

**Zeesluizen Farmsum: zoutlast
op het Eemskanaal**



Zeesluizen Farmsum: zoutlast op het Eemskanaal

Titel

Zeesluizen Farmsum: zoutlast op het Eemskanaal

Opdrachtgever

RWS-WVL

Project

11203735-012

Kenmerk

11203735-012-ZWS-0003

Pagina's

19

Trefwoorden

Eemskanaal, zoutindringing, schutsluis, Farmsum

Samenvatting




Door de operatie van de sluisen bij Farmsum komt er zoutwater terecht op het Eemskanaal. Door de Provincie Groningen, het Waterschap Hunze en Aa's en RWS Noord-Nederland is een onderzoek gestart naar manieren om de zoutindringing te beperken. Hierbij zal een adviesbureau gevraagd worden om een model op te zetten van het gebied. Aan Deltares is gevraagd om met behulp van de Zeesluisformulering uit te rekenen wat de zoutvracht is die door de schutsluisen bij Farmsum op het systeem komen. Deze zoutvrachten moeten dan opgelegd worden als randvoorwaarde aan het gebiedsmodel.

De zoutindringing wordt bepaald door de afmetingen van de sluisen, door de waterstanden en zoutgehalten aan weerskanten van de sluis en door de operatie van de sluis. Hierover zijn gegevens aangeleverd door Rijkswaterstaat voor het jaar 2018. De beschikbare informatie over de uitgevoerde schuttingen en scheepspassages is, met een paar aannamen, bewerkt tot een volledige reeks van schuttingen voor 2018.

De reeksen van schuttingen, voor beide sluisen (de Grote Sluis en de Kleine Sluis), zijn doorgerekend met de Zeesluisformulering om te komen tot tijdreeksen van debieten op het binnenhoofd van elk van de twee sluisen. Het gaat daarbij om debieten door het nivelleren en debieten door de kolk-uitwisseling. De debieten van het kanaal naar de sluis hebben het voorgeschreven (aangenomen) zoutgehalte van het kanaal, vlak voor de sluis. De debieten vanuit de sluis naar het kanaal bestaan uit (relatief) zout water, mede bepaald door de uitwisseling van de sluisen met de zeezijde.

Referenties

Plan van Aanpak KPP 2019 project WR02 2019 - Waterverdeling en Verzilting, 11203735 Zoutindringing Eemskanaal, Plan van Aanpak berekening zoutvracht Farmsum, 11203735-012-ZWS-0002

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	okt. 2019	Otto Weiler		Meinard Tiessen		Bas van Vossen	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Aanpak	3
2.1 Algemeen	3
2.2 Beschrijving van de schutoperatie	4
2.3 Typering van uitvoer	6
3 Toegeleverde data	7
3.1 Geometrie	7
3.2 Hydraulische randvoorwaarden	7
3.3 Schutoperatie	7
4 Analyse van de operatie	9
4.1 Analyse naar uur op de dag	9
4.2 Analyse naar dag van de week	11
4.3 Analyse naar week van het jaar	12
4.4 Conclusie	12
5 Berekeningen	13
5.1 Voorbeeld van de resultaten	13
5.2 Opgeleverde bestanden	14
5.3 Gebruik van deze debieten als randvoorwaarden	14
6 Samenvatting en conclusies	17
Literatuur	19
Bijlage(n)	
A Beschrijving van het watersysteem	A-1
B Plan van Aanpak	B-1
C Beschrijving van de toegeleverde data	C-1

1 Inleiding

Door de operatie van de sluizen bij Farmsum komt er zoutwater terecht op het Eemskanaal. In de droge zomer van 2018 is er relatief veel water nodig geweest om het Eemskanaal door te spoelen om het daarmee de zoutindringing te beperken. Dit water wordt aangevoerd vanuit het IJsselmeer. Een beschrijving van het watersysteem is opgenomen in Bijlage A. Omdat dit water schaars is, wordt er nagedacht over mogelijke maatregelen om hiervoor minder water nodig te hebben, danwel het beschikbare water effectiever in te zetten. Hiertoe is door de Provincie Groningen, het Waterschap Hunze en Aa's en RWS Noord-Nederland een onderzoek gestart waarin door adviesbureau een rekenmodel van het watersysteem zal worden opgezet waarmee een aantal van die mitigerende maatregelen doorgerekend moeten kunnen worden.

De belangrijkste bron van zout is de zoutvracht door de sluizen bij Farmsum. Om deze te kwantificeren heeft RWS-WVL aan Deltares gevraagd om het zouttransport door de sluizen te berekenen met behulp van de Zeesluisformulering [1]. De uitkomst van de berekening moet dan opgelegd worden als randvoorwaarde aan het gebiedsmodel dat zal worden opgezet door het te contracteren adviesbureau.

Het gebiedsmodel zal eerst worden gebruikt om 2018 door te rekenen en de uitkomsten te toetsen aan metingen van zoutgehalten op vaste meetpunten van het waterschap. Daarna kunnen dan verschillende maatregelen op hun effectiviteit worden onderzocht. De ambitie is niet een exacte reproductie van de gemeten zoutgehalten, maar het ontwikkelen van een model dat in staat is om het effect van verschillende maatregelen met elkaar te vergelijken.

De opdracht aan Deltares betreft het leveren van een tijdserie van zoutvrachten die het gevolg is van de schuttingen van de sluizen bij Farmsum gedurende het jaar 2018. Deze tijdserie moet geschikt zijn voor gebruik als randvoorwaarden voor een model van het Eemskanaal. Deze tijdserie betreft de debieten die het kanaal uit- en ingaan, en de laatste (water uit de kolk naar het kanaal) met het juiste zoutgehalte. In lijn met de ambitie van het gebiedsmodel gaat het om het aanleveren van 'realistische getallen', met een voldoende nauwkeurigheid, zodanig dat van het gebiedsmodel mag worden verwacht het effect van bepaalde maatregelen te kunnen bestuderen.

De werkzaamheden zijn uitgevoerd onder KPP-Verziltig. Over de situatie en de werkzaamheden is een bespreking gehouden op 1 juli 2019. Daarbij waren aanwezig Roel Burgers, RWS-WVL, KPP Verziltig, Robert Zijlstra, RWS Noord Nederland, Meinard Tiessen, Deltares, KPP-Verziltig, en Otto Weiler, Deltares. Het Plan van Aanpak is in zijn definitieve vorm opgeleverd op 30 augustus 2019, en de resultaten van de berekening zijn opgeleverd op 20 september 2019. De berekeningen zijn uitgevoerd door Tjerk Vreeken, Deltares.

2 Aanpak

2.1 Algemeen

De aanpak is kort beschreven in het Plan van Aanpak, opgenomen in Bijlage B. Hieronder volgt een iets nettere uitwerking daarvan, aangevuld met delen uit communicatie in aanloop naar het project.

De berekening met de Zeesluisformulering vraagt om invoer van de verschillende relevante parameters. Dit zijn:

- de geometrie van de sluisen:
 - de afmetingen van beide sluisen (de grote en de kleine), inclusief de diepteligging van de drempels
- de hydraulische randvoorwaarden:
 - de waterstand aan de zeezijde: hier een gemeten signaal inclusief het getij inclusief getij en op- en afwaaiing,
 - waterstand kanaalzijde, stabiel rond streefpeil,
 - het zoutgehalte aan de buitenkant van de sluis, dit kan variëren met de afvoer over de Eems en met de afvoer via het Eemskanaal die uitkomt op de haven van Delfzijl, hiervoor zal de klant gegevens aanleveren,
 - het zoutgehalte aan de binnenkant: deze waarde is lokaal hoger door de zoutvracht vanuit de sluis; hoe hoog het zoutgehalte lokaal oploopt wordt mede bepaald door de mate van dispersie, en die wordt berekend in het model van het Eemskanaal; hier zit dus een onderlinge afhankelijkheid tussen beide berekeningen (zie ook Hoofdstuk 5),
- de operatie:
 - hoe vaak wordt er geschut, hoe lang staan daarbij de deuren open,
 - wat is de waterverplaatsing van de schepen die meegaan in de schuttingen,
 - is de drukte op de sluis continu, of is dit afhankelijk van het getij, van de tijd op de dag, van de dag van de week of van het seizoen.

De Zeesluisformulering kan rekenen op twee manieren.

- De eerste manier is zoals omschreven in [1]: voor de randvoorwaarden zoals die gelden op een bepaald moment, dus o.a. voor een bepaalde waterstand en voor een operationele toestand (o.a. de schutfrequentie), wordt de schutcyclus doorgerekend tot dat deze is geconvergeerd tot een zich herhalende cyclus waarbij steeds dezelfde transporten optreden (volumes met een zoutgehalte); deze volumes per cyclus worden dan gedeeld door de tijdsduur van een hele cyclus en daaruit volgen dan de cyclus-gemiddelde debieten in beide richtingen, met de bijbehorende zoutgehalten.
- In de tweede manier waarop kan worden gerekend worden alle individuele fasen van alle schutcycli een voor een beschouwd, en worden per individuele fase de volumes en de zoutgehalten bepaald. Deze volumes gelden dan voor de duur van de betreffende fase. Deze werkwijze is, zeer recent, ontwikkeld en voor het eerst toegepast voor de sluisen in de Afsluitdijk [2].

Voor de berekeningen voor de sluisen te Farmsum is de tweede werkwijze gevolgd, omdat deze het beste aansloot op de aard van de toegeleverde data over de operatie.

Terwijl de sluisdeuren aan de buitenkant openstaan, zal de waterstand door het getij veranderen. In werkelijkheid treedt er daarom niet alleen kolkuitwisseling op, maar is er ook een netto debiet de kolk in of uit. In de berekeningen is echter aangenomen dat de waterstand in de kolk gedurende de tijd dat de deur open staat constant is op de waarde ten tijde van het openen van de deur.

N.B.: De werkwijze met de Zeesluisformulering maakt het ook mogelijk om, op eenvoudige wijze, maatregelen op de sluis ter beperking van de zoutindringing door te rekenen. Voorbeelden hiervan zijn een drempel in het binnenhoofd, toepassing van een bellenscherm, een spoeldebiet door de sluis of combinaties hiervan. Gegeven de taakverdeling tussen adviesbureau en Deltares en de verschillende lijnen van opdrachtverlening is daar echter niet voor gekozen.

2.2 Beschrijving van de schutoperatie

De toegeleverde bestanden zijn xls-bestanden uit het NIS-systeem van Rijkswaterstaat (Netwerkmanagement Informatie Systeem) [3] waarin de schuttingen zijn geregistreerd aan de hand van (beperkte) registratie van de verkeerslichten: tijdstip groen voor invaren aan de ene kant en tijdstip groen voor uitvaren aan de andere kant. Let wel: in deze registratie is de schutting dus gedefinieerd vanuit het perspectief van het schip: op dezelfde regel staan de tijden die relevant zijn voor het schip (of de schepen) dat de sluis eerst invaart en daarna weer uitvaart.

De momenten dat lichten op rood gaan zijn niet geregistreerd. Om te komen tot de deur-opentijden: van groen voor uitvaren van het schip of de schepen, tot aan rood voor het invaren van schip of schepen in hetzelfde sluishoofd, zijn dan nog gegevens (of aannemen) nodig, namelijk: de tijd dat het duurt om de deuren te openen of te sluiten, en de tijd die er nodig is om te nivelleren, afhankelijk van het verval over de sluis.

- Voor het bewegen van de deuren (openen of sluiten) is een tijdsduur van 2 minuten aangenomen.
- Voor het nivelleren een tijdsduur van 3 – 10 minuten, afhankelijk van het verval: 3 minuten bij 0 m verval en 10 minuten bij 4 m verval; voor tussenliggende waarden van het verval wordt lineair geïnterpoleerd.

Met deze aannemen kunnen, op basis van de gegevens uit het NIS-bestand (vet gedrukt), alle fasen van de hele schutcyclus worden 'gereconstrueerd'. De te onderscheiden momenten in de schutcyclus zijn hieronder op een rij gezet, met daartussen (ingesprongen) de tijdsduur tussen die momenten. De omschrijving begint met het moment dat de deuren open gaan aan het binnenhoofd.

Binnenhoofd:

Moment begin deuren openen

2 minuten

Moment deuren zijn open = **Moment licht op groen voor uitvaren**

Tijdsduur uitvaren: te bereken uit vorige en volgende regel

Licht op groen voor invaren

Tijdsduur invaren: ?? minuten => te berekenen; zie hieronder

Moment deuren gaan sluiten

2 minuten
 Moment deuren zijn gesloten
 Tijd nivelleren, afhankelijk van verval; te berekenen

Buitenhoofd:
 Moment begin deuren openen
 2 minuten
 Moment deuren zijn open = **Moment licht op groen voor uitvaren**
 Tijdsduur uitvaren: te berekenen uit vorige en volgende regel

Licht op groen voor invaren
 Tijdsduur invaren: ?? minuten => te berekenen; zie hieronder

Moment deuren gaan sluiten
 2 minuten

Moment deuren zijn gesloten
 Tijd nivelleren, afhankelijk van verval; aannamen

Binnenhoofd:
 Moment begin deuren openen
 ...

Etc.

De tijd dat de deuren aan een sluishoofd open staan is de som van de tijd voor uitvaren en de tijd voor invaren. De eerste is direct te bepalen, de andere is te bepalen door terug te rekenen vanaf de eerstvolgende registratie: het tijdstip einde invaren is het tijdstip voor het eerstvolgende moment van uitvaren minus de tijd voor deuren openen, minus de tijd voor nivelleren en minus de tijd voor deuren sluiten.

Met de beschikbare NIS-bestanden, en aannamen voor de tijd voor het bewegen van de deuren en het nivelleren, is het dus in principe mogelijk om voor beide sluisen te komen tot een 'volledige' beschrijving van de schutoperatie.

N.B.: De NIS-bestanden zijn gebaseerd op handmatige registraties door de sluismeester. Dit leidt tot beperkingen in de nauwkeurigheid, compleetheid en interne consistentie. In de omwerking hiervan naar invoer voor de berekening zijn de tijden soms enigszins aangepast om aan te sluiten op de aangenomen tijden voor het nivelleren en het openen en sluiten van de deuren. Daarbij is een klein aantal schuttingen (enkele tientallen op een totaal van meer dan 17000) verwijderd, bijvoorbeeld waar de opeenvolgende tijdstippen van schuttingen onrealistisch kort op elkaar lagen en er geen aanknopingspunt was om deze te corrigeren naar een logische operatie.

De kolk-uitwisseling begint al te lopen als de deuren nog bezig zijn te openen, en loopt nog enigszins door terwijl de deuren bezig zijn te sluiten. Voor de berekening van de kolkuitwisseling wordt daarom aangenomen dat deze begint halverwege het openen van de deuren en stopt halverwege het sluiten van de deuren. Bij een bewegingstijd van 2 minuten voor openen en sluiten is de tijd voor de kolkuitwisseling daarmee 2 minuten langer dan de tijd voor invaren en uitvaren. In de berekening is deze 2 minuten als minimum aangenomen, waarbij er dus eigenlijk géén tijd voor uit- of invaren is.

Deze minimum tijdsduur van 2 minuten blijkt vrij vaak voor te komen (zie Hoofdstuk 4), en dat is wat onlogisch, maar volgt uit de (redelijke) aannamen voor de tijd voor het bewegen van de deuren en voor de tijd voor het nivelleren in combinatie met de handmatige registratie van de tijden voor 'lichten op groen'. Binnen de scope van deze studie was het niet mogelijk om dit verder uit te zoeken.

De NIS-bestanden bevatten geen informatie over het sluiten van de deuren als er geen scheepvaart is: iets dat van grote invloed kan zijn op de zoutindringing. Om de berekeningen op dit punt realistisch te laten zijn is aangenomen dat de deur-opentijd niet langer is dan 30 minuten: als een grotere waarde volgt uit de beschreven werkwijze wordt deze in de berekening beperkt tot 30 minuten. De overblijvende tijd in de cyclus wordt er aangenomen dat de deuren gesloten zijn en er niets gebeurt.

2.3 Typering van uitvoer

Met de beschrijving van de operatie en de andere randvoorwaarden kunnen de schutcycli worden doorgerekend. En daarmee wordt dan bepaald welke volumes water en welke zoutmassa's worden verplaatst over beide sluishoofden, per schutting en per schutfase, dus apart (na elkaar) voor nivelleren en kolk-uitwisseling. Daarbij is er tijdens de kolk-uitwisseling sprake van transporten in beide richtingen tegelijkertijd. Dit levert per sluis en per sluishoofd een non-equidistante tijdreeks van verplaatste volumes en massa's voor het hele jaar 2018, op de rand van het gebiedsmodel. Voor de berekening aan het Eemskanaal zijn uiteraard alleen de transporten over het binnenhoofd van belang.

Uit de volumes en zoutvrachten per schutfase zijn met de tijdsduur van de betreffende fase de gemiddelde debieten (gemiddeld over de duur van de fase) en de zoutgehalten van die debieten bepaald. In deze uitvoer is het verloop van de kolkuitwisseling, dat in werkelijkheid bij benadering een tangens-hyperbolicus volgt (eerst snel en dan steeds langzamer), niet meer zichtbaar in de tijdserie; deze zou 'gereconstrueerd' kunnen worden, maar dat is voor de huidige vraagstelling niet zinvol geacht, en is derhalve niet gedaan.

3 Toegeleverde data

De gegevens die nodig zijn voor de berekening met de Zeesluisformulering zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat, inclusief een korte omschrijving daarvan, opgenomen in Bijlage C.

3.1 Geometrie

De afmetingen van de sluizen zijn afgeleid uit aangeleverde tekeningen. De volgende waarden zijn gebruikt in de berekeningen:

- Grote Kolk:
 - Lengte: 135 m
 - Breedte: 16 m
 - Bodem: -5,45 mNAP
- Kleine Kolk:
 - Lengte: 87m
 - Breedte: 7 m
 - Bodem: -2,7 mNAP

3.2 Hydraulische randvoorwaarden

Voor de waterstand aan de buitenkant (inclusief het getij) is een gemeten reeks met waarden elke 10-minuten aangeleverd en gebruikt.

Voor de waterstand aan de binnenkant is eveneens de gemeten tijdserie gebruikt zoals aangeleverd.

De saliniteit aan de buitenkant van de sluis staat onder invloed van het spuien op de haven en van de afvoer van o.a. de Eems. Er zijn geen goede registraties beschikbaar. Op aangeven van de klant is uitgegaan van een vaste waarde van 10.000 mg Cl⁻/ltr (18 kg/m³) vanaf Januari tot Juli, en 16.000 mg Cl⁻/ltr (28.8 kg/m³) vanaf Juli t/m December.

Voor de saliniteit aan de binnenkant is aangegeven uit te gaan van zoetwater. Op enige afstand van de sluis is dit een redelijke aanname, maar direct voor de sluis zal de saliniteit hoger zijn. Deze wordt bepaald door de hoeveelheid zout die wordt geproduceerd door de sluis, en door de verspreiding ervan in het systeem. In de berekening zijn berekeningen gedaan voor twee verschillende waarden ervan, te weten 2 kg/m³ en 4 kg/m³ (ca. 1100 en 2200 mg Cl⁻/ltr).

3.3 Schutoperatie

Er zijn twee bestanden geleverd aan Deltares met informatie over de schuttingen, afkomstig uit het NIS-systeem van Rijkswaterstaat [3]:

- Zeesluizen Farmsum (N47SF) schuttingen 2018.xlsx: Informatie over schuttingen (inclusief leegom schuttingen), waaronder de voor de berekening belangrijke tijdstip van openen deur
- Zeesluizen Farmsum (N47SF) sluispassages 2018.xlsx: Informatie over schepen per schutting, waaronder de voor de zoutlast belangrijke afmetingen van het schip

De verwerking van de informatie naar de individuele schuttingen is beschreven in Paragraaf 2.2. Omdat de tijdstippen met de hand zijn ingevoerd waren hier en daar correcties nodig. Aangenomen is dat het bewerken of verwijderen van enkele schuttingen een (zeer) beperkte invloed heeft op de te bereiken resultaten.

De informatie over de passerende schepen is verwerkt en, op basis van dag en tijd, toegekend aan diezelfde individuele schuttingen. In de berekening met de Zeesluisformulering kan daardoor rekening gehouden worden met de waterverplaatsing van de schepen. Deze waterverplaatsing is geschat op 85% van het volume dat volgt uit het product van lengte, breedte en diepgang van elk schip.

4 Analyse van de operatie

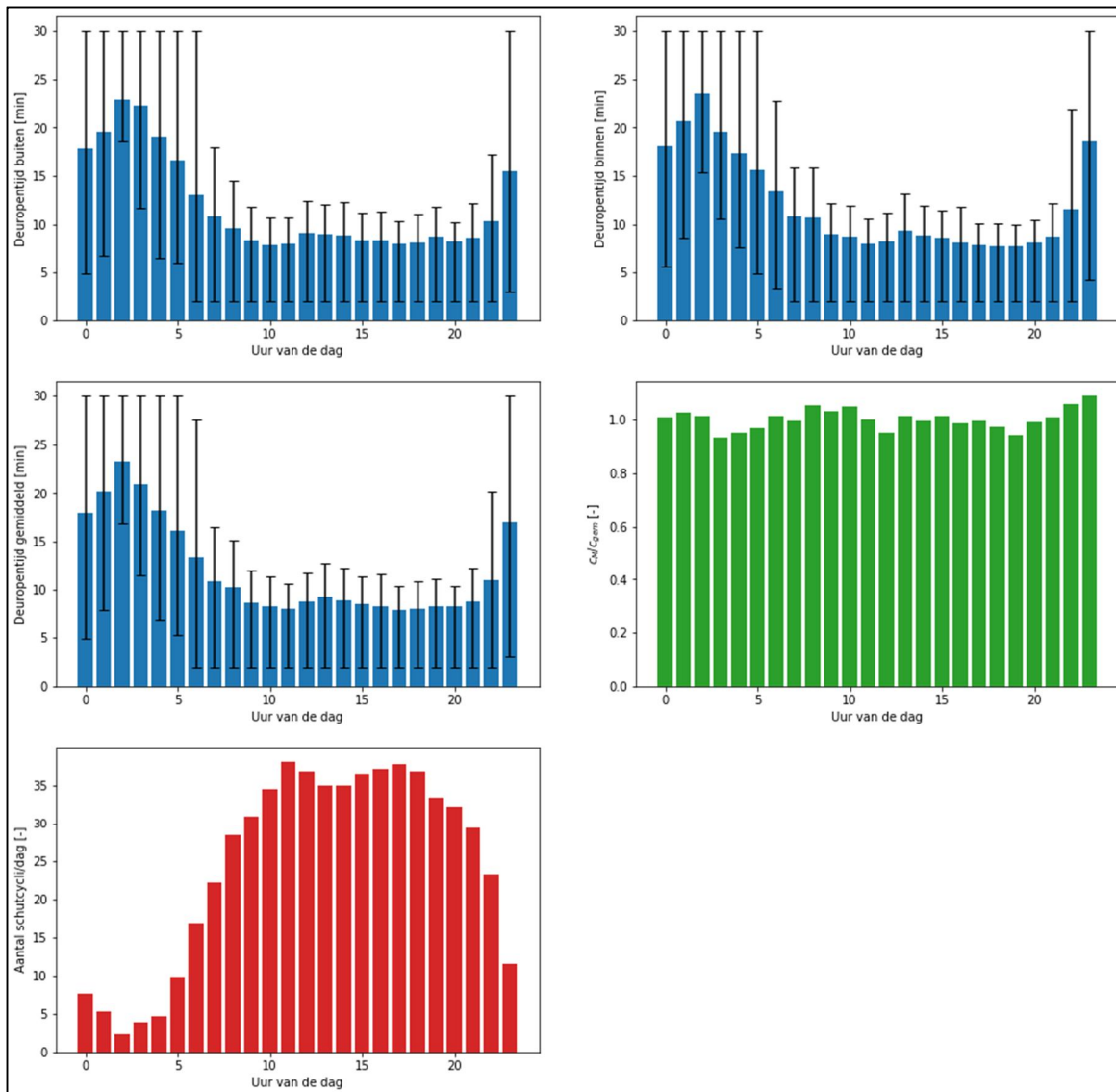
Hoewel een analyse van de operatie niet nodig is voor het doen van de berekeningen, is die wel nuttig voor een begrip van de operatie en een controle op de berekeningen. Ook geeft deze analyse inzicht in welke veranderingen in de sluisoperatie misschien nog mogelijk zijn om de zoutindringing te reduceren. Deze reeks van schuttingen van 2018 is daarom geanalyseerd naar het tijdstip op de dag, de dag van de week en de week van het jaar.

De analyse is beperkt tot de Grote Sluis, omdat deze dominant is in de zoutindringing.

4.1 Analyse naar uur op de dag

In Figuur 4.1 zijn de schutpatronen gegeven als functie van het uur van de dag. Weergegeven zijn:

- histogrammen van de optredende deur-opentijden:
 - de blauwe balken zijn de gemiddelde waarden (gemiddelde van alle schuttingen van 2018 die in de betreffende klasse ('bin') vallen),
 - de 25% en 75% percentielen zijn weergegeven als zwarte lijnen,
 - deze gegevens zijn weergegeven voor het buitenhoofd, het binnenhoofd, en voor het gemiddelde van deze twee
- de groene balken zijn een indicator voor de symmetrie van de operatie: of de deuren aan beide kanten even lang open staan; de weergegeven waarde geeft de verhouding tussen de deur-opentijd van het binnenhoofd ten opzichte van het gemiddelde van binnen- en buitenhoofd;
- de rode balken geeft de schutfrequentie op het uur van de dag; deze frequentie is uitgedrukt in het aantal cycli per 24 uur.



Figuur 4.1 Verdeling van schuttingen over de uren van de dag, Grote Sluis

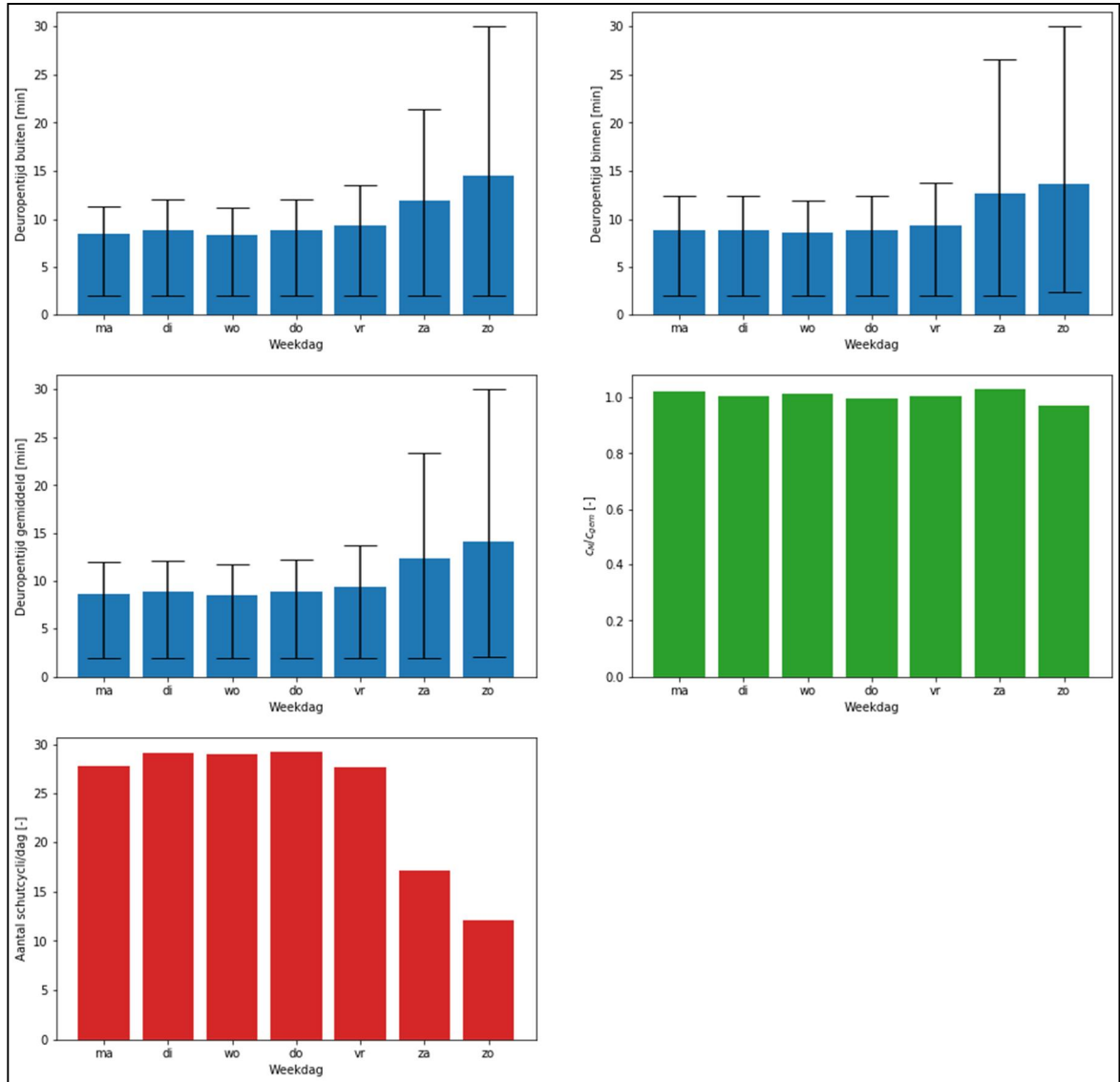
Zoals zichtbaar in de schutfrequentie (rood) en in de deur-opentijden (blauw) is er duidelijk sprake van een dag-nacht patroon. De maximale schutfrequentie ligt op ca. 35 cycli per dag, waarbij een cyclus (heen en weer) in ca. 40 minuten wordt afgewerkt. 's Nachts vinden er veel minder schuttingen plaats.

De deur-opentijd varieert met het aantal schuttingen: als er minder schuttingen zijn, omdat er minder aanbod is, staan de deuren langer open. Dit is eigenlijk loze tijd: de deuren staan open terwijl er geen of weinig aanbod is. Hier zou misschien nog iets gewonnen kunnen worden in de zoutindringing. Immers, juist als het niet druk is, zou de deur-opentijd kort moeten kunnen zijn, waardoor de kolk minder uitwisselt.

In de nachtelijke uren bereikt de deur-opentijd relatief vaak het maximum van 30 minuten. Overdag wordt relatief vaak het minimum van 2 minuten bereikt. Zie Paragraaf 2.2 voor een behandeling van dit minimum en maximum.

Verder valt op dat er, gemiddeld genomen, nauwelijks onbalans is tussen de deur-opentijd van het binnen- en buitenhoofd (groen): de operatie lijkt erg symmetrisch.

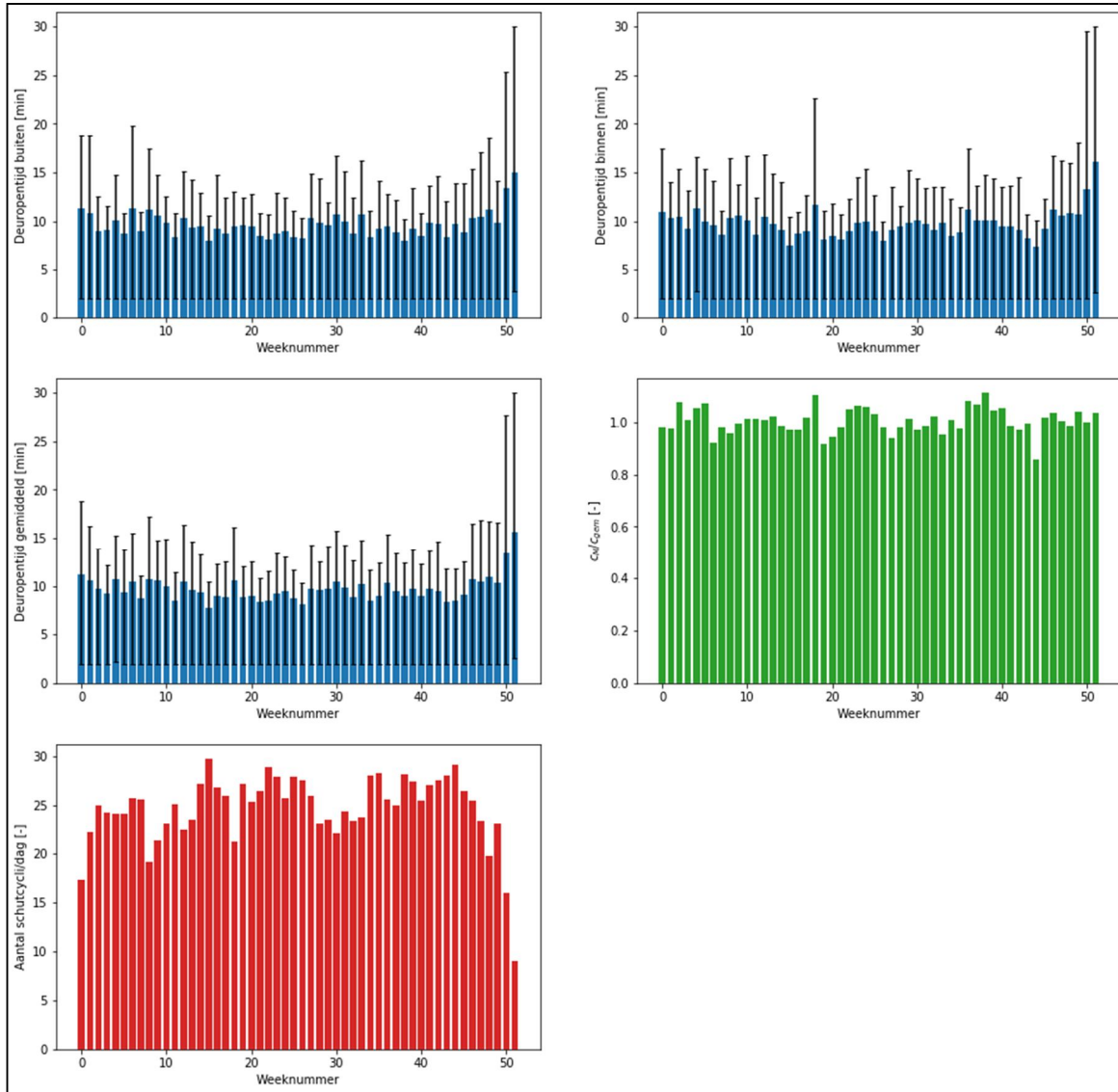
4.2 Analyse naar dag van de week



Figuur 4.2 Verdeling van schuttingen over de dagen van de week, Grote Sluis

In Figuur 4.2 zijn de patronen weergegeven als functie van de weekdag. Er is een duidelijk werkweek-weekend patroon te zien, met het kleinste aantal schuttingen op zondag. Ook hier is zichtbaar dat een lagere schutfrequentie leidt tot langere deur-opentijden.

4.3 Analyse naar week van het jaar



Figuur 4.3 Verdeling van schuttingen over de weken van het jaar, Grote Sluis

Als we de schuttingen groeperen per weeknummer, dan zien we een redelijk vlakke verdeling van de schutfrequentie en de deur-opentijden. Hoogstens zijn er enkele vakantieperiodes zichtbaar, het meest duidelijk rond de jaarwisseling.

4.4 Conclusie

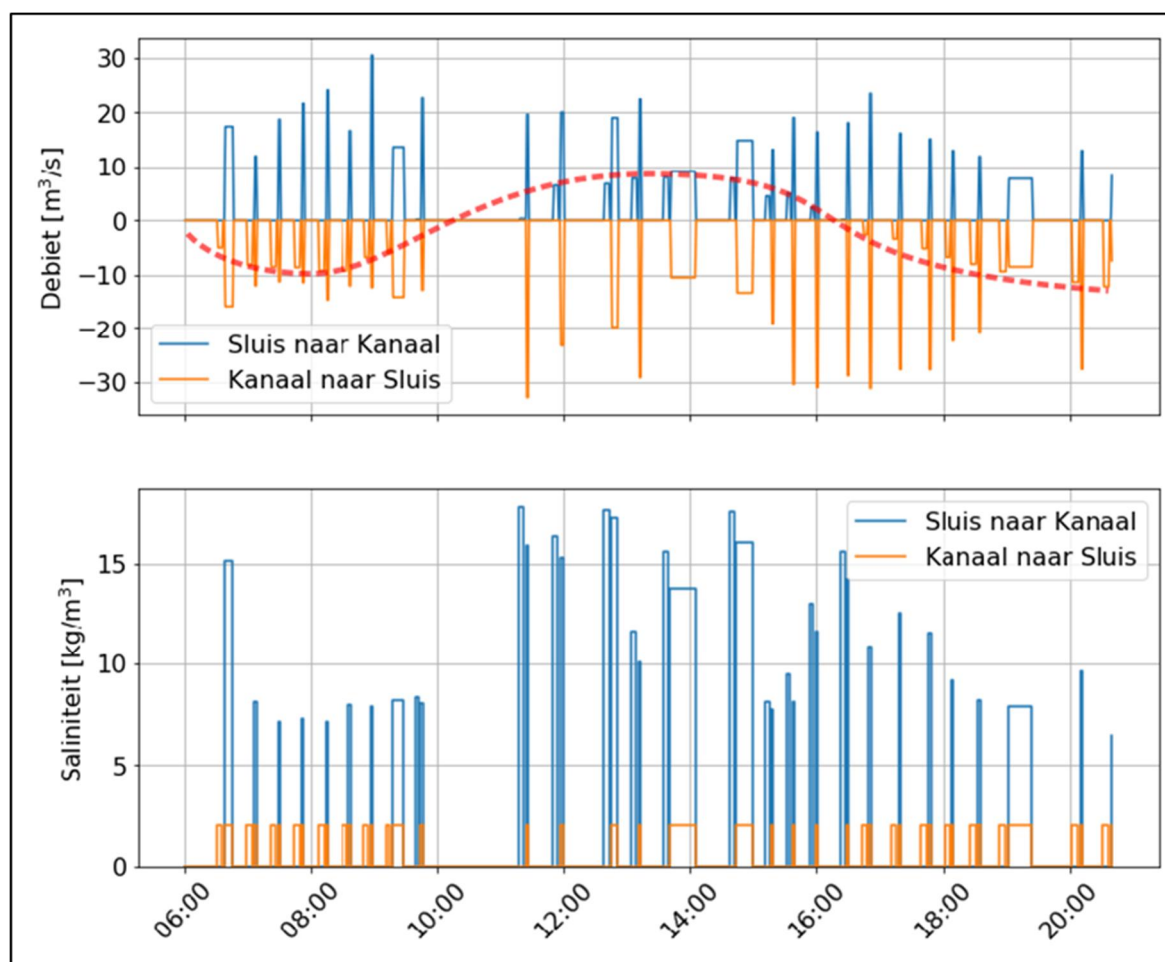
De geïdentificeerde patronen, dag-nacht, week-weekend en over het jaar, geven aan dat er geen sprake is van een constante operatie in de tijd. De invloed hiervan op de zoutindringing wordt in de gehanteerde werkwijze automatisch meegenomen, omdat de patronen besloten liggen in de reeks van schuttingen die wordt doorgerekend.

5 Berekeningen

Volgens de werkwijze als hierboven beschreven zijn een aantal berekeningen uitgevoerd: voor de Grote Sluis en de Kleine Sluis, en voor twee waarden voor de saliniteit aan de binnenkant. Deze laatste variatie is toegevoegd omdat het zoutgehalte direct binnen de sluis niet bekend is. Door berekeningen voor twee waarden te doen kan het adviesbureau zorgen voor een goede aansluiting tussen de berekende zoutvrachten en het zoutgehalte aan de binnenkant.

5.1 Voorbeeld van de resultaten

In Figuur 5.1 zijn de resultaten weergegeven van een dag schutten van de Grote Sluis, bij een aangenomen saliniteit van het kanaal van 2 kg/m^3 . Weergegeven zijn de debieten en de saliniteiten daarvan die worden uitgewisseld tussen het kanaal en de sluis. (De uitwisseling tussen de sluis en de zeezijde wordt uiteraard ook berekend, om te komen tot de juiste ontwikkeling van het zoutgehalte in de sluis, maar die wordt hier niet getoond.)



Figuur 5.1 Deel uit de berekende tijdserie voor de Grote Sluis

Het bovenste deel geeft de debieten. het debiet van Kanaal naar Sluis (onttrekking aan het kanaal) is daarbij weergegeven als een negatief getal. De rode stippellijn geeft de omhullende om de schutdebieten: dit zijn de enkelzijdige debieten (een kant op) die steeds voorafgaan aan

de momenten van kolkuitwisseling (debieten twee kanten op). In deze stippellijn is de richting van het verval over de sluis te herkennen, en daarmee het getij.

De saliniteit van de debieten is weergegeven in het onderste deel van de figuur. De saliniteiten die de kolk in gaan ('kanaal naar sluis') zijn steeds dezelfde, want dat is de opgelegde randvoorwaarde.

De saliniteit van het debiet dat de kolk uitkomt ('sluis naar kanaal') varieert. De waarde ligt steeds tussen de waarde aan de binnenkant (2 kg/m³) en die aan de buitenkant (18 kg/m³). In de periode rond acht uur 's morgens is deze echter redelijk constant, op een waarde van ca. 8 kg/m³. In deze periode worden negen schutcycli uitgevoerd in minder dan 2 uur tijd, en dat leidt tot korte deur-opentijden, waarbij de saliniteit in de kolk gaat variëren rond het gemiddelde van binnen- en buitenkant.

Er vallen daarna 'gaten' in de tijdreeks: dat zijn momenten dat er geen debieten zijn naar de kanaalzijde, omdat de sluis dan aan het nivelleren is naar- of open staat aan de zeezijde. Dat blijkt uit de hoge saliniteiten van het water dat daarna uit de kolk naar het kanaal komt.

Rond 14:00 doet zich een lange deur-opentijd voor aan de kanaalzijde. Hierdoor zal de kolk (bijna) helemaal uitwisselen, waardoor er een grote hoeveelheid zout in het kanaal terecht komt. Een schutting later is de kolk alweer zout (aan de zeezijde) door een lange deur-opentijd aan zeezijde; dit blijkt uit de hoge saliniteit als de kolk weer naar het kanaal wordt genivelleerd.

5.2 Opgeleverde bestanden

In totaal zijn 8 bestanden opgeleverd:

- Voor de Grote Sluis en de Kleine Sluis;
- De debieten van het kanaal naar de kolk ('Lake to Lock') en de debieten (met zoutgehalte) van de kolk naar het kanaal ('Lock to Lake');
- Voor twee aangenomen waarden van het zoutgehalte aan de binnenkant van de sluis, te weten 2 kg/m³ en 4 kg/m³ (nagenoeg gelijk aan psu).

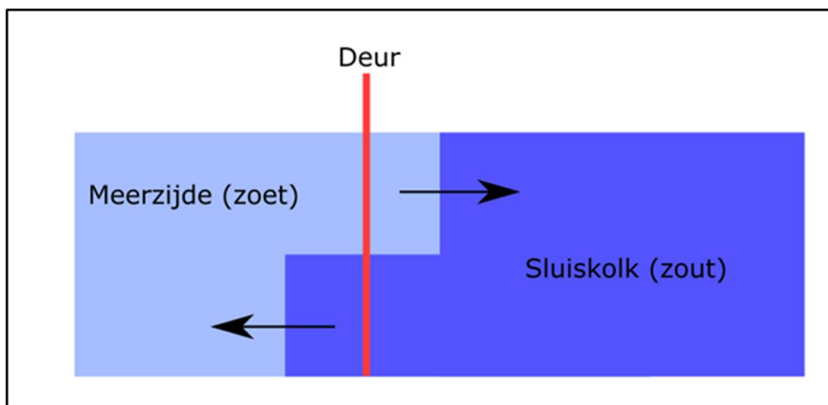
De data zijn weggeschreven in CSV-bestanden (comma separated values) en deze bevatten de volgende informatie:

- De tijd in minuten vanaf 1 januari 2018: non-equidistant;
- Het zoutgehalte in kg/m³ (nagenoeg gelijk aan psu);
- Het betreffende debiet in m³/s.

De overgangen tussen verschillende debieten zijn steeds 'uitgesmeerd' over 1 minuut, om daarmee al te grote schokken in het gebiedsmodel (b.v. translatiegolven door de nivelleerdebeten) te voorkomen. Er wordt aangenomen dat de tijdstap van het model (veel) kleiner zal zijn dan 1 minuut om de processen goed te beschrijven.

5.3 Gebruik van deze debieten als randvoorwaarden

De debieten die aan het kanaal worden onttrokken, bestaan uit 'zoet' kanaalwater, en deze onttrekking vindt plaats in de bovenlaag. De lozing naar het kanaal bestaat uit 'zout' kolkwater, en die lozing vindt plaats in de onderlaag (schematisch weergegeven in).



Figuur 5.2 Schematische weergave lozing en onttrekking aan de kanaalzijde van de sluis

Voor de beschrijving hiervan in een 3D model (bijvoorbeeld Delft3D) wordt aanbevolen om tussen de lozing en de onttrekking enkele rekenlagen vrij te laten. Als het model bijvoorbeeld 10 lagen kent, zou de onttrekking ('Lake to Lock') in de bovenste 4 lagen kunnen worden opgelegd, en de lozing ('Lock to Lake') in de onderste vier.

6 Samenvatting en conclusies

Door de operatie van de sluisen bij Farmsum komt er zoutwater terecht op het Eemskanaal. Om de hoeveelheid zoetwater die nodig is om het Eemskanaal door te spoelen te beperken wordt nagedacht over mogelijke maatregelen. Door de Provincie Groningen, het Waterschap Hunze en Aa's en RWS Noord-Nederland is daarom een onderzoek gestart waarin een rekenmodel van het watersysteem zal worden opgezet waarmee een aantal maatregelen doorgerekend moeten kunnen worden. Om de bron van het zoute water te kwantificeren heeft RWS-WVL aan Deltares gevraagd om een berekening met behulp van de Zeesluisformulering [1]. De uitkomst van de berekening moet dan opgelegd worden als randvoorwaarde aan het gebiedsmodel dat zal worden opgezet door het te contracteren adviesbureau.

De zoutindringing wordt bepaald door de afmetingen van de sluisen, door de waterstanden en zoutgehalten aan weerskanten van de sluis en door de operatie van de sluis. Hierover zijn gegevens aangeleverd door Rijkswaterstaat voor het jaar 2018. De beschikbare informatie over de uitgevoerde schuttingen en scheepspassages is, met een paar aannamen, bewerkt tot een volledige reeks van schuttingen voor 2018.

De kenmerkende grootheden van deze reeksen van schuttingen zijn geanalyseerd om te bekijken of er sprake is van patronen in de schuttingen: verschillen in de operatie tussen overdag en 's nachts, tussen weekdays en weekend dagen en variaties over het jaar: deze blijken er inderdaad te zijn. De invloed van deze fluctuaties op de zoutindringing zit besloten in de resultaten van de berekeningen, omdat daarin de hele reeks van schuttingen, inclusief die variaties wordt doorgerekend.

De reeksen van schuttingen, voor beide sluisen (de Grote Sluis en de Kleine Sluis), zijn doorgerekend met de Zeesluisformulering om te komen tot tijdreeksen van debieten op het binnenhoofd van elk van de twee sluisen. Het gaat daarbij om debieten door het nivelleren en debieten door de kolk-uitwisseling. De debieten van het kanaal naar de sluis hebben het voorgeschreven (aangenomen) zoutgehalte van het kanaal, vlak voor de sluis. De debieten vanuit de sluis naar het kanaal bestaan uit (relatief) zout water, mede bepaald door de uitwisseling van de sluisen met de zeezijde.

In totaal zijn 8 bestanden opgeleverd:

- Voor de Grote Sluis en de Kleine Sluis;
- De debieten van het kanaal naar de kolk ('Lake to Lock') en de debieten (met zoutgehalte) van de kolk naar het kanaal ('Lock to Lake');
- Voor twee aangenomen waarden van het zoutgehalte aan de binnenkant van de sluis, te weten 2 kg/m³ en 4 kg/m³ (nagenoeg gelijk aan psu).

Deze bestanden zijn bruikbaar als randvoorwaarden voor het model van het Eemskanaal, om daarin de verspreiding van het zout te berekenen.

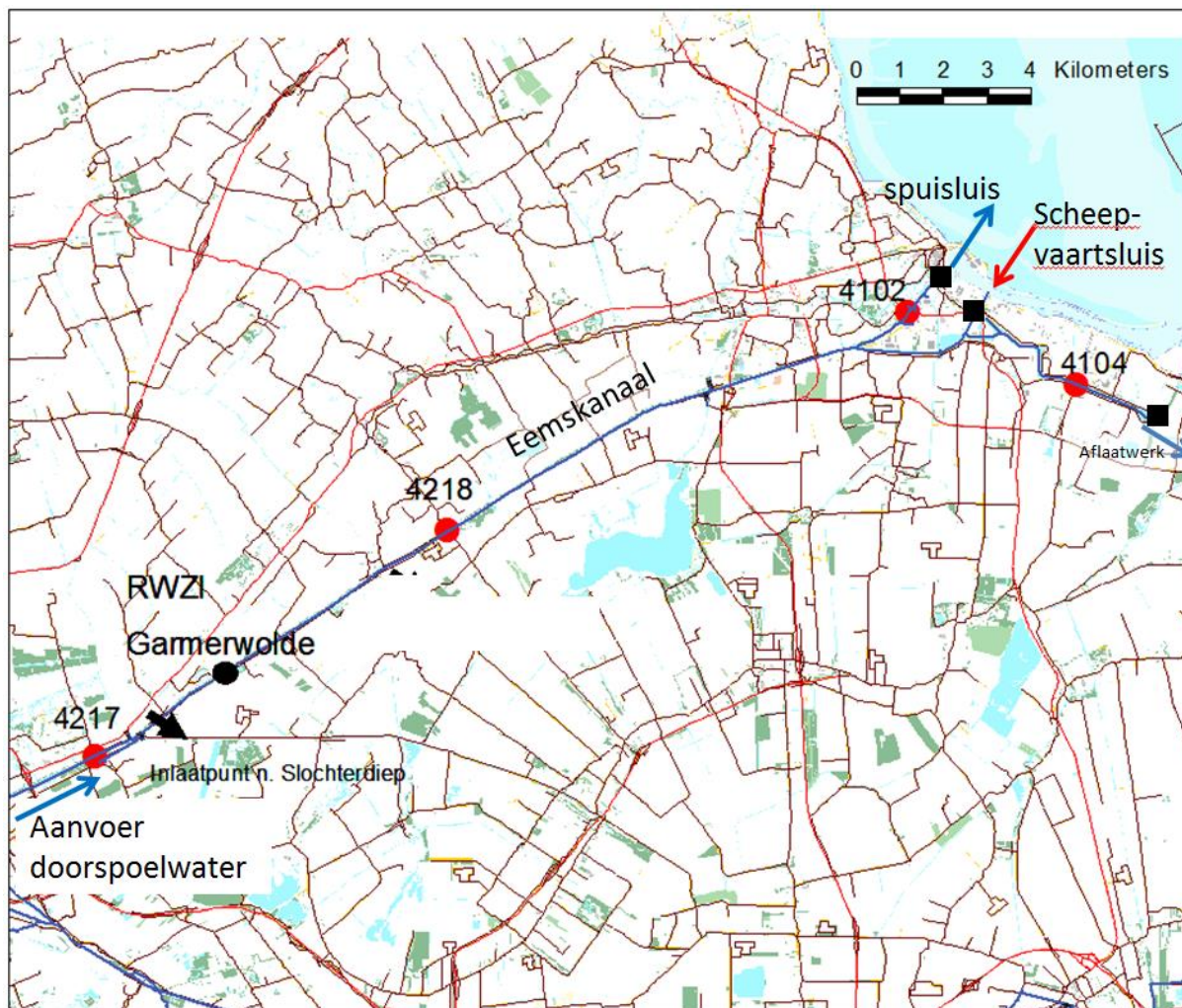
Literatuur

- [1] “Zoutindringing schut- en spuisluizen, Opzet en verkenning Zeesluisformulering, Kennisprogramma Natte Kunstwerken 2018”, Otto Weiler, 11200741-003, Deltares, juni 2019
- [2] “Verkenning noodmaatregelen verzilting IJsselmeer, Schutoperatie en bellenschermen”, Otto Weiler, 11203735-005, Deltares, juli 2019, voorlopig
- [3] Website: nis.rijkswaterstaat.nl

A Beschrijving van het watersysteem

“Functioneren van het watersysteem in het Eemskanaal”, opgesteld door Waterschap Hunze en Aa’s, ontvangen via RWS-WVL op 24 juni 2019

Functioneren van het watersysteem in het Eemskanaal



De afvoer vanuit een groot deel van het beheergebied van Hunze en Aa's vindt plaats via het Eemskanaal. De afvoer vanuit het Eemskanaal naar zee vindt in normale situatie plaats via de Spuisluis bij Delfzijl (de "Oude Zeesluis"). In extreme situaties kan ook water worden afgevoerd via de scheepvaartsluis (via de kleine schutkolk voor recreatievaart; de "Kleine Zeesluis"). In heel extreme situaties kan ook via het aflaatwerk in het oosten van de Oosterhornhaven water worden afgelaten naar het lager gelegen boezemsysteem van Oldambt. Vandaaruit kan dat water dan via gemaal Rozema naar zee worden gepompt.

Het streefpeil in het Eemskanaal is 0,52 mNAP terwijl de gebieden langs het Eemskanaal veel lager liggen, soms wel 2 tot 3 m beneden NAP. Vanuit de omgeving vindt dus geen kwel naar het Eemskanaal plaats en netto ook niet vanuit zee.

Via het schutten van schepen komt via de scheepvaartsluis zeewater het Eemskanaal in. In de winter is er een neerslagoverschot dat wordt afgevoerd naar zee. Daardoor blijft het Eemskanaal in de winter zoet. In de zomer is er echter weinig afvoer vanuit het stroomgebied. Dan wordt IJsselmeerwater aangevoerd. De maximale aanvoercapaciteit van het hoofdaanvoergemaal Dorkwerd bij Groningen is 19 m³/s. Een deel daarvan wordt gebruikt om het Eemskanaal 2 x per week door te spoelen. Gemiddeld over de week wordt hiervoor ca 1,5 – 2,0 m³/s gebruikt. Dat doorspoelwater wordt via de spuisluis afgevoerd en niet via de scheepvaartsluis. De Oosterhornhaven wordt dus niet doorgespoeld

en het water hier blijft dus zout. De verwachting is dat dit zoute water via dichtheidsstroming als een zouttong over de bodem het Eemskanaal instroomt.

Vanuit het Eemskanaal wordt zoetwater ingelaten naar het Slochterdiep. Via het doorspoelen wordt gezorgd dat geen zout water bij dit inlaatpunt komt.

Bij Garmerwolde loost een RWZI op het Eemskanaal. Door het doorspoelen voor verziltingsbestrijding wordt ook het effluent van deze RWZI verdund en wordt voorkomen dat het effluent in het Slochterdiep wordt binnengelaten.

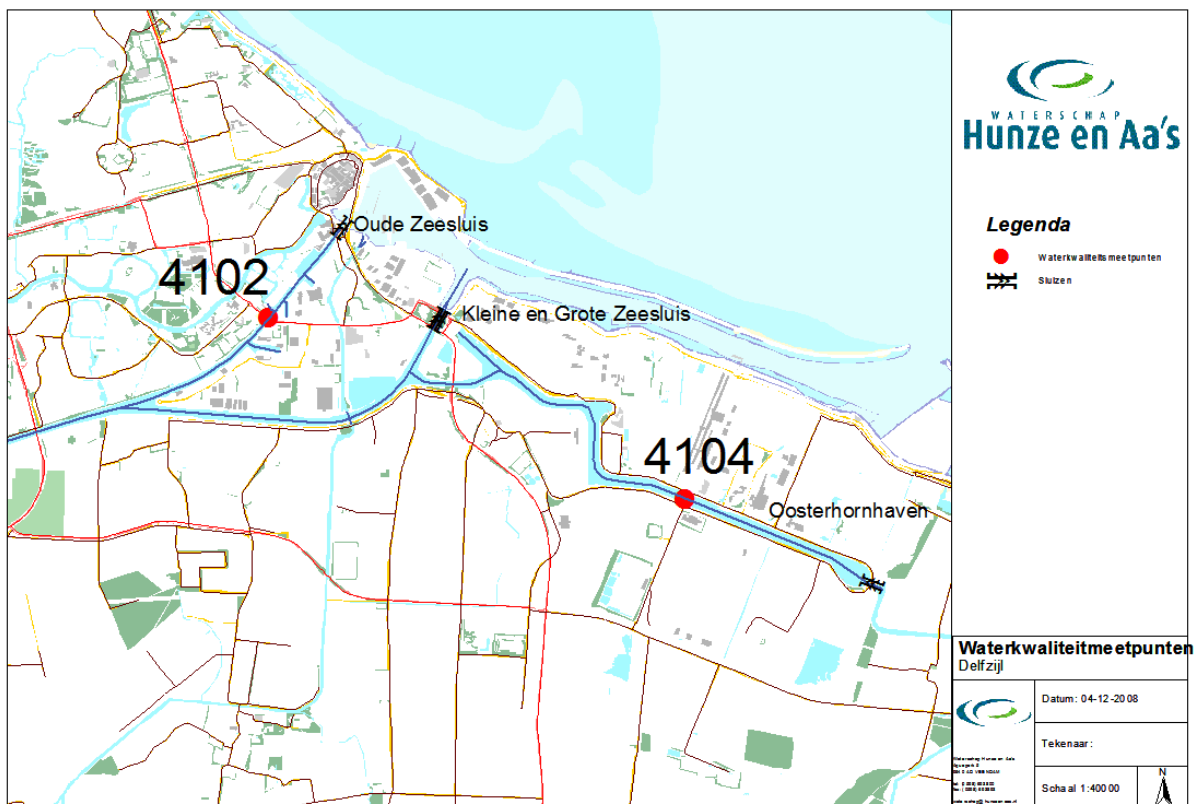
Beschikbare gegevens

Op 4 punten worden om de maand de waterkwaliteitsmonsters genomen (op ca. 0,5 m onder het wateroppervlak). Dit zijn de rode punten op het kaartje. Bij meetpunt 4217 en 4218 hangen EC meters op ca. 0,5 m van de bodem. Sinds 2012 zijn hiervan continue EC metingen beschikbaar.

Continue afvoermetingen zijn beschikbaar van de Spuisluis, de kleine scheepvaartsluis en het aflaatwerk in het oosten van de Oosterhornhaven.

Voor het hier gevraagde onderzoek moeten naar verwachting het Eemskanaal tussen de inlaat naar het Slochterdiep en de spuisluis (ca 25 km) en de Oosterhornhaven (ca 7 km) inclusief de afvoerpunten bij de 2 sluisen en het aflaatwerk in een model worden opgenomen.

Dwarsprofielen van het Eemskanaal en de Oosterhornhaven en dimensies van de kunstwerken zijn beschikbaar in een SOBEK-CF model.



B Plan van Aanpak



Memo

Aan
RWS-WVL Roel Burgers

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
29 augustus 2019	11203735-012-ZWS-0002	4
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Otto Weiler	+31(0)88 335 8358	Otto.Weiler@deltares.nl

Onderwerp
Zoutindringing Eemskanaal, Plan van Aanpak berekening zoutvracht Farmsum

Algemeen

In opdracht van het waterschap Hunze en Aa's zal een adviesbureau een 3D (of 2DV) model van het Eemskanaal opzetten voor het doorrekenen van mogelijke maatregelen. Het model zal eerst worden gebruikt om 2018 door te rekenen en de uitkomsten te toetsen aan metingen van zoutgehalten op vaste meetpunten van het waterschap. De ambitie is niet een exacte reproductie van de gemeten zoutgehalten, maar het ontwikkelen van een model dat in staat is om verschillende maatregelen met elkaar te vergelijken.

Doel toelevering Deltares: het leveren van een tijdserie van zoutvrachten door de schuttingen van de sluizen bij Farmsum (2018) voor gebruik als randvoorwaarden voor een zoutverspreidingsmodel van het Eemskanaal. Deze tijdserie geeft de debieten die het kanaal uit- en ingaan, de laatste (water uit de kolk naar het kanaal) met het juiste zoutgehalte,

Aanpak: inzetten Zeesluisformulering

Ambitie niveau: realistische getallen, met een voldoende nauwkeurigheid, zodanig dat van het verspreidingsmodel mag worden verwacht het effect van bepaalde maatregelen te kunnen bestuderen;

Gegevens voor de berekening van de zoutindringing:

Geometrie

De afmetingen van beide sluizen (de grote en de kleine):
obv tekeningen, dit om de juiste maten te hebben, ook bv drempels

Randvoorwaarden

Waterstand zeezijde:

10-minuten waarden

Waterstand binnenkant:

streefpeil

Zoutgehalte buitenkant:

Min of meer vaste waarden, toe te leveren door de opdrachtgever; (de variatie hierop als gevolg van het doorspoelen van het kanaal (lozing van zoetwater op de haven) te verwaarlozen)

Zoutgehalte binnenkant:

in eerste instantie een 'gemiddelde' waarde aan te houden, inclusief een schatting voor het effect van de zoutindringing op het zoutgehalte direct voor de sluis; eventueel (in overleg) kan later nog een iteratie-slag worden uitgevoerd: het opnieuw berekenen van

de randvoorwaarde (zoutindringing) gebruik makend van het door het verspreidingsmodel berekende zoutgehalte direct voor de sluis;

Operatie

RWS heeft inmiddels data toegeleverd over de operatie op de sluis, zowel voor de Grote Sluis als de Kleine Sluis. Het betreft xls-bestanden uit IVS waarin de schuttingen zijn geregistreerd aan de hand van (beperkte) registratie van de verkeerslichten: tijdstip groen voor invaren aan de ene kant en tijdstip groen voor uitvaren aan de andere kant. Let wel: deze schutting is dus gedefinieerd vanuit het perspectief van het schip: op dezelfde regel staan de tijden die relevant zijn voor het schip (of de schepen) dat de sluis eerst invaart en daarna weer uitvaart.

Deze gegevens kunnen worden omgewerkt naar de deur-opentijden: van groen voor uitvaren van het schip of de schepen in de ene richting, tot aan rood voor het invaren van schip of schepen in de andere richting. Daarvoor zijn dan nog gegevens (of aannamen) nodig van de tijd dat het duurt om de deuren te openen of te sluiten, en de tijd die er nodig is om te nivelleren (evt. afhankelijk van het verval over de sluis). Het bestand bevat geen informatie over het sluiten van de deuren als er geen scheepvaart is: iets dat van grote invloed kan zijn op de zoutindringing.

Vragen aan de beheerder / sluismeester:

- Hoeveel tijd kost het om de deuren te openen en te sluiten,
- Hoeveel tijd kost het om te nivelleren, afhankelijk van het verval,
- Is er een beleid, of is het de gewoonte om de sluisdeuren te sluiten als er geen verkeer is, en zo ja, na hoeveel tijd (indicatief) worden de deuren dan gesloten?

Met bovenstaande operationele data is het mogelijk om voor beide sluisen te bepalen welke volumes water en welke zoutmassa's worden verplaatst over het binnenhoofd, per schutting en per schutfase, dus apart (na elkaar) voor nivelleren en kolk-uitwisseling. Daarbij is er tijdens de kolk-uitwisseling sprake van transporten in beide richtingen tegelijkertijd. **Dit levert per sluis een non-equidistante tijdreeks van verplaatste volumes en massa's voor het hele jaar 2018, op de rand van het gebiedsmodel.** Deze gegevens kunnen (desgewenst) door het bureau worden omgewerkt naar een andere tijdreeks (al of niet equidistant, tijdstap nader te bepalen) van debieten met zoutgehalten, door een middeling over de tijdsduur van de fase, of door een langere periode (b.v. enkele uren).

N.B. 1: Door deze middeling is het verloop van de kolkuitwisseling volgens een tangens-hyperbolicus niet meer zichtbaar in de tijdserie; deze zou 'gereconstrueerd' kunnen worden, maar dat lijkt voor de huidige vraagstelling niet zinvol, en zit derhalve niet in de voorgestelde aanpak.

N.B. 2: De eerste bewerking op de toegeleverde data geeft aan dat de hierboven beschreven aanpak haalbaar zou moeten zijn. Hiermee vervalt een aanpak die kijkt naar de schutfrequentie en patronen (verdeling over de dag / het getij / de week / het seizoen). Voor zover er van patronen sprake is zullen die besloten liggen in de gegevens van de schuttingen.

N.B. 3: In principe wordt er in deze aanpak geen gebruik gemaakt van de kalibratie-factor: die krijgt waarde 1. Dit omdat alle schuttingen discreet bekend zijn (voor zover mogelijk vanuit de data), en daarmee is dus ook de variatie in de deur-opentijden bekend, en hoeft hiervoor niet meer gecorrigeerd te worden middels de kalibratiefactor.

De te berekenen tijdreeks zal worden opgeleverd met een korte instructie omtrent hoe deze te gebruiken als randvoorwaarde voor het gebiedsmodel. Dit betreft met name hoe om te gaan met debieten in beide richtingen tegelijkertijd.

Alle benodigde data zijn inmiddels door RWS toegeleverd, inclusief een korte omschrijving en aanbevelingen omtrent te gebruiken waarden.

Planning:

In communicatie over de afgelopen dagen is gebleken dat de volgende planning wordt gevraagd:

- Week 35 (26-30 aug): Deltares stelt Plan van Aanpak op
- Di: 10 september: formele goedkeuring Plan van Aanpak
- Ma: 16 september: startoverleg tussen bureau en opdrachtgever (Deltares niet aanwezig)
- Vrij: 20 september: oplevering tijdserie basis-scope

Gegeven andere verplichtingen van betrokkenen is het niet mogelijk om pas met de uitvoering van het werk te beginnen na 10 september en dan uiterlijk de 20^e op te leveren. De doorlooptijd zal 2 – 3 weken vragen, vanaf goedkeuring PvA incl. budget tot aan oplevering van de basis-tijdreeks met instructie. Bij aanvang werkzaamheden zijn ook de antwoorden op de gestelde vragen nodig (zie onder “Vragen aan de beheerder / sluismeester”).

Oplevering van de basis-tijdreeks met instructie op of omstreeks 20 september wordt haalbaar geacht bij akkoord op het PvA en budget op dinsdag 3 september a.s. met antwoorden op de gestelde vragen voor het einde van de betreffende week. De oplevering van een korte rapportage wordt voorzien 1 of 2 weken later.

Budget:

- Reeds besteed: diverse overleggen en mail-wisselingen, opstellen Plan van Aanpak: 2,5 dgn
- Analyse en bewerking operationele data tot invoer, berekening basis-tijdreeks incl. controles, oplevering met instructie: 3 dgn
- Korte rapportage incl. review: 2 dgn
- Totaal: 7,5 dgn,
(....)

Mogelijke aanvullingen op de basis-scope:

De basis-scope behelst de bepaling en levering van een tijdserie van transporten (volumes en zoutmassa's) voor de schuttingen van 2018, uitgaande van een inschatting van het zoutgehalte aan de binnenkant, vlak voor de sluis. Als alles is gedaan om deze eerste berekening mogelijk te maken kunnen daarna, met zeer beperkte effort, ook andere berekeningen worden gedaan. Dit betreft twee categorieën:

- 1 iteraties (een of meer): het model dat het bureau van het gebied gaat maken zal o.a. een saliniteit uitrekenen vlak bij de sluis; deze waarde zal ongetwijfeld in meer of mindere mate afwijken van de waarde die is aangenomen voor de bepaling van de transporten door de sluis; als dit verschil groot is, is er reden om de transporten door de sluis opnieuw te berekenen met de door het gebiedsmodel bepaalde saliniteit; deze iteratie kan meerdere malen worden gedaan om tot een goede aansluiting te komen, maar omdat de geëiste nauwkeurigheid beperkt is, zou een enkele iteratie kunnen volstaan: de eerste iteratie heeft de grootste meerwaarde;

- 2 bepaling van het effect van maatregelen op de sluis, bijvoorbeeld:
- een situatie met bellenschermen op de sluis: het voornemen van de opdrachtgever is om het bureau een aanneme te laten doen omtrent een te behalen reductie met een bellenscherm, maar daarmee kun je er zomaar een factor 2 – 3 naast zitten; de processen zijn sterk niet-lineair; in de zeesluisformulering kan een zogenaamde doorlaatfractie worden opgegeven (het daarvoor benodigde luchtdebiet moet dan nog apart worden berekend), waarna het effect op de zouttransporten op een correcte manier door de zeesluisformulering wordt berekend;
 - een spoeldebiet door de sluis: als de buitenwaterstand lager is dan de waterstand binnen, en dat is hier vaak het geval, kan de sluis worden gespoeld met zoetwater als onderdeel van het schutproces; hierdoor wordt de kolk zoeter en wordt de zoutindringing significant beperkt; in de praktijk is dit te realiseren met een andere aansturing van de rinketschuiven; de toepassing hiervan is dus getij-afhankelijk, zoals voorzien in de code van de zeesluisformulering, er hoeft alleen een debiet opgegeven te worden, waarvoor op basis van eerder werk een goede schatting te maken is;
 - een spoeldebiet is ook mogelijk als het buitenwater hoger staat dan het binnenwater, maar dat vereist een pomp; ook dit kan in de zeesluisformulering worden 'aangezet' door een debiet te specificeren;
 - de combinatie van die twee maatregelen (bellenschermen en spoeldebiet), zoals ook zal worden toegepast op de Krammersluizen na de voorgenomen ombouw;
 - aanpassingen aan de schut-operatie: ook daarvoor biedt de zeesluisformulering handvatten, en wel via ingrepen op de invoer daarvan, de reeks van schuttingen en/of de deur-opentijden: zonder een beschouwing van de schuttingen zelf is het eigenlijk ondoenlijk om een zinnige aanneme te doen over een te behalen reductie in de zoutvracht door een ingreep in de operatie.

Kopie aan
Meinte Blaas, Meinard Tiessen

C Beschrijving van de toegeleverde data

GEGEVENS SLUIS FARMSUM en AANPAK BEREKENING ZOUTBEZWAAR

GEGEVENS

Waterstanden Binnen:

Tijdserie uurwaarden beschikbaar. Meerwaarde van gebruik tijdserie lijkt beperkt, peil is constant. Voor nu een constante waarde hanteren. Advies om gemiddelde te nemen van twee meetstations Oterdoom en oude zeesluis Delfzijl. Advies om uit te gaan van mediaan waarde (evenlang onderschreden als onderschreden), deze bedraagt NAP+0,59m

Waterstand buiten:

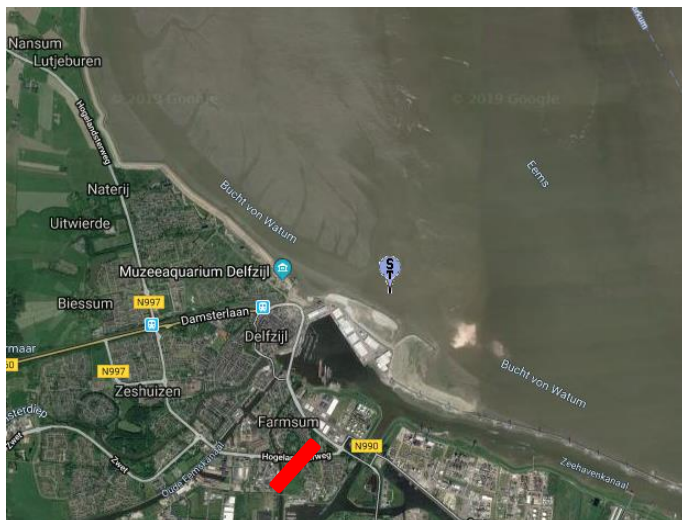
Tijdserie beschikbaar voor jaar 2018 meetpunt haven Delfzijl.

Zoutgehalte binnen:

Uitgaan van zoet water

Zoutgehalte buiten:

Geen meetgegevens in de haven zelf. Zoutgehalte wordt hier (sterk) beïnvloed door het spuien. Enkele modelresultaten laten zien dat voorhaven inderdaad zoeter is. Beschikbare tijdserie stroommeetpaal Eemshaven is hierdoor van beperkte waarde. Wel laat deze zien dat de zoutconcentratie fluctueert met het getij en dat de gemiddelde waarde in het estuarium wordt beïnvloed door de seizoenen, wss gerelateerd aan zoet water afvoer achterland (o.a. rivier Eems). Enkele schepmonsters (maand-waarde) zijn beschikbaar in de bocht van Watum (zie figuur). Op basis hiervan wordt geadviseerd om de zoutlast door de sluis te berekenen met twee verschillende vaste waarden voor het chloride gehalte in de (voor)haven, te weten 10.000 en 16.000 mg/l. Als 1^e uitgangspunt kan voor de maanden jan-juni een randvoorwaarde van 10.000 aangehouden worden en voor juli – dec 16.000 mg/l.



Figuur: meetpunt/opname punt zout Bocht van Watum

Schuttingen

Alle individuele schuttingen zijn geregistreerd. Hierbij is onderscheid te maken tussen grote en kleine kolk, noord en zuidgaand en schuttingen met en zonder schepen.

Scheepspassages

Alle individuele scheepspassages, incl. afmetingen/diepgang zijn bekend voor grote en kleine kolk. Hiermee kan de bezetting, of gemiddelde bezetting bepaald worden. Twee scenarios voor zeesluisformulering: leeg en gemiddelde bezetting

Deur-open-tijden

Deze zijn onbekend op het moment. Wel zijn de tijden van “groen” licht voor invaren bekend tussen de verschillende schuttingen. Dit geeft inzage in de duur van de hele schutoperatie, maar niet in de tijd dat de deuren daadwerkelijk open hebben gestaan.

Tekeningen

De benodigde hoofdafmetingen, kolk/drempels zijn uit de bijgeleverde tekeningen af te leiden