uur.

Vloten en scheepvaartintensiteiten

In SIVAK is voor iedere vloot (binnenvaart, zeevaart en overige scheepvaart) een vloot ingevoerd. De vloot is gesplitst voor de 2 schutrichtingen. De zeevaartvloot is daarnaast gesplitst in maatgevende schepen en niet-maatgevende zeeschepen. Dit laatste is gedaan zodat eenvoudig de groei van deze klasse in de toekomstige situatie kan worden meegenomen. Het totaal aantal verschillende vloten in SIVAK komt hierdoor uit op 8 stuks.

De intensiteit per scheepvaartklasse is ingevoerd conform de gepresenteerde waarden in de tabellen in paragraaf 2.3. Voor de kalibratie zijn nog geen groeifactoren op deze intensiteiten toegepast, voor de uiteindelijke simulaties is dit wel gedaan.

In SIVAK worden de diepgangen van schepen bepaald aan de hand van het percentage van geladen schepen en de gemiddelde beladingsgraad. Omdat het schutwaterverlies van een schutting deels afhankelijk is van de kolkvulling (volume van geschutte schepen) dienen de diepgangen van schepen in het model overeen te komen met de IVS-data. Dit is voor het sluiscomplex Terneuzen relevant omdat de gemiddelde diepgang van inkomende schepen groter is dan die van de uitgaande schepen. Het percentage geladen schepen en gemiddelde beladingsgraden is bepaald op basis van de IVS-data. In het model komt de gemiddelde diepgang per scheepvaartklasse zo goed als mogelijk overeen met de gemiddelde diepgangen zoals geregistreerd is in de IVS-data. Per richting is de gemiddelde diepgang bepaald voor iedere scheepvaartklasse. Voor de scheepvaartklassen waar het verschil in gemiddelde diepgang per richting meer dan 25 cm is, is per richting een ander percentage geladen schepen aangehouden¹.

Tenslotte is voor de binnenvaartvloot nog een filter ingesteld voor de maximale lengte van schepen. Dit filter is ingesteld op maximaal 212 m. Dit filter is enkel relevant voor de te genereren BII-6I duwstellen. Met de standaard parameter verdeling in SIVAK kunnen deze tot 280 m lang worden gegenereerd. Uit de IVS-data volgt echter dat de maximale lengte 212 m bedroeg. Na controle is geconstateerd dat voor de zeeschepen het niet nodig is om filters in te stellen.

¹ Voor de scheepvaartklassen M3-M6, M8-M10, M12 schepen, de C3I, koppelverbanden en de zeevaartklassen Z2, Z3, Z5 en Z6 betreft het verschil in gemiddelde diepgang per richting meer dan 25 cm.

3.4 Kalibratie

Tijdens de kalibratie is het model een groot aantal keer iteratief gedraaid met steeds andere instellingen om tot modeluitkomsten te komen die het dichtst bij de situatie te komen die uit de IVS-data volgt voor 2021. De instellingen waarmee gevarieerd is worden de kalibratie instellingen genoemd. De aspecten waarmee de modeluitkomsten zijn vergeleken met de IVS-data zijn de kalibratieparameters genoemd.

Voor de vergelijking met de IVS-data wordt enkel de data in de periode 1 juni tot en met 30 september 2021 gebruikt. Dit is de periode waarin de 3 sluiskolken in bedrijf waren. Vanaf 1 oktober 2021 is de Middensluis buiten bedrijf.

Aanpassingen aan scheepvaartklassen

In het SIVAK-model zijn zoveel als mogelijk de standaard scheepvaartklassen aangehouden. Een aantal wijzigingen zijn doorgevoerd, zoals in paragraaf 2.3 is beschreven betreffen dit de volgende klassen:

- passagiersschip moderne riviercruise;
- zeeschip overig (Terneuzen);
- binnenvaart overig (Terneuzen);
- zeeschip Z1, $L \leq 90$ (Terneuzen);
- overm zeeschip Z6 'Terneuzen max', $224 < L \leq 240$.

Voor deze scheepvaartklassen zijn de volgende instellingen aangevuld:

- parameterverdelingen van de scheepsafmetingen;
- in- en uitvaartijden;
- algemene gegevens, zoals minimum snelheden, maximum snelheden, kielspelingen en blokcoëfficiënten.

Voor de eerste 3 genoemde scheepvaartklassen zijn de in- en uitvaarparameters gedefinieerd. Deze zijn overgenomen van schepen met vergelijkbare breedtes en dieptes. Voor het passagiersschip is dit conform de M11-klasse. Voor het 'zeeschip overig' is dit conform de standaard waarden van 'zeeschip Z1' en voor 'binnenvaart overig' is dit conform de M1-klasse. Voor 'zeeschip Z1, $L \leq 90$ (Terneuzen)' en 'overm zeeschip Z6 'Terneuzen max.', $224 < L \leq 240$ ' zijn de oorspronkelijke parameters voor in- en uitvaren aangehouden.

Kalibratieparameters

Voor de volgende aspecten zijn de modeluitkomsten vergeleken met de IVS-data. Deze aspecten worden in het vervolg de kalibratieparameters genoemd:

- totaal aantal schuttingen van alle kolken samen;
- aantal schuttingen per kolk;
- leeg-om percentage van het gehele sluizencomplex;
- totaal aantal schepen dat is gepasseerd.

Ten slotte zijn er nog 2 checks uitgevoerd op de uitkomst. Deze zijn uitgevoerd op:

- PIN-norm;
- verschil in passeertijd Oostsluis en Westsluis.

De PIN-Norm is de vastgestelde norm van het sluizencomplex en geeft het percentage binnenvaartschepen aan dat het sluizencomplex binnen 60 minuten heeft gepasseerd. Het vastgestelde minimum percentage in de norm is 64 %. Het percentage van het binnenvaarschepen dat binnen 60 minuten het sluizencomplex heeft gepasseerd wordt gecontroleerd.

In gesprekken met de dienst Verkeer en Water Management van RWS is aangegeven dat de gemiddelde passage van de Westsluis ongeveer 15 minuten langer duurt dan een passage van de Oostsluis. Gecontroleerd is of uit de modeluitkomsten volgt dat de Westsluis een langere passeertijd heeft dan de Oostsluis.

Kalibratie instellingen

Gedurende de kalibratie is gevarieerd met de volgende instellingen in SIVAK:

- zichtafstanden;
- kolkindeling methodes en voorkeuren per kolk;
- toegestane scheepvaartklassen per kolk;
- schutregimes;
- nivelleertijden instellingen per kolk;
- meenemen van sleepboten.

Uit de kalibratie volgt dat de volgende instellingen leiden tot een model dat de hierboven genoemde kalibratieparameters het best benadert.

Tabel 3.1 Model instellingen volgend uit kalibratie

| Model instelling | Resultaat kalibratie |
|---------------------------------|--|
| zichtafstanden | beide zijden 4,5 km |
| kolkindeling methodes | 'custom priority' met de volgorde 1. Oostsluis, 2. Middensluis en 3. Westsluis |
| toegestane scheepvaart per kolk | zie bijlage III voor een overzicht per scheepvaartklasse |
| schutregime | geen schutregime |
| nivelleertijden | basetime Oostsluis: verlagen met 1 minuut naar 1 minuut basetime Westsluis: verhogen met 6 minuten naar 8 minuten factor leveling Westsluis: verhogen met 2 minuten naar 4,55 minuten per m waterstandverschil |
| sleepboten | enkel losvarende sleepboten meenemen |

Toelichting bij de modelinstellingen:

- in het model worden enkel de losvarende sleepboten meegenomen. Sleepboten die een zeeschip assisteren bij het in- en uitvaren van het sluisencomplex zijn niet meegenomen. Hiervoor is gekozen aangezien het model verstoord wordt indien alle sleepboten worden gemodelleerd. In SIVAK is een één-op-één koppeling tussen sleepboten en zeevaart niet mogelijk. Hierdoor worden de sleepboten die zeevaart assisteren niet op hetzelfde moment gegenereerd als de zeevaart zelf. Waardoor er extra schuttingen en/of wachttijd ontstaat voor het meeschutten van de sleepboten;
- de nivelleertijden van de Oostsluis en Westsluis zijn aangepast en wijken hierdoor af van de waarden uit de simulatie uitgevoerd in 2015 door Marin [ref. 2]. Met de oorspronkelijke tijden was namelijk de gemiddelde passeertijd en het aantal schuttingen van de Oostsluis en Westsluis nagenoeg gelijk aan elkaar, terwijl dit in werkelijkheid niet zo is. Door stapsgewijs de tijden te veranderen en het effect op de modelresultaten te controleren is gekomen tot de waarden gepresenteerd in tabel 3.1. Met deze waarden liggen de uitkomsten van het model qua gemiddelde passeertijden per kolk en het aantal schuttingen van de verschillende kolk in lijn met de werkelijkheid.

3.5 Resultaten kalibratie

In tabel 3.2 is de vergelijking van de kalibratieparameters weergegeven en in tabel 3.3 zijn vervolgens de 2 checks op de modeluitkomsten te zien. De vergelijking van de data is gepresenteerd als gemiddeld aantal per 28 dagen.

Over de uitkomsten kan het volgende worden opgemerkt:

- het totaal aantal schepen in het model is circa 300 lager dan in de IVS-data. Dit is het gevolg van het niet meenemen in het model van de sleepboten als zij zeevaart assisteren. Voor de kalibratie is de vergelijking van het aantal schuttingen daarom belangrijker dan het aantal schepen per kolk;

- het leeg-om percentage van het gehele sluisencomplex is iets lager in het SIVAK model. Dit komt voornamelijk doordat in het model het leeg-om percentage van de Middensluis lager is (10 % in plaats van 22 %). Dit relatief hoge leeg-om percentage in de data komt mogelijk door de hinder van bouwwerkzaamheden van de NST en de vaarbewegingen door het Kapitein Rooiboskanaal. In het model is sprake van een situatie waarin er geen schutbepalingen en/of vaarbepalingen zijn vanwege de werkzaamheden aan de Nieuwe Sluis Terneuzen;
- in het model ligt het aantal schuttingen van de Westsluis hoger dan in data en het aantal schuttingen van de Oostsluis lager dan in de data. De verdeling van het aantal geschutte schepen per kolk is bijna gelijk aan de data. In de praktijk ligt het aantal schepen per schutting in de Westsluis hoger dan in het model.

Tabel 3.2 Resultaten kalibratieparameters

| Gemiddeld per 28 dagen | Data 2021 | SIVAK Model |
|-----------------------------------|----------------|----------------|
| aantal schuttingen | 2.045 | 2.046 |
| Middensluis | 474 | 466 |
| Oostsluis | 920 | 841 |
| Westsluis | 651 | 739 |
| leeg-om percentage sluisencomplex | 14,7 % | 13,1 % |
| totaal aantal schepen | 4.558 | 4.287 |
| Middensluis | 618 (13,6 %) | 634 (14,8 %) |
| Oostsluis | 2.324 (51,0 %) | 2.185 (50,8 %) |
| Westsluis | 1.615 (35,4 %) | 1.468 (34,2 %) |

Tabel 3.3 Checks op modeluitkomst

| Check | SIVAK Model |
|--|--------------|
| PIN-norm (% binnen 60 minuten) | 74,9 % |
| verschil gemiddelde passeertijd Westsluis en Oostsluis | 20,1 minuten |

3.6 Ombouw model naar toekomstige situatie

Het hierboven beschreven gekalibreerde model is omgebouwd naar de toekomstige situatie met de NST. Ten opzichte van het kalibratie-model zijn hiervoor de volgende wijziging doorgevoerd:

- de Middensluis is verwijderd uit het model;
- de NST is toegevoegd aan het model met de volgende instellingen:
 - de deurtijden en nivelleertijden van de NST zijn gelijk gesteld aan de tijden van de Westsluis die uit de kalibratie volgden;
 - voor de NST is ingevoerd welke scheepvaartklassen gebruik kunnen maken van deze kolk. Dit betreffen alle scheepvaartklassen met uitzondering van de recreatievaart in het SIVAK-model betreft dit de scheepvaartklasse 'grote motorjachten';
 - de NST is ingesteld bij de sluiscolkindeling methode. De NST krijgt lagere prioriteit dan de Westsluis. De volgorde van hoogste prioriteit is als volgt: 1. Oostsluis, 2. Westsluis en 3. NST. Indien de Westsluis en NST beide beschikbaar zijn, worden schepen vanwege deze prioriteitsinstellingen geschut in de Westsluis;
- de scheepvaartintensiteiten zijn aangepast door toepassing van intensiteitsfactoren, zoals beschreven is in paragraaf 2.3.

De resultaten van het basisscenario, de situatie zonder enige stremming tijdens laagwater zijn gepresenteerd in onderstaande tabel. De definitie van de gepresenteerde waarden wordt gegeven in paragraaf 4.2.

In tabel 3.5 is te zien dat in het basisscenario ondanks toegenomen sluiscapaciteit schepen wel wachttijd hebben. Dit komt omdat schepen wanneer ze in het model bij het sluisencomplex aankomen niet altijd direct een kolk in kunnen varen en/of moeten wachten op andere schepen die in dezelfde schutting worden geschut. De percentage schepen dat voldoet aan de PIN-Norm is afgenomen in het basismodel, dit kan verklaard worden door de toegenomen intensiteit van zowel binnenvaart als zeevaart.

Tabel 3.4 Aantal schuttingen per week basisscenario

| | Westsluis | Oostsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen | Totaal |
|--------------------|-----------|-----------|------------------------|--------|
| aantal schuttingen | 145,5 | 117,0 | 190,25 | 452,75 |

Tabel 3.5 Resultaten scheepvaartafhandeling basisscenario

| | Max. wachtrij lengte (# schepen) | Max. wachtrij lengte (totale scheepslengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Schutwa terverlies in 28 dagen (miljoen m ³) | Schutwa terverlies gemiddeld (m ³ /s) |
|-------|----------------------------------|---|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|--|--|
| | | | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99%<) | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99%<) | | | |
| basis | 11 | 1.105 | 27 | 116 | 27 | 123 | 70,8 (✓) | 26,4 | 10,9 |

4

SIMULATIE STREMMINGSSCENARIO'S

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de simulaties met stremmingen. Allereerst worden de stremmingsscenario's beschreven gevolgd door de resultaten per scenario. Daarna worden de ontwikkelingen in de wachtrijlengtes en sluiskolkvullingen benoemd. Vervolgens zijn de resultaten van de aanvullende scenario's kwalitatief beschreven. Tenslotte worden de inzichten die verkregen zijn tijdens de workshop met stakeholders benoemd.

4.1 Beschrijving stremmingsscenario's

Naast het basisscenario, waarin geen enkele kolk is gestremd, zijn er 46 simulaties gedraaid in SIVAK voor het sluisencomplex Terneuzen. De eerste 40 scenario's verschillen enkel op het gebied van de te stremmen kolk(en) en de duur per stremming. Aan de hand van de resultaten van deze scenario's zijn 6 extra scenario's gedefinieerd, deze zijn beschreven aan het eind van deze paragraaf.

De stremmingen in de eerste 40 scenario's zijn zo gedefinieerd dat het tijdstip van laagwater precies halverwege de duur van de stremming valt. Bijvoorbeeld als het om 14.45 uur laagwater is en de ingevoerde stremmingsduur is 4 uur. Dan start de stremming om 12.45 uur en eindigt deze om 16.45 uur. De momenten van laagwater zijn bepaald aan de hand van de geregistreerde laagwaterstanden in de waterdata set van meetpunt Terneuzen [ref. 4]. Per dag zijn er twee laagwater momenten en dus ook 2 stremmingsperioden. Voor een scenario waarbij een stremmingsduur 4 uur is aangehouden, is de kolk dus twee maal 4 uur gestremd.

In SIVAK worden schuttingen wel afgemaakt indien deze op het startmoment van de stremming al gestart zijn. Hierdoor kan het zo zijn dat de kolkdeuren na het startmoment van stremming openen. Er wordt dan echter geen nieuwe schutting gestart.

In tabel 4.1 zijn de stremmingsduren per kolk per scenario weergegeven. De reeks volgt de stremmingsvolgorde waarbij tijdens verwachte lage kanaal aanvoeren vanaf de Leie en de Schelde eerst de Nieuwe Sluis Terneuzen wordt gestremd gevolgd door de Oostsluis en daarna de Westsluis. De duur van de stremmingen van de Westsluis kunnen bijvoorbeeld wel langer zijn dan de duur van de Oostsluis en/of Nieuwe Sluis Terneuzen.

Voor de leesbaarheid en traceerbaarheid is achter de naam van ieder scenario de duur aangegeven. Het eerste getal geeft de stremmingsduur weer van de Oostsluis, het tweede getal van de Westsluis en het derde getal de duur van de stremming van de Nieuwe Sluis Terneuzen. Als voorbeeld S35 4|6|8, dat betekent scenario 35 waarbij de Oostsluis 4 uur is gestremd, de Westsluis 6 uur en de NST 8 uur.

Tabel 4.1 Stremmingsduur per kolk per scenario (uren)

| Scenario | Oostsluis | Westsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen |
|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| S00 geen | 0 | 0 | 0 |
| S01 0 0 2 | 0 | 0 | 2 |

| Scenario | Oostsluis | Westsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen |
|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| S02 0 0 4 | 0 | 0 | 4 |
| S03 0 0 6 | 0 | 0 | 6 |
| S04 0 0 8 | 0 | 0 | 8 |
| S05 4 0 4 | 4 | 0 | 4 |
| S06 6 0 4 | 6 | 0 | 4 |
| S07 8 0 4 | 8 | 0 | 4 |
| S08 4 0 6 | 4 | 0 | 6 |
| S09 6 0 6 | 6 | 0 | 6 |
| S10 8 0 6 | 8 | 0 | 6 |
| S11 4 0 8 | 4 | 0 | 8 |
| S12 6 0 8 | 6 | 0 | 8 |
| S13 8 0 8 | 8 | 0 | 8 |
| S14 4 4 4 | 4 | 4 | 4 |
| S15 6 4 4 | 6 | 4 | 4 |
| S16 8 4 4 | 8 | 4 | 4 |
| S17 4 6 4 | 4 | 6 | 4 |
| S18 6 6 4 | 6 | 6 | 4 |
| S19 8 6 4 | 8 | 6 | 4 |
| S20 4 8 4 | 4 | 8 | 4 |
| S21 6 8 4 | 6 | 8 | 4 |
| S22 8 8 4 | 8 | 8 | 4 |
| S23 4 4 6 | 4 | 4 | 6 |
| S24 6 4 6 | 6 | 4 | 6 |
| S25 8 4 6 | 8 | 4 | 6 |
| S26 4 6 6 | 4 | 6 | 6 |
| S27 6 6 6 | 6 | 6 | 6 |
| S28 8 6 6 | 8 | 6 | 6 |
| S29 4 8 6 | 4 | 8 | 6 |
| S30 6 8 6 | 6 | 8 | 6 |
| S31 8 8 6 | 8 | 8 | 6 |
| S32 4 4 8 | 4 | 4 | 8 |
| S33 6 4 8 | 6 | 4 | 8 |
| S34 8 4 8 | 8 | 4 | 8 |
| S35 4 6 8 | 4 | 6 | 8 |
| S36 6 6 8 | 6 | 6 | 8 |
| S37 8 6 8 | 8 | 6 | 8 |
| S38 4 8 8 | 4 | 8 | 8 |
| S39 6 8 8 | 6 | 8 | 8 |
| S40 8 8 8 | 8 | 8 | 8 |

Beschrijving overige scenario's

Aan de hand van de resultaten van de eerste 40 scenario's zijn naar aanleiding van de workshop (zie paragraaf 4.5) 6 aanvullende scenario's vastgesteld. Het overzicht van de stremmingen van deze aanvullende scenario's is weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2 Stremmingsduur per kolk van de aanvullende scenario's

| Scenario | Oostsluis | Westsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| S41 8 8 0 | 8 | 8 | 0 |
| S42 4 4 4 staf. | 4 (start 3 uur voor LW) | 4 (start 1 uur voor LW) | 4 (start 2 uur voor LW) |
| S43 6 6 6 ond. | 6 (2-2-2 uur) | 6 (2-2-2 uur) | 6 (2-2-2 uur) |
| S44 8 4 8 ond. | 8 (2-4-2 uur) | 4 | 8 (2-4-2 uur) |
| S45 reg. 1 | regime 50 % - 80 % - 240 min | | |
| S46 reg. 2 | regime 70 % - 80 % - 360 min | | |

Over deze aanvullende scenario's kan het volgende worden opgemerkt:

- scenario 41: dit scenario is gebaseerd op het eerder opgestelde scenario 13 (8|0|8). De duur van de stremming van de Westsluis en de NST zijn omgedraaid, met dit scenario wordt het effect gekwantificeerd wanneer de stremmingsvolgorde is aangepast. In de opzet van de eerste 40 scenario's is de NST altijd een aantal uren gestremd;
- scenario 42: dit scenario is vergelijkbaar met het eerdere opgestelde scenario 14 (4|4|4). De duur van de stremming komen overeen, het moment van starten van de stremmingsperiode verschilt per kolk. De stremming bij de Oostsluis start 3 uur voor laagwater, bij de Westsluis 1 uur voor laagwater en bij de NST 2 uur voor laagwater. De stremmingen van de NST zijn in dit scenario gelijk met de stremmingen in scenario 14. Met gestaffelde stremmingen wordt verwacht dat de piekintensiteit omlaag gaat en dat daarmee de maximale wachtrijlengte afneemt;
- scenario 43: dit scenario is gebaseerd op scenario 27 (6|6|6). De duur van de stremmingen is voor iedere kolk 6 uur. In scenario 43 wordt iedere kolk echter nog 2 keer geschut gedurende de stremmingsperiode (in iedere richting 1 x). Met dit scenario wordt gekwantificeerd wat voor effecten er optreden indien er toch nog een enkele schutting doorgaat met laagwater. De wachttijd neemt naar verwachting af en het schutwaterverlies neemt toe;
- scenario 44: dit scenario is gebaseerd op scenario 34 (8|4|8). De duur van de stremmingen is voor de kolken ongewijzigd (respectievelijk 8, 4 en 8 uur). In scenario 44 wordt de Oostsluis en NST nog 2 x rondom laagwater geschut (in iedere richting één keer). Met dit scenario wordt ook gekwantificeerd wat voor effecten er optreden indien er toch nog een enkele schutting doorgaat met laagwater. De wachttijd neemt naar verwachting af en het schutwaterverlies neemt toe;
- scenario 45: in dit scenario worden geen stremmingen toegepast maar een schutregime. Hiermee worden de effecten onderzocht van het niet stremmen van sluiskolken, maar alleen schutten met vollere kolken. De verwachting is dat hiermee ook een sterke reductie in schutwaterverlies kan worden bereikt, met mogelijk een beperktere toename in wachttijd dan bij volledig stremmen.
Het regime zorgt er voor dat er pas wordt geschut als aan één van de volgende criteria wordt voldaan:
 - 1) minimale huidige kolkvulling van 50 %;
 - 2) minimaal kolkvulling vanaf de andere zijde van 80 % of;
 - 3) het eerste schip wacht 240 minuten;
- scenario 46: ook voor dit scenario is een schutregime ingesteld. De criteria zijn strikter dan in scenario 45, namelijk een minimale kolk vulling van 70 %, minimale kolkvulling vanaf andere zijde van 80 % of een wachttijd van 360 minuten voor het eerste schip.

Simulatie instellingen

Ieder scenario is gesimuleerd met een simulatieperiode van 28 dagen, startend op 26 juli om 0:00 uur. Voor iedere scenario zijn 5 verschillende herhalingen gedraaid, waarbij schepen stochastisch op andere

momenten worden gegenereerd. De verkeersafhandeling per replicatie is verschillend. Door meerdere replicaties te draaien kan inzicht worden verkregen in eventuele extreme situaties en kan voor de resultaten een bandbreedte worden bepaald.

4.2 Resultaten per stremmingsscenario

Hieronder zijn per scenario de resultaten uit de simulaties weergegeven. Dit betreffen de gemiddelde resultaten van de 5 modelreplicaties met uitzondering van de maximale wachtrij. De bandbreedtes met per scenario minimum en maximum waarden zijn weergegeven in bijlage II.

Definities

De verschillende resultaten zijn als volgt gedefinieerd:

- **aantal schuttingen per week:** gemiddeld aantal schuttingen per kolk per week, verkregen door het totaal aantal schuttingen per kolk te delen door 4 weken;
- **maximale wachtrijlengte (aantal schepen):** de hoogste waarde die in één van de herhalingen voorkomt in aantal schepen dat op een bepaald moment aan een van de zijden van het sluisencomplex ligt te wachten. Dit is de som van zeevaart, binnenvaart en overige scheepvaart. Schepen die bij aankomst direct de sluis in kunnen varen worden niet geregistreerd in de wachtrijlengte;
- **maximale wachtrijlengte (totale scheepslengte):** de hoogste waarde die in één van de herhalingen voorkomt in totale lengte van de schepen die liggen te wachten op een bepaald moment aan een zijde van het sluisencomplex. Dit is de som van de scheepslengtes van zeevaart, binnenvaart en overige scheepvaart. Het moment van de maximale lengte van de wachtrij kan een ander moment zijn dan de maximale wachtrij qua aantal schepen;
- **gemiddelde wachttijd binnenvaart:** gemiddelde duur dat de binnenvaartvloot voor het sluisencomplex ligt te wachten. De wachttijd gaat in op het moment dat het schip bij de sluis arriveert en eventueel afmeert. De wachttijd eindigt op het moment dat de sluisdeuren sluiten. De invaartijd is dus een deel van de wachttijd, eventuele overligtijd ook. De schuttijd (nivelleertijd en tijd voor open/sluiten deuren) zit niet bij de wachttijd niet inbegrepen;
- **maximale wachttijd binnenvaart:** 99 % van de binnenvaart ligt minder dan deze wachttijd voor het sluisencomplex te wachten. Van de binnenvaartschepen heeft 1 % een langere wachttijd dan de gepresenteerde waarde. De wachttijd gaat in op het moment dat het schip bij de sluis arriveert en eventueel afmeert. De wachttijd eindigt op het moment dat de sluisdeuren sluiten. De invaartijd is dus een deel van de wachttijd, eventuele overligtijd ook. De schuttijd (nivelleertijd en tijd voor open/sluiten deuren) zit niet bij de wachttijd niet inbegrepen;
- **gemiddelde wachttijd zeevaart¹:** gemiddelde duur dat de zeevaartvloot voor het sluisencomplex ligt te wachten. De wachttijd gaat in op het moment dat het schip bij de sluis arriveert en eventueel afmeert. De wachttijd eindigt op het moment dat de sluisdeuren sluiten. De invaartijd is dus een deel van de wachttijd, eventuele overligtijd ook. De schuttijd (nivelleertijd en tijd voor open/sluiten deuren) zit niet bij de wachttijd niet inbegrepen;
- **maximale wachttijd zeevaart:** 99 % van de zeevaart ligt minder dan deze wachttijd voor het sluisencomplex te wachten. Van de zeevaart heeft 1 % een langere wachttijd dan de gepresenteerde waarde. De wachttijd gaat in op het moment dat het schip bij de sluis arriveert en eventueel afmeert. De wachttijd eindigt op het moment dat de sluisdeuren sluiten. De invaartijd is dus een deel van de wachttijd, eventuele overligtijd ook. De schuttijd (nivelleertijd en tijd voor open/sluiten deuren) zit niet bij de wachttijd niet inbegrepen;
- **PIN-Norm (% binnenvaart <60 min):** percentage van het aantal binnenvaartschepen dat het sluisencomplex binnen 60 minuten heeft gepasseerd. De passagetijd betreft de som van wachttijd, overligtijd én schuttijd. De PIN-norm van sluisencomplex Terneuzen ligt op minimaal 64 %. Indien deze norm niet wordt gehaald is dit aangegeven met het teken (X);

¹ In SIVAK is de verkeersafwikkeling zo ingesteld dat schepen naar het sluisencomplex varen en daar wachten. In werkelijkheid wacht de zeevaart op zee (of aan een kade op het kanaal) en vaart pas naar het sluisencomplex op het moment dat het schip zonder te wachten een kolk in kan varen. De werkelijke locatie van wachten verschilt, maar de totale wachttijd voor zeevaart komt in SIVAK wel overeen met de werkelijkheid.

- **schutwaterverlies gemiddeld:** Schutwaterverlies van alle schuttingen omgerekend naar m³/s door het de totale som van het schutwaterverlies in 28 dagen te delen door de tijd. Het schutwaterverlies wordt per schutting bepaald en is afhankelijk van het waterstandverschil en kolkvulling (schepen);

Aantal schuttingen per kolk

In tabel 4.3 zijn per scenario het gemiddeld aantal schuttingen per week per kolk weergegeven.

Tabel 4.3 Simulatieresultaten: aantal schuttingen per week per kolk

| Scenario (O W NST) | Westsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen | Oostsluis | Totaal |
|------------------------|-----------|---------------------------|-----------|--------|
| S00 geen | 145,5 | 117,0 | 190,25 | 452,75 |
| S01 0 0 2 | 150,0 | 104,5 | 192,25 | 446,75 |
| S02 0 0 4 | 154,75 | 87,5 | 197,25 | 439,5 |
| S03 0 0 6 | 159,25 | 70,5 | 201,5 | 431,25 |
| S04 0 0 8 | 166,0 | 52,0 | 207,5 | 425,5 |
| S05 4 0 4 | 153,75 | 90,25 | 141,5 | 385,5 |
| S06 6 0 4 | 155,0 | 92,25 | 113,0 | 360,25 |
| S07 8 0 4 | 157,75 | 95,5 | 85,5 | 338,75 |
| S08 4 0 6 | 157,25 | 72,0 | 146,25 | 375,5 |
| S09 6 0 6 | 157,5 | 71,25 | 114,0 | 342,75 |
| S10 8 0 6 | 163,25 | 74,75 | 87,0 | 325,0 |
| S11 4 0 8 | 165,0 | 52,0 | 152,25 | 369,25 |
| S12 6 0 8 | 164,25 | 54,0 | 118,75 | 337,0 |
| S13 8 0 8 | 166,25 | 55,25 | 86,5 | 308,0 |
| S14 4 4 4 | 111,0 | 87,5 | 142,25 | 340,75 |
| S15 6 4 4 | 114,0 | 91,25 | 114,5 | 319,75 |
| S16 8 4 4 | 117,75 | 93,0 | 85,75 | 296,5 |
| S17 4 6 4 | 87,5 | 94,0 | 145,75 | 327,25 |
| S18 6 6 4 | 90,25 | 93,0 | 112,5 | 295,75 |
| S19 8 6 4 | 94,75 | 93,5 | 87,0 | 275,25 |
| S20 4 8 4 | 64,5 | 98,0 | 149,75 | 312,25 |
| S21 6 8 4 | 68,75 | 95,5 | 118,25 | 282,5 |
| S22 8 8 4 | 69,25 | 96,0 | 85,75 | 251,0 |
| S23 4 4 6 | 115,0 | 72,5 | 146,0 | 333,5 |
| S24 6 4 6 | 116,5 | 75,25 | 113,0 | 304,75 |
| S25 8 4 6 | 119,0 | 74,0 | 86,0 | 279,0 |
| S26 4 6 6 | 92,75 | 74,0 | 147,5 | 314,25 |
| S27 6 6 6 | 91,75 | 72,75 | 113,25 | 277,75 |
| S28 8 6 6 | 95,5 | 72,0 | 86,25 | 253,75 |
| S29 4 8 6 | 66,75 | 77,75 | 152,25 | 296,75 |
| S30 6 8 6 | 70,25 | 75,25 | 119,25 | 264,75 |

| Scenario (O W NST) | Westsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen | Oostsluis | Totaal |
|------------------------|-----------|---------------------------|-----------|--------|
| S31 8 8 6 | 72,0 | 74,75 | 88,0 | 234,75 |
| S32 4 4 8 | 121,75 | 53,0 | 151,25 | 326,0 |
| S33 6 4 8 | 119,0 | 55,75 | 119,5 | 294,25 |
| S34 8 4 8 | 121,75 | 55,25 | 86,5 | 263,5 |
| S35 4 6 8 | 98,5 | 54,75 | 155,5 | 308,75 |
| S36 6 6 8 | 95,75 | 56,0 | 119,75 | 271,5 |
| S37 8 6 8 | 97,75 | 56,5 | 88,25 | 242,5 |
| S38 4 8 8 | 72,0 | 56,25 | 157,0 | 285,25 |
| S39 6 8 8 | 72,0 | 54,25 | 123,25 | 249,5 |
| S40 8 8 8 | 73,5 | 52,5 | 90,75 | 216,75 |
| S41 8 8 0 | 61,75 | 132,25 | 85,75 | 279,75 |
| S42 4 4 4 staf. | 112,25 | 95,5 | 145,5 | 353,25 |
| S43 6 6 6 ond. | 112,5 | 92,5 | 137,25 | 342,25 |
| S44 8 4 8 ond. | 121,25 | 79,5 | 108,5 | 309,25 |
| S45 reg. 1 | 86,5 | 63,25 | 161,25 | 311,0 |
| S46 reg. 2 | 67,25 | 53,75 | 149,25 | 270,25 |

Scheepvaartafhandeling

In tabel 4.4 zijn per scenario de resultaten met betrekking tot de scheepvaartafhandeling gepresenteerd.

Tabel 4.4 Simulatieresultaten: scheepvaartafhandeling (wachtrij, wachttijden, PIN en schutwaterverlies)

| Scenario (O W NST) | Max wachtrij lengte (# schepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnen- vaart <60 min) | Schutwater verlies gemiddeld (m ³ /s)* |
|---------------------------|--|--|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|--|--|
| | | | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99% <) | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99% <) | | |
| S00 geen | 11 | 1105 | 27 | 116 | 27 | 123 | 70,8 (✓) | 10,9 |
| S01 0 0 2 | 15 | 1506 | 28 | 114 | 30 | 144 | 69,6 (✓) | 10,2 |
| S02 0 0 4 | 17 | 1864 | 30 | 125 | 38 | 186 | 67,4 (✓) | 9,2 |
| S03 0 0 6 | 15 | 1688 | 32 | 134 | 47 | 240 | 65,7 (✓) | 8,3 |
| S04 0 0 8 | 15 | 1688 | 35 | 141 | 55 | 277 | 63,6 (X) | 7,6 |
| S05 4 0 4 | 24 | 2268 | 43 | 186 | 47 | 232 | 55,1 (X) | 8,0 |
| S06 6 0 4 | 28 | 2743 | 48 | 204 | 53 | 248 | 49,8 (X) | 7,6 |
| S07 8 0 4 | 28 | 2743 | 52 | 213 | 56 | 262 | 45,4 (X) | 7,4 |
| S08 4 0 6 | 26 | 2700 | 47 | 204 | 59 | 276 | 53,0 (X) | 7,0 |
| S09 6 0 6 | 30 | 3071 | 56 | 237 | 65 | 290 | 46,5 (X) | 6,4 |
| S10 8 0 6 | 29 | 2936 | 63 | 264 | 72 | 302 | 40,9 (X) | 6,1 |
| S11 4 0 8 | 26 | 2700 | 51 | 212 | 70 | 329 | 50,4 (X) | 6,2 |
| S12 6 0 8 | 30 | 2992 | 62 | 259 | 78 | 337 | 43,2 (X) | 5,6 |

| Scenario (O W NST) | Max wachtrij lengte (# schepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnen- vaart <60 min) | Schutwater verlies gemiddeld (m ³ /s)* |
|---------------------------|--|--|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|--|--|
| | | | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99%<) | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99%<) | | |
| S13 8 0 8 | 32 | 3108 | 72 | 286 | 87 | 347 | 37,1 (X) | 5,2 |
| S14 4 4 4 | 36 | 3230 | 72 | 276 | 77 | 301 | 48,2 (X) | 6,1 |
| S15 6 4 4 | 36 | 3408 | 83 | 309 | 86 | 308 | 44,0 (X) | 5,7 |
| S16 8 4 4 | 38 | 3787 | 90 | 319 | 94 | 320 | 38,6 (X) | 5,3 |
| S17 4 6 4 | 33 | 3066 | 82 | 305 | 92 | 346 | 46,1 (X) | 5,6 |
| S18 6 6 4 | 37 | 3515 | 100 | 366 | 106 | 364 | 41,2 (X) | 4,8 |
| S19 8 6 4 | 40 | 3914 | 108 | 371 | 113 | 381 | 35,9 (X) | 4,6 |
| S20 4 8 4 | 34 | 3680 | 87 | 311 | 104 | 362 | 43,3 (X) | 5,1 |
| S21 6 8 4 | 43 | 3790 | 108 | 371 | 120 | 378 | 38,1 (X) | 4,4 |
| S22 8 8 4 | 42 | 3957 | 123 | 387 | 128 | 395 | 31,7 (X) | 4,0 |
| S23 4 4 6 | 36 | 3323 | 83 | 296 | 100 | 351 | 44,7 (X) | 5,2 |
| S24 6 4 6 | 40 | 4225 | 101 | 348 | 110 | 373 | 40,1 (X) | 4,5 |
| S25 8 4 6 | 42 | 4124 | 114 | 371 | 120 | 394 | 34,2 (X) | 4,1 |
| S26 4 6 6 | 40 | 3588 | 100 | 340 | 126 | 410 | 41,2 (X) | 4,3 |
| S27 6 6 6 | 45 | 4202 | 130 | 394 | 138 | 423 | 35,3 (X) | 3,6 |
| S28 8 6 6 | 48 | 4384 | 146 | 425 | 155 | 433 | 31,1 (X) | 3,3 |
| S29 4 8 6 | 42 | 3826 | 110 | 359 | 147 | 459 | 38,1 (X) | 3,9 |
| S30 6 8 6 | 45 | 4552 | 145 | 420 | 161 | 473 | 32,6 (X) | 3,2 |
| S31 8 8 6 | 49 | 4484 | 170 | 484 | 174 | 478 | 27,9 (X) | 2,8 |
| S32 4 4 8 | 32 | 3351 | 92 | 310 | 118 | 408 | 40,9 (X) | 4,3 |
| S33 6 4 8 | 40 | 3865 | 115 | 369 | 136 | 433 | 35,7 (X) | 3,7 |
| S34 8 4 8 | 45 | 4477 | 131 | 410 | 149 | 471 | 30,2 (X) | 3,2 |
| S35 4 6 8 | 40 | 4108 | 112 | 357 | 154 | 474 | 36,7 (X) | 3,6 |
| S36 6 6 8 | 47 | 4583 | 149 | 420 | 167 | 473 | 30,4 (X) | 2,9 |
| S37 8 6 8 | 51 | 5118 | 174 | 475 | 193 | 528 | 25,9 (X) | 2,4 |
| S38 4 8 8 | 42 | 4536 | 125 | 385 | 198 | 539 | 33,8 (X) | 2,9 |
| S39 6 8 8 | 50 | 4806 | 173 | 463 | 218 | 587 | 26,6 (X) | 2,2 |
| S40 8 8 8 | 54 | 5429 | 216 | 538 | 247 | 675 | 20,6 (X) | 1,7 |
| S41 8 8 0 | 31 | 2677 | 68 | 254 | 67 | 261 | 36,9 (X) | 6,7 |
| S42 4 4 4 staf. | 32 | 2812 | 61 | 265 | 73 | 317 | 49,1 (X) | 6,6 |
| S43 6 6 6 ond. | 26 | 2614 | 53 | 200 | 58 | 224 | 46,3 (X) | 6,9 |
| S44 8 4 8 ond. | 33 | 3373 | 79 | 311 | 95 | 373 | 39,2 (X) | 5,4 |
| S45 reg. 1 | 22 | 2134 | 66 | 265 | 111 | 303 | 42,8 (X) | 7,0 |
| S46 reg. 2 | 24 | 2335 | 102 | 376 | 173 | 423 | 31,2 (X) | 6,1 |

* Het gepresenteerde schutwaterverlies betreft het gemiddelde van 5 modelherhalingen, in individuele modelruns kan met een zelfde stremmingsprotocol het schutwaterverlies tot 8 % minder of 6 % meer zijn. Daarnaast is gerekend met relatief grote kolkafmetingen (zie paragraaf 2.2), indien er constant geschut wordt met minimale kolkafmetingen is een extra reductie van het schutwaterverlies van 8-10 % mogelijk.

Maximum wachttijden

In tabel 4.4 is de maximale wachttijd gepresenteerd als waarde waarvan 99 % van de schepen dezelfde of een kortere wachttijd heeft. Door toeval kan echter een individueel schip een stuk langere wachttijd hebben. Bijvoorbeeld als het schip net niet mee kan in de laatste schutting vlak voor een stremmingsperiode op een uitzonderlijk druk moment. Deze langere wachttijden komen vooral door de strikte SIVAK-model instellingen. In werkelijkheid wordt een dergelijke situatie waarschijnlijk voorkomen door de inzet van bijvoorbeeld de GTI-tool, vaarsnelheid aanpassingen en menselijke ingrijpen in het moment van schutten.

In een aantal scenario's hebben deze uitschieters in wachttijd een grotere wachttijd dan 12 uur. Dit betekent dat schepen niet geschut zijn in de eerstvolgende stremmingsvrije periode na aankomst bij het sluisencomplex. Voor de volledigheid is in tabel 4.5 het overzicht gegeven om welke scenario's dit gaat het aantal schepen met een langere wachttijd dan 12 uur en de absolute maximale wachttijd. Te zien is dat dit enkel gebeurt bij scenario's waarbij meerdere kolken gedurende een lange periode gestremd zijn.

Tabel 4.5 Simulaties met een aantal schepen met een wachttijd van meer dan 12 uur (720 minuten)

| Scenario | Aantal schepen in 28 dagen met wachttijd meer dan 12 uur | Absoluut maximum wachttijd (min) |
|-----------|--|----------------------------------|
| S29 4 8 6 | 1 | 723 |
| S34 8 4 8 | 1 | 790 |
| S39 6 8 8 | 2 | 931 |
| S37 8 6 8 | 3 | 880 |
| S38 4 8 8 | 4 | 852 |
| S40 8 8 8 | 15 | 935 |

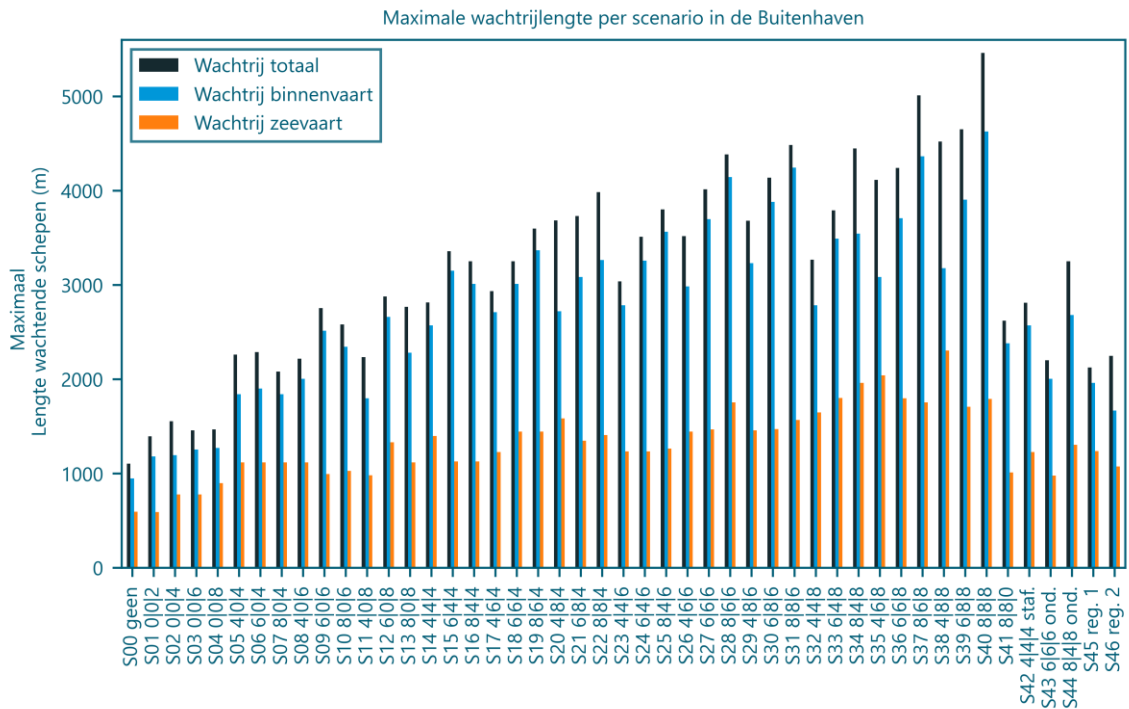
Maximale wachtrij per type vaart

De maximale wachtrijlengte, uitgedrukt in totale scheepslengte die gepresenteerd is in tabel 4.4, is de totale lengte van alle type scheepsvaart dat op een moment aan één van de zijde van het sluisencomplex wacht. In onderstaande figuren is de maximale wachtrijlengte gepresenteerd per scenario per kant. Hierin is de totale lengte van alle schepen opgenomen, de totale lengte van alle binnenvaartschepen en de totale lengte van alle zeeschepen. De som van de totale lengte van binnenvaart en zeevaart is niet gelijk aan de totale maximale lengte. Dit komt doordat de maximale lengte van wachtende binnenvaart op een ander moment optreedt dan de maximale lengte van de wachtende zeevaart. Daarnaast zit in de maximale totale lengte ook nog enkele overige scheepvaart, zoals losvarende sleepboten en recreatievaart.

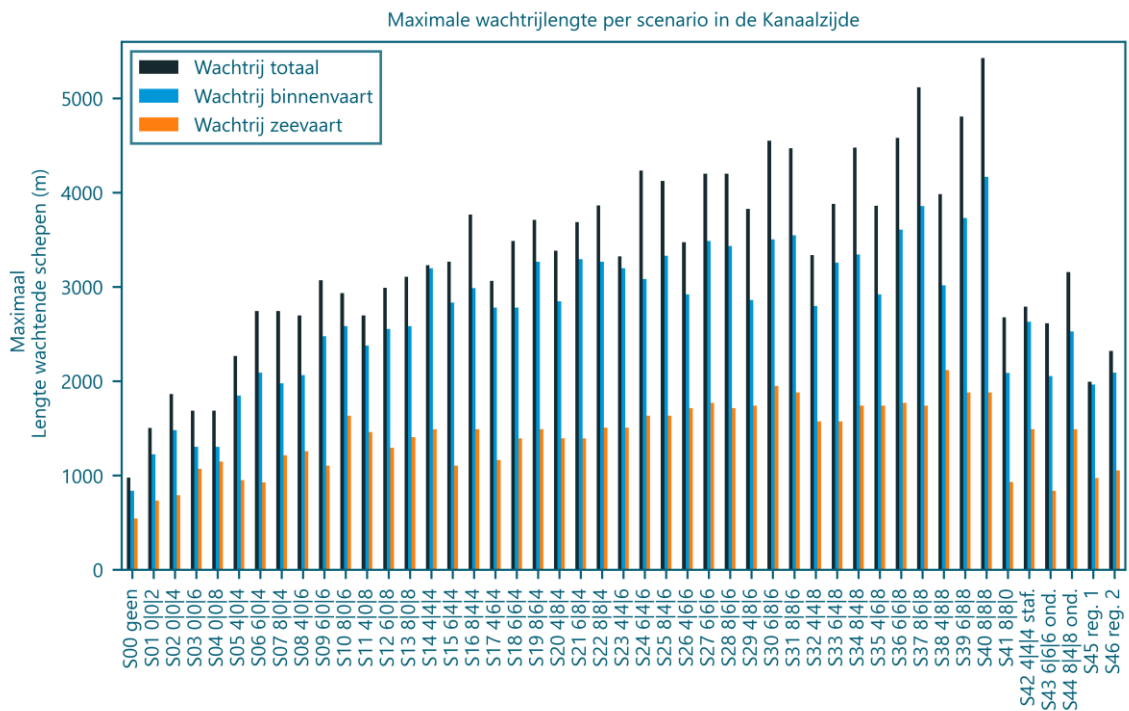
In de afbeelding is te zien dat bij de scenario's waarin meerdere kolken gedurende een lange periode gestremd zijn de maximale wachtrijlengte groter is. De maximale wachtrij ontstaat op een piekmoment aan het einde van een stremmingsperiode (zie ook verderop in paragraaf 4.3). Het ingevoerde aankomstpatroon van inkomende schepen wijkt af van de uitgaande schepen. Hierdoor wijkt de piekintensiteit ook af. Het gevolg hiervan is dat de maximale totale wachtrij lengte van binnenvaartschepen in de Buitenhaven ook verschilt ten opzichte van de kanaalzijde. De maximale wachtrij aan de kanaalzijde is in de meeste scenario's korter.

In het model is voor zeevaart aan beide kanten wel hetzelfde aankomstpatroon ingevoerd. De maximale wachtrijlengte is daarom voor zeevaart aan beide zijden vergelijkbaar, dit komt omdat de piekintensiteit van zeevaart gelijk is.

Afbeelding 4.1 Maximale wachtrijlengte per scheepvaarttype aan de zijde van de Buitenhaven



Afbeelding 4.2 Maximale wachtrijlengte per scheepvaarttype aan de Kanaalzijde



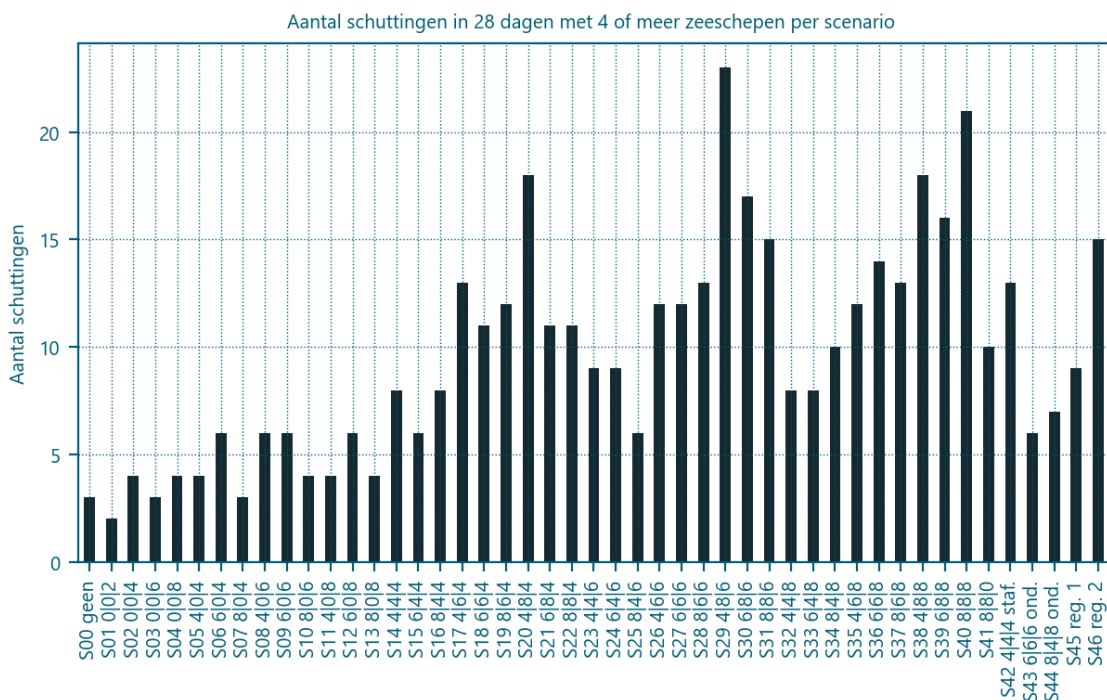
Zeevaart per schutting

Indien in een inkomende schutting (vanaf de Westerschelde naar het kanaal) een groot aantal schepen tegelijkertijd worden geschut, kan dit een knelpunt vormen voor de ondersteunende diensten rondom het sluizencomplex of voor de infrastructuur op het Kanaal Gent-Terneuzen. Dit wordt in paragraaf 4.3 beschreven. Problemen kunnen met name ontstaan indien er meerdere zeeschepen in dezelfde schutting zitten of tegelijk uit de Westsluis en de NST het kanaal op varen.

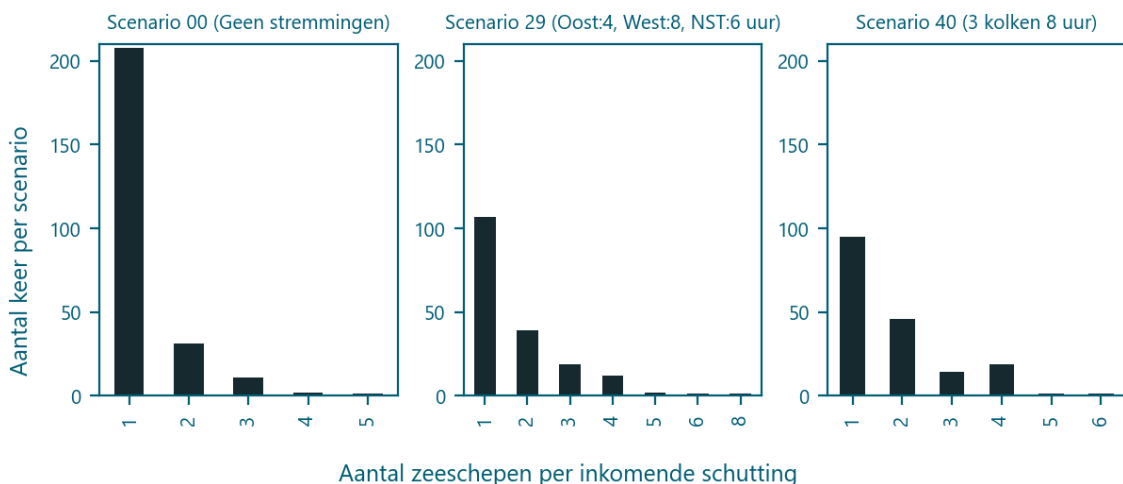
In afbeelding 4.3 is per scenario te zien hoeveel schuttingen er in 28 dagen zijn geweest met 4 of meer zeeschepen. De waarde van de modelherhaling waarbij het aantal zeeschepen het grootst was, is weergegeven in deze afbeelding. In deze afbeelding is te zien dat bij de meeste scenario's er slechts een beperkt aantal keer een schutting voorkomt met veel zeeschepen. Uitschieters zijn scenario 20 (4|8|4), scenario 29 (4|8|6) en scenario 40 (8|8|8).

Voor het basisscenario, scenario 29 (4|8|6) en scenario 40 (8|8|8) is de verdeling van het aantal zeeschepen per schutting weergegeven afbeelding 4.4. In een groot aantal schuttingen wordt helemaal geen zeeschip geschut maar bijvoorbeeld enkel binnenvaartschepen. Deze schuttingen zijn niet weergegeven in de afbeelding. Afhankelijk van de capaciteit van ondersteunde diensten (zoals sleepers of bootlieden) of knelpunten op het kanaal kan er wanneer er teveel zeeschepen in een schutting zitten extra vertraging ontstaan. Dit effect kan echter niet in SIVAK worden gekwantificeerd.

Afbeelding 4.3 Aantal schuttingen met 4 of meer zeeschepen per scenario



Afbeelding 4.4 Verdeling aantal zeeschepen per schutting voor 3 scenario's



4.3 Inzicht in ontstaan en oplossen van wachtrijen

Als gevolg van de sluisstremmingen ontstaan wachtrijen. Schepen worden in het SIVAK-model in de wachtrij geplaatst indien de schepen bij aankomst bij het sluisencomplex niet direct een kolk in kunnen varen. Deze schepen dienen dan aan een remming of andere wachtplaats af te meren. In SIVAK is de functionaliteit van de GTI-tool niet verwerkt. Schepen passen hierdoor in het model niet hun snelheid aan wanneer blijkt dat als ze met maximale snelheid door varen ze voor het sluisencomplex moeten wachten. In werkelijkheid passen de meeste schepen wel hun snelheid aan of ze vertrekken later. Waardoor de wachtrijlengte korter is dan uit het SIVAK-model volgt.

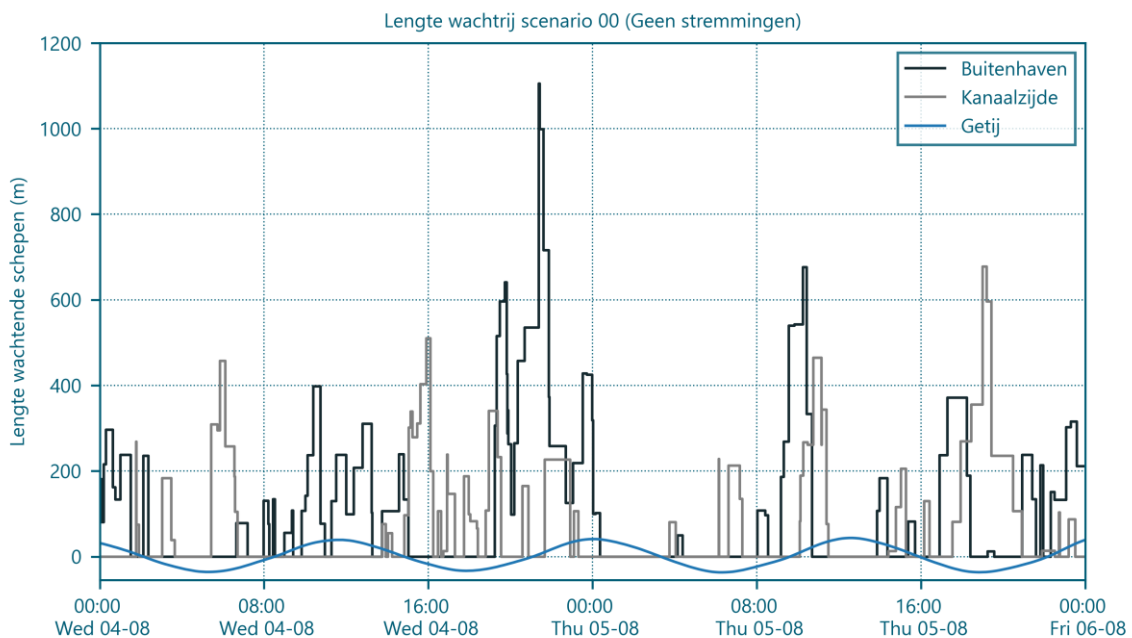
Voor een aantal scenario's is hierna de ontwikkeling van de wachtrij op de maximale momenten beschreven.

Bassiscenario

In de situatie zonder stremmingen, het basisscenario, is op het drukste moment de totale scheepslengte van de wachtende schepen aan één zijde 1.105 m. Deze situatie is weergegeven in afbeelding 4.5. In deze afbeelding is de totale lengte van de schepen die wachten in de buitenhaven weergegeven in zwart en de schepen aan de kanaalzijde in grijs. In de afbeelding is ook de waterstand in de buitenhaven indicatief weergegeven in blauw.

In de simulatie bereikt op woensdag 4 augustus 2021 rond 21.00 uur de wachtrij de maximale lengte. Op dat moment wachten er 10 schepen in de buitenhaven¹. Op hetzelfde moment wachten er geen schepen aan de kanaalzijde, kort na het piekmoment ontstaat aan de kanaalzijde wel een wachtrij. Binnen een aantal minuten is een groot deel van de wachtrij in de buitenhaven al verdwenen en na 3 uur is de volledige wachtrij weg. Alle schepen zijn dan een kolk ingevaren of al geschut. In de afbeelding is te zien dat er rond 4.00 uur weer een wachtrij in de buitenhaven ontstaat die enige minuten later weer oplost.

Afbeelding 4.5 Ontwikkeling van de maximale wachtrijlengte in basisscenario



¹ Het aantal schepen wijkt af met de gepresenteerde waarde in tabel 3.5. Op een ander moment is het aantal schepen in de wachtrij 11. De totale scheepslengte is dan minder lang, namelijk 960 m.

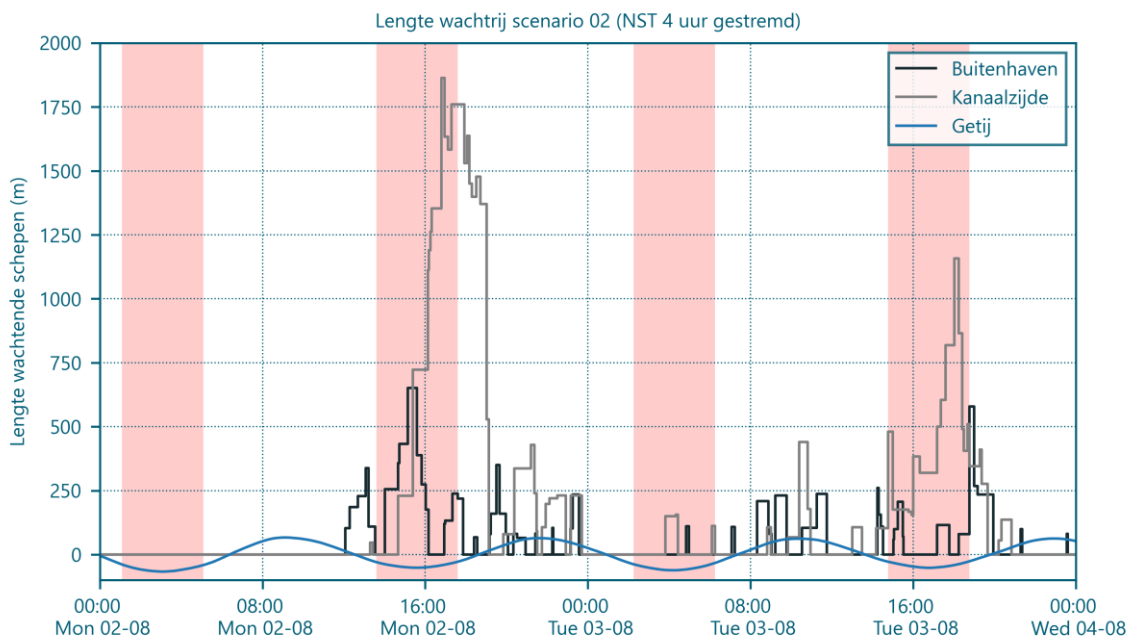
Scenario 02 (0|0|4)

In afbeelding 4.6 is de wachtrijontwikkeling te zien voor de maximale situatie van scenario 2 (0|0|4). De wachtrijlengte in de buitenhaven is weergegeven in zwart en aan de kanaalzijde in grijs. In dit scenario is de NST gedurende 4 uur rondom laag water gestremd. De periodes van stremming zijn aangegeven in de afbeelding in rood.

In afbeelding 4.6 is goed te zien dat er ook momenten zijn dat er helemaal geen wachtrij is. Aan beide zijden van het sluisencomplex is er in de nacht van maandag 2 augustus 2021 geen wachtrij. Iedere schip dat arriveert bij het sluisencomplex kan direct een kolk in varen.

De maximale situatie in dit scenario ontstaat voor dit scenario aan de kanaalzijde. De totale maximale lengte is 1.863 m en betreft dan 16 schepen. In afbeelding 4.6 is te zien dat deze lengte ontstaat aan het einde van de periode van stremming van de sluis. Aangezien niet alle kolken gestemd zijn neemt de wachtrij ook al af tijdens de in rood gemarkeerde stremmingsperiode. Dat is ook te zien aan de wachtrijlengte in de buitenhaven. Deze verdwijnt gedurende de stremmingsperiode. Kort na de stremmingsperiode verdwijnt ook de volledige wachtrij aan de kanaalzijde. Uit de maximale wachttijden volgt dat schepen niet extreem lang wachten voor het sluisencomplex. De maximale wachttijd is 186 minuten. Ruim voor de volgende stremming hebben alle schepen in dit scenario het sluisencomplex gepasseerd.

Afbeelding 4.6 Ontwikkeling van de maximale wachtrijlengte in scenario 02 (0|0|4)



Scenario 40 (8|8|8)

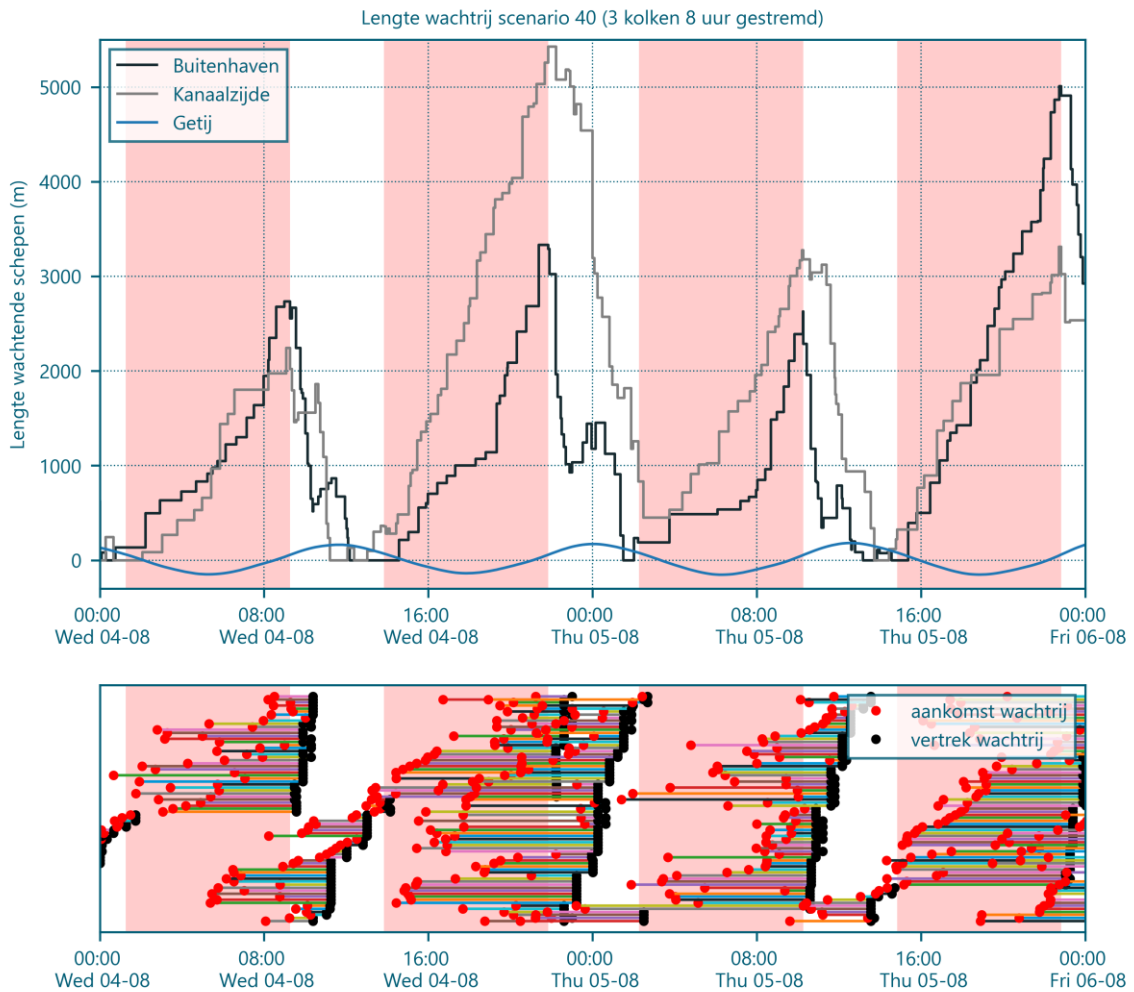
De absolute maximale wachtrijlengte van alle gesimuleerde situaties ontstaat in scenario 40 (8|8|8). In dit scenario zijn de 3 kolken ieder 8 uur lang gestremd rondom laagwater. In afbeelding 4.7 is de ontwikkeling van de wachtrijlengte weergegeven. In zwart is de wachtrij in de buitenhaven weergegeven en in grijs aan de kanaalzijde. De periode van stremming is weergegeven in deze afbeelding in rood en de waterstanden in de buitenhaven zijn indicatief weergegeven in donkerblauw. In de onderste figuur van afbeelding 4.7 is het aankomst- en vertrekmoment van alle individuele schepen weergegeven.

In afbeelding 4.7 is te zien dat de wachtrijlengte toeneemt gedurende de stremmingsperiodes aan beide zijdes van het sluisencomplex. In de maximale situatie, rond 21.30 uur op 4 augustus 2021, is de wachtrij aan de kanaalzijde ruim 5.400 m. De wachtrij in de buitenhaven is op hetzelfde moment bijna 3.300 m. Direct na de stremmingsperiode worden de wachtrijen korter. In de buitenhaven lost de volledige wachtrij op in de

volgende periode zonder stremming. Er ontstaat wel kort voor de volgende stremmingsperiode weer een wachtrij. Aan de kanaalzijde is er gedurende de volledige niet-stremmingsperiode een wachtrij aanwezig. Op het moment dat de volgende stremmingsperiode ingaat staan in deze wachtrij enkel nog schepen bij het sluisencomplex gearriveerd gedurende de periode zonder stremming, zoals in de onderste figuur van de afbeelding te zien is.

De capaciteit van het sluisencomplex is dus in principe voldoende om binnen de 4 uur zonder stremming de volledige wachtrij die is ontstaan in de periode met stremming weg te werken.

Afbeelding 4.7 Ontwikkeling van de maximale wachtrijlengte en aankomst/vertrek moment van individuele schepen in scenario 40



4.4 Kolkvullingen

De mate waarin de sluiscolken gevuld zijn, kan worden uitgedrukt als utilization-percentage. Dit percentage is het totale oppervlakte van de schepen (lengte x breedte van individuele schepen) gedeeld door het kolkoppervlakte (lengte x breedte sluiscolkdimensies) x 100 %. Een kolkvullingspercentage van 100 % betekent dan een volledig gevulde schutting, in werkelijkheid is dit echter niet mogelijk vanwege onderlinge afstanden tussen schepen. Een kolkvullingspercentage van 0 % is een leeg-om schutting.

De kolkvulling is niet constant over de tijd. De beschouwing van de kolkvullingspercentage geeft inzicht in welke mate de capaciteit van het sluisencomplex wordt gebruikt. Voor de 3 situaties die in de vorige paragraaf beschreven zijn en scenario 8 (4|0|6) met een schutwaterverlies van circa 7 m³/s, is de kolkvulling per schutting per sluiscolk weergegeven in afbeelding 4.8. De periode van een eventuele sluisstremming is

wederom met rood in de achtergrond aangegeven. De eventuele leeg-om schuttingen zijn in deze figuur niet weergegeven.

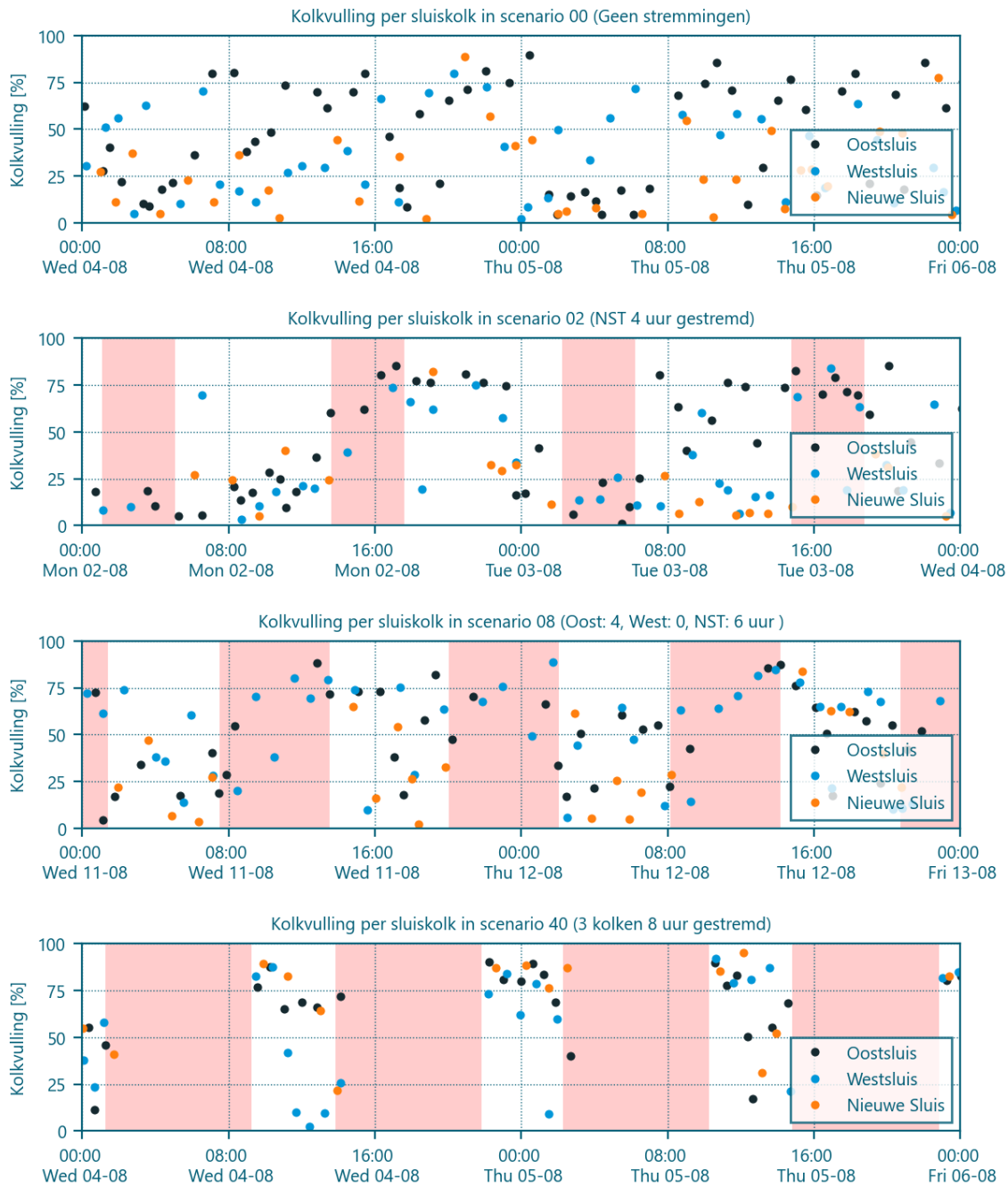
In de bovenste figuur van afbeelding 4.8 is te zien dat in het basisscenario (geen stremmingen) het kolkvullingspercentage redelijk schommelt. Er zijn een aantal schuttingen met een hoog vullingspercentage (meer dan 75 %), maar ook een groot aantal schuttingen met een kolkvulling van minder dan 25 %. Te zien is dat de Oostsluis een hoger vullingspercentage heeft dan de overige 2 sluizen. Dit komt met name omdat de kolkafmetingen van deze kolk kleiner zijn.

Voor scenario 2 (0|0|4), waarin de NST 4 uur rondom laagwater gestremd is. Is meer een patroon in de ontwikkeling van de kolkvulling te zien. Het vullingspercentage van 3 kolken ontwikkeld zich redelijk hetzelfde. In deze afbeelding is ook te zien dat gedurende de stremmingen er geen schuttingen zijn in de NST, maar wel in de overige sluizen.

Voor scenario 8 (4|0|6), waarin de Oostsluis 4 uur en de NST 6 uur gestremd is, is te zien dat gedurende de stremmings periode het kolkvullingspercentage van de Westsluis oploopt. Kort na de stremmingsperiode zijn er een aantal schuttingen met een hoge kolkvulling. De kolkvulling neemt af gedurende de periode zonder stremmingen. Met name bij de NST is het kolkvullingspercentage van een groot aantal schuttingen minder dan 50%.

In de onderste figuur van afbeelding 4.8 is te zien dat in scenario 40 (8|8|8) de kolken een stuk voller zijn dan in het basisscenario en scenario 2 (0|0|4). Na een stremmingsperiode is de vulling van iedere kolk circa 80-90 %. Gedurende de niet-stremmingsperiode daalt dit percentage. Aangezien dit percentage daalt is te concluderen dat de maximum capaciteit van het sluisencomplex niet wordt gebruikt (tijdens de niet gestremde 4 uur).

Afbeelding 4.8 Kolkvulling gedurende 2 dagen in 4 verschillende scenario's



4.5 Workshop

De resultaten van de eerste 40 scenario's zijn op 23 januari 2023 gepresenteerd tijdens een workshop met diverse stakeholders. Tijdens deze workshop waren vertegenwoordigers van onder andere North Sea Ports, sluisoperators en de divisie scheepvaart van Rijkswaterstaat Zee en Delta aanwezig. Aan de deelnemers is inzicht gevraagd naar verdere knelpunten rondom de infrastructuur van het sluisencomplex en mogelijke optimalisaties voor de stremmingsprotocollen.

Knelpunten

Tijdens de workshop is aangekaart dat voor de feitelijke hinder van scheepvaart niet alleen naar het sluisencomplex gekeken dient te worden maar naar de volledige logistieke keten en proces rondom het sluisencomplex. Aandachtspunten hierbij zijn:

- hinder voor terminaloperators in de achterliggende haven ontstaat pas als schepen niet op verwachte tijdstippen bij de terminals aankomen. Dat bijvoorbeeld zeeschepen enkele uren voor het sluisencomplex moeten wachten tijdens een periode van stremming leidt niet noodzakelijke direct tot vertragingen in de procesketen;
- deelnemers verwachten dat voor het accommoderen van de maximale wachtrijlengte geen problemen ontstaan rondom het sluisencomplex zelf. De GTI-tool van het sluisencomplex werkt zeer efficiënt en binnenvaartschepen weten dat ze niet zonder een tijdsslot naar het sluisencomplex hoeven te komen. Zeevaart wacht nu al niet bij het sluisencomplex zelf, maar aan de kade of in wachtgebieden op zee;
- tijdens de pieken kan een tekort aan ondersteunende dienstverlening ontstaan. Wanneer zeevaart in 2 sluisen tegelijk gesluisd moet worden is mogelijk de ondersteunende dienstverlening onvoldoende. Het gaat dan om sleepers, bootlieden en loodsen. Dit probleem kan optreden als alle kolken na een stremming tegelijk gaan schutten;
- op het kanaal tussen het sluisencomplex en Gent zijn 3 bruggen. Deze bruggen hebben een vast moment dat ze dicht moeten zijn en daarnaast een maximale duur dat ze open mogen staan. De 3 bruggen mogen daarnaast niet tegelijk open staan. In de huidige situatie geven de bruggen soms al problemen. De verwachting is dat dit een knelpunt kan worden. Zeker in bijvoorbeeld een scenario waar een grote piek in scheepvaart is gedurende de 4 uur dat er niet gestremd wordt. Voor het accommoderen van de scheepvaart dienen de bruggen dan wellicht continu open te staan, wat niet haalbaar is.

Optimalisatie stremmingsprotocollen

Voor de scheepvaartafhandeling is het gunstiger om de pieken van de te schutten schepen vlak na een stremmingsperiode af te vlakken. Hierdoor ontstaat er minder druk op de ondersteunde dienstverleners en verkleint de kans op problemen bij de passage van de bruggen op het kanaal. Deelnemers aan de workshop suggereerden dat dit bijvoorbeeld kan op verschillende manieren. Allereerst is voorgesteld om gedurende een lange stremmingsperiode toch nog een enkele schutting door te laten gaan bij laagwater. Daarnaast kan de piek worden afgevlakt door de periode van stremmingen van meerdere kolken niet gelijk te hebben. Door te schuiven in de momenten van de start en eind van de stremming ontstaat er niet direct na het eindige van de stremmingsperiode een piek in schepen dat vanaf het sluisencomplex het Kanaal Gent-Terneuzen invaart.

Als alternatief om tijdens perioden met droogte het schutwaterverlies te beperken is geopperd om geen stremmingen toe te passen maar door te blijven schutten met hoge kolk vullingen. Dit kan in potentie de piek afvlakken terwijl de wachttijden voor schepen en het schutwaterverlies dezelfde orde van grootte houden.

Als laatste optimalisatie is tijdens de workshop geopperd om het effect te onderzoeken van een alternatieve stremmingsvolgorde, waarbij wel met de NST wordt gesluisd en de Westsluis gestremd is.

Aanvullende scenario's

Mede op basis van de voorgestelde optimalisatie zijn de 6 aanvullende scenario's opgesteld zoals weergegeven zijn in tabel 4.6. Deze scenario's zijn ook al eerder weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.6 Stremmingsduur per kolk van de aanvullende scenario's (herhaling van tabel 4.2)

| Scenarinummer | Oostsluis | Westsluis | Nieuwe Sluis Terneuzen |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| S41 8 8 0 | 8 | 8 | 0 |
| S42 4 4 4 staf. | 4 (start 3 uur voor LW) | 4 (start 1 uur voor LW) | 4 (start 2 uur voor LW) |
| S43 6 6 6 ond. | 6 (2-2-2 uur) | 6 (2-2-2 uur) | 6 (2-2-2 uur) |
| S44 8 4 8 ond. | 8 (2-4-2 uur) | 4 | 8 (2-4-2 uur) |
| S45 reg. 1 | regime 50 % - 80 % - 240 min | | |
| S46 reg. 2 | regime 70 % - 80 % - 360 min | | |

4.6 Inzicht effecten aanvullende simulaties

Hierna volgt per aanvullend scenario een beschrijving van het effect ten opzichte van vergelijkbare scenario's.

Scenario 41

De stremmingen in dit scenario zijn afgeleid van het eerder opgestelde scenario 13 (8|0|8). De duur van de stremming van de Westsluis en de NST zijn omgedraaid. Wanneer de resultaten van scenario 41 (8|8|0) met scenario 13 (8|0|8) worden vergeleken kan het volgende worden geconcludeerd:

- het schutwaterverlies neemt toe omdat er vaker door de NST wordt geschut in plaats van de Westsluis;
- het omdraaien levert een reductie op van 20 minuten op de gemiddelde wachttijd voor zeevaart. De gemiddelde wachttijd voor binnenvaart verandert nauwelijks;
- de maximale wachtrijlengte neemt af met 431 m van 3.108 m naar 2.677 m.

Het schutwaterverlies in scenario 41 (circa 6,7 m³/s) zit tussen scenario 08 (4|0|6) (circa 7,0 m³/s) en scenario 09 (6|0|6) (circa 6,4 m³/s) in. De gemiddelde wachttijden in deze scenario's zijn lager dan de gemiddelde wachttijden in scenario 41. Dit bevestigt dat vanuit het oogpunt van maximaal waterefficiënt handelen de huidige voorgestelde schuttingsvolgorde (1 NST, 2 Oostsluis en 3 Westsluis) inderdaad het best kan worden gevolgd.

Scenario 42

Dit scenario (4|4|4 staf.) is vergelijkbaar met het eerdere opgestelde scenario 14 (4|4|4). De duur van de stremmingen komt overeen, het moment van starten van de stremmingsperiode verschilt per kolk. Het verschuiven van de openingsduur heeft de volgende effecten:

- de maximale wachtrijlengte en daarmee ook de piek neemt af;
- de gemiddelde wachttijden van zeevaart en binnenvaart nemen af met respectievelijk 4 en 11 minuten;
- het schutwaterverlies neemt toe met 0,5 m³/s.

Het schutwaterverlies is in scenario 42 (circa 6,6 m³/s) iets groter dan in scenario 09 (6|0|6) (circa 6,4 m³/s). De gemiddelde wachttijden in scenario 42 voor zowel binnenvaart en zeevaart zijn langer dan in scenario 9 (6|0|6). De maximale wachtrijlengte is in scenario 42 wel korter dan in scenario 9 (6|0|6).

Dit extra scenario toont aan dat het spreiden van de stremmingsmoment een positief effect heeft op de piek intensiteit van scheepvaart. Voor gemiddelde wachttijden in combinatie met een beperkt schutwaterverlies is het echter beter om door te blijven schutten met één kolk. Conform scenario 9 (6|0|6) is dat de Westsluis.

Scenario 43

Dit scenario (6|6|6 ond.) is afgeleid van scenario 27 (6|6|6). De duur van de stremmingen is voor iedere kolk 6 uur. In scenario 43 wordt iedere kolk echter nog 2 maal geschut gedurende de stremmingsperiode (in iedere richting één keer).

Het schutwaterverlies is in scenario 43 (circa 6,9 m³/s) vergelijkbaar met scenario 8 (4|0|6) (circa 7,0 m³/s). Ook de gemiddelde wachttijden en maximale wachtrijlengte zijn vergelijkbaar. De maximale wachttijden voor zeevaart zijn in scenario 43 echter wel een stuk korter dan in scenario 8 (4|0|6), 224 minuten in plaats van 276 minuten.

Dit extra scenario toont aan dat het gunstiger is om bij een schutwaterverlies van circa 7,0 m³/s te kiezen voor een scenario met stremmingen bij 3 kolken die onderbroken worden, dan continu door te blijven schutten met één kolk.

Scenario 44

Dit scenario (8|4|8 ond.) is afgeleid van scenario 34 (8|4|8). In scenario 44 worden de Oostsluis en NST nog 2x rondom laagwater geschut (in iedere richting één keer).

Het schutwaterverlies is in scenario 44 vergelijkbaar met scenario 16 (8|4|4). De gemiddelde wachttijden voor binnenvaart zijn in scenario 44 wel een stuk korter dan in scenario 16 (8|4|4). De gemiddelde wachttijden voor zeevaart zijn vergelijkbaar in scenario 44 en scenario 16 (8|4|4). Het effect op de gemiddelde wachttijden van binnenvaart komt door de schuttingen in de Oostsluis rondom laagwater.

Dit extra scenario toont aan dat bij een schutwaterverlies van circa 5,4 m³/s het voor de scheepvaartafhandeling gunstiger is om de NST langer te stremmen met tussendoor toch nog een enkele schutting in plaats van de NST korter te stremmen zonder schutting tussendoor.

Scenario 45 en scenario 46

Deze scenario's geven inzicht in het de effecten wanneer er wordt gekozen om door te blijven schutten tijdens laagwater met grotere kolkbezetting. Hierover kan het volgende geconcludeerd worden:

- doordat er in deze scenario's tijdens laagwater geschut wordt is er een aanzienlijk schutwaterverlies. Het schutwaterverlies in scenario 45 (circa 7,0 m³/s) komt overeen met het schutwaterverlies van scenario 8 (4|0|6) (circa 7,0 m³/s), en van scenario 46 (circa 6,1 m³/s) komt overeen met scenario 10 (8|0|6) (circa 6,1 m³/s);
- als de gemiddelde en maximale wachttijden worden vergeleken zijn deze bij scenario 8 (4|0|6) en scenario 10 (8|0|6) een stuk lager dan in scenario 45 en scenario 46;
- de maximale wachtrijlengte is in scenario 45 en scenario 46 respectievelijk 566 m en 601 m korter dan in de scenario's met vergelijkbaar schutwaterverlies.

Deze extra scenario's tonen aan dat het effectiever is om een deel van de kolken te stremmen rondom laagwater dan om enkel te schutten met hogere kolkvullingen om de impact voor de scheepvaart te beperken.

4.7 Conclusies

Op basis van de hierboven gepresenteerde simulatieresultaten kan het volgende worden opgemerkt:

- de wachttijd van schepen begint op te lopen zodra één kolk is gestremd. Als enkel de NST 6 uur of minder per laag water is gestremd, blijft het sluiscomplex aan de PIN-Norm voldoen (scenario 1, scenario 2 en scenario 3);
- bij een stremming van 8 uur van de NST (scenario 4), of iedere andere situatie waarin 2 kolken, de Oostsluis en NST, worden gestremd (scenario 5-13) wordt de PIN-Norm niet gehaald. Dit geldt ook voor de situaties waarin alle 3 de kolken zijn gestremd (scenario 14-40);
- in het meest extreme scenario (scenario 40: 3 kolken 8 uur lang gestremd bij laag water) blijven de maximale wachttijden voor binnenvaart en zeevaart beperkt tot respectievelijk 538 en 675 minuten. Dit betekent dat de capaciteit van het sluiscomplex voor dit scenario groot genoeg is om gedurende de 4 uur dat er wel geschut wordt om de volledige wachtrij weg te werken die ontstaan is gedurende de periode van stremming;

- de maximale berekende wachtrijlengte loopt in het extreemste scenario (S40 (8|8|8)) op tot een totale scheepslengte van ruim 5.400 m. De capaciteit van het sluzencomplex is voldoende om gedurende de periode zonder stremming deze gehele wachtrij weg te werken;
- verschuiven van de stremmingsperiode zodat de stremmingsperiode niet van iedere kolk gelijk is, leidt tot minder lange maximale wachtrijlengtes, maar een toename van het schutwaterverlies. De gemiddelde wachttijden nemen af;
- het blijven schutten tijdens laagwater met een aangepast schutregime levert voor scheepvaart langere wachttijden op dan in de scenario's waarbij het schutwaterverlies vergelijkbaar is maar er wel enkele uren gestremd wordt;
- het doorbreken van sluisstremmingen door toch nog een enkele schutting plaats te laten vinden rondom laagwater heeft een gunstig effect op de wachttijden maar leidt wel tot een significante toename van het schutwaterverlies.

5

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Dit hoofdstuk bevat de algemene conclusies en aanbeveling van deze SIVAK studie over de sluisstremmingen rondom laagwater in perioden van droogte voor het sluisencomplex Terneuzen.

In periodes met droogte is de kans aanwezig dat er peilonderschrijdingen ontstaan op het kanaal Gent-Terneuzen. Bij dreigende peilonderschrijdingen zal één of meerdere van de sluiskolken gedurende een aantal uren rondom laagwater gestremd moeten worden. In deze studie is met scheepvaartsimulaties het effect van sluisstremmingen op de hinder van scheepvaart rondom het sluisencomplex gekwantificeerd. Er zijn 46 verschillende stremmingssituaties doorgerekend.

Met deze studie is aangetoond dat stremmingen leiden tot de volgende effecten:

- de wachttijden van individuele schepen lopen op. Daarmee wordt de passeertijd van schepen ook langer;
- het aantal schepen dat tegelijkertijd in de (fictieve) wachtrij voor het sluisencomplex ligt neemt toe;
- gedurende de periodes zonder stremmingen neemt de intensiteit op het kanaal toe én de vraag naar ondersteunde dienstverleners voor de sluisafhandeling van zeeschepen (loodsen, bootlieden en slepers);
- het totaal aantal schuttingen van het gehele sluisencomplex neemt af, per schutting worden er gemiddeld genomen meer schepen geschut. De kolken zijn meer gevuld;
- het gemiddelde schutwaterverlies door het sluisencomplex Terneuzen neemt af.

De mate waarin deze effecten optreden zijn afhankelijk van de duur van stremmingen. In het meest extreme scenario, scenario 40 (8|8|8) met alle 3 de kolken 8 uur gestremd rondom laagwater, is een reductie van 85 % schutwaterverlies mogelijk ten opzichte van de situatie zonder stremmingen (van 10,9 m³/s naar 1,7 m³/s). De gemiddelde wachttijden nemen met ruim 3 uur toe. In dit extreemste scenario is de capaciteit van het sluisencomplex theoretisch voldoende om de gehele wachtrij die ontstaat tijdens de 8 uur durende stremming weg te schutten in de periode zonder stremming. De toekomstige capaciteit van enkel het sluisencomplex is dus voldoende. Zelfs in extreme periodes met langdurige stremmingen vinden er geen structurele wachtrijen plaats die meerdere dagen aanhouden.

Voor ieder onderzocht stremmingsscenario is het schutwaterverlies berekend. In een aantal stremmingsscenario's is het totale schutwaterverlies vergelijkbaar met andere scenario's, maar de effecten op scheepvaart verschillen wel.

Voor de sluisoperaties van sluisencomplex Terneuzen gedurende een periode met droogte wordt aanbevolen om vooraf over de stremmingprotocollen na te denken en de stremmingen af te stemmen met stakeholders en betrokken partijen. Zodat indien bekend is dat peilonderschrijdingen gaan ontstaan een passende stremmingssituatie klaar ligt. Afhankelijk van het nog toegestane schutwaterverlies kan dan een stremmingprotocol worden gekozen waarbij de hinder van scheepvaart (en de rest van keten rondom het sluisencomplex) minimaal is.

Om een bepaald maximum schutwaterverlies te krijgen zijn vaak meerdere opties van stremmingsduren en kolkcombinaties mogelijk. Bij het kiezen van het meest gunstige stremmingprotocol met een maximum schutwaterverlies kunnen de volgende stappen worden ondernomen:

- 1 bepaling welke effecten meegenomen worden bij de bepaling van het meest gunstige stremmingprotocol. Dit kunnen scheepvaarteffecten zijn die aangetoond zijn in deze studie aangevuld

- met andere mogelijke effecten. Bijvoorbeeld het effect van de verwachte knelpunten rondom het sluizencomplex (inzet van ondersteunende diensten en brugopeningen op het Kanaal Gent-Terneuzen);
- 2 prioritering van deze effecten van stremmingen samen met betrokken partijen rondom het sluizencomplex;
 - 3 kwantificering van de effecten per stremmingsprotocol;
 - 4 selectie van stremmingsprotocol per gegeven maximum schutwaterverlies.

Als voorschot op de selectie van stremmingsprotocollen zijn in bijlage III de resultaten van de 46 onderzochte scenario's gesorteerd op schutwaterverlies. Uit het overzicht blijkt dat verschillende vergelijkbare debieten van schutwaterverlies door verschillende combinaties van stremmingen bereikt kunnen worden. In de protocollen kan daarbij een afweging worden gemaakt voor het niet stremmen van één kolk, een zo hoog mogelijke PIN-norm of een zo laag mogelijk gemiddelde wachttijd.

Indien meer inzicht in het afwikkelen van verkeer op het kanaal Gent-Terneuzen noodzakelijk is voor het kiezen van een stremmingsprotocol, is het mogelijk om de interactie van scheepvaart rondom de verschillende knelpunten (bruggen op kanaal en passeerplekken) ook middels een simulatiestudie te onderzoeken.

Ook wordt aanbevolen om in het algemeen voor sluizencomplex meer inzicht te krijgen in de huidige wachttijden van scheepvaart voor het sluizencomplex. Hiervoor moet overeenstemming bereikt worden over de definitie van wachttijden bij het sluizencomplex. Vanwege de GTI-tool wachten schepen niet bij het sluizencomplex zelf, maar ergens anders. Dit is bij wachtplaatsen elders in de omgeving voor een groot deel van de binnenvaart of op zee en langs kades voor zeevaart. Er is in de praktijk bij het sluizencomplex voor zeevaart bijvoorbeeld geen wachttijd. Zeevaart kan direct de sluisgolven invaren. Het is echter wel mogelijk dat zeevaart dan al enkele uren op zee heeft gewacht. Deze wachttijd wordt momenteel niet gemonitord en is daarom ook niet toegewezen aan het sluizencomplex. Het monitoren van wachttijden van zowel binnenvaart als zeevaart op locaties elders dan het sluizencomplex kan meer inzicht opleveren in de feitelijk hinder en wachttijd van scheepvaart voor een passage van het sluizencomplex Terneuzen.

6

REFERENTIES

Tabel 6.1 De in dit rapport gebruikte referenties

| # | Referentie |
|---|--|
| 1 | IVS-Data sluizencomplex Terneuzen 01 juli 2021 tot en met 31 oktober 2021, verkregen via Rijkswaterstaat WVL. |
| 2 | Capaciteitsonderzoek Nieuwe Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen, 19 maart 2015, Marin. |
| 3 | Vaarweginformatie.nl, geraadpleegd op 06 december 2022. |
| 4 | Waterhoogte meetpunt Terneuzen (TERNZN), Rekenkundig gemiddelde waarde over vorige 5 en volgende 5 minuten, in de periode 01 juni 2022 - 31 oktober 2021, verkregen via www.waterinfo.rws.nl . |

Bijlage(n)



BIJLAGE: TOEGESTANE SCHEEPVAARTKLASSEN PER KOLK

Model 2021

| Scheepvaartklasse | Oostsluis | Middensluis | Westsluis |
|---|-----------|-------------|-----------|
| M0 (overig) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M1 (Spits) (CEMT I) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M2 (Kempenaar) (CEMT II) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M3 (Hagenaar) (CEMT III) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M4 (Dortmund-Emskan) (CEMT III) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M5 (Verlengde Dortmunder) (CEMT III) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M6 (Rijn-Hernekan) (CEMT IV) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M7 (Verlengd Rijn-Hernekan) (CEMT IV) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M8 (Groot Rijnschip) (CEMT V) | ✓ | | ✓ |
| M9 (Verlengd Groot Rijnschip) | ✓ | | ✓ |
| M10 (Breed Groot Rijnschip) | ✓ | | ✓ |
| M11 (Verlengd Breed Groot Rijnschip) | ✓ | | ✓ |
| M12 (Rijnmax) | ✓ | | ✓ |
| C1b, koppelverband, 2 spitsen breed | ✓ | ✓ | ✓ |
| C1-l, koppelverband, 2 spitsen (lang) (I) | ✓ | ✓ | ✓ |
| C2b, koppelverband, IV + Eur I breed | ✓ | | ✓ |
| C2l, koppelverband, IV+ eur 1 lang(IV B) | ✓ | | ✓ |
| C3b, koppelverband, Va + Eur II breed | ✓ | | ✓ |
| C3l, koppelverband, Va + Eur II lang | ✓ | | ✓ |
| C4, koppelverband, Va + 3xEur II (*) | ✓ | | ✓ |
| BO1 duwstel | ✓ | | ✓ |
| BO2 duwstel | ✓ | | ✓ |
| BO3 duwstel | ✓ | | ✓ |
| BO4 duwstel | ✓ | | ✓ |
| BI-1 duwstel Europa I (IV) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BII-1 duwstel Europa II (V) | ✓ | | ✓ |
| BIIa-1 duwstel Europa IIa (V) | ✓ | | ✓ |
| BIIl-1 duwstel Europa II Lang(V) | ✓ | | ✓ |
| BII-2b duwstel Eur II, 2b breed | ✓ | | ✓ |
| BII-2l 2 baks duwstel Europa II (lange form) | ✓ | | ✓ |
| BII-4 duwstel Eur II 4b | ✓ | | ✓ |
| BII-6l duwstel Eur II 6b lang | | | ✓ |
| sleepboot | ✓ | | ✓ |
| motorjacht groot | ✓ | ✓ | |
| Zeeschip Z1, L<=90 (terneuzen) | | | ✓ |
| Zeeschip Z2, 90 < L<=130 | | | ✓ |
| Overm Zeeschip Z3, 130 < L <=180 | | | ✓ |
| Overm Zeeschip Z4 'Handysize', 180 < L<=224 B<26 | | | ✓ |
| Overm Zeeschip Z5 'Handymax', 180 < L<=224 B>=26 | | | ✓ |
| Overm Zeeschip Z6 'Terneuzen max', 224 < L <= 240 | | | ✓ |
| passagiersschip moderne riviercruise | ✓ | | ✓ |
| Zeeschip overig (terneuzen) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Binnenvaart overig (terneuzen) | ✓ | ✓ | ✓ |

Model met Nieuwe Sluis Terneuzen

| Scheepvaartklasse | Oostsluis | Westsluis | Nieuwe Sluis |
|---|-----------|-----------|--------------|
| M0 (overig) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M1 (Spits) (CEMT I) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M2 (Kempenaar) (CEMT II) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M3 (Hagenaar) (CEMT III) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M4 (Dortmund-Emskan) (CEMT III) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M5 (Verlengde Dortmunder) (CEMT III) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M6 (Rijn-Hernekan) (CEMT IV) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M7 (Verlengd Rijn-Hernekan) (CEMT IV) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M8 (Groot Rijnschip) (CEMT V) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M9 (Verlengd Groot Rijnschip) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M10 (Breed Groot Rijnschip) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M11 (Verlengd Breed Groot Rijnschip) | ✓ | ✓ | ✓ |
| M12 (Rijnmax) | ✓ | ✓ | ✓ |
| C1b, koppolverband, 2 spitsen breed | ✓ | ✓ | ✓ |
| C1-l, koppolverband, 2 spitsen (lang) (I) | ✓ | ✓ | ✓ |
| C2b, koppolverband, IV + Eur I breed | ✓ | ✓ | ✓ |
| C2l, koppolverband, IV+ eur 1 lang(IV B) | ✓ | ✓ | ✓ |
| C3b, koppolverband, Va + Eur II breed | ✓ | ✓ | ✓ |
| C3l, koppolverband, Va + Eur II lang | ✓ | ✓ | ✓ |
| C4, koppolverband, Va + 3xEur II (*) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BO1 duwstel | ✓ | ✓ | ✓ |
| BO2 duwstel | ✓ | ✓ | ✓ |
| BO3 duwstel | ✓ | ✓ | ✓ |
| BO4 duwstel | ✓ | ✓ | ✓ |
| BI-1 duwstel Europa I (IV) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BII-1 duwstel Europa II (V) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BIIa-1 duwstel Europa IIa (V) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BIIIL-1 duwstel Europa II Lang(V) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BII-2b duwstel Eur II, 2b breed | ✓ | ✓ | ✓ |
| BII-2l 2 baks duwstel Europa II (lange form) | ✓ | ✓ | ✓ |
| BII-4 duwstel Eur II 4b | ✓ | ✓ | ✓ |
| BII-6l duwstel Eur II 6b lang | ✓ | ✓ | ✓ |
| sleepboot | ✓ | ✓ | ✓ |
| motorjacht groot | ✓ | | |
| Zeeschip Z1, L<=90 (terneuzen) | | ✓ | ✓ |
| Zeeschip Z2, 90 < L<=130 | | ✓ | ✓ |
| Overm Zeeschip Z3, 130 < L <=180 | | ✓ | ✓ |
| Overm Zeeschip Z4 'Handysize', 180 < L<=224 B<26 | | ✓ | ✓ |
| Overm Zeeschip Z5 'Handymax', 180 < L<=224 B>=26 | | ✓ | ✓ |
| Overm Zeeschip Z6 'Terneuzen max', 224 < L <= 240 | | ✓ | ✓ |
| passagiersschip moderne riviercruise | ✓ | ✓ | ✓ |
| Zeeschip overig (terneuzen) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Binnenvaart overig (terneuzen) | ✓ | ✓ | ✓ |



BIJLAGE: RESULTATEN SIMULATIES VARIATIE PER REPLICATIE

In onderstaande tabel is per scenario de minimum en maximum resultaten van individuele simulatiereplicaties weergegeven.

| | Max wachtrij lengte (# schepen) | Max wachtrij lengte (totale scheepslengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Totaal schutwater-verlies in 28 dagen (miljoen m ³) | Schutwater-verlies gemiddeld (m ³ /s) |
|-----------|---------------------------------|--|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|---|--|
| | | | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99 %<) | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99 %<) | | | |
| S00 geen | [9, 11] | [855, 1105] | [26, 28] | [110, 124] | [26, 28] | [113, 136] | [69.2, 73.2] | [24.8, 27.4] | [10.3, 11.3] |
| S01 0 0 2 | [9, 15] | [951, 1506] | [27, 29] | [107, 121] | [29, 32] | [138, 152] | [67.7, 71.4] | [23.5, 25.8] | [9.7, 10.7] |
| S02 0 0 4 | [11, 17] | [1316, 1864] | [29, 32] | [116, 131] | [35, 40] | [171, 196] | [66.5, 68.4] | [21.2, 22.7] | [8.8, 9.4] |
| S03 0 0 6 | [12, 15] | [1223, 1688] | [31, 34] | [122, 141] | [44, 51] | [215, 272] | [64.7, 67.2] | [19.0, 20.7] | [7.9, 8.6] |
| S04 0 0 8 | [13, 15] | [1360, 1688] | [34, 36] | [135, 146] | [52, 58] | [240, 305] | [62.4, 64.8] | [17.7, 18.9] | [7.3, 7.8] |
| S05 4 0 4 | [18, 24] | [1932, 2268] | [42, 44] | [180, 192] | [45, 48] | [204, 269] | [53.4, 56.2] | [18.9, 19.6] | [7.8, 8.1] |
| S06 6 0 4 | [22, 28] | [2106, 2743] | [46, 50] | [197, 213] | [52, 54] | [232, 278] | [48.8, 50.7] | [18.0, 18.9] | [7.4, 7.8] |
| S07 8 0 4 | [21, 28] | [2072, 2743] | [49, 54] | [204, 224] | [54, 59] | [239, 281] | [44.6, 46.1] | [17.4, 18.2] | [7.2, 7.5] |
| S08 4 0 6 | [20, 26] | [2030, 2700] | [45, 49] | [184, 218] | [57, 63] | [240, 312] | [52.1, 53.7] | [16.4, 17.1] | [6.8, 7.1] |
| S09 6 0 6 | [23, 30] | [2239, 3071] | [55, 59] | [221, 248] | [62, 70] | [266, 305] | [45.7, 47.5] | [14.9, 15.7] | [6.2, 6.5] |
| S10 8 0 6 | [24, 29] | [2528, 2936] | [60, 65] | [256, 268] | [71, 76] | [288, 326] | [39.6, 42.2] | [14.0, 15.3] | [5.8, 6.3] |
| S11 4 0 8 | [19, 26] | [2166, 2700] | [48, 53] | [196, 227] | [68, 74] | [287, 367] | [49.0, 51.6] | [14.7, 15.5] | [6.1, 6.4] |
| S12 6 0 8 | [25, 30] | [2432, 2992] | [60, 64] | [235, 278] | [72, 84] | [305, 372] | [42.5, 44.5] | [13.3, 13.7] | [5.5, 5.7] |
| S13 8 0 8 | [25, 32] | [2535, 3108] | [70, 74] | [277, 291] | [80, 94] | [308, 391] | [35.9, 38.9] | [12.4, 12.6] | [5.1, 5.2] |
| S14 4 4 4 | [27, 36] | [2786, 3230] | [69, 75] | [272, 287] | [74, 82] | [292, 317] | [46.5, 50.6] | [14.1, 15.1] | [5.8, 6.2] |
| S15 6 4 4 | [30, 36] | [2689, 3408] | [80, 85] | [301, 319] | [83, 91] | [292, 320] | [43.0, 44.8] | [13.6, 13.9] | [5.6, 5.7] |
| S16 8 4 4 | [31, 38] | [3031, 3787] | [88, 93] | [305, 325] | [89, 97] | [300, 330] | [37.8, 39.5] | [12.7, 13.1] | [5.3, 5.4] |
| S17 4 6 4 | [29, 33] | [2933, 3066] | [81, 85] | [296, 310] | [89, 99] | [333, 360] | [45.2, 46.7] | [13.3, 13.9] | [5.5, 5.7] |
| S18 6 6 4 | [31, 37] | [3173, 3515] | [98, 103] | [360, 380] | [103, 110] | [354, 377] | [40.9, 41.7] | [11.6, 12.0] | [4.8, 5.0] |
| S19 8 6 4 | [35, 40] | [3252, 3914] | [106, 113] | [363, 380] | [110, 116] | [370, 399] | [35.3, 37.1] | [10.8, 11.3] | [4.5, 4.7] |

| | Max wachtrij lengte (# schepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Totaal schutwater-verlies in 28 dagen (miljoen m³) | Schutwater-verlies gemiddeld (m³/s) |
|-----------|---------------------------------|---|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| | | | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99 %<) | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99 %<) | | | |
| S20 4 8 4 | [28, 34] | [2699, 3680] | [85, 91] | [306, 315] | [99, 109] | [345, 372] | [41.6, 44.4] | [12.0, 12.8] | [4.9, 5.3] |
| S21 6 8 4 | [32, 43] | [3173, 3790] | [105, 111] | [362, 384] | [118, 124] | [372, 390] | [36.9, 38.5] | [10.3, 10.9] | [4.3, 4.5] |
| S22 8 8 4 | [35, 42] | [3477, 3957] | [121, 125] | [378, 393] | [124, 132] | [380, 411] | [30.2, 32.8] | [9.2, 9.8] | [3.8, 4.1] |
| S23 4 4 6 | [28, 36] | [2789, 3323] | [81, 88] | [282, 303] | [97, 109] | [326, 381] | [43.4, 46.0] | [11.8, 13.0] | [4.9, 5.4] |
| S24 6 4 6 | [35, 40] | [3411, 4225] | [99, 104] | [330, 358] | [108, 115] | [365, 399] | [39.0, 41.2] | [10.7, 11.2] | [4.4, 4.6] |
| S25 8 4 6 | [37, 42] | [3592, 4124] | [111, 116] | [370, 373] | [116, 126] | [383, 402] | [33.0, 34.9] | [9.3, 10.5] | [3.8, 4.4] |
| S26 4 6 6 | [34, 40] | [3305, 3588] | [95, 102] | [327, 360] | [120, 132] | [398, 420] | [40.2, 42.4] | [9.9, 10.9] | [4.1, 4.5] |
| S27 6 6 6 | [39, 45] | [3680, 4202] | [125, 134] | [383, 399] | [133, 145] | [408, 431] | [34.2, 36.5] | [8.5, 9.0] | [3.5, 3.7] |
| S28 8 6 6 | [41, 48] | [3975, 4384] | [143, 150] | [420, 431] | [149, 163] | [421, 448] | [30.2, 31.7] | [7.3, 8.2] | [3.0, 3.4] |
| S29 4 8 6 | [33, 42] | [3149, 3826] | [104, 116] | [341, 374] | [146, 150] | [450, 466] | [36.3, 39.5] | [9.1, 9.6] | [3.8, 4.0] |
| S30 6 8 6 | [40, 45] | [3797, 4552] | [141, 147] | [410, 430] | [157, 172] | [466, 493] | [31.9, 33.2] | [7.3, 7.9] | [3.0, 3.3] |
| S31 8 8 6 | [44, 49] | [4148, 4484] | [168, 172] | [482, 486] | [168, 184] | [467, 499] | [26.4, 28.8] | [6.5, 7.0] | [2.7, 2.9] |
| S32 4 4 8 | [27, 32] | [2788, 3351] | [88, 96] | [293, 325] | [114, 123] | [370, 441] | [39.5, 42.7] | [10.2, 10.8] | [4.2, 4.5] |
| S33 6 4 8 | [35, 40] | [3468, 3865] | [113, 116] | [350, 384] | [128, 142] | [401, 469] | [35.0, 36.3] | [8.5, 9.2] | [3.5, 3.8] |
| S34 8 4 8 | [39, 45] | [3922, 4477] | [129, 134] | [396, 422] | [143, 154] | [434, 511] | [29.2, 31.0] | [7.2, 8.1] | [3.0, 3.3] |
| S35 4 6 8 | [35, 40] | [3461, 4108] | [109, 116] | [339, 370] | [151, 160] | [450, 496] | [34.8, 37.7] | [8.3, 8.8] | [3.4, 3.7] |
| S36 6 6 8 | [42, 47] | [3885, 4583] | [147, 152] | [409, 433] | [161, 175] | [451, 490] | [29.7, 31.2] | [6.6, 7.3] | [2.7, 3.0] |
| S37 8 6 8 | [46, 51] | [4148, 5118] | [172, 175] | [462, 481] | [186, 198] | [496, 571] | [25.3, 27.1] | [5.5, 6.2] | [2.3, 2.6] |
| S38 4 8 8 | [37, 42] | [3669, 4536] | [123, 130] | [375, 398] | [194, 207] | [513, 566] | [32.9, 34.6] | [6.9, 7.3] | [2.8, 3.0] |
| S39 6 8 8 | [46, 50] | [4480, 4806] | [171, 176] | [452, 472] | [213, 224] | [558, 638] | [25.0, 27.4] | [5.0, 5.6] | [2.1, 2.3] |
| S40 8 8 8 | [49, 54] | [4893, 5429] | [212, 220] | [521, 560] | [245, 250] | [613, 700] | [19.7, 21.5] | [3.8, 4.3] | [1.6, 1.8] |
| S41 8 8 0 | [24, 31] | [2358, 2677] | [65, 70] | [239, 275] | [63, 70] | [246, 283] | [36.2, 38.1] | [15.8, 16.4] | [6.5, 6.8] |

| | Max wachtrij lengte (# schepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Totaal schutwater-verlies in 28 dagen (miljoen m ³) | Schutwater- verlies gemiddeld (m ³ /s) |
|-----------------|---------------------------------------|--|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|--|--|--|
| | | | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99 %<) | Gem. wachttijd | Max. wachttijd (99 %<) | | | |
| S42 4 4 4 staf. | [24, 32] | [2358, 2812] | [58, 64] | [252, 284] | [70, 76] | [306, 333] | [47.5, 49.9] | [15.5, 16.4] | [6.4, 6.8] |
| S43 6 6 6 ond. | [23, 26] | [2138, 2614] | [51, 54] | [196, 208] | [56, 60] | [214, 234] | [45.5, 46.8] | [16.2, 17.2] | [6.7, 7.1] |
| S44 8 4 8 ond. | [27, 33] | [2631, 3373] | [76, 83] | [304, 322] | [91, 100] | [351, 397] | [37.8, 40.7] | [12.6, 13.5] | [5.2, 5.6] |
| S45 reg. 1 | [16, 22] | [1735, 2134] | [64, 68] | [258, 271] | [107, 115] | [288, 330] | [41.9, 44.3] | [16.8, 17.4] | [6.9, 7.2] |
| S46 reg. 2 | [18, 24] | [1826, 2335] | [100, 104] | [372, 382] | [166, 179] | [416, 427] | [30.6, 32.3] | [14.2, 15.0] | [5.9, 6.2] |



BIJLAGE: RESULTATEN SIMULATIES GESORTEERD OP SCHUTWATERVERLIES

| | Stremmingsduur (uren) | | | Max wachtrij lengte (# scheepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps- lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Totaal schutwater- verlies in 28 dagen (miljoen m ³) | Schutwater- verlies gemiddeld (m ³ /s) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|---|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|--|--|--|
| | Oost- sluis | West- sluis | NST | | | Gem. wachtijd | Max. wachtijd (99 %<) | Gem. wachtijd | Max. wachtijd (99 %<) | | | |
| basis | 0 | 0 | 0 | 11 | 1105 | 27 | 116 | 27 | 123 | 70,8 (✓) | 26,4 | 10,9 |
| scenario 01 | 0 | 0 | 2 | 15 | 1506 | 28 | 114 | 30 | 144 | 69,6 (✓) | 24,7 | 10,2 |
| scenario 02 | 0 | 0 | 4 | 17 | 1864 | 30 | 125 | 38 | 186 | 67,4 (✓) | 22,2 | 9,2 |
| scenario 03 | 0 | 0 | 6 | 15 | 1688 | 32 | 134 | 47 | 240 | 65,7 (✓) | 20,1 | 8,3 |
| scenario 05 | 4 | 0 | 4 | 24 | 2268 | 43 | 186 | 47 | 232 | 55,1 (X) | 19,4 | 8,0 |
| scenario 06 | 6 | 0 | 4 | 28 | 2743 | 48 | 204 | 53 | 248 | 49,8 (X) | 18,5 | 7,6 |
| scenario 04 | 0 | 0 | 8 | 15 | 1688 | 35 | 141 | 55 | 277 | 63,6 (X) | 18,4 | 7,6 |
| scenario 07 | 8 | 0 | 4 | 28 | 2743 | 52 | 213 | 56 | 262 | 45,4 (X) | 17,9 | 7,4 |
| scenario 08 | 4 | 0 | 6 | 26 | 2700 | 47 | 204 | 59 | 276 | 53,0 (X) | 16,9 | 7,0 |
| scenario 45 | Regime 50% - 80% - 240 min | | | 22 | 2134 | 66 | 265 | 111 | 303 | 42,8 (X) | 16,9 | 7,0 |
| scenario 43 | 6 (2-2-2 uur) | 6 (2-2- 2 uur) | 6 (2-2- 2 uur) | 26 | 2614 | 53 | 200 | 58 | 224 | 46,3 (X) | 16,8 | 6,9 |
| scenario 41 | 8 | 8 | 0 | 31 | 2677 | 68 | 254 | 67 | 261 | 36,9 (X) | 16,1 | 6,7 |
| scenario 42 | 4 (start 3 uur voor LW) | 4 (start 1 uur voor LW) | 4 (start 2 uur voor LW) | 32 | 2812 | 61 | 265 | 73 | 317 | 49,1 (X) | 16,1 | 6,6 |
| scenario 09 | 6 | 0 | 6 | 30 | 3071 | 56 | 237 | 65 | 290 | 46,5 (X) | 15,4 | 6,4 |
| scenario 11 | 4 | 0 | 8 | 26 | 2700 | 51 | 212 | 70 | 329 | 50,4 (X) | 15,1 | 6,2 |
| scenario 10 | 8 | 0 | 6 | 29 | 2936 | 63 | 264 | 72 | 302 | 40,9 (X) | 14,8 | 6,1 |

| | Stremmingsduur (uren) | | | Max wachtrij lengte (# scheepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps- lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Totaal schutwater- verlies in 28 dagen (miljoen m³) | Schutwater- verlies gemiddeld (m³/s) |
|-------------|------------------------------|----------------|-------------------|--|---|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|--|---|---|
| | Oost- sluis | West- sluis | NST | | | Gem. wachtijd | Max. wachtijd (99 %<) | Gem. wachtijd | Max. wachtijd (99 %<) | | | |
| scenario 46 | Regime 70 % - 80 % - 360 min | | | 24 | 2335 | 102 | 376 | 173 | 423 | 31,2 (X) | 14,8 | 6,1 |
| scenario 14 | 4 | 4 | 4 | 36 | 3230 | 72 | 276 | 77 | 301 | 48,2 (X) | 14,7 | 6,1 |
| scenario 15 | 6 | 4 | 4 | 36 | 3408 | 83 | 309 | 86 | 308 | 44,0 (X) | 13,7 | 5,7 |
| scenario 12 | 6 | 0 | 8 | 30 | 2992 | 62 | 259 | 78 | 337 | 43,2 (X) | 13,6 | 5,6 |
| scenario 17 | 4 | 6 | 4 | 33 | 3066 | 82 | 305 | 92 | 346 | 46,1 (X) | 13,6 | 5,6 |
| scenario 44 | 8 (2-4-2 uur) | 4 | 8 (2-4- 2 uur) | 33 | 3373 | 79 | 311 | 95 | 373 | 39,2 (X) | 13,0 | 5,4 |
| scenario 16 | 8 | 4 | 4 | 38 | 3787 | 90 | 319 | 94 | 320 | 38,6 (X) | 12,9 | 5,3 |
| scenario 13 | 8 | 0 | 8 | 32 | 3108 | 72 | 286 | 87 | 347 | 37,1 (X) | 12,5 | 5,2 |
| scenario 23 | 4 | 4 | 6 | 36 | 3323 | 83 | 296 | 100 | 351 | 44,7 (X) | 12,5 | 5,2 |
| scenario 20 | 4 | 8 | 4 | 34 | 3680 | 87 | 311 | 104 | 362 | 43,3 (X) | 12,4 | 5,1 |
| scenario 18 | 6 | 6 | 4 | 37 | 3515 | 100 | 366 | 106 | 364 | 41,2 (X) | 11,7 | 4,8 |
| scenario 19 | 8 | 6 | 4 | 40 | 3914 | 108 | 371 | 113 | 381 | 35,9 (X) | 11,1 | 4,6 |
| scenario 24 | 6 | 4 | 6 | 40 | 4225 | 101 | 348 | 110 | 373 | 40,1 (X) | 10,9 | 4,5 |
| scenario 21 | 6 | 8 | 4 | 43 | 3790 | 108 | 371 | 120 | 378 | 38,1 (X) | 10,6 | 4,4 |
| scenario 32 | 4 | 4 | 8 | 32 | 3351 | 92 | 310 | 118 | 408 | 40,9 (X) | 10,5 | 4,3 |
| scenario 26 | 4 | 6 | 6 | 40 | 3588 | 100 | 340 | 126 | 410 | 41,2 (X) | 10,4 | 4,3 |
| scenario 25 | 8 | 4 | 6 | 42 | 4124 | 114 | 371 | 120 | 394 | 34,2 (X) | 10,0 | 4,1 |
| scenario 22 | 8 | 8 | 4 | 42 | 3957 | 123 | 387 | 128 | 395 | 31,7 (X) | 9,6 | 4,0 |

| | Stremmingsduur (uren) | | | Max wachtrij lengte (# scheepen) | Max wachtrij lengte (totale scheeps- lengte (m)) | Binnenvaart | | Zeevaart | | PIN-Norm (% binnenvaart <60 min) | Totaal schutwater- verlies in 28 dagen (miljoen m³) | Schutwater- verlies gemiddeld (m³/s) |
|-------------|-----------------------|----------------|-----|--|---|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|--|---|---|
| | Oost- sluis | West- sluis | NST | | | Gem. wachtijd | Max. wachtijd (99 %<) | Gem. wachtijd | Max. wachtijd (99 %<) | | | |
| scenario 29 | 4 | 8 | 6 | 42 | 3826 | 110 | 359 | 147 | 459 | 38,1 (X) | 9,4 | 3,9 |
| scenario 33 | 6 | 4 | 8 | 40 | 3865 | 115 | 369 | 136 | 433 | 35,7 (X) | 8,9 | 3,7 |
| scenario 27 | 6 | 6 | 6 | 45 | 4202 | 130 | 394 | 138 | 423 | 35,3 (X) | 8,7 | 3,6 |
| scenario 35 | 4 | 6 | 8 | 40 | 4108 | 112 | 357 | 154 | 474 | 36,7 (X) | 8,6 | 3,6 |
| scenario 28 | 8 | 6 | 6 | 48 | 4384 | 146 | 425 | 155 | 433 | 31,1 (X) | 7,9 | 3,3 |
| scenario 30 | 6 | 8 | 6 | 45 | 4552 | 145 | 420 | 161 | 473 | 32,6 (X) | 7,7 | 3,2 |
| scenario 34 | 8 | 4 | 8 | 45 | 4477 | 131 | 410 | 149 | 471 | 30,2 (X) | 7,7 | 3,2 |
| scenario 38 | 4 | 8 | 8 | 42 | 4536 | 125 | 385 | 198 | 539 | 33,8 (X) | 7,1 | 2,9 |
| scenario 36 | 6 | 6 | 8 | 47 | 4583 | 149 | 420 | 167 | 473 | 30,4 (X) | 7,0 | 2,9 |
| scenario 31 | 8 | 8 | 6 | 49 | 4484 | 170 | 484 | 174 | 478 | 27,9 (X) | 6,7 | 2,8 |
| scenario 37 | 8 | 6 | 8 | 51 | 5118 | 174 | 475 | 193 | 528 | 25,9 (X) | 5,9 | 2,4 |
| scenario 39 | 6 | 8 | 8 | 50 | 4806 | 173 | 463 | 218 | 587 | 26,6 (X) | 5,3 | 2,2 |
| scenario 40 | 8 | 8 | 8 | 54 | 5429 | 216 | 538 | 247 | 675 | 20,6 (X) | 4,1 | 1,7 |

