Nieuwe Sluis

TERNEUZEN

Deelrapport MER
Water

Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie
Postbus 299 - 4600 AG Bergen op Zoom
+ 31 (0)164 212 800
nieuwesluisterneuzen@vnsc.eu
www.nieuwesluisterneuzen.eu

Rapport Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Onderwerp
Deelrapport MER Water

Datum
23 maart 2015

Status
Definitief

Documentnummer
VNZT-R-127-7

Auteurs
Marieke Pfaff-Wagenaar
Lynyrd de Wit (Svašek Hydraulics)

Telefoon / Email
030-6594321
m.pfaff@LievenseCSO.com

Inhoudsopgave

1 Inleiding 3
1.1 Inleiding 3
1.2 Doelstelling van het project Nieuwe Sluis Terneuzen 3
1.3 Effectonderzoeken MER 5

2 Projectgebied 6
2.1 Beschrijving van het sluizencomplex 6
2.2 Omgeving van het sluizencomplex 7

3 Beschrijving van de onderzochte varianten 9
3.1 Beschrijving voorkeursalternatief 9
3.2 Beschrijving varianten 10
3.2.1 Invalshoeken per variant 10
3.2.2 Variant 1 10
3.2.3 Variant 2 12
3.2.4 Variant 3 13
3.2.5 Samenvatting varianten 15

4 Beoordelingskader 16

5 Oppervlaktewater 18
5.1 Onderzoeksmethode Oppervlaktewater 18
5.1.1 Onderzoeksopzet verzilting Kanaal Gent-Terneuzen 18
5.1.2 Onderzoeksopzet waterkwantiteit Kanaal Gent-Terneuzen 28
5.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling oppervlaktewater 32
5.2.1 Functioneren watersysteem 32
5.2.2 Geldende afspraken 33
5.2.3 Chloridegehalte Kanaal Gent-Terneuzen 34
5.3 Resultaten oppervlaktewater 37
5.3.1 Resultaten verzilting Kanaal Gent-Terneuzen 37
5.3.2 Resultaten waterkwantiteit Kanaal Gent-Terneuzen 45
5.3.3 Doorkijk naar oppervlaktewater in een situatie met kanaalaanpassingen 50
5.4 Nadere analyse zoet-zoutscheidingsmaatregelen 51
5.4.1 Mogelijke oplossingsrichtingen en de effectiviteit 51
5.4.2 De effecten van de operationeel concept maatregelen aan sluiscomplex 53
5.4.3 De effecten van technische maatregelen aan het sluiscomplex 54
5.5 Mitigerende en compenserende maatregelen oppervlaktewater 58
5.5.1 Mitigerende maatregel kanaal gebonden constructies 58
5.5.2 Compenserende maatregelen inlaatwater industrie 58

6 Grondwater 60
6.1 Werkwijze Grondwater en Regionaal watersysteem 60
6.1.1 Onderzoeksopzet 60
6.1.2 Studiegebied 61

6.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling Grondwater en Regionaal watersysteem 65
6.2.1 Huidige situatie 65
6.2.2 Autonome ontwikkeling 71
6.3 Optredende effecten Grondwater en Regionaal watersysteem 75
6.3.1 Verzilting, mate van verandering zoutgehalte, inclusief effecten op de landbouw 75
6.3.2 Verandering stijghoogte grondwater en grondwaterstand (m) en grondwaterstroming 88
6.3.3 Doorkijk naar grondwater in een situatie met kanaalaanpassingen 103
6.4 Mitigerende en/of compenserende maatregelen Grondwater en Regionaal watersysteem 104

7 Voorkeursvariant 105
7.1 Beschrijving voorkeursvariant 105
7.1.1 Sluiskolk 106
7.1.2 Buitenhaven 107
7.1.3 Inrichting sluizencomplex 108
7.1.4 Binnenhaven 112
7.1.5 Waterbeheer 113
7.2 Aanlegfase 115
7.3 Beschrijving effecten van de voorkeursvariant 117
7.3.1 Mate van verandering chloridegehalte oppervlaktewater Kanaal Gent-Terneuzen 117
7.3.2 Effecten op waterkwantiteit Kanaal Gent-Terneuzen 120
7.3.3 Mate van verandering zoutgehalte grondwater, inclusief effecten op de landbouw 122
7.3.4 Verandering stijghoogte grondwater en grondwaterstand (m) en grondwaterstroming 123

8 Samenvatting 128
8.1 Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen 128
8.2 Peilbeheer Kanaal Gent-Terneuzen 129
8.3 Verzilting grondwater 130
8.4 Verandering stijghoogte grondwater 130

9 Literatuurlijst 132

Bijlage 1 Hercalibratie SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen model 135

Bijlage 2 Technische onderbouwing spuien en schutverlies 139

Bijlage 3 Alle Chloride simulatie resultaten Kanaal Gent-Terneuzen 142

Bijlage 4 Technische rapportage grondwatermodel 144

Bijlage 5 Analyse regenwaterlenzen omgeving Kanaal Gent-Terneuzen 145

Bijlage 6 Vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater Kanaalzone Gent Terneuzen 146

Bijlage 7 Overzicht onderzochte zoutscheidingsmaatregelen en onderbouwing 147

Bijlage 8 Memo: Onderzoek naar technische haalbaarheid reductie zoutuitwisseling sluizen Terneuzen 151

Bijlage 9 Memo: Aanvullende waterkwantiteitssimulaties KGT 152

Bijlage 10 MEMO: invloed nieuwe Voorkeursvariant op chlorideconcentratie in KGT 153

1 Inleiding

1.1 Inleiding

Nederland en Vlaanderen zijn overeengekomen de plannen voor een Nieuwe Sluis op het sluizencomplex van Terneuzen uit te werken.[1] Het voornemen bestaat de uitkomsten vast te leggen in een Tracébesluit. Bij de voorbereiding van dit Tracébesluit wordt de milieueffectrapportage (m.e.r.) doorlopen. Dit rapport bevat de onderzoeksresultaten van het m.e.r.-onderzoek naar toetsing op waterkwaliteit en waterkwantiteit.

Figuur 1-1 Westsluis van het sluizencomplex Terneuzen (bron: Rijkswaterstaat, Joop van Houdt)

1.2 Doelstelling van het project Nieuwe Sluis Terneuzen

In 2007 is een probleemanalyse uitgevoerd naar de maritieme toegankelijkheid van de Kanaalzone[2]. Uit de probleemanalyse komen verschillende knelpunten in toegankelijkheid naar voren, zowel voor zeeschepen als voor binnenvaart. De knelpunten zijn de slechte bereikbaarheid van de Kanaalzone Gent-Terneuzen en de Seine-Scheldeverbinding:

- de capaciteit van het sluizencomplex is beperkt, hierdoor vindt verdringing van lading naar andere modaliteiten waaronder wegverkeer plaats;
- de capaciteit van het sluizencomplex is beperkt, hierdoor is de wachttijd voor de binnenvaart onacceptabel hoog;
- de robuustheid van de verbinding van het Kanaal Gent-Terneuzen is niet optimaal omdat er bij een mogelijke

[1] Besluit van het politiek college van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie inzake planuitwerkingsfase Nieuwe Sluis Kanaal Gent-Terneuzen, 19 maart 2012

[2] Nota probleemanalyse Kanaalzone Gent-Terneuzen 2008, mei 2007

stremming van het sluizencomplex geen alternatieve routes bestaan;
- de afmetingen van de huidige Westsluis zijn beperkt waardoor de schaalvergroting in de zeevaart niet gevolgd kan worden.

Met robuustheid wordt bedoeld de beschikbaarheid en betrouwbaarheid.

Doelstelling van het project Grote Zeesluis Terneuzen Kanaal Gent Terneuzen is het verbeteren van de toegankelijkheid van de Kanaalzone. Hiervoor worden de drie knelpunten aangepakt op de volgende wijze:

- de capaciteit van het sluizencomplex wordt vergroot, zodat het transport van de autonome goederengroei door het sluiscomplex vlot en veilig kan plaatsvinden en er geen verschuiving van goederenstromen naar andere havens of modaliteiten optreedt. Dit wordt gemeten doordat het vervoerde tonnage vrachtverkeer door het sluizencomplex vergroot en de wachttijden voor de binnenvaart verminderen ten opzichte van de autonome ontwikkeling.
- de robuustheid van het sluizencomplex wordt verbeterd. Hiervoor moeten alle sluiskolken een beschikbaarheid hebben van minstens 98% gemiddeld over 5 jaar.
- de schaalvergroting in de zeevaart wordt gefaciliteerd. De nieuwe sluiskolk heeft afmetingen van 427m x 55m x 16m (lxbxd)[3]

[3] Besluit van het politiek college van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie inzake planuitwerkingsfase Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen, 19 maart 2012

1.3 Effectonderzoeken MER

In het kader van de m.e.r. zijn verschillende deelstudies uitgevoerd naar de effecten van de aanleg en het gebruik van de Nieuwe Sluis. Deze studies gaan in op:

- Verkeer en vervoer
- Leefomgevingskwaliteit
- Natuur
- Bodem
- Water
- Inpassing in de omgeving
- Duurzaamheid en klimaat
- Hoogwaterveiligheid.

Dit rapport is één van de serie deelrapporten die onderdeel uitmaakt van het MER. Het MER is opgebouwd uit drie lagen, te weten:

- Samenvatting - bevat de kern van het MER
- Hoofdrapport - informatie voor de geïnteresseerde
- Deelrapporten - achtergrondinformatie voor specialisten

Het hoofdrapport van het MER bevat de effectbeoordeling. Hier wordt de effecten vergeleken met de effecten die optreden als het project Nieuwe Sluis Terneuzen niet wordt uitgevoerd.

De deelrapporten bevatten per milieuthema de opzet van het betreffende onderzoek, de uitgangspunten en de uitkomsten van het onderzoek. Om te zorgen dat ieder deelrapport zelfstandig leesbaar is, wordt begonnen met inleidende hoofdstukken, waarin een toelichting op de projectlocatie en de varianten wordt gegeven.

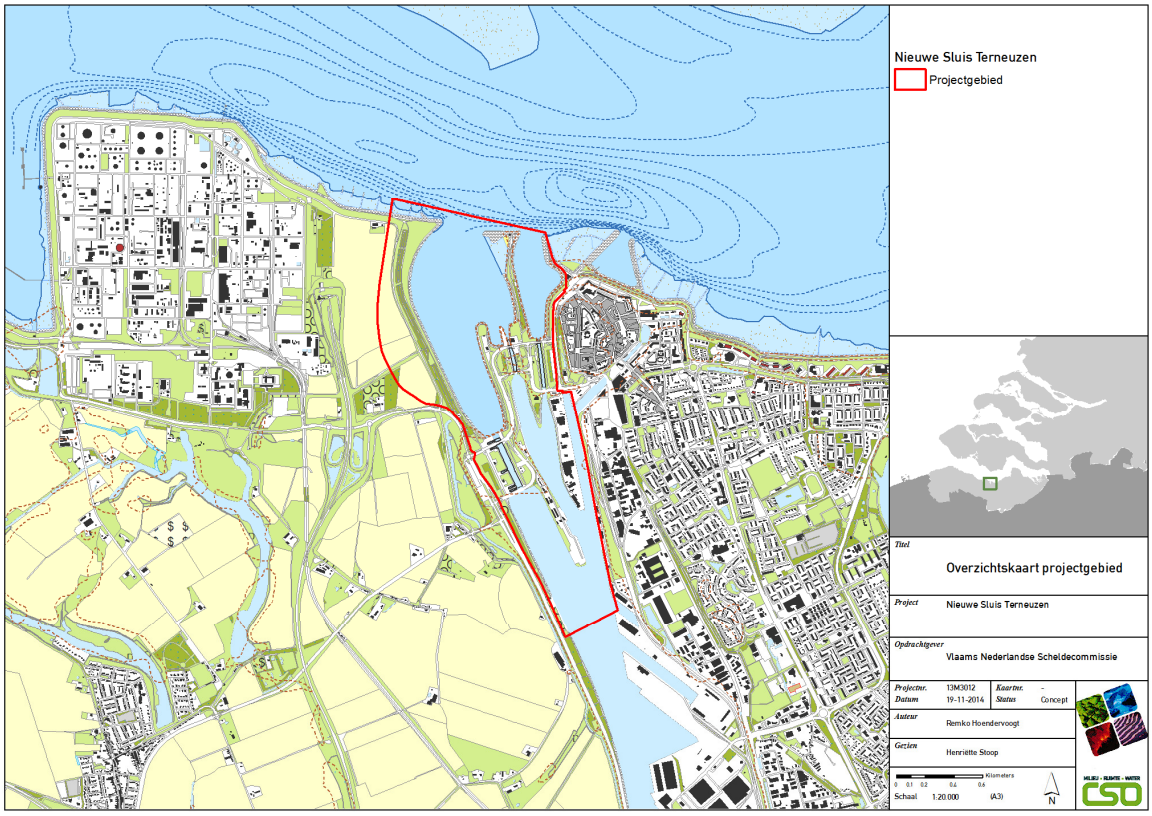
De beschrijving van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling gaat in op die zaken, die relevant zijn voor het onderzoek van de thema's die behandeld worden in dit deelrapport.

Bij de beschrijving van de effecten wordt per beoordelingscriterium de verwachte effecten van de drie varianten aangegeven. Hierbij wordt geen rekening gehouden met mogelijke maatregelen om de effecten te verzachten. Deze mitigerende maatregelen staan apart beschreven. Alleen bij de beoordeling van de voorkeursvariant is rekening gehouden met de mitigerende maatregelen die onderdeel uitmaken van de voorkeursvariant.

Dit rapport heeft betrekking op onderdeel water.

2 Projectgebied

2.1 Beschrijving van het sluizencomplex



Figuur 2-1 Projectgebied inclusief projectgrens

De Westerschelde en het Kanaal Gent-Terneuzen worden met elkaar verbonden door de sluizen van Terneuzen (zie Figuur 2-1 voor de ligging van het sluizencomplex). Het huidige sluizencomplex van Terneuzen bestaat uit drie sluizen, waarvan er één geschikt is voor de (grotere) zeescheepvaart (zie Figuur 2-3). De Westsluis dateert uit 1968, is 290 m lang, 40 m breed en heeft een sluisdrempel van 13,5 m t.o.v. kanaalpeil. In de Westsluis kan maximaal een gelichterde Panamax van beperkte lengte worden geschut. De maximale scheepsafmetingen toegestaan op het kanaal is: 265 m (lengte) x 34 m (breedte) x 12,5 m (diepgang in opvaart)[4]. Grotere schepen hebben vrijstelling of ontheffing nodig om op het kanaal te worden toegelaten. Door schaalvergroting en een stijging van het aantal schepen in de binnenvaart wordt deze Westsluis tegenwoordig ook voor binnenvaartschepen gebruikt. De Oostsluis en de Middensluis worden voornamelijk ter afhandeling van de binnenvaart gebruikt. De Oostsluis dateert net als de Westsluis uit 1968. De bouw van de Middensluis is in 1910 afgerond en deze sluis onderging in 1986 een grondige renovatie.

[4] Scheepvaartreglement voor het Kanaal van Gent naar Terneuzen, artikel 38

De Middensluis is een getijsluis, die ook toegankelijk is voor kleine kustvaarders, maar biedt daarentegen wel beperkingen voor grotere duwstellen.

Op het sluizencomplex zijn verschillende kantoren en bedrijvigheid aanwezig. Deze kantoren en bedrijvigheid zijn deels gebonden aan het water of aan de functionaliteit van het sluizencomplex.

Figuur 2-2 Overzicht Sluizencomplex Terneuzen

Over alle sluizen liggen twee verkeersbruggen. Het kruisende wegverkeer ondervindt weinig hinder van het schutten van de schepen.

2.2 Omgeving van het sluizencomplex

Aan de oostzijde van het sluizencomplex ligt de plaats Terneuzen. Ter hoogte van de Oostsluis worden de woningen door middel van een bomenrij van het sluizencomplex gescheiden. Meer naar het zuiden grenst bedrijvigheid aan het kanaal. De Kennedylaan/Meester F.J. Haarmanweg vormt de scheiding tussen bedrijvigheid langs het kanaal en woonwijken daarachter. Schependijk is een bedrijventerrein tussen de haven van Terneuzen en het toegangskanaal tot de Oostsluis.

Terneuzen ligt vrijwel volledig aan de oostzijde van het sluizencomplex. Alleen het busstation ligt aan de westzijde van het sluizencomplex. Aan de westzijde is verder de ingang van de Westerscheldetunnel gelegen, en het chemiebedrijf Dow Chemical. Het overige land wordt agrarisch gebruikt.

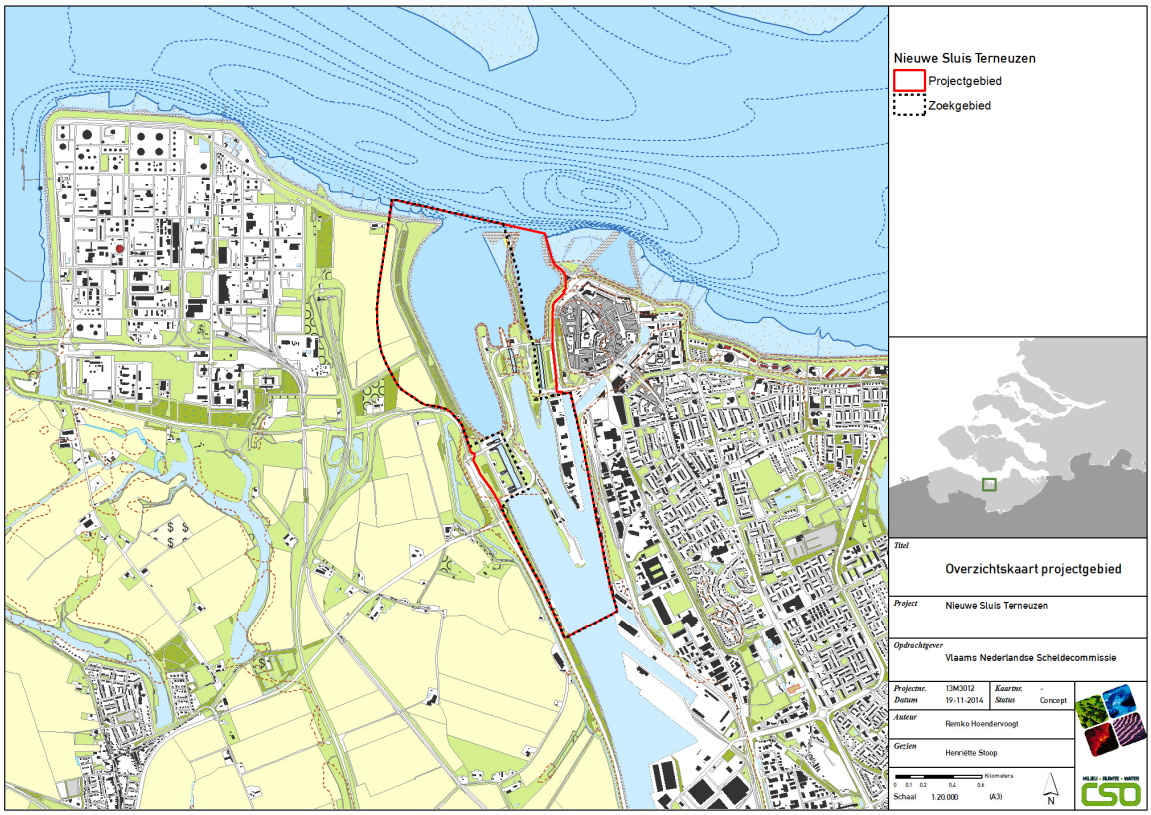
Aan de noordzijde van het complex ligt de Westerschelde. De Westerschelde maakt onderdeel uit van het Natura 2000-gebied Westerschelde en Saeftinghe. Het is een dynamisch estuarium door het getijdenverschil. De Westerschelde is daarnaast ook de

toegangsvaarweg naar het Kanaal Gent-Terneuzen aan de zuidzijde van het complex, en de havens van Antwerpen en Vlissingen.

Figuur 2-3 Overzicht sluizencomplex Terneuzen met Terneuzen op de achtergrond

3 Beschrijving van de onderzochte varianten

3.1 Beschrijving voorkeursalternatief



Figuur 3-1 Projectlocatie, zwarte stippellijn geeft zoekruimte weer (bron: Besluit Politiek College)

In de verkenning die voorafgaand aan de planuitwerking is uitgevoerd, is zowel verbetering van het kanaal als het sluizencomplex onderzocht. Op basis van de daaruit beschikbaar gekomen informatie en het advies van het stakeholders advies forum, is besloten de aanleg van een Nieuwe Sluis binnen het sluizencomplex van Terneuzen uit te werken. Dit is vastgelegd in het besluit van het politiek college van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie. Daarbij is besloten dat het voorkeursalternatief bestaat uit de Nieuwe Sluis zonder aanpassing aan het kanaal. Hierbij geldt dat de Nieuwe Sluis gerealiseerd dient te worden binnen het bestaande sluizencomplex in Terneuzen. De zoekruimte voor de Nieuwe Sluis is weergegeven op Figuur 3-1. Alle werken die nodig zijn voor de aanleg moeten binnen de aangegeven zoekruimte worden uitgevoerd.

De Nieuwe Sluis heeft een omvang van 427m x 55m x 16m (lxbxd). Het voorkeursalternatief vormt het uitgangspunt van de varianten die in de m.e.r. worden onderzocht.

Om de nautische verkeersstromen van en naar het sluizencomplex te faciliteren, kan aanpassing van de voorhavens noodzakelijk zijn. Onderzoek naar aanpassingen van de voorhavens maakt daarom integraal onderdeel uit van de m.e.r. Wanneer aanpassing van de voorhavens noodzakelijk is, zal de aanpassing worden opgenomen in het Tracébesluit.

3.2 Beschrijving varianten

3.2.1 Invalshoeken per variant

Bij het opstellen van de varianten is vanuit verschillende invalshoeken naar de opgave van de sluis gekeken. Om te komen tot reële varianten met voldoende bandbreedte in milieueffecten, is gekozen de varianten vanuit de volgende invalshoeken in te vullen:

- Beperken ruimtebeslag, effecten op natuur minimaliseren
- Betrouwbaarheid en versterken landschappelijke kwaliteit
- Optimalisatie scheepvaart, verminderen beïnvloeding leefomgevingskwaliteit.

In de hiernavolgende paragrafen is per variant een toelichting op de gekozen invalshoek opgenomen, en is weergegeven tot welke keuzes de gekozen invalshoek leidt.

3.2.2 Variant 1

Figuur 3-2 Schets van variant 1

De invalshoek voor het beperken van het ruimtebeslag in variant 1 is ingegeven door de wens de mogelijkheid tot het behoud van de Middensluis te onderzoeken. Om de Middensluis te kunnen behouden, moet de sluis zo noordelijk mogelijk worden gepositioneerd en zo min mogelijk geroteerd ten opzichte van de Westsluis. Een beperkte rotatie vergroot het gemak van de in- en uitvaart. Dat leidt tot de keuze voor de oriëntatie van 3°.

Het ruimtebeslag van de deuren naast de sluiskolk is gering om behoud van de Schependijk mogelijk te maken. Daarom wordt met gekromde roldeuren gewerkt. De lengte van de sluis is minder bepalend voor het behoud van de Middensluis en Schependijk. De bruggen zijn daarom net als bij de Oost- en Westsluis een basculebrug met 1 val.

De wegstructuur is vormgegeven met een voorrangsweg op de kortste route als alle deuren gesloten zijn. De kruisingen zijn als gewone kruisingen vormgegeven, zonder uitvoegstroken.

De droge, sluisgebonden diensten waarvan de locatie komt te vervallen, worden verspreid over het sluizencomplex teruggeplaatst. Er wordt geen centrale locatie aan de rand van het complex gecreëerd, omdat dit ten koste zou gaan van de huidige functie op die locatie. De opslag moet zo veel mogelijk verplaatst worden langs de Nieuwe Sluis.

De Middensluis kan niet in zijn huidige functie behouden blijven. Er is onvoldoende ruimte voor de in- en uitvaart van vier sluizen op het complex. De Middensluis krijgt de functie van spuimiddel.

Om de effecten op natuur te minimaliseren, wordt gekozen voor een zo beperkt mogelijke verbreding van de havenmond. Ook is het havenbekken niet naar de westzijde vergroot, mede in verband met de agrarische functie van het gebied. Zo wordt zo min mogelijk hydraulische en morfologische effecten veroorzaakt. Wel wordt een vergroting van de havenmond aan de westzijde binnen deze variant onderzocht in verband met de nautische veiligheid. De voorhaven wordt verdiept zodat schepen met een diepgang van 12,50 meter onafhankelijk van het tij de voorhaven in kunnen varen. Dit in verband met de capaciteit van het complex. Er wordt geen zwaaicirkel aangelegd.

Om effecten op natuur door verzilting te minimaliseren, zijn innovatieve zoet-zoutscheidingsmethoden opgenomen. Hierbij wordt ook gekeken naar de mogelijkheden om bij de andere sluizen op het complex maatregelen uit te voeren om de verzilting te beperken. Uitgangspunt is dat het rendement van de scheidingssystemen bij alle sluizen 75% is.

Voor de bouwmethode wordt gekozen voor het bouwen van de kolk in het natte. De sluishoofden worden wel droog gebouwd. De bouw van de ronde deurkassen is technisch lastig, en kan niet nat gebouwd worden.

3.2.3 Variant 2

Figuur 3-3 Schets van variant 2

Variant 2 zet in op betrouwbaarheid. Hierbij is gekozen voor zoveel mogelijk beproefde technieken en zo min mogelijk ingrepen. Dat leidt tot de keuze van rechte roldeuren voor de sluis, en basculebruggen. Dit vraagt de nodige ruimte, waardoor de Middensluis niet behouden kan blijven, en de Schependijk deels moet worden verwijderd.

Het deels verwijderen van de Schependijk creëert de opgave om deze nieuw in te richten. De huidige bebouwing zal als gevolg van de versmalling deels moeten verdwijnen. Omdat het niet wenselijk is huidige gebruikers van de Schependijk met een halve loods, of half perceel te laten zitten. Er zullen daardoor delen van percelen opgekocht moeten worde, die niet direct nodig zijn voor de verbreding van de vaarweg. Hierdoor ontstaan kansen om sluisgebonden diensten die verplaatst moeten worden, terug te plaatsen op de Schependijk.

In tegenstelling tot variant 1, wordt niet vastgehouden aan de huidige invulling van het sluizencomplex. Daardoor ontstaat de mogelijkheid functies te clusteren en in te zetten op ruimtelijke kwaliteit.

Ook voor de scheiding van zoet en zout water wordt gebruikt gemaakt van bewezen technieken, zoals een bellenscherm. Dat betekent dat er geen gebruik wordt gemaakt van de innovatieve methodes die zijn

opgenomen in variant 1, waardoor de totale effectiviteit iets lager zal zijn. De zoet-zoutscheiding wordt binnen dit project alleen aangelegd bij de Nieuwe Sluis.

Voor het spuien wordt een los spuikanaal met apart spuimiddel tussen de Oostsluis en de Nieuwe Sluis aangelegd. De kruisingen van de wegen hebben een aparte strook voor verkeer dat linksaf wil slaan.

De Nieuwe Sluis wordt 5° gedraaid ten opzichte van de Westsluis. Daardoor ligt de sluis in lijn met het kanaal. Dit faciliteert een vlotte en veilige in- en uitvaart aan de kanaalzijde. De buitenvoorhaven wordt aan de oostzijde vergroot, doordat de Middensluis verdwijnt. Verder wordt de voorhaven niet aangepast. De havenmond wordt dus niet verbreedt, de voorhaven niet verdiept en er wordt geen zwaaicirkel aangelegd. Wel wordt er een slibvang voor de Nieuwe Sluis aangelegd. Dit is noodzakelijk vanwege het verschil in diepte tussen de buitenvoorhaven en de sluis.

De sluiskolk wordt in het natte gebouwd. De hoofden van de sluis worden boven de grond gebouwd en met de caissonmethode in de grond gebracht.

3.2.4 Variant 3

Figuur 3-4 Schets van variant 3

De variant 3 wordt geoptimaliseerd op de scheepvaartfunctie (zeevaart en binnenvaart). Dit leidt tot zo min mogelijk beïnvloeding van de luchtkwaliteit en zo min mogelijk geluidshinder. Dat betekent dat de sluis 5° gedraaid is ten opzichte van de Westsluis. Er is dan geen ruimte meer voor de Middensluis. Er is gekozen voor een sluiskolk waar de deuren en bruggen weinig ruimte innemen in de lengterichting van de sluis, zodat de schepen snel in en uit kunnen varen. Om dit te bereiken zijn de bruggen over de deuren gelegd. Er is zo veel mogelijk ruimte tussen de Westsluis en de Nieuwe Sluis, zodat het verkeer voor de beide sluiskolken zo min mogelijk interfereert.

Om een goede invaart van de Oostsluis mogelijk te houden, wordt de Schependijk deels afgegraven. De graafwerkzaamheden leveren tijdens de bouw extra geluidshinder op. In de eindsituatie is naar verwachting minder geluidsoverlast, omdat de bedrijvigheid op de Schependijk een hoge geluidsproductie heeft. Daarnaast wordt de vervuilde grond van de Schependijk gesaneerd.

Om de invaart vanaf de Westerschelde te faciliteren wordt de havenmond vergroot en de westelijke havendijk verlegd. Zo ontstaat een brede invaart van de buitenvoorhaven, en een ruime voorhaven met zwaaicirkel. De buiten voorhaven wordt verdiept zodat alle schepen die op het kanaal kunnen varen tijonafhankelijk de voorhaven in kunnen.
Er is gekozen voor geen scheiding van zoet en zoutwater, zodat de scheepvaart vrij kan doorvaren. Dat betekent dat ter plaatse mitigerende maatregelen nodig kunnen zijn om ongewenste effecten van de verzilting te verminderen. In tijden met watertekort wordt er gezocht naar optimalisatie. Omdat het kanaal verzilt, is het mogelijk water van de Westerschelde in te laten.

Door niet vast te houden aan de huidige verdeling van functies op het sluizencomplex, ontstaat de ruimte voor clustering van functies en het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit. Alle diensten die samenhangen met het functioneren van het sluizencomplex worden geclusterd teruggeplaatst langs de verbrede voorhaven. De voorhaven wordt zodanig vormgegeven, dat er ruimte is voor zowel functies op land als op water. Er wordt geen apart spuikanaal aangelegd. Het spuien vindt plaats via de Nieuwe Sluis.

De keuze om op de deuren te rijden vraagt het nodige van de wegstructuur. De kruising tussen de Oostsluis en de Nieuwe Sluis wordt vormgegeven middels een rotonde voor een soepele aansluiting.

Zowel de sluiskolk als de sluishoofden worden in den droge gebouwd. Door de bouwmethoden in de verschillende varianten te wisselen, ontstaat inzicht in de effecten van de bouwmethode.

3.2.5 Samenvatting varianten

In onderstaande tabel is de opbouw van de varianten samengevat. In deze samenvatting zijn de ontwerpkeuzes opgenomen. Effecten die voortkomen uit de verschillende keuzes zijn in de betreffende deelrapporten opgenomen.

Tabel 3-1 Samenvatting opbouw varianten

Ontwerpkeuze	Variant D01	Variant D02	Variant D03
Oriëntatie sluis	3 graden geroteerd	5 graden geroteerd	5 graden geroteerd
Breedte voorhaven	Geen dijkverlegging	Geen dijkverlegging	Gedeeltelijke dijkverlegging 215 m
Havenmondverbreding	Verbreding west	Geen havenmondverbreding	Verbreding oost en west
Diepte voorhaven	12,5 m tij-onafhankelijk	Huidig +slibvang	12,5 m tij-onafhankelijk
Behoud Middensluis	Middensluis spuien	Middensluis slopen	Middensluis slopen
Spuifunctie	Apart via Middensluis	Apart via nieuw spuimiddel	Nieuwe Sluis
Type deuren	Gekromde roldeur (2 + 1)	Roldeur (2 + 2)	Roldeur (2 + 1)
Bouwmethode	Hoofden: bouwkuip droog	Hoofden: caissonmethode	Hoofden: bouwkuip droog
	Kolk: bouwkuip nat	Kolk: bouwkuip nat	Kolk: bouwkuip droog
Locatie bruggen	Bruggen net buiten deuren	Bruggen net buiten deuren	Bruggen over sluisdeuren
Zoet-zout	Maximale inzet met innovatieve methoden	Inzet van bewezen technieken	Verzilten
Watertekort op kanaal	Stremmen	Stremmen	Water inlaten van Westerschelde
Type bruggen	Basculebrug 1 val	Basculebrug 1 val	Op de deuren rijden
Locatie kruisingen	Voorrangsweg met gewone kruising	Voorrangsweg met linksafstrook	rotonde
zwaaicirkel	Geen	geen	550
Mate van verwijderen Schependijk	Behouden	39.500 m2	72.330 m2
Locatie diensten nieuw	Verspreid	Schependijk	buitenhaven

4 Beoordelingskader

Voor het MER Nieuwe Sluis Terneuzen is een beoordelingskader opgesteld. Dit beoordelingskader is vastgelegd in het uitgangspuntendocument (VNZT-R-26-3). De beschreven effecten vallen onder het thema bodem en water, specifiek de deelaspecten Oppervlaktewater Kanaal Gent-Terneuzen en Grondwater en regionaal watersysteem.

In de tabel is aangegeven of de beoordelingswijze kwantitatief of kwalitatief is en of de beoordeling voor de aanlegfase, de gebruiksfase of beide is uitgevoerd.

Tabel 4-1 Beoordelingskader inclusief beoordelingscriteria voor deelaspecten oppervlaktewater en grondwater (Bron: VNZT-R-026-3 Uitgangspunten-document)

Milieu-thema	Deelaspect	Beoordelingscriterium	Beoorde-lingswijze	Aanleg	Gebruik
Bodem en water	Oppervlakte-water Kanaal Gent-Terneuzen	Verzilting, mate van verandering zoutgehalte, inclusief beïnvloeding industriewater	kwantitatief	x	x
		Chlorideconcentratie in kanaal (chemische KRW-toets)	kwantitatief		x
		Effecten op biologische kwaliteitselementen van de KRW	kwalitatief/ semi-kwantitatief		x
		Peilfluctuaties op kanaal (Watertekort of tekort spuicapaciteit) (waterkwantiteit)	kwantitatief	x	x
	Grondwater en regionaal water-systeem	Verzilting, mate van verandering zoutgehalte, inclusief effecten op de landbouw	kwantitatief	x	x
		Verandering stijghoogte grondwater en grondwaterstand (m), grondwaterstromingspatroon en kweldruk (grondwaterkwantiteit).[1]	kwantitatief	x	x

[1] Veranderingen in het grondwaterstromingspatroon en de kweldruk kunnen tevens gevolgen hebben voor verzilting van het grondwater en regionaal watersysteem. Het eerste beoordelingscriterium voor grondwater en regionaal watersysteem heeft betrekking op verzilting, met daarin meegenomen effecten op verzilting door verandering van grondwaterstromingspatroon en/of kweldruk. Het tweede beoordelingscriterium heeft alleen betrekking op grondwaterkwantiteit.

Chlorideconcentratie in kanaal (chemische KRW-toets)
In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (VNZT-R-20-5) is opgenomen dat de chemische KRW-toets de waterkwaliteit van Kanaal Gent-Terneuzen betreft. De volgende relevante te beoordelen effecten werden voorzien:

1. de veranderende chlorideconcentratie door meer of minder indringing van Westerscheldewater;
2. Effecten op erosie van de waterbodem door toenemende golfslag.

Toegenomen golfslag en erosie van de kanaalbodem door toename van de afmetingen van schepen is niet aan de orde. De maximale

toegestane afmetingen van te schutten schepen, inclusief eventuele snelheidsbeperkingen op het Kanaal Gent-Terneuzen om effecten te voorkomen zijn vastgelegd in het Scheepvaartbesluit. Na realisatie van de Nieuwe Sluis moet het Scheepvaartbesluit worden aangepast aan de nieuwe afmetingen die op het kanaal kunnen worden toegestaan, met de bijbehorende beperkingen. Daarom is bij de KRW-beoordeling enkel gekeken naar de chlorideconcentratie van het oppervlaktewater en is de waterbodem buiten beschouwing gelaten.

Verzilting, mate van verandering zoutgehalte, inclusief effecten op de landbouw
De locaties waar verzilting van het grondwater en regionaal watersysteem optreden zijn kwantitatief in beeld gebracht. De mate van verzilting kon echter met het beschikbare grondwatermodel niet worden gekwantificeerd.

Effecten op stroming en morfologie zijn ondergebracht in het deelrapport bodem. Effecten op waterkeren zijn ondergebracht in het technisch onderzoek 1 dat als deelrapport Hoogwaterveiligheid deel uit maakt van de MER.

5 Oppervlaktewater

5.1 Onderzoeksmethode Oppervlaktewater

5.1.1 Onderzoeksopzet verzilting Kanaal Gent-Terneuzen

De chlorideconcentratie van het kanaalwater is voor de omgeving een belangrijk thema. Effecten kunnen optreden op KRW, gebruikers (inlaatwater industrie) en via het grondwater op landbouw en natuur. Om het effect van de verschillende varianten op de chlorideconcentratie van het kanaalwater te bepalen is deze zoutuitwisseling gedetailleerd gemodelleerd. De uitgangspunten en randvoorwaarden voor deze modellering worden in deze paragraaf besproken.

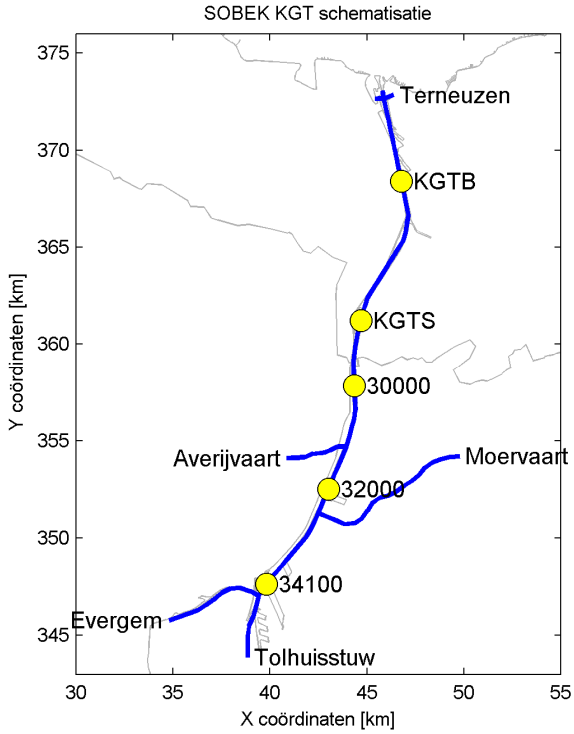
Modelopzet

Het chloridegehalte op Kanaal Gent-Terneuzen is bepaald met het in 2010 opgezette en gecalibreerde SOBEK model (Royal Haskoning/Svasek 2010). Een beeld van de hierbij gebruikte schematisatie is weergegeven in Figuur 5-1. Voor de huidige studie is het SOBEK model geactualiseerd met instellingen zoals bepaald in een recentere zoutindringingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen van WL-Borgerhout (Waterbouwkundig Laboratorium, 2012). Bijlage 1 behandelt de hernieuwde calibratie resultaten voor 2008-2009 en model instellingen. Door de hercalibratie zijn de gemiddelde modelresultaten nu ook dicht bij het sluiscomplex betrouwbaar.

In de huidige studie die in dit deelrapport is gerapporteerd is gerekend met een uitwisselingsdebiet met zout water in plaats van een puntbron droge stof. Met de vernieuwde instellingen zijn de berekende dieptegemiddelde chloridegehaltes over het gehele Kanaal Gent-Terneuzen realistisch. De chlorideconcentraties aan de oppervlakte en aan de kanaalbodem worden berekend met een nabewerking op basis van meetgegevens van chloride op verschillende dieptes.
Invloeden van individuele schuttingen worden niet correct gesimuleerd, maar zijn ook niet relevant voor de effectbepaling. De verspreiding van de zouttong vanaf het sluiscomplex over het Kanaal Gent-Terneuzen is in het 1D SOBEK model benaderd met een hoge dispersie coëfficiënt[5]. De calibratie periode 2008-2009 omvat twee gemiddelde winters met 800 mg/l Cl bij KGTS (KGT locatie Sas van Gent) en een gemiddelde zomer met ongeveer 1800 mg/l Cl bij KGTS en een heel droge zomer met ongeveer 3500 mg/l Cl bij KGTS. Al deze heel verschillende periodes met verschillende Chloridegehaltes kunnen in het SOBEK model realistisch gereproduceerd worden met dezelfde dispersie instellingen voor zomer (met hoge Cl gehaltes) en winter (met lage Cl gehaltes). De gesimuleerde verschillen in Chloridegehalte worden zuiver veroorzaakt door veranderingen in randvoorwaarden. Het model is dus betrouwbaar toe te passen voor zowel periodes met een hoog

[5] Bij een hogere dispersiecoëfficient dringt chloride sneller en verder het kanaal binnen

Chloridegehalte op het Kanaal Gent-Terneuzen als periodes met een laag Chloridegehalte.



Figuur 5-1 SOBEK KGT schematisatie met meetpunt locaties.

Randvoorwaarden model

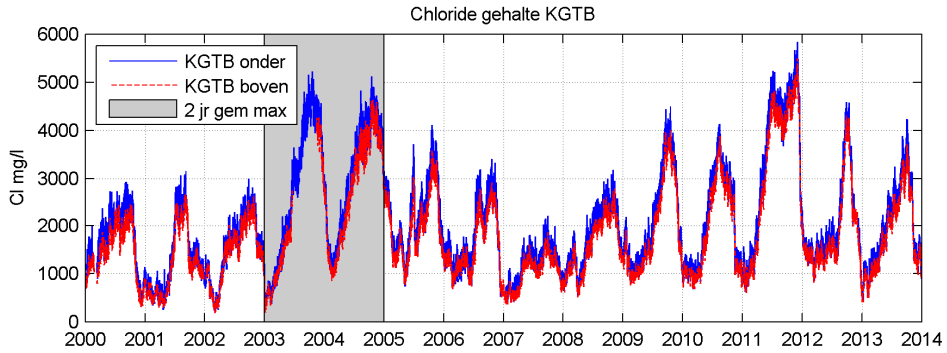
In de modellering zijn op basis van beschikbare meetreeksen de volgende uitgangspunten gehanteerd ten aanzien van het debiet zoet water op het Kanaal Gent-Terneuzen:

1. Droge zomer 9,5 m^3/s (zomerdebiet van de twee jaar met gemiddeld de hoogste Chlorideconcentratie in de meetperiode 2000-2012)
2. Droge winter 25,8 m^3/s (winterdebiet van de twee jaar met gemiddeld de hoogste Chlorideconcentratie in de meetperiode 2000-2012)
3. 2 maanden laag debiet = 8 m^3/s (laagste tweemaandsgemiddelde debiet van 2000-2012 van de debieten)
4. Gemiddelde zomer 16,6 m^3/s (gemiddeld zomerdebiet in de meetperiode 2000-2012)
5. Gemiddelde winter 31,4 m^3/s (gemiddeld winterdebiet in de meetperiode 2000-2012)

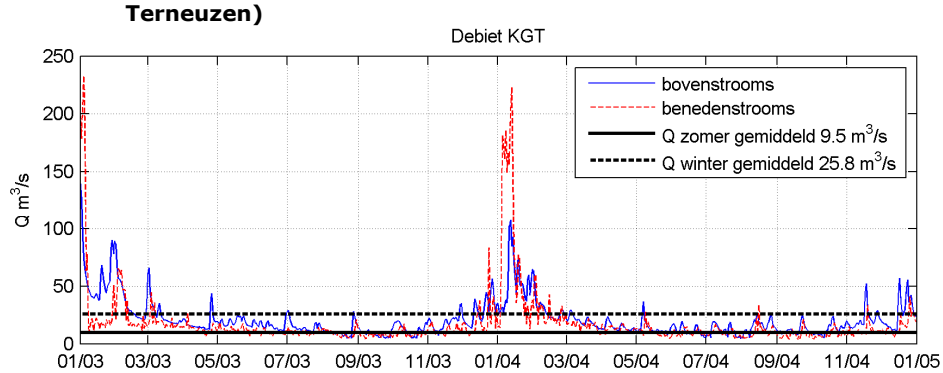
Gekozen is om gemiddelde en droge situaties in beeld te brengen. De gemiddeld situaties geven een representatief beeld voor de lange termijn. De resultaten voor de droge situaties laten zien of er in die situaties knelpunten kunnen ontstaan ten gevolge van hoge chlorideconcentraties.

De gemeten Chloridegehaltes 2000-2014 op het Kanaal Gent-Terneuzen bij KGTB (KGT-Brug meetlocatie) op 3,5 km van de sluizen van Terneuzen zijn weergegeven in Figuur 5-2, van deze meetlocatie zijn van 2000-2014 hoogfrequent (elke 10 minuten) gegevens beschikbaar. 2003 en 2004 waren de twee opeenvolgende jaren met gemiddeld de hoogste Chlorideconcentratie, deze twee jaren worden gebruikt om het zomer- en winterdebiet te bepalen. Figuur 5-3 toont het debiet op Kanaal Gent-Terneuzen 2003-2004. Twee verschillende data-bronnen zijn getoond: bovenstrooms en benedenstrooms. Het bovenstrooms debiet is bepaald uit bassin neerslag-afvoer simulaties door WL-Borgerhout en bestaat uit de sommatie van het Kanaal Gent-Terneuzen debiet van alle takken uit Gent en het debiet van de Moervaart. Het benedenstrooms debiet is bepaald door Rijkswaterstaat uit de spui en schutdebieten bij Terneuzen. Globaal komen het bovenstrooms en benedenstrooms debiet overeen, met bijvoorbeeld dezelfde periodes met hoge en lage afvoeren, maar de grootte van de benedenstroomse en bovenstroomse afvoer verschilt. Gemiddeld over 2000-2010 is het benedenstrooms debiet ongeveer 5 m^3/s lager dan het bovenstrooms debiet en het minimale tweemaandsgemiddelde benedenstrooms debiet tussen 2000-2010 is ongeveer 2 m^3/s lager dan bovenstrooms (8 m^3/s tweemaandsgemiddeld benedenstrooms en 10 m^3/s bovenstrooms). De oorzaken van dit verschil liggen waarschijnlijk in simulatieonnauwkeurigheden (bijvoorbeeld onvolmaakte recente neerslag gegevens in het model, onvolmaakte run-off, onvolmaakte debietverdeling rondom Gent), meetonnauwkeurigheden, kwel en verdamping. Voor simulatie van de verziltingsscenario's van het Kanaal Gent-Terneuzen is, net als bij de hercalibratie van het SOBEK model, het benedenstrooms debiet gebruikt. Omdat dit het lagere debiet van beide is, geeft dit conservatieve (hoge) zoutgehaltes op Kanaal Gent-Terneuzen. Voor de vergelijking tussen autonome situatie en varianten heeft dit geen gevolgen, omdat voor alle situaties dezelfde uitgangspunten zijn gehanteerd.

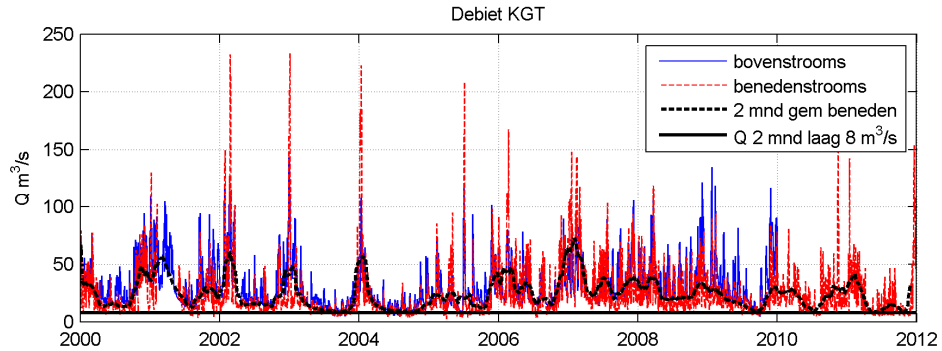
Figuur 5-3 toont het debiet op Kanaal Gent-Terneuzen van de twee jaren met het hoogste Chloridegehalte 2003-2004. Het gemiddelde zomerdebiet in 2003-2004 is 9,5 m^3/s (bepaald over de periode van 1,5 maand voor het begin tot 1,5 maand na het einde van de zomer) en het gemiddelde winterdebiet in 2003-2004 is 25,8 m^3/s (bepaald over de periode van 1,5 maand voor het begin tot 1,5 maand na het einde van de winter). Het debiet op Kanaal Gent-Terneuzen over de volledige meetperiode 2000-2012 is getoond in Figuur 5-4. Over deze periode is het laagste tweemaandsgemiddelde benedenstrooms debiet 8 m^3/s, het gemiddelde zomerdebiet 16,6 m^3/s en het gemiddelde winterdebiet 31,4 m^3/s.



Figuur 5-2 Gemeten Chloridegehalte KGTB 2000-2014 (3,5 km van sluis Terneuzen)



Figuur 5-3 Debiet KGT 2003-2004 benedenstrooms (bepaald uit spui en schutdebiet Terneuzen) en bovenstrooms (bepaald uit bassin neerslag-afvoer simulaties WL-Borgerhout)



Figuur 5-4 Debiet KGT 2000-2012 benedenstrooms (bepaald uit spui en schutdebiet Terneuzen) en bovenstrooms (bepaald uit bassin neerslag-afvoer simulaties WL-Borgerhout)

In Tabel 5-1 zijn de randvoorwaarden voor de chlorideconcentratie op het Kanaal Gent-Terneuzen weergegeven. Het gaat hierbij om de concentratie bij Terneuzen. Deze concentraties zijn gebasseerd op de dieptegemiddelde meetwaardes van het Rijkswaterstaat meetpunt TWZZ in de voorhaven van Terneuzen.

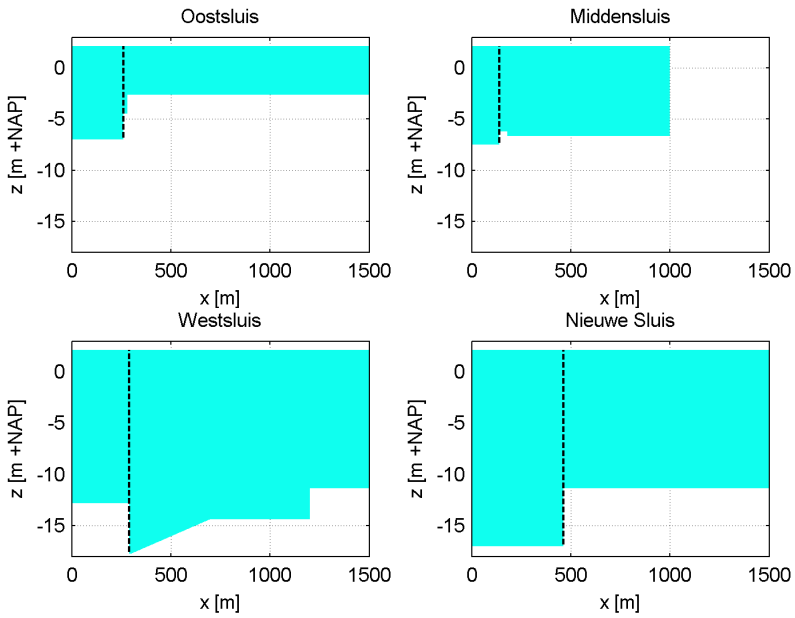
Periode	Randvoorwaarde chlorideconcentratie (g/l)
Winter gemiddeld	12
Zomer gemiddeld	13,5
Twee maanden laag debiet	15

Tabel 5-1 Overzicht randvoorwaarden chlorideconcentratie nabij Terneuzen

Voor de chlorideconcentratie bij Gent is 0,1 g/l als randvoorwaarde aangenomen.

De afvoer van het Kanaal Gent-Terneuzen is als randvoorwaarde opgelegd bij Evergem en bij de Moervaart met de verdeling 88%/12% (gemiddelde verhouding debiet Evergem – Moervaart van 2000-2009 volgens bassin neerslag-afvoer simulaties WL-Borgerhout). De benedenstroomse randvoorwaarde bij de sluis van Terneuzen is een kanaalwaterstand van NAP+2,13m. De zoutlast van de schuttingen van het sluizencomplex bij Terneuzen is opgelegd als een zout-zoet uitwisselingsdebiet. Hierbij is voor het instromend water een chlorideconcentratie gelijk aan de uitgangspunten bij Terneuzen aangehouden. Voor het uitstromend water is de chlorideconcentratie berekend door het SOBEK model. Er is gerekend met een gemiddelde zoutuitwisseling per dag welke gelijk verdeeld is over 24 uur. Ook de (spui-)debieten op het Kanaal Gent-Terneuzen worden verondersteld gelijk verdeeld te zijn over de dag.

De zoutuitwisseling per schutting is bepaald met gedetailleerde FINEL3D simulaties per sluis (huidig en nieuw) van het complex. De schematisatie die hierbij gebruikt is, is weergegeven in Figuur 5-5. Voor de deuropentijd bij MSL (gemiddelde zee waterstand) zijn 30 minuten voor de Midden- en Oostsluis en 45 minuten voor de Westsluis aangehouden. Voor de Nieuwe Sluis is gerekend met een deuropentjid van 60 minuten. Deze deuropentijden zijn bepaald op basis van de uitgevoerde SIVAK simulaties (zie bijlage bij deelrapport Verkeer&Vervoer). Bij de gehanteerde deuropentijden heeft het grootste deel van de zoet-zout uitwisseling van elke sluis plaatsgevonden, het merendeel van het resterende zout in de Middensluis, Oostsluis en Nieuwe Sluis bevindt zich in de kolk achter een drempel en zal niet het kanaal opstromen bij een langere deuropentijd. Het gemiddelde verschil in chlorideconcentratie tussen Kanaal Gent-Terneuzen en buitenzijde sluis is 12 g/l (12 g/l is het maximum gemeten tweemaandsgemiddelde chlorideconcentratie-verschil tussen meetpunt TWZZ in de voorhaven en KGTB op het KGT tussen 2009 en 2013). De totale gemiddelde zoutuitwisseling per dag is bepaald door de zoutuitwisseling per sluis te vermenigvuldigen met het gemiddeld aantal schuttingen per dag van de sluis behorend bij het betreffende scheepvaart scenario en vervolgens de zoutuitwisseling van alle sluizen binnen het complex te sommeren.



Figuur 5-5 Geometrie van de verschillende sluizen in Terneuzen gebruikt voor de simulatie van de zoutuitwisseling per schutting met FINEL3D met de sluis aan de linkerzijde van de open sluisdeur die aangegeven is met de zwarte stippellijn

Uit de hercalibratie in Bijlage 1 volgt dat op het berekende uitwisselingsdebiet een correctie moet worden toegepast om de berekende waarden te laten matchen met de gemeten waarden. Deze correctie houdt in dat het toegepaste uitwisselingsdebiet teruggeschaald moet worden tot 21% van de waarde zoals berekend met gedetailleerde FINEL3D zout-zoet simulaties om goede chlorideconcentraties op het KGT te krijgen. Voor scenario simulaties met de Nieuwe Sluis en/of klimaatverandering worden gedetailleerde FINEL3D zout-zoet simulaties gebruikt voor het uitwisselingsdebiet van de betreffende sluizen en klimaatscenario en de terugschaling met 21% is voor alle scenario's constant verondersteld. Toetsing van deze aanname voor alle nog niet gerealiseerde scenario's wat betreft de terugschaling is lastig aangezien de veranderde scenario omstandigheden nog geen werkelijkheid zijn, maar de gevoeligheid van de model uitkomsten voor de hoogte van de zoutlast (en dus indirect ook voor de factor 21%) is te vinden door alle simulatie resultaten met hetzelfde debiet en klimaatscenario met elkaar te vergelijken omdat deze alleen wat betreft zoutlast verschillen, zie Tabel 5-11 en Tabel 5-12.

De beginwaarde van Chloride is 700 mg/l over het gehele Kanaal Gent-Terneuzen. Om inspeeleffecten te voorkomen, duurt elke simulatie 1 jaar. De zomer simulaties beginnen met 6 maanden winter en eindigen met 6 maanden zomer. De winter simulaties beginnen met 6 maanden zomer en eindigen met 6 maanden winter. De 2 maanden laag debiet simulaties beginnen met 6 maanden winter, gevolgd door 4 maanden zomer en dan 2 maanden laag debiet.

Uitgangspunten modelberekeningen
In de modelberekeningen ten behoeve van de MER is het zichtjaar 2030 gebruikt. Onderstaand zijn de uitgangspunten ten aanzien van klimaat en vervoersaanbod (2030) weergegeven:

1. Klimaatscenario's
   - Het KNMI W+ 2050 scenario is gebruikt met +2oC in 2050
     - Gebruik van 2050 in plaats van zichtjaar 2030 is een conservatieve benadering doordat de klimaatverandering toeneemt over de tijd. Er is geen klimaatscenario 2030 beschikbaar.
     - Zomer debiet is verlaagd met 35% ten opzichte van de huidige situatie. Dit is gedaan op basis van de gemiddelde afname van de 6 droogste maanden Maasdebiet in het KNMI W+ 2050 klimaatscenario (Deltares, 2013).
     - Winter debiet is verhoogd met 2% ten opzichte van de huidige situatie. Dit is gedaan op basis van de gemiddelde toename van de 6 natste maanden Maasdebiet in het KNMI W+2050 klimaatscenario (Deltares, 2013).
     - 2 maanden laag debiet is verlaagd met 45% ten opzichte van de huidige situatie. Dit is gedaan op
     - basis van de maximale afname van het maandgemiddeld Maasdebiet in het KNMI W+ 2050 klimaatscenario (Deltares, 2013).
     - Maximaal 35 cm zeespiegelstijging volgens KNMI W+2050 is vertaald in een hoger zoutuitwisselingsdebiet richting Kanaal Gent-Terneuzen welke is bepaald met aanvullende FINEL3D simulaties.

2. Vervoersaanbod
Het aantal sluisschuttingen is afhankelijk van de scheepvaartprognose. Met het model SIVAK is per vervoersscenario het aantal schuttingen berekend (zie bijlage bij deelrapport Verkeer&Vervoer) voor:
   - Huidige situatie: scheepvaartaanbod (2012)
   - Projectalternatief (GE2030):Scheepvaartaanbod conform het Global Economy 2030 scenario met aanleg Nieuwe Sluis
   - Autonome ontwikkeling (AO2030): scheepvaartaanbod in de autonome ontwikkeling bestaat uit GE2030 scheepvaart zonder aanleg van de Nieuwe Sluis.

Uitwisselvolume per sluis
Tabel 5-2 en Tabel 5-3 tonen de zout-zoet uitwissel volumes per schutting voor huidig klimaat en KNMI W+2050. Tabel 5-4 en Tabel 5-5 tonen het zout-zoet uitwisseldebiet zoals gebruikt in deze studie voor huidig klimaat en KNMI W+2050 klimaat.
Het verschil in zout-zoet uitwisseling tussen de verschillende sluizen zoals bepaald met FINEL3D wordt vooral veroorzaakt door de aan- of afwezigheid van een bodemsprong tussen de sluiskolk en het KGT: zout dat zich onder de bodemsprong in de kolk bevindt, stroomt niet naar het KGT. De zout-zoet uitwisseling van de Middensluis en Westsluis

zonder significante bodemsprong is veel groter dan van de Oostsluis en de Nieuwe Sluis met bodemsprong, zie de geometrie van de verschillende sluizen in Figuur 5-5.

	Breedte [m]	Lengte [m]	MSL [m]	Bodem sluis [m]	Zout-zoet uitwisseling FINEL3D	Calibratie	Uitwissel volume [m³]
Oostsluis	24	260	0,08	-7	0,30	0,21	2783
Middensluis	24,5	140	0,08	-7,5	0,81	0,21	4422
Westsluis	40	290	0,08	-12.82	0,93	0,21	29225
Nieuwe Sluis	58	462	0,08	-17	0,68	0,21	65356

Tabel 5-2 Zout-zoet uitwisselingsvolume per schutting huidig klimaat

	Breedte [m]	Lengte [m]	MSL [m]	Bodem sluis [m]	Zout-zoet uitwisseling FINEL3D	Calibratie	Uitwissel volume [m³]
Oostsluis	24	260	0,43	-7	0,33	0,21	3213
Middensluis	24,5	140	0,43	-7,5	0,83	0,21	4741
Westsluis	40	290	0,43	-12.82	0,94	0,21	30340
Nieuwe Sluis	58	462	0,43	-17	0,68	0,21	66695

Tabel 5-3 Zout-zoet uitwisselingsvolume per schutting KNMI W+2050 klimaat

		Huidig		GE 2030	
	Uitwissel volume [m³]	Schuttingen per dag	Uitwissel debiet [m³/s]	Schuttingen per dag	Uitwissel debiet [m³/s]
Oostsluis	2783	18,95	0,61	20,29	0,65
Middensluis	4422	9,73	0,50		-
Westsluis	29225	13,84	4,68	14,25	4,82
Nieuwe Sluis	65356			10,37	7,84
		totaal	5,8	totaal	13,32

Tabel 5-4 Zout-zoet uitwisselingsdebiet huidig klimaat, huidig en GE2030 schuttingen (zie bijlage bij deelrapport Verkeer&Vervoer)

		Huidig		GE 2030		AO 2030	
	Uitwissel volume [m3]	Schuttingen per dag	Uitwissel debiet [m³/s]	Schuttingen per dag	Uitwissel debiet [m³/s]	Schuttingen per dag	Uitwissel debiet [m³/s]
Oostsluis	3213	18,95	0,70	20,29	0,75	17,21	0,64
Middensluis	4741	9,73	0,53		-	9,38	0,51
Westsluis	30340	13,84	4,86	14,25	5,00	10,78	3,79
Nieuwe Sluis	66695			10,37	8,00		
		Totaal	6,10	totaal	13.76	totaal	4,94

Tabel 5-5 Zout-zoet uitwisselingsdebiet KNMI W+2050 klimaat voor huidig, GE2030 en AO2030 schuttingen (zie bijlage bij deelrapport Verkeer&Vervoer)

MER Varianten ten aanzien van zoet-zout-scheiding
Er zijn drie inspanningsniveaus voor zout-zoet-scheiding onderscheiden in de drie m.e.r.-varianten. De inspanningsniveaus, de vooraf gestelde verwachting van het te behalen rendement en een globale technische invulling van de maatregel zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Variant	Rendement	Mogelijke maatregel
1. Maximale inzet op scheiding	75% voor alle sluizen	bellenschermen op de Nieuwe Sluis en alle bestaande sluizen van het complex. Aanvullend stremmen of een innovatieve maatregel die op dit moment nog niet beschikbaar is.
2. Beperkte inzet op scheiding	50% voor de Nieuwe Sluis	bellenschermen op de Nieuwe Sluis en alle bestaande sluizen van het complex.
3. Verzilten	0%	geen maatregel

Tabel 5-6 m.e.r.-varianten zout-zoet-scheiding

Bij variant 1 is de basis zoutuitwisseling van het complex, dus van alle sluizen, verminderd met 75%. Bij variant 2 is de basis zoutuitwisseling van de Nieuwe Sluis verminderd met 50% en de zoutuitwisseling van de overige sluizen van het complex blijft 100% van de basis waarde van alle sluizen (huidig en nieuw).

In hoofdstuk 5.4 is een nadere analyse van zoet-zoutscheidingsmaatregelen op het sluizencomplex van Terneuzen beschreven.

Toetsingscriteria verzilting
Alle varianten zijn vergeleken met elkaar, met de referentiesituatie en met de normen. De referentiesituatie of autonome ontwikkeling is geformuleerd als de situatie met klimaatverandering (middenscenario W+ 2050) en economisch scenario GE 2030, zonder aanleg van een Nieuwe Sluis. De beoordeling is uitgevoerd voor de gebruiksfase. De uitvoeringsfase wijkt af van de referentiesituatie en daarnaast ook van de gebruiksfase, de uitvoeringsfase is apart beoordeeld. . Verzilting door de Nieuwe Sluis kan pas plaatsvinden nadat deze in gebruik is genomen.

Uitgangspunten verzilting:
1. KRW-doelstelling KGT = GEP waarde chloride is 300-3000 mg/l (toetsing op zomergemiddeld chloridegehalte over meerdere jaren, gemeten 1 meter onder het wateroppervlak bij KGTS Sas van Gent *(*Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, 2012.)
2. Wijzigingsverdrag 1985, Artikel 32. De beide Regeringen zullen elk op haar gebied de nodige maatregelen treffen om te bewerkstelligen dat het zoutbezwaar beperkt blijft.

Er zijn geen wettelijke normen betreffende de chlorideconcentratie van Kanaal Gent-Terneuzen.

Voor de KRW is een doelstelling van 300-3000 mg/l chloride. Het realiseren van de doelstelling voor chloride moet gezien worden in het licht van de totaalbeoordeling van Kanaal Gent-Terneuzen. De chemische beoordeling van Kanaal Gent-Terneuzen is voor veel stoffen slecht. Ook heeft het kanaal weinig ecologische potentie.

Ten behoeve van de beoordeling van de effecten van de verandering van de waterkwaliteit (verzilting) worden de volgende berekeningen uitgevoerd:

1. Chloridegehalte 1 meter onder het wateroppervlak bij meetpunt KGTS in verband met de toetsing aan de KRW doelstelling (300-3000 mg/l chloride).
2. Bepaling chloridegehalte aan de kanaalbodem op elke kilometer afstand van het sluizencomplex tot Evergem om effecten via het grondwater op Canisvliet en landbouw te kunnen beoordelen. Hiervoor is het jaargemiddeld chloridegehalte aan de kanaalbodem bepaald uit het zomergemiddeld en wintergemiddeld debiet.
3. Vergelijking van chlorideconcentratie met autonome situatie voor potentieel effect op industrie. Hiervoor is de dieptegemiddelde chlorideconcentratie voor zomer-, winter- en 2 maanden laag debiet bepaald op elke kilometer afstand van het sluizencomplex.

De simulaties zijn zo opgezet dat deze drie beoordelingscriteria kunnen worden gecontroleerd. Met deze drie beoordelingscriteria zijn de drie uitgangspunten (KRW, traktaat en verdrag) helemaal ingevuld.

De gesimuleerde chlorideconcentraties vormen zoals hierboven vermeld de input voor het grondwateronderzoek. Voor dit onderzoek zijn zowel de dieptegemiddelde chlorideconcentratie als de chlorideconcentratie bij de oppervlakte en de waterbodem nodig. SOBEK simuleert de dieptegemiddelde chlorideconcentratie, maar uit 30 varende chloride TSO metingen tussen 2009-2013 op het Kanaal Gent-Terneuzen zijn gemiddelde correcties afgeleid voor een indicatie van het Chloridegehalte bij de bodem of bij het oppervlak. In de gemeten Chlorideconcentratie profielen is meestal een duidelijke zouttong te zien in de eerste helft van het Kanaal Gent-Terneuzen. Voor de eerste 14.5 km van Kanaal Gent-Terneuzen vanaf het sluiscomplex worden correctiefactoren bepaald uit de gemeten diepteprofielen op 7 km vanaf het sluiscomplex en voor 14.5-32 km vanaf het sluiscomplex worden correctiefactoren bepaald uit de gemeten diepteprofielen op 25 km vanaf het sluiscomplex.

Onderstaande tabel toont de gevonden correctiefactoren t.o.v. de dieptegemiddelde Chlorideconcentratie:

	0-14.5km	14.5-32km
Correctie bodem	1,7	1,4
Correctie oppervlak	0,8	0,8

5.1.2 Onderzoeksopzet waterkwantiteit Kanaal Gent-Terneuzen

Voor het Kanaal Gent-Terneuzen is een vast peil afgesproken, met een maximale afwijking van 25 centimeter. Om dit peil te handhaven wordt er water vanuit het kanaal naar de Westerschelde gespuid. Daarnaast wordt een deel van het water afgevoerd richting Westerschelde bij het schutten in de bestaande sluizen (schutverlies). Bij peil over- of onderschrijding zijn extra maatregelen nodig en worden op dit moment één of meerdere sluizen gestremd. Gemodelleerd is of het aantal over- of onderschrijdingen in de varianten toe- of afneemt en of dit leidt tot een toe- of afname van de tijd waarin de kolk niet beschikbaar is voor schuttingen. De uitgangspunten voor deze modellering zijn in deze paragraaf opgenomen.

Randvoorwaarden waterkwantiteit

In de modelstudie ten aanzien van de waterkwantiteit zijn uitgangspunten gehanteerd ten aanzien van het debiet en de spuicapaciteit:

1. Debiet Kanaal Gent-Terneuzen:
   - Er is uitgegaan van een realistische debietreeks (meetreeks 2000-2012). Deze is gelijk aan de studie voor waterkwaliteit (paragraaf 5.1)

2. Huidige spuicapaciteit:
   - Spuien is mogelijk zonder stremming 1) via uitwisselingsspuien en continuspuien bij de Westsluis en 2) in de periode rond laagwater als de waterstand lager is dan NAP-0,5m via de Middensluis. Uitwisselingsspuien is spuien tijdens het openstaan van de binnendeuren. Continuespuien is spuien ten behoeve van de spuischuld. De spuischuld is de hoeveelheid zout water die niet door middel van uitwisselingsspuien kan worden teruggespuid.
   - Het maximum spuidebiet zonder stremming is in de huidige situatie gelijk aan 45 m^3/s (Rijkswaterstaat Zee en Delta, 2013). Zodra er meer gespuid moet worden dan 45 m^3/s, wordt eerst de Middensluis gestremd, dan de Oostsluis en als laatste de Westsluis.
   - Met de huidige sluizen kan maximaal 294 m^3/s daggemiddeld worden gespuid. Voorwaarde is dat het scheepvaartverkeer via het sluizencomplex Terneuzen volledig wordt gestremd zolang er gespuid kan worden. Er wordt gespuid (en er is stremming) zolang de waterstand op Kanaal Gent-Terneuzen hoger is dan de buitenwaterstand, dit is 11,42 uur per getij (uitgaande van de gemiddelde getijkromme Terneuzen 1991.0) en 22 uur per dag. Het spuidebiet per sluis is weergegeven in Tabel 5 7.
   - Maximaal gemeten spuidebiet 233 m^3/s (daggemiddeld, uit meetreeks 2000-2012)

	Daggemiddeld spuidebiet	Gemiddeld spuidebiet tijdens spuien(RWS Zee en Delta , 2013)	Gevolg

Middensluis	91 m^3/s	100 m^3/s*	Stremming Middensluis
Oostsluis	83 m^3/s	90 m^3/s	Stremming Oostsluis
Westsluis	120 m^3/s	130 m^3/s	Stremming Westsluis
Totaal	**294 m^3/s**	**320 m^3/s**	

Tabel 5-7 Spuicapaciteit huidige sluiscomplex

** Via de Middensluis zijn er twee mogelijkheden: via de omloopriolen (gemiddeld 75 m^3/s) en via de openingen in de roldeur (gemiddeld 85 m^3/s). Het totale debiet is begrensd op 100 m^3/s ter bescherming van het stortebed.*

3. Buitenwaterstand Terneuzen:
   - Er is uitgegaan van een realistische waterstandsreeks (meetreeks 2000-2012).

4. Kanaalpeil en buffercapaciteit:
   - Het vastgestelde kanaalpeil bedraagt NAP +2,13 m (TAW +4.48 m) met een maximale afwijking van + of – 0,25 m. De bergingscapaciteit op van het Kanaal Gent-Terneuzen is dan dus 0,25 m x 10^6 m^2 = 2,5 miljoen m^3. Gezien de maximale bovenaanvoer van 100 m^3/s die in het verdrag is vastgeled betekent dit dat een dergelijke golf slechts 7 uur gebufferd kan worden voor het peil wordt overschreden. In praktijk zal deze periode wel iets langer zijn, aangezien er vanaf het begin van een hoge afvoer extra gespuid kan worden en er mogelijk door eerder extra te spuien al voor de hoogwatergolf extra bergingsruimte gecreëerd kan worden. Meer dan enkele uren extra "buffercapaciteit" zal dit naar verwachting echter niet opleveren.

Uitgangspunten modelberekeningen

In de modelberekeningen ten behoeve van de MER is het zichtjaar 2030 gebruikt. Onderstaand zijn de uitgangspunten ten aanzien van klimaat en vervoersaanbod (2030) weergegeven:

1. Klimaatscenario's
   - Voor de waterkwantiteit analyses van Kanaal Gent-Terneuzen is hetzelfde klimaatscenario gebruikt als voor hoogwaterveiligheid, namelijk het KNMI WB21 midden scenario met +1°C in 2050. Dit is een ander klimaatscenario dan zoals gebruikt voor de waterkwaliteit, maar op deze wijze wordt nauw aangesloten bij de hoogwaterveiligheid analyses.
     - Gebruik van 2050 in plaats van zichtjaar 2030 is een conservatieve benadering doordat de klimaatverandering toeneemt over de tijd. Er is geen klimaatscenario 2030 beschikbaar.
     - De debieten in de winter worden verhoogd met 11% Op basis van de vuistregel dat een hoog debiet evenredig toeneemt met de toename in 10-daagse KNMI WB21 midden 2050 neerslagsom in het winterseizoen(RIZA, 2007).
     - De debieten in de zomer worden niet veranderd. Op basis van de vergelijking van het zomer debiet van de Maas in

de huidige situatie en KNMI WB21 midden klimaatscenario 2050(RIZA, 2007).
    - De buitenwaterstand bij Terneuzen is verhoogd met een zeespiegelstijging van 30 cm(Rijkswaterstaat 2008). Dit leidt tot kortere periodes per dag dat op vrij verval gespuid kan worden en het verval neemt af: de combinatie geeft een lager daggemiddelde spuicapaciteit.
    - Een aanname is dat het kanaalpeil niet wordt aangepast voor de zeespiegelstijging.

2. Vervoersaanbod
Het aantal sluisschuttingen is afhankelijk van de scheepvaartprognose. Met het model SIVAK is per vervoersscenario het aantal schuttingen berekend (zie bijlage bij deelrapport Verkeer&Vervoer)voor :

- Huidige situatie: scheepvaartaanbod
- Projectalternatief (GE2030):Scheepvaartaanbod conform het Global Economy 2030 scenario met aanleg Nieuwe Sluis
- Autonome ontwikkeling (AO2030): scheepvaartaanbod in de autonome ontwikkeling bestaat uit GE2030 scheepvaart zonder aanleg van de Nieuwe Sluis.

MER Varianten ten aanzien van spuien
In de varianten worden de volgende spuifuncties onderzocht:

1. Variant 1: In deze variant wordt de huidige middensluis omgebouwd tot een spuisluis;
2. Variant 2: In deze variant wordt een nieuw spuimiddel aangelegd tussen de Oostsluis en de Nieuwe Sluis
3. Variant 3. In deze variant wordt geen los spuimiddel aangelegd, maar wordt gespuid via de Nieuwe Sluis

De varianten worden vergeleken met de referentiesituatie.

De spuicapaciteit is voor alle varianten gelijk aan de huidige spuicapaciteit van het complex, maar dan toekomstvast tot 2050. In Tabel 5-8 is de huidige spuicapaciteit van de sluizen weergegeven en de afname van de huidige spuicapaciteit in de autonome situatie.

	Klimaat	Daggemiddeld Q [m^3/s]	Gem. Q tijdens spuien [m^3/s]
Middensluis Oostsluis Westsluis	huidig huidig huidig huidig	91 83 120	100* 90 130
Totaal complex huidig klimaat		**294**	
Middensluis Oostsluis Westsluis	2050 2050 2050	84 75 108	100* 89 129
Totaal complex 2050 klimaat		**267**	

Tabel 5-8 Maximum spuidebiet met stremming, uitgaande van gemiddelde getijkromme. Debieten zijn weergegeven voor zowel het huidige klimaat als het KNMI WB21midden 2050 scenario (autonome ontwikkeling).
** Voor de Middensluis is het debiet begrensd op 100 m³/s ter bescherming van het stortebed.*

Bij dreigende peil over- en onderschrijdingen moeten maatregelen worden getroffen om dit voorkomen. Bij peiloverschrijdingen is er voldoende spuicapaciteit nodig en bij peilonderschrijding is een beperking van het schutverlies nodig. De maatregelen leiden in beide gevallen tot een beperking van het schutbedrijf (stremming)van één of meerdere sluiskolken. In Tabel 5-9 is een overzicht gegeven van de stremmingspercentages voor de verschillende sluiskolken in de huidige situatie.

	Middensluis	Oostsluis	Westsluis
Stremming door wateroverschot (% van de tijd)	2,5%	0,0%	0,6%
Stremming door watertekort (% van de tijd)	0,0%	0,0%	0,0%
Totale stremming (% van de tijd)	2,5 %	0,0%	0,6%

Tabel 5-9 Overzicht stremmingspercentage per sluiskolk in huidige situatie

Beoordelingscriteria waterkwantiteit

Alle varianten zijn vergeleken met elkaar, met de referentiesituatie en met de normen. De beoordeling is uitgevoerd voor de gebruiksfase en de uitvoeringsfase.

Voor de onderzoeken naar oppervlaktewaterkwantiteit is in de MER aangesloten bij de onderzoeken die ten behoeve van het ontwerp uitgevoerd zijn. Uitgangspunt is dat in alle varianten de spuicapaciteit minimaal gelijk is aan de huidige situatie. Ook moeten alle varianten binnen de maximale bandbreedte van peilschommelingen in het kanaalpeil blijven in het geval van weinig water. Daarnaast is beoordeeld of de spuicapaciteit zoals nu aanwezig is geborgd blijft.

Uitgangspunten waterkwantiteit:

- Benodigd spuicapaciteit verdrag: 100 m^3/s. Huidige situatie voldoet met een spuicapaciteit van 294 m^3/s getijgemiddeld, dus is dit geen aanvullende eis voor de Nieuwe Sluis. Vermindering van de spuicapaciteit is echter niet wenselijk, dus de capaciteit van 294 m^3/s moet toekomstvast zijn, rekening houdend met klimaatverandering.
- Indien door spuien het schutbedrijf beperkt beschikbaar is: per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98%.
- Het kanaalpeil bedraagt NAP +2,13 m met een bovengrens van NAP +2,38 m en een ondergrens van NAP +1,88 m.

Voor de beoordeling van de effecten van de verandering van de waterkwantiteit (peilbeheer en stremmingen) worden de volgende berekeningen uitgevoerd:

1. Het aantal peil over- en onderschrijdingen. Deze zullen in de praktijk niet voorkomen, doordat er gestremd wordt. Het percentage van de tijd dat peil over- en onderschrijdingen berekend worden is in werkelijkheid het percentage van de tijd dat er een beperking geldt voor het schutregiem om peilover- of onderschrijdingen te voorkomen. De beperking van het schutregiem veroorzaakt door peil over- en onderschrijdingen is bepaald door het percentage van de tijd te bepalen dat het (daggemiddelde) debiet op de KGT hoger is dan de (daggemiddelde) afvoercapaciteit van de te beschouwen sluisvariant of lager is dan het schutverlies van de betreffende variant.

5.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling oppervlaktewater

5.2.1 Functioneren watersysteem

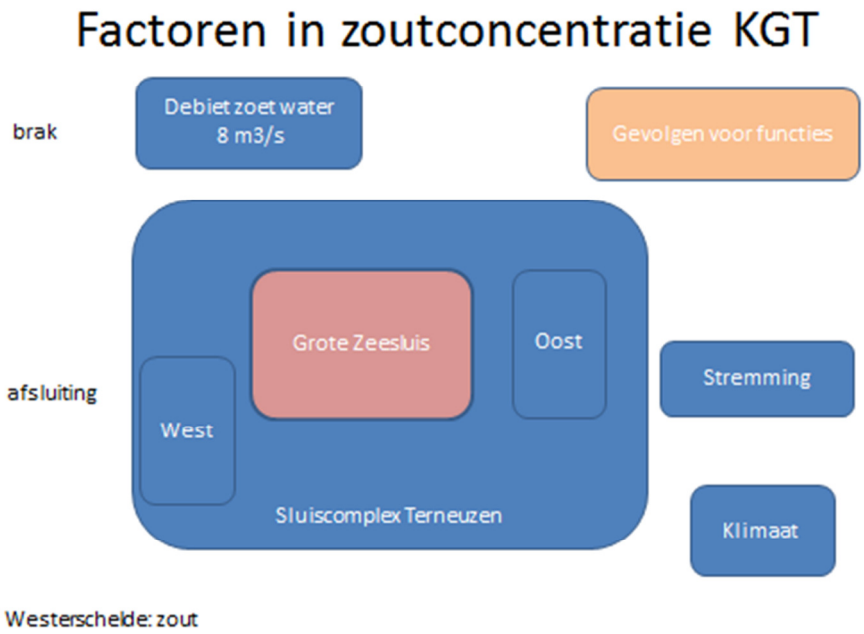
Het water in het Kanaal Gent-Terneuzen is anno 2014 **brak**. Door de **klimaatverandering** (nattere winters, drogere zomers) wordt het kanaalwater, zeker in de zomer, zouter in 2030.
De aanvoer van zoet water uit het achterland varieert met het seizoen en is in de zomer het laagst. De reële hoeveelheid aanvoer van zoet water uit het achterland is in de huidige situatie 8 m^3/s in de 2 droogste zomermaanden.(RWS, bepaald uit spui- en schutdebieten). Deze is lager dan het in het wijzigingsverdrag 1985, artikel 32 afgesproken minimale debiet van 13 m^3/s gemiddeld over twee maanden[6].

[6] In het onderzoek uit de verkenningsfase is met dit minimale debiet van 13 m^3/s uit het verdrag gerekend. Hierdoor zijn de chlorideconcentraties op het kanaal ook in de huidige situatie al hoger dan in het onderzoek van de verkenningsfase is aangenomen. Dit zorgt ervoor dat effecten negatiever uitpakken dan eerder werd verwacht.

Het kanaal levert water aan industrie. Verder infiltreert water uit het kanaal naar het grondwater.
Het kanaal heeft naast een **watervoerende** functie ook een **scheepvaartfunctie**. Ten behoeve van de scheepvaartfunctie wordt het sluiscomplex Terneuzen uitgebreid met een nieuwe sluis. Wanneer een sluis in het complex Terneuzen open staat, treedt uitwisseling op van zout en zoet water.

De uitwisseling op het sluiscomplex is te beïnvloeden door maatregelen in het **operationeel concept** die zorgen dat de tijdsduur waarop en de hoeveelheid waarin uitwisseling plaatsvindt, minimaliseert. Verder zijn **technische maatregelen** aan de sluis mogelijk die de uitwisseling van zoet en zout water vertragen.

In onderstaande figuur zijn de factoren die de chlorideconcentratie bepalen, weergegeven. Deze factoren zijn het debiet van zoet water vanuit het achterland, de klimaatverandering en de mate van aanvoer van zout water vanuit de Westerschelde. Het sluizencomplex is de remmende factor op de uitwisseling tussen zout en zoet water. De hoogte van de concentratie heeft gevolgen voor de functies langs het kanaal.



Figuur 5-6 Factoren in chlorideconcentratie KGT

5.2.2 Geldende afspraken

In het verleden zijn afspraken gemaakt over de waterkwaliteit van het Kanaal Gent-Terneuzen. Het chloridegehalte van het kanaal voldoet in de huidige situatie (Zie Figuur 5-7) niet aan die afspraken. Daarmee zal ook in de autonome situatie en in de projectsituatie, zonder maatregelen, niet jaarrond aan die afspraken kunnen worden voldaan.

De geldende afspraken over het Kanaal Gent-Terneuzen tussen Vlaanderen en Nederland zijn[7]:
Verdrag 1960, art 33:

- Het vastgestelde kanaalpeil bedraagt NAP +2,13 m (TAW +4.48 m[8]) met een maximale afwijking van + of – 0,25 m;

Traktatenblad 1985, artikel 1:

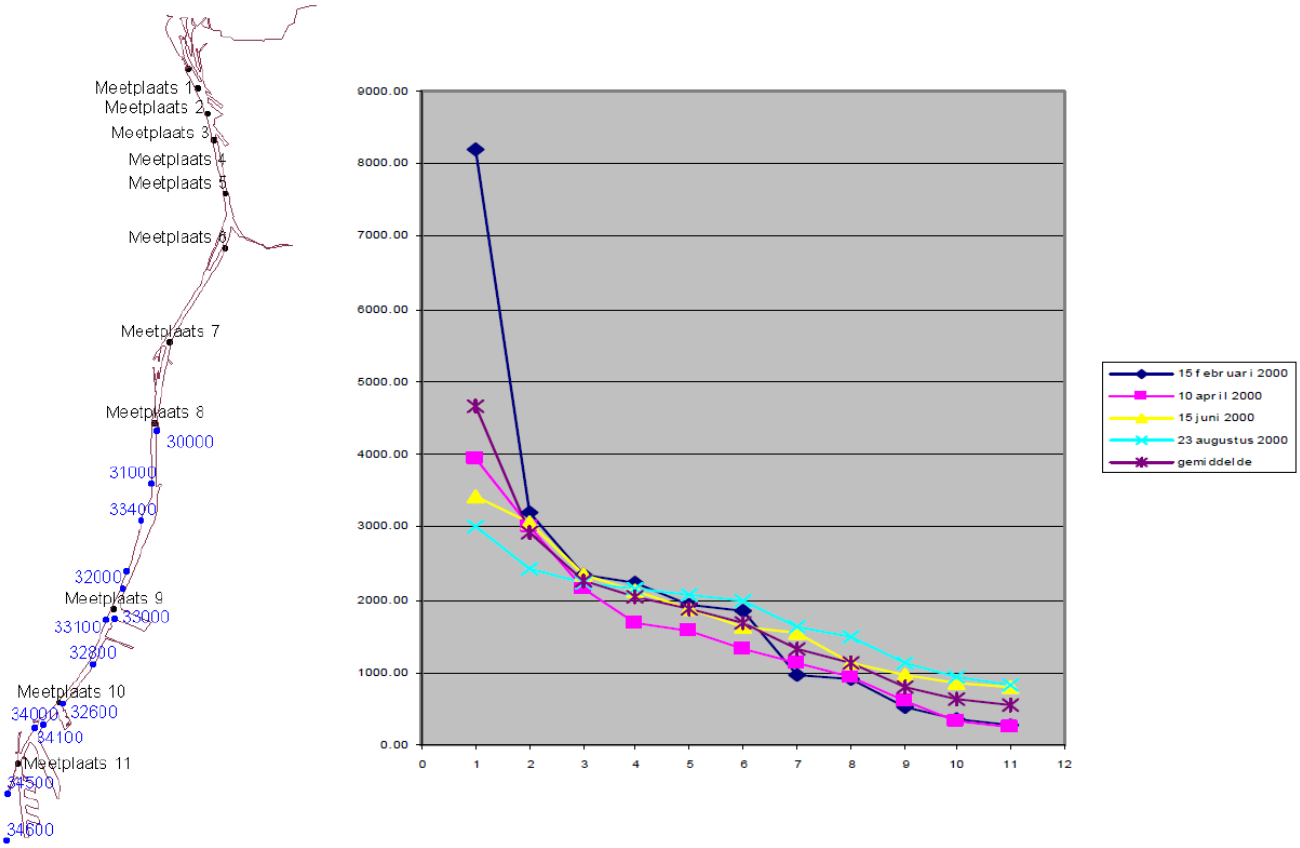
- De Belgische Regering zal ervoor zorgdragen dat de door het Belgische aan het Nederlandse gedeelte van het kanaal gebruikelijk minimaal toegevoegde hoeveelheid zoet water niet wordt onderschreden tenzij een eventuele onderschrijding van deze voeding ondervangen wordt door andere maatregelen die een zelfde effect hebben op beperking van het zoutbezwaar ;
- De voeding van het kanaal door watersuppletie vanuit België is gericht op peilhandhaving en zoutbestrijding. de gebruikelijke minimale hoeveelheid zoet voedingswater bedraagt 13 m3/s , gemeten over een tijdsbestek van 2 maanden ;
- Daarnaast is afgesproken dat Nederlandse Regering zorg zal dragen dat de toetredende hoeveelheid zout water zo veel mogelijk beperkt blijft ;

De Kaderrichtlijn Water (KRW) Goed Ecologisch Potentieel (GEP) waarde voor chloride voor het Kanaal Gent-Terneuzen bedraagt 300 – 3000 mg/l (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) [9]. Deze waarde is een doelstelling.

5.2.3 Chloridegehalte Kanaal Gent-Terneuzen

Het zoutgehalte in het kanaal is afhankelijk van de hoeveelheid water (chloride) dat bij het schutten naar binnen komt en de afvoer van (zoet) water vanuit België richting de Westerschelde. De minimale hoeveelheid zoet voedingswater van 13 m^3/s wordt in de huidige situatie in droge periodes onderschreden, namelijk in droge zomers. Dan is het debiet 8 m3/s.

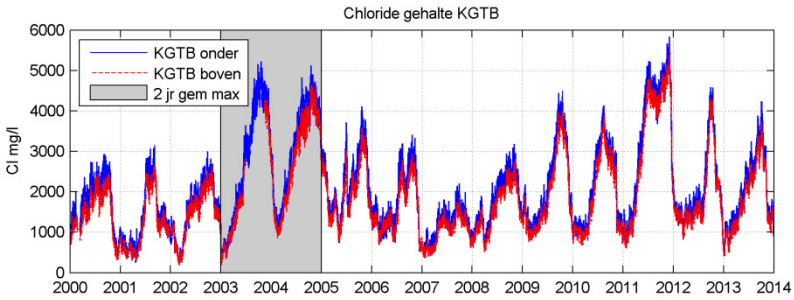
In Figuur 5-7 in 2000 gemeten chloridegehaltes weergegeven, op verschillende meetpunten langs het kanaal.



Figuur 5-7 Chloridegehalte in kanaal per meetpunt, inclusief ligging meetpunten (Royal Haskoning/Svasek 2010).

De zoutindringing in het kanaal is een functie van de afstand tot de sluis, maar de chlorideconcentraties variëren sterk over de tijd. Deze verschillen kunnen worden gerelateerd aan de gemeten afvoerdebieten, die relatief hoog zijn in de winter en laag in de zomer.

In Figuur 5-8 zijn de gemeten concentraties bij meetpunt Kanaal Gent-Terneuzen Brug in beeld gebracht. In de figuur is te zien dat de jaren 2003 – 2004 het hoogste tweejarig gemiddelde chloridegehalte geven.



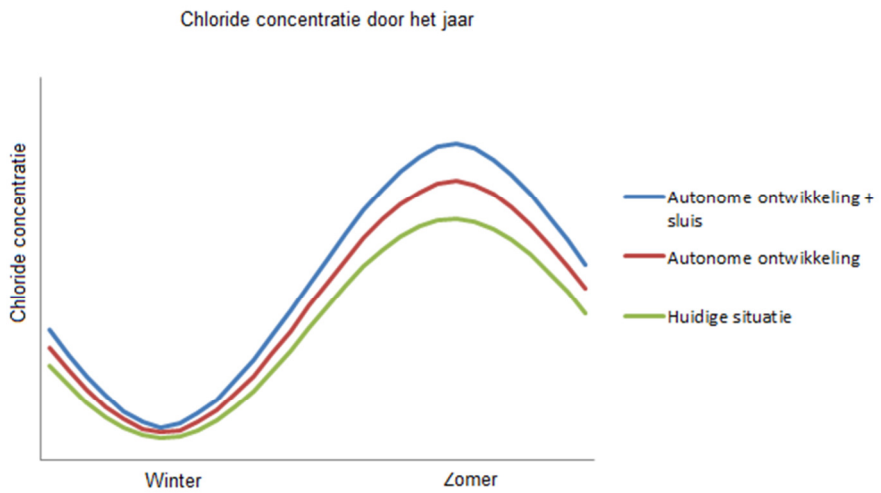
Figuur 5-8 Gemeten Chloridegehalte KGTB 2000-2014 (3,5 km van sluis Terneuzen)

Gemiddeld is er 3,5 maand per jaar te weinig water om aan het verdrag te voldoen. Dit tekort resulteert in regelmatig terugkerende periodes waarin het chloridegehalte hoger is dan het gewenste niveau. Dit wordt ondervangen door doorspoeling. In perioden met hogere

afvoeren worden de chloridegehaltes in het kanaal weer teruggedrongen.

In de huidige situaties wordt voldaan aan het GEP. De langjarig zomergemiddelde chlorideconcentratie bij KGTS bedraagt 1420 mg/l. Nadere analyse van de fluctuaties in de tijd laat zien dat in droge periodes wanneer de watertoevoer langduriger terugvalt tot waarden onder de 10 m^3/s, de chlorideconcentratie van 3000 mg/l tot voorbij de Vlaamse grens (ten zuiden van meetplaats 8) wordt overschreden[10]. Onderzoek laat zien dat het debiet dat van bovenstrooms komt sterk sturend is voor de chlorideconcentraties in het kanaal. Het is van grotere invloed dan veranderingen in chloridegehalte in de Westerschelde[11].

Door de klimaatverandering zal in de autonome situatie het kanaalwater in de zomer brakker zijn dan in de huidige situatie door het afgenomen zomerdebiet. De langjarig zomergemiddelde chlorideconcentratie bij KGTS bedraagt in de autonome situatie 2070 mg/l. Als gevolg van de grotere capaciteit van het sluizencomplex Terneuzen, zal het kanaalwater verder verzilten, bij de bouw van een grotere sluis indien geen aanvullende maatregelen worden genomen. Waarbij de chlorideconcentratie gedurende het jaar, maar vooral in de zomer toeneemt. Dit is weergegeven in figuur 3. De mogelijke verandering van kwaliteit heeft mogelijk effecten op de industrie, op de landbouw, op Natura 2000 en op kanaalgebonden constructies.



Figuur 5-9 Geschematiseerde, relatieve verhouding van de chlorideconcentratie in Kanaal Gent-Terneuzen

[10] Royal Haskoning/Svasek 2010, Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen, Aanvullend oppervlaktewateronderzoek.

[11] Waterbouwkundig Laboratorium 2012, Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarheid en - allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied - Deelrapport 5 - Zoutintrusie Kanaal Gent-Terneuzen, WL2012R724_04_5rev4_0

Al in de huidige situatie wordt de hogere afvoer in het winterhalfjaar gebruikt om de chloridegehalten terug omlaag te brengen. In de zomer lukt dat niet. In de droogste periode is de chlorideconcentratie het hoogst, nu en in de autonome situatie 2030. In die periode is de chlorideconcentratie het meest kritisch en kan voor problemen zorgen bij de industrie.

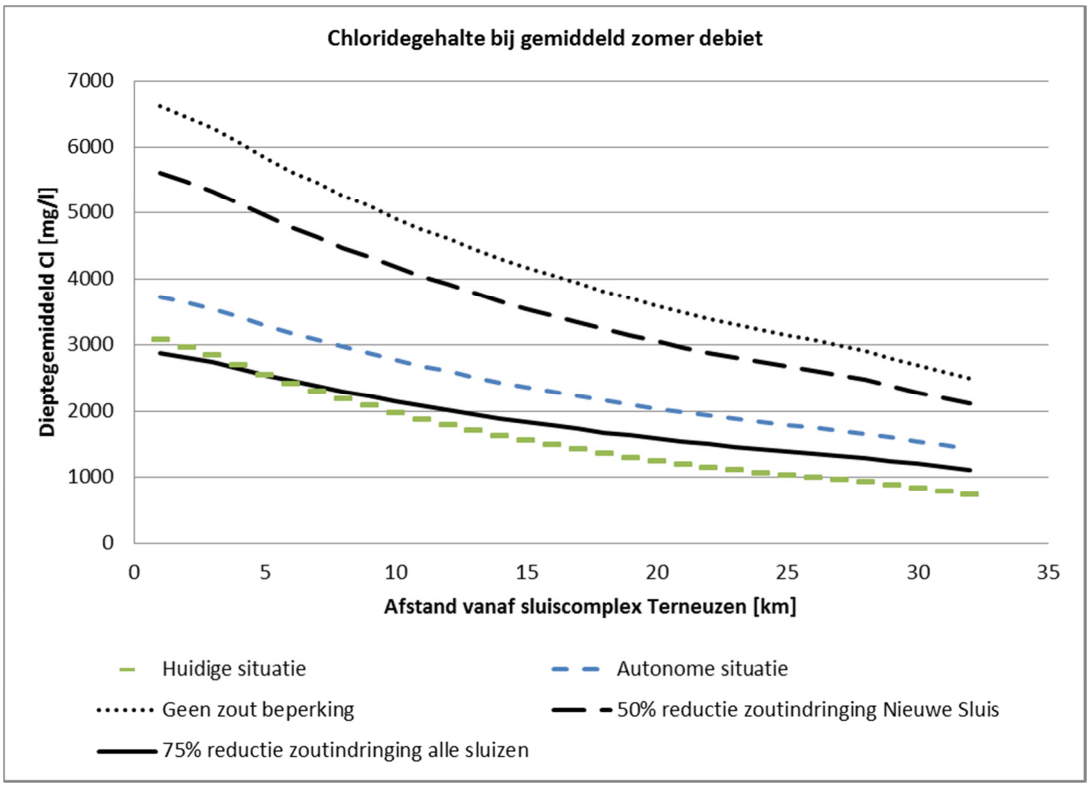
5.3 Resultaten oppervlaktewater

5.3.1 Resultaten verzilting Kanaal Gent-Terneuzen

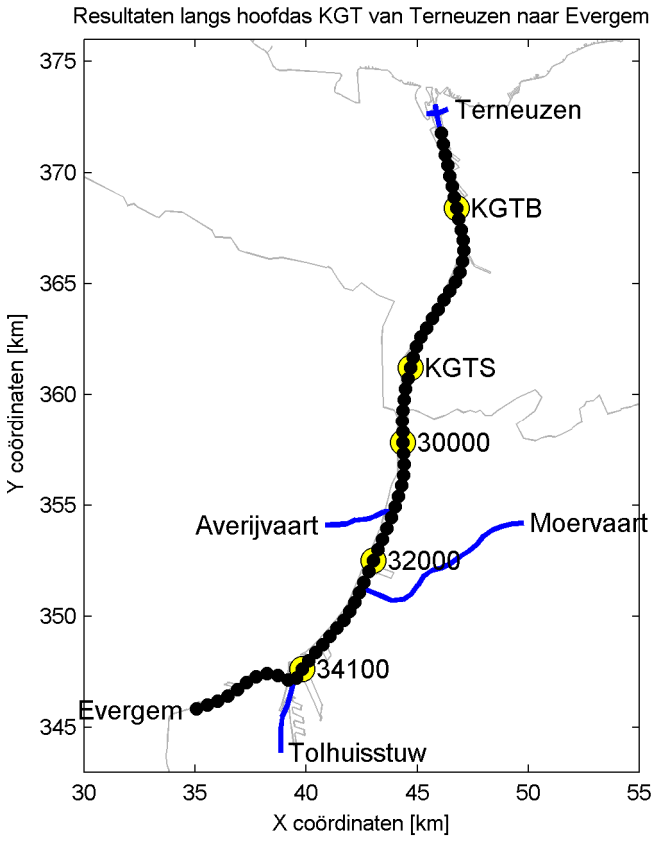
De invloed van de klimaat- en schuttingsscenario's op de gesimuleerde chlorideconcentratie in een gemiddelde zomersituatie langs de hoofdas van het Kanaal Gent-Terneuzen staat in
Figuur 5-10. Het verschil tussen huidige en autonome situatie toont de invloed van klimaatverandering (klimaatscenario W+ 2050) en toenemende scheepvaart (economisch scenario GE2030). De zwarte lijnen tonen de chlorideconcentraties bij verschillende rendementen van maatregelen die zoutindringing op het sluizencomplex beperken. Hierin is te zien dat de bandbreedte in chlorideconcentraties bij verschillende scheidingsrendementen veel groter is dan het verschil tussen huidige en autonome situatie. De hoofdas van het Kanaal Gent-Terneuzen is getoond in Figuur 5-11. In Bijlage 3 staan de simulatie resultaten langs de hoofdas van het kanaal voor alle 60 verschillende simulaties. De chlorideconcentraties zijn sterk afhankelijk van:

- het beschouwde debiet op de Kanaal Gent-Terneuzen;
- de gehanteerde zoutscheidingsvariant;
- het klimaat- en schuttingsscenario.

Dicht bij het sluiscomplex zijn de chlorideconcentraties hoger dan verder bovenstrooms richting Gent.



Figuur 5-10 Chlorideconcentraties langs de hoofdas van Kanaal Gent-Terneuzen in de huidige en autonome situatie en in een plansituatie met verschillende rendementen van zoutbeperkende maatregelen.



Figuur 5-11 Hoofdas van het KGT waarover de resultaten worden getoond

Toetsing KRW-doelstelling

Bij een gemiddeld zomerdebiet wordt de KRW GEP waarde van 3000 mg/l Cl overschreden in Variant 2 en 3 (Tabel 5-10). Hoewel een individuele droge zomer of droge periode geen toetsingscriterium van de KRW is, is het interessant te zien hoe de huidige situatie zich verhoudt tot de KRW GEP waarde. Voor beide scenario's geldt dat de chlorideconcentratie 1 meter onder het wateroppervlak op locatie KGTS maar net binnen de KRW grenzen blijft. Van alle toekomstige droge zomer scenario's blijft alleen variant 1 binnen de KRW GEP waardes.

Variant	**Chlorideconcentratie mg/l**
Huidige situatie	1420
Autonome ontwikkeling	2070
Variant 1, 75% reductie alle sluizen	1610
Variant 2, 50% reductie Nieuwe Sluis	3100
Variant 3, geen reductie	3650

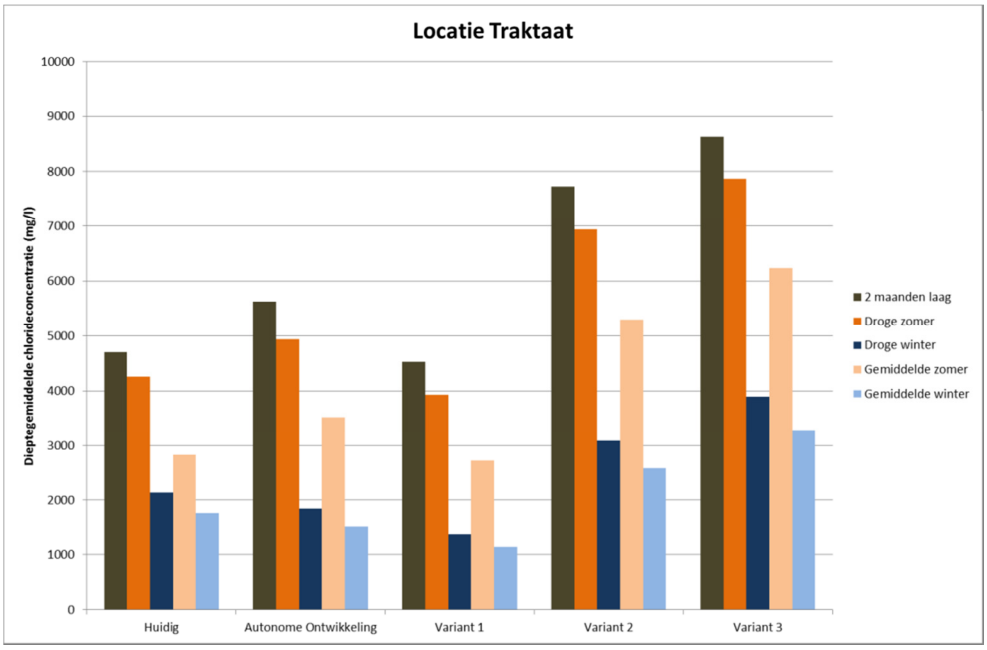
Tabel 5-10 Chlorideconcentratie bij KRW-meetpunt KGTS, 1 meter onder het wateroppervlak bij een gemiddeld zomerdebiet

Vergelijking verschillende varianten met huidige situatie en autonome ontwikkeling

Gebruiksfase

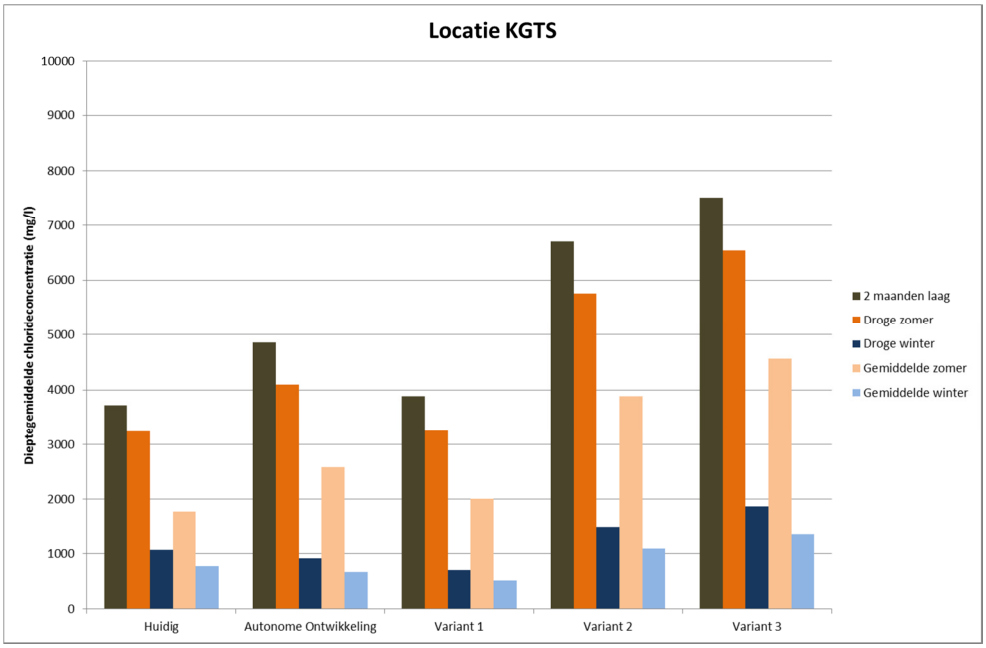
Variant 1 brengt de situatie in kaart ervan uitgaande dat 75% reductie van zoutuitwisseling op het sluizencomplex wordt gerealiseerd door de aanleg van bellenschermen op alle sluizen en aanvullend te stremmen om zoutindringing te beperken. Variant 1 laat een kleine verbetering van het chloridegehalte zien ten opzichte van de autonome ontwikkeling. Variant 2 brengt de waterkwaliteit in kaart er vanuit gaande dat 50% van de zoutindringing van de Nieuwe Sluis wordt gereduceerd door bellenschermen op de Nieuwe Sluis[12]. In variant 3 worden geen zoutscheidingsmaatregelen op het sluiscomplex toegepast. Voor variant 2 en variant 3 geldt dat er tot in Gent hogere chlorideconcentraties worden verwacht op het kanaal dan in de autonome situatie het geval zou zijn.

Voor de locaties traktaat (2200 m vanaf sluiscomplex), KGTS, 32000 en 34100 worden de dieptegemiddelde gesimuleerde chlorideconcentraties voor alle scenario's getoond in Tabel 5-10 tot en met Tabel 5-14. Locatie KGTS wordt gebruikt voor de KRW toets en daarom is voor deze locatie ook de chlorideconcentratie bij het oppervlak getoond (0,8 maal de dieptegemiddelde waarde).

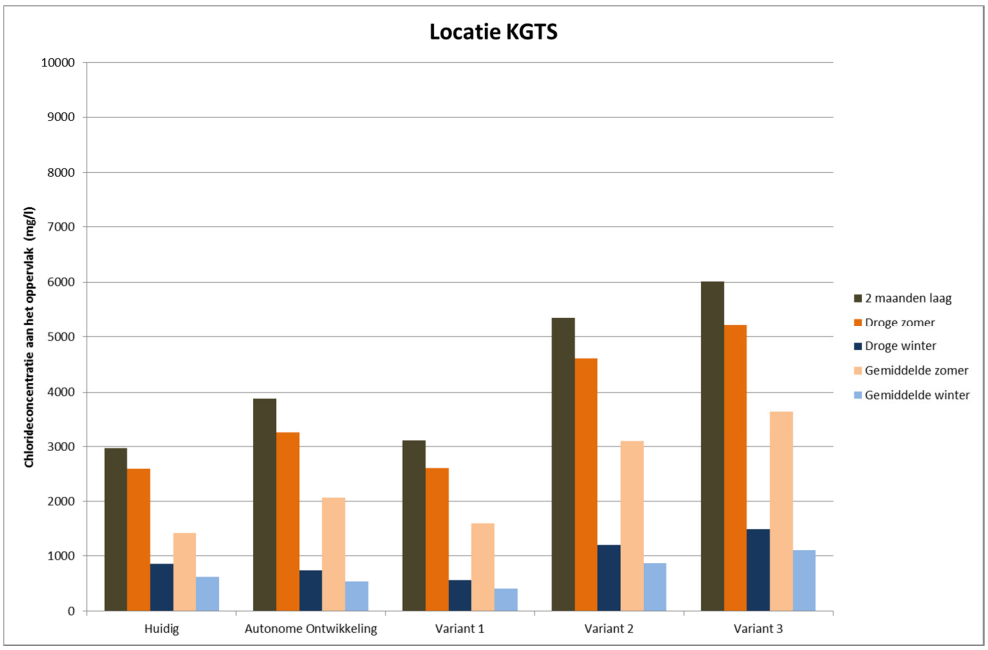


Figuur 5-12 Dieptegemiddelde chlorideconcentratie op locatie traktaat (2200 m vanaf sluiscomplex) voor alle scenario's

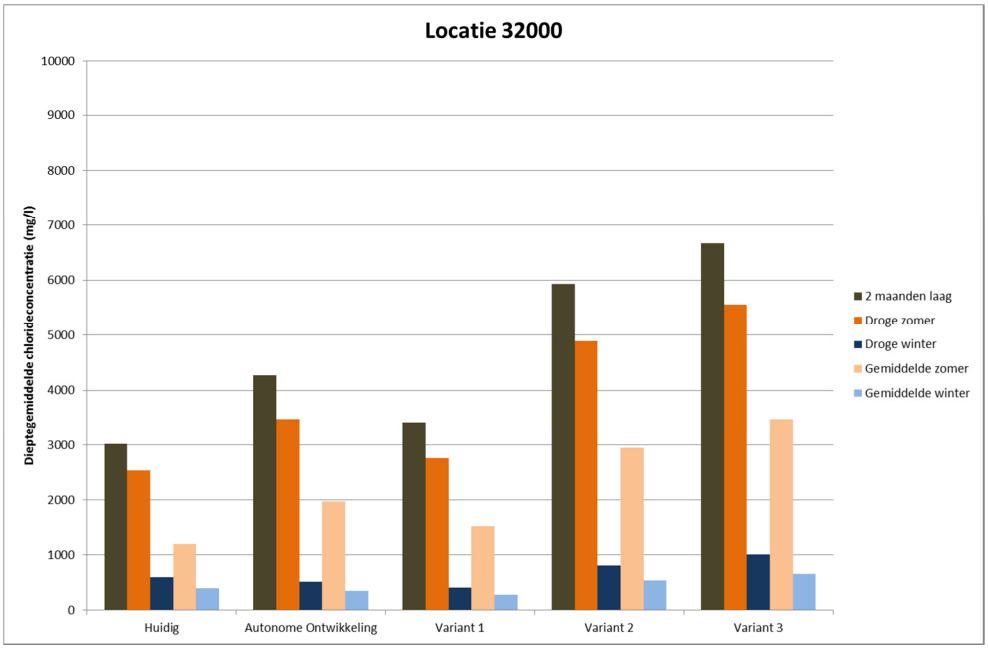
[12] Uit aanvullend onderzoek (bijlage 9 Svasek Hydraulics) blijkt dat om de zoutuitwisseling bij het sluiscomplex over de hele openingstijd van de sluizen terug te dringen met 40-60%, maatregelen op alle sluiskolken nodig zijn.



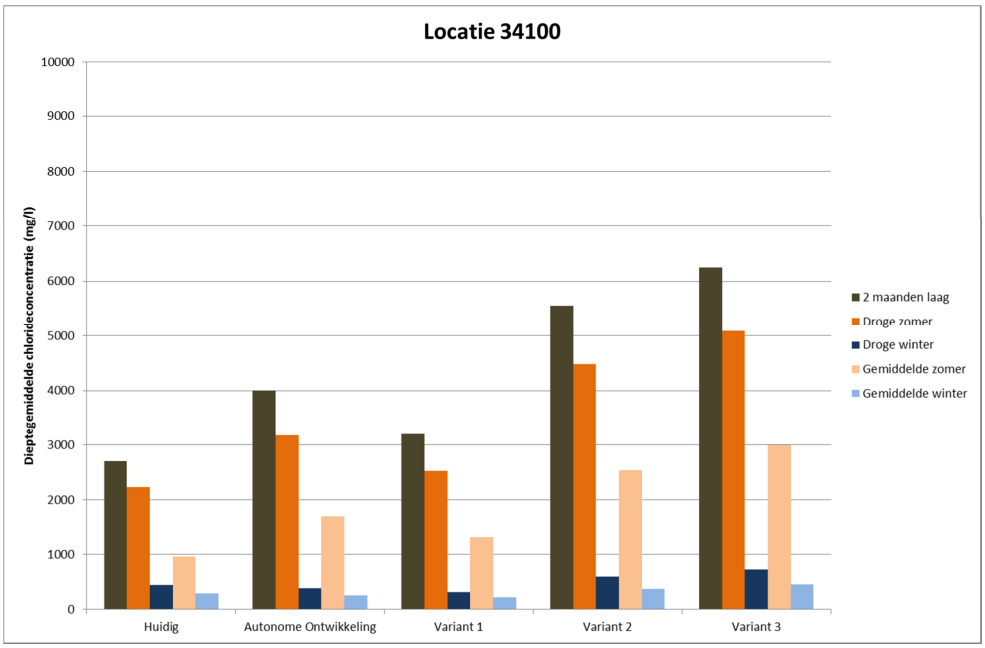
Figuur 5-13 Dieptegemiddelde chlorideconcentratie op locatie KGTS voor alle scenario's



Figuur 5-14 Chlorideconcentratie bij het wateroppervlak op locatie KGTS voor alle scenario's



Figuur 5-15 Dieptegemiddelde chlorideconcentratie op locatie 32000 voor alle scenario's



Figuur 5-16 Dieptegemiddelde chlorideconcentratie op locatie 34100 voor alle scenario's

De verhouding van de chlorideconcentratie van alle varianten is vergeleken met de huidige situatie en de autonome ontwikkeling. Dit is gedaan voor een gemiddeld jaar en de resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-11 (huidige situatie) en Tabel 5-12 (autonome ontwikkeling).

De autonome ontwikkeling (AO2030 schuttingscenario en W+2050 klimaat) geeft een toename van ongeveer 30% ten opzichte van de huidige situatie. Voor de varianten zijn het klimaat- en schuttingsscenario gecombineerd met de bij de variant horende

zoutscheidingstechniek. Dit levert voor variant 1 een reductie van de chlorideconcentratie van 60% op. Variant 2 en 3 laten een toename van respectievelijk 100% en 140% zien ten opzichte van de huidige situatie.

De invloed van de zoutlast van het sluiscomplex is vrijwel constant over de hele lengte van het kanaal. Toch blijkt uit de tabellen dat de toename van de chlorideconcentratie ten opzicht van de huidige situatie stroomopwaarts groter is dan nabij de sluis. Dit is een gevolg van het klimaatscenario, waardoor de zomerdebieten bovenstrooms sterk afnemen.

			Locatie langs KGT								
klimaat	**schutting**	**variant**	**Traktaat**		**KGTS**		**32000**		**34100**		**gem.**	
huidig	huidig	Huidige situatie	1,0	0%	1,0	0%	1,0	0%	1,0	0%	1,0	0%
W+2050	AO2030	Autonome ontwikkeling	1,1	+10%	1,3	+30%	1,5	+50%	1,5	+50%	1,3	+30%
W+2050	GE2030	Variant 1	0,8	-20%	1,0	0%	1,1	+10%	1,1	+10%	1,0	0%
W+2050	GE2030	Variant 2	1,7	+70%	1,9	+90%	2,2	+120%	2,2	+120%	2,0	+100%
W+2050	GE2030	Variant 3	2,1	+110%	2,3	+130%	2,6	+160%	2,5	+150%	2,4	+140%

Tabel 5-11 Verhouding Chloridegehalte van alle alternatieven voor een gemiddeld jaar (gemiddelde van simulaties met gemiddelde zomer en gemiddelde winter debiet) vergeleken met de huidige situatie

			Locatie langs KGT								
klimaat	**schutting**	**variant**	**traktaat**		**KGTS**		**32000**		**34100**		**gem.**	
huidig	huidig	Huidige situatie	0,9	-10%	0,8	-20%	0,7	-30%	0,6	-40%	0,8	-20%
W+2050	GE2030	Autonome ontwikkeling	1,0	0%	1,0	0%	1,0	0%	1,0	0%	1,0	0%
W+2050	GE2030	Variant 1	0,8	-20%	0,8	-20%	0,8	-20%	0,7	-30%	0,8	-20%
W+2050	GE2030	Variant 2	1,6	+60%	1,5	+50%	1,5	+50%	1,4	+40%	1,5	+50%
W+2050	GE2030	Variant 3	1,9	+90%	1,8	+80%	1,8	+80%	1,8	+80%	1,8	+80%

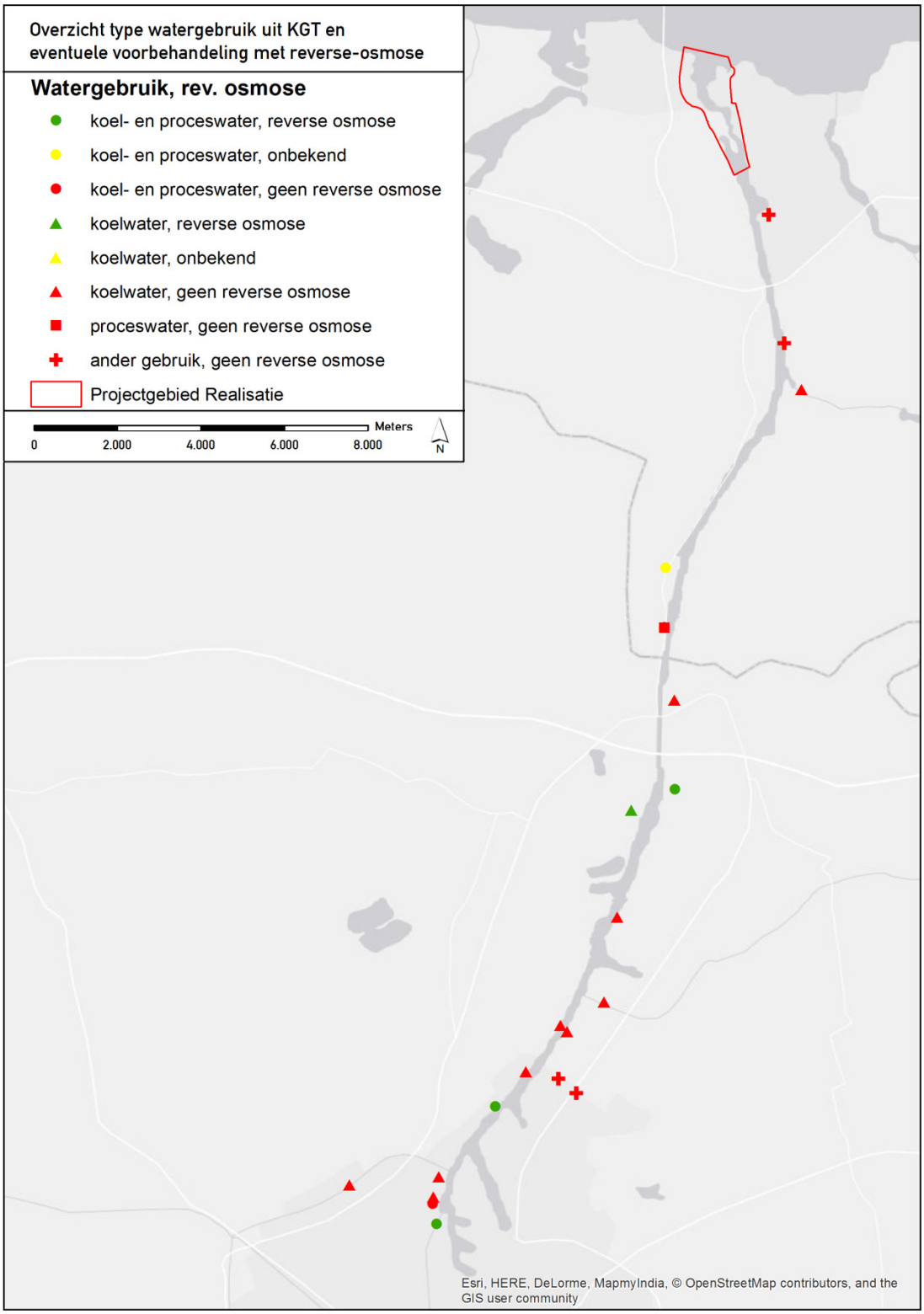
Tabel 5-12 Verhouding Chloridegehalte van alle alternatieven voor een gemiddeld jaar (gemiddelde van simulaties met gemiddelde zomer en gemiddelde winter debiet) vergeleken met de autonome ontwikkeling

Aanlegfase

In de aanlegfase neemt het aantal schuttingen tijdelijk af. Hierdoor dringt minder Westerscheldewater het kanaal binnen en zullen chlorideconcentraties op het kanaal lager zijn dan in de huidige en autonome situatie.

Effect verandering chloridegehalte voor industrie

In het beoordelingscriterium voor verzilting van oppervlaktewater is specifiek het effect op industriewater benoemd. Om te bepalen hoe groot de consequenties van een verandering van de chlorideconcentratievan het kanaalwater voor de industrie zijn, zijn bedrijven die kanaalwater gebruiken benaderd om te vragen welke eisen zij stellen aan het kanaalwater. Hieruit volgt dat temperatuur (voor toepassing koelwater) en zwevende deeltjes erg belangrijk zijn. Daarnaast blijkt dat een te hoog chloridegehalte mogelijk leidt tot corrosie van de installaties. Een deel van de bedrijven geeft aan dat het water wordt voorbehandeld met een inverse-osmose filter, waardoor het chloride (deels) wordt verwijderd. Een overzicht van de locaties van de bedrijven, het type toepassing en het wel- of niet aanwezig zijn van een reverse-osmose installatie is weergegeven in Figuur 5-17.



Figuur 5-17 Overzicht industriële toepassingen kanaalwater i.c.m. aan- of afwezigheid van reverse-osmose installatie

Op basis van de inventarisatie kan worden geconcludeerd dat grote veranderingen in de chemische kwaliteit van het kanaalwater voor de industrie niet wenselijk zijn. Een exacte bovengrens voor het chloridegehalte is echter niet te geven. Ook in de huidige situatie wordt door verschillende bedrijven kanaalwater met hoge chloridegehaltes gebruikt. Wel is het zo dat op basis van de verwachte stijging van de chlorideconcentratie voor variant 2 en 3 verwacht kan worden dat dit voor de industrie niet wenselijk is. In variant 1 en in de aanlegfase treden geen negatieve effecten op.

Effect verandering chloridegehalte voor kanaalinfrastructuur

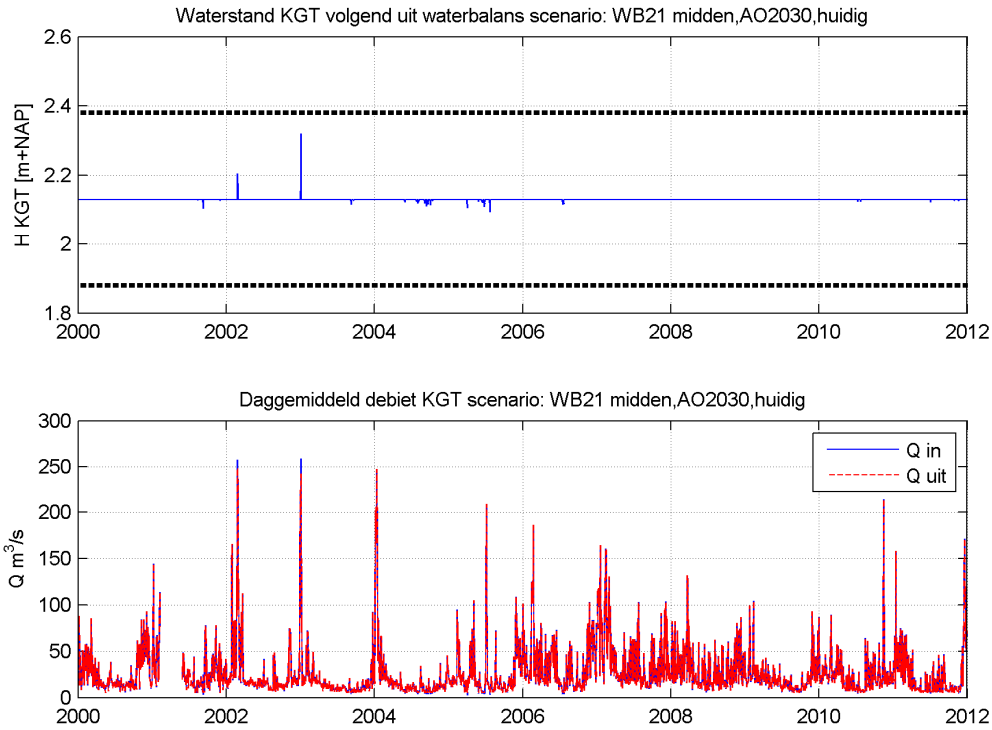
Een stijging van de chlorideconcentratie van het kanaalwater heeft mogelijk ook effect op de kanaalinfrastructuur. Kanaalgebonden constructies zoals damwanden zijn dan vaker en langer blootgesteld aan chlorideconcentraties die hoger zijn dan de huidige- en autonome chlorideconcentratie. Dit kan leiden tot versnelde corrosie van stalen onderdelen en afname van de levensduur van stalen constructies. Gezien de verwachte stijging van de chlorideconcentratie voor variant 2 en 3 kan corrosie mogelijk versnellen ten opzichte van de huidige en autonome situatie. In variant 1 en in de aanlegfase treden geen negatieve effecten op.

5.3.2 Resultaten waterkwantiteit Kanaal Gent-Terneuzen

Het streefpeil voor Kanaal Gent-Terneuzen is vastgesteld op NAP +2,13 m. Een afwijking van plus of min 0,25 meter is toegestaan. Het minimaal toegestane waterpeil is daarmee NAP +1,88 m en het maximaal toegestane waterpeil NAP +2,38 m.

Met de opzet zoals beschreven in paragraaf 5.1.2 en bijlage 2 is voor 2000-2012 een waterbalans opgesteld van het Kanaal Gent-Terneuzen. Als instromend debiet op het Kanaal Gent-Terneuzen is de benedenstroomse meetreeks van Rijkswaterstaat bij de sluis gebruikt, zie Figuur 5-4. Om de peilvariaties op het Kanaal Gent-Terneuzen te bepalen is de oppervlakte van Kanaal Gent-Terneuzen bepaald. Uit deze analyse volgt een oppervlakte van circa 10 km^2.

Uit het waterbalans model volgt een gesimuleerde waterstand op het Kanaal Gent-Terneuzen en een gesimuleerd uitstromend debiet. In Figuur 5-18 is, als voorbeeld, de resulterende waterstand met het bijbehorende te spuien debiet voor de autonome ontwikkeling weergegeven. Het model voorspelt enkele peiloverschrijdingen voor de autonome ontwikkeling. Dit komt doordat de maximum daggemiddelde spuicapaciteit op deze momenten ontoereikend is voor de bovenafvoer. De voorspelde peiloverschrijding is echter nooit meer dan 0,25 meter. Peilonderschrijdingen komen voor in de autonome situatie. Deze is echter nooit meer dan 0,25 meter, omdat bij een te lage bovenafvoer het spuidebiet beperkt wordt.



Figuur 5-18 Uitkomsten waterbalans model Kanaal Gent-Terneuzen voor de autonome ontwikkeling

Toetsing spuicapaciteit

Gebruiksfase

De huidige spuicapaciteit van het complex is 294 m^3/s daggemiddeld, uitgaande van de gemiddelde 1991.0 getijkromme. De spuicapaciteit van het complex is toekomstvast gemaakt voor de varianten en is dus in 2050 ook 294 m^3/s daggemiddeld. Dit houdt in dat de huidige spuicapaciteit wordt gegarandeerd bij een stijging van het buitenwaterpeil (Westerschelde) door klimaatverandering. Hierbij is uitgegaan van het WB21 midden klimaatscenario, wat ook leidt tot een verhoging van 0,3 meter van de gemiddelde 1991.0 getijdenkromme in 2050. Hiermee voldoet de spuicapaciteit van het nieuwe complex aan de benodigde daggemiddelde spuicapaciteit van 100 m^3/s die uit het verdrag volgt.

Aanlegfase

In de aanlegfase wordt in alle varianten een nieuw (tijdelijk) spuimiddel aangelegd voordat de huidige spuicapaciteit van de Middensluis buiten gebruik wordt genomen. De spuicapaciteit is daardoor in de aanlegfase gelijk aan de huidige situatie en voldoet aan de benodigde daggemiddelde spuicapaciteit van 100 m^3/s uit het verdrag.

Toetsing stremming

Zoals beschreven in hoofdstuk 6 is voor het handhaven van het peil op het kanaal soms het stremmen van één of meerdere sluiskolken noodzakelijk. Per variant is bepaald hoeveel % van de tijd de sluis gestremd moet worden in verband met een dreigende peil over- of onderschrijding. De berekende stremming door watertekort, wateroverschot en de totale stremming staat weergegeven in Tabel 5-13, Tabel 5-14 en Tabel 5-15.

	Stremming door wateroverschot			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	2,5%	0,0%	0,6%	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	3,7%	0,2%	0,9%	n.v.t.
Aanlegfase	nvt	0,7%	0,1%	n.v.t.
Variant 1	0%	1,1%	0,3%	0,0%
Variant 2	0%	1,1%	0,3%	0,0%
Variant 3	0%	29%	2,2%	0,3%

Tabel 5-13 Percentage van de tijd met stremming per sluis door wateroverschot

	Stremming door watertekort			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	0,0%	0,0%	0,0%	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	0,0%	0,0%	0,0%	n.v.t.
Aanlegfase	nvt	0,05%	0%	n.v.t.
Variant 1	0%	6%	10%	0,9%
Variant 2	0%	6%	10%	0,9%
Variant 3	0%	0%	0%	0,0%

Tabel 5-14 Percentage van de tijd met stremming per sluis door watertekort

	Totale stremming			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	2,5%	0,0%	0,6%	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	3,7%	0,2%	0,9%	n.v.t.
Aanlegfase	nvt	0,75	0,1	n.v.t.
Variant 1	0%	7%	10%	0,9%
Variant 2	0%	7%	10%	0,9%
Variant 3	0%	29%	2,2%	0,3%

Tabel 5-15 Percentage van de tijd totale stremming per sluis (combinatie van stremming door wateroverschot en watertekort)

Stremming van een sluis vanwege te lage bovenafvoer kan één of meerdere dagen aaneengesloten duren. In de huidige situatie kan bij hoog water gemiddeld maximaal 22 uur per dag gespuid worden, omdat een verval van het kanaal naar de Westerschelde nodig is. Stremming van een of meerdere sluizen duurt daarom maximaal 22 uur per dag in de huidige situatie. Voor de toekomstige situatie (zowel autonoom als met Nieuwe Sluis) wordt dit 20 uur per dag door de verwachte stijging van de zeespiegel. Bij stormopzet neemt de spuiperiode en daarmee ook de maximale stremmingsperiode per dag af. Bij storm afwaaiing neemt de spuicapaciteit toe en is het mogelijk dat stremming 24 uur per dag aanhoudt.

Voor het huidige sluiscomplex is er nagenoeg nooit stremming door watertekort en is de totale stremming gedomineerd door stremming door wateroverschot. De stremming door wateroverschot neemt in de autonome situatie iets toe door klimaatverandering. Dit wordt veroorzaakt door hogere maximum bovenafvoeren op het Kanaal Gent-Terneuzen en een iets lagere spuicapaciteit door zeespiegelstijging. De stremming door watertekort neemt juist af door klimaatverandering, aangezien de lage bovenafvoeren op het Kanaal Gent-Terneuzen gelijk blijven en het schutverlies tegelijkertijd afneemt.

Gebruiksfase
Voor de varianten 1 en 2 is dit andersom en komt stremming door een watertekort veel vaker voor dan stremming door een wateroverschot. Variant 3 levert geen stremming door een watertekort op, maar wel hoge stremmingspercentages van de Oostsluis door een wateroverschot. Dit komt doordat in variant 3 een apart spuimiddel ontbreekt. Hierdoor moet er eerder gestremd worden bij de Oostsluis als er gespuid moet worden.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot is vergeleken met het beoordelingscriterium voor de stremmingspercentages. Uit dit criterium volgt dat de sluizen per jaar minimaal 95% beschikbaarheid moeten hebben en per 5 jaar minimaal 98%.

Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Oostsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Westsluis is minder dan 2%.
Bij variant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 5% (Tabel 5-15). Bij variant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is hoger dan 2%, maar lager dan 5%. De stremming van de Nieuwe Sluis blijft bij de varianten 1, 2 en 3 onder 2%.
Het sluizencomplex als geheel is slechts gestremd volgens het laagste percentage in de reeks.

Aanlegfase
Inzet van het (tijdelijke) spuimiddel tijdens de aanlegfase leidt niet tot stremmingen. Hierdoor nemen ook de stremmingspercentages van de Oostsluis en Westsluis af ten opzichte van de huidige en autonome situatie.

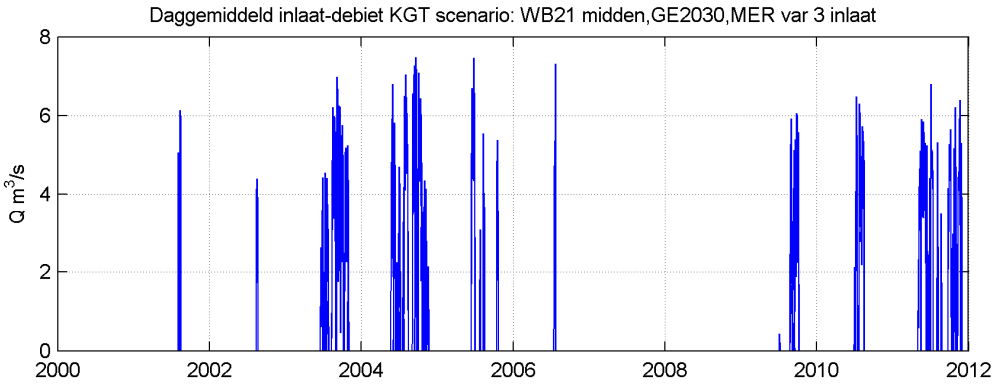
Toetsing kanaalpeil

Uit de gesimuleerde waterstand is een percentage van de tijd afgeleid dat het peil meer dan +0,25 meter of -0,25 meter varieert (
Tabel 5-16).

Variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent-Terneuzen <NAP1,88m	H Kanaal Gent-Terneuzen >NAP2,38m
Huidig	0%	0%
Autonome ontwikkeling	0%	0%
Aanlegfase	0%	0%
Variant 1	0%	0%
Variant 2	0%	0%
Variant 3	0%*	0%

Tabel 5-16 Percentage van de tijd met peil over- en onderschrijdingen
*18% van de tijd wordt zout water ingelaten om peilonderschrijdingen <NAP 1,88 m te voorkomen.

Gebruiksfase
Voor de huidige situatie en varianten 1 en 2 voorspelt het model nooit peil over- of onderschrijdingen die groter dan 0,25 meter zijn. Voor sluisvariant 3 worden geen peiloverschrijdingen van meer dan 0,25 meter voorspeld, maar wel behoorlijke percentages peilonderschrijdingen van meer dan 0,25 meter. Dit komt doordat in variant 3 niet gestremd wordt bij een te laag water aanbod. In praktijk zal dit worden ondervangen door zout water in te laten. In Figuur 5-19 is het hiervoor benodigde inlaat-debiet weergegeven. Hieruit volgt dat in droge periodes een daggemiddeld inlaat debiet van maximaal 8 m^3/s voldoende is om peilonderschrijdingen te voorkomen.



Figuur 5-19 Benodigd inlaat debiet bij sluiscomplex voor variant3 ter voorkoming van peilonderschrijding als er niet gestremd wordt

Aanlegfase
Ook voor de aanlegfase worden geen peiloverschrijdingen of –onderschrijdingen berekend. Dat geen peiloverschrijdingen worden berekend komt doordat ook in de aanlegfase de huidige spuicapaciteit wordt gegarandeerd. Doordat in de aanlegfase tijdelijk minder schuttingen plaatsvinden is er ook minder schutverlies, waardoor de waterstand in droge perioden minder zal uitzakken en geen peilonderschrijdingen voorkomen.

5.3.3 Doorkijk naar oppervlaktewater in een situatie met kanaalaanpassingen

In de voorliggende studie zijn de effecten van aanleg van de Nieuwe Sluis in beeld gebracht. Kanaalaanpassingen vormen geen onderdeel van het project. In deze paragraaf is een vergelijking gemaakt met de verkenningsfase, met als doel een doorkijk te geven naar een situatie met eventuele toekomstige kanaalaanpassingen.

Verzilting

In onderzoek uit de verkenningsfase (Royal Haskoning/Svasek, 2010) is de toename van chloridegehaltes op Kanaal Gent-Terneuzen berekend bij aanleg van de Nieuwe Sluis (GZN), zowel voor de situatie zonder als met 2 meter kanaalverdieping. Bij de verdieping van het kanaal blijft het debiet gelijk, waardoor de stroomsnelheid afneemt en chloride gemakkelijker het kanaal kan binnendringen. Door kanaalverdieping wordt bovendien de bodemdrempel tussen sluiskolk en kanaal minder hoog. Ook hierdoor kan chloride gemakkelijker het kanaal binnendringen. Voor de situatie met kanaalverdieping was de toename van chloridegehalten op Kanaal Gent-Terneuzen ten opzichte van de autonome situatie circa 1,4 keer zoveel als zonder kanaalverdieping.

In de huidige studie zijn voor de varianten 1, 2 en 3 toenemende chloridegehaltes van respectievelijk -20, +50 en +80% ten opzichte van de autonome situatie berekend. De afname van het chloridegehalte in variant 1 zal door kanaalaanpassingen (gedeeltelijk) teniet worden gedaan en mogelijk omslaan in een toename. De chloridegehalten in de varianten 2 en 3 zouden, omgerekend naar de situatie met kanaalaanpassingen conform de studie uit de verkenning, verder toenemen tot respectievelijk circa 70% en 110%.

In variant 1 wordt naar verwachting nog steeds aan het GEP voor chloride voldaan. In variant 2 en 3 wordt, net als in de situatie zonder kanaalaanpassing, niet aan het GEP voldaan. De effecten op inlaatwater voor de industrie en de potentiele effecten op corrosie van kanaalinfrastructuur nemen toe.

Waterkwantiteit

In de milieutoets (Arcadis, 2009) uit de verkenningsfase zijn de effecten van de aanleg van een nieuwe sluis op het peilbeheer niet behandeld. In algemene zin kan echter gesteld worden dat kanaalverdieping geen gevolgen heeft voor het peilbeheer en daardoor ook niet voor de benodigde spuicapaciteit en de frequentie van stremmingen. Kanaalverbreding heeft wel gevolgen. Bij eenzelfde hoogwaterafvoergolf of periode met onvoldoende afvoer om het kanaalpeil te handhaven is de peilfluctuatie na kanaalverbreding kleiner dan voor kanaalverbreding. In variant 1 en 2 hoeft daarom minder gestremd te worden voor zowel hoge als lage waterafvoeren. In variant 3 hoeft minder gestremd te worden voor hoogwaterafvoeren en hoeft bij lage zomerafvoeren minder vaak Westerscheldewater ingelaten te worden om peilonderschrijdingen te voorkomen.

5.4 Nadere analyse zoet-zoutscheidingsmaatregelen

Deze paragraaf beschrijft de factoren die het chloridegehalte van het Kanaal Gent-Terneuzen bepalen. Vervolgens zijn de mogelijke maatregelen beschreven en hun effectiviteit om de effecten van zoutintrusie te beperken. De effectiviteit van maatregelen bepaalt met welke maatregelen de varianten voor zoet-zoutscheidingsmaatregelen gerealiseerd kunnen worden. Dit is in de laatste subparagraaf beschreven..

Het probleem voor het chloridegehalte van het Kanaal Gent-Terneuzen is gedefinieerd als:
De effecten voor functies van de overschrijding van de autonome chloridegehalten als gevolg van de aanpassing van de Nieuwe Sluis. Het chloridegehalte wordt bepaald op meetpunt Kanaal Gent-Terneuzen Brug en is een dieptegemiddelde concentratie. Daarbij is de overschrijding van het zomergehalte (2 maand laag debiet) van 5500 mg/l bepalend.

Situatie	**Chloridegehalte KGTB zomer (2 maand laag)**
Huidig	4800
Autonoom	5500
Projectvariant Nieuwe Sluis zonder maatregelen	8500

Tabel 5-17 Berekende dieptegemiddeld chlorideconcentraties (afgeronde getallen) op meetpunt KGTB

Om de concentratie Chloride in het kanaal in de situatie met Nieuwe Sluis (en zonder maatregelen) gelijk te houden aan de autonome concentratie moet de chlorideuitwisseling met 64% geremd worden.

5.4.1 Mogelijke oplossingsrichtingen en de effectiviteit

Er zijn drie typen oplossingen mogelijk, het vergroten van de aanvoer van zoet water, maatregelen om de aanvoer van zout water te belemmeren op het sluiscomplex en tenslotte maatregelen die de effecten van het zoutere kanaal water mitigeren.

1. *Vergroten debiet zoet water*

In de huidige situatie (droge periode) lijkt de afvoer van zoet water met 8 m3/s een maximum. In het wijzigingsverdrag 1985 wordt gesproken van hogere afvoerwaarden (13 m^3/s), maar dit wordt in de huidige situatie niet gehaald.

Het verhogen van het zoet water debiet zou een effectieve maatregel zijn. Door het debiet op het kanaal te verhogen kan de chlorideconcentratie op het kanaal na aanleg van de Nieuwe Sluis verlaagd worden naar het niveau van de autonome ontwikkeling. Om bij Sas van Gent de chlorideconcentratie met Nieuwe Sluis te verlagen

tot het niveau van de autonome ontwikkeling is er 6-10 m^3/s extra aanvoer van zoet water nodig afhankelijk van het seizoen. Bij lage zomerafvoer is 6 m^3/s extra zoet water voldoende, omdat de huidige afvoeren dan laag zijn en de extra afvoer van 6 m^3/s verhoudingsgewijs veel effect oplevert. Om aan de KRW te voldoen is een kleinere extra aanvoer voldoende. Het zomergemiddelde chloridegehalte 1 m onder het wateroppervlak bij meetpunt KGTS bedraagt in de autonome situatie 2070 mg/l. Voor de KRW is op deze locatie een chloridegehalte van maximaal 3000 mg/l gewenst. Hiervoor is zomergemiddeld circa 5 m^3/s extra wateraanvoer nodig.
Om deze oplossingsrichting te realiseren is een aanpassing van het Vlaamse waterbeheer nodig die leidt tot een toename van afvoer via het Kanaal Gent-Terneuzen.

2. *Maatregelen aan sluiscomplex*

Met het operationeel concept en technische maatregelen aan de sluis is de chlorideconcentratie op het kanaal te beïnvloeden.

Om gelijke chlorideconcentraties in het kanaal te hebben in de situatie met Nieuwe Sluis als in de autonome situatie zonder Nieuwe Sluis is 64% zoutscheiding nodig bij de sluis. Die scheiding moet gerealiseerd worden over de hele periode dat de sluisdeuren open zijn. Het benodigde scheidingsrendement om zomergemiddeld aan de KRW-doelstelling te voldoen is vergelijkbaar.

Zoutuitwisseling en het rendement van de technieken

De zoutuitwisseling van een sluis vindt plaats doordat een zoute tong bij de bodem het zoete water inloopt met tegelijkertijd een zoete tong die bij het oppervlak het zoute water inloopt. Bij een schutting aan zoute zijde loopt er een zouttong heen en weer door de zoete sluiskolk, bij een schutting aan zoete zijde loopt er een zoete tong heen en weer door de zoute sluiskolk. Voor de sluizen van Terneuzen zijn de zoutuitwisseltijd en de deuropentijd in onderstaande tabel weergegeven. Het blijkt dat de deuropentijd 2 tot 3 keer de zoutuitwisseltijd is. Het kolkwater is dus volledig brak geworden.

Sluis	Zoutuitwisseltijd TLE [min]	Gemiddelde deuropentijd uit SIVAK [min]	Gemiddelde verhouding deuropentijd/ zoutuitwisseltijd
Middensluis	8	26	3
Oostsluis	16	32	2
Westsluis	13	42	3
Nieuwe Sluis	20	60	3

Tabel 5-18 Zoutuitwisseltijd en gemiddelde deuropentijd sluizen Terneuzen GE2030

Toevoeging van zoet water aan het kanaal is enkel mogelijk met een herverdeling van watervoorraden in het stroomgebied. Dit betreft een bevoegdheid van de Vlaamse overheid waar het project geen invloed op heeft en waarvan we geen uitspraak kunnen doen over of het al dan

niet haalbaar is. Dat is anders voor de maatregelen in of nabij de sluis waar we wel invloed op kunnen hebben. Daarom zijn maatregelen die alleen functioneren bij een grote constante aanvoer van zoet (kanaal)water.
Maatregelen die de sluiskolk verkleinen zijn afgevallen. Deze maatregelen passen niet binnen de kaders en de doelstellingen van dit project. Ook maatregelen die de deuropentijd verkleinen zijn vanuit veiligheidsoogpunt niet gewenst. Zie voor een overzicht bijlage 7.
Onderstaande maatregelen zijn nader onderzocht op omvang van het rendement.

- Maatregelen in het operationeel concept
    - Beperken toegankelijkheid Nieuwe Sluis voor binnenvaart.
    - Maximeren van schutefficientie, schuten bij 70% bezetting
    - Stremmen sluizencomplex
- Maatregelen om zout water tegen te houden
    - Wegzuigen zout water in de sluiskolk
    - Bellenscherm in combinatie met zoet of brakwaterjets
- Combinatie van operationele maatregelen en scheidingsmaatregelen.

Geredeneerd vanuit de chloridegehalten zijn bij maatregelen aan de sluis een combinatie van scheidingsmaatregelen en stremming optimaal om de concentraties terug te brengen naar die van de autonome situatie zonder sluis.

5.4.2 De effecten van de operationeel concept maatregelen aan sluiscomplex

Maatregel geen binnenvaart door Nieuwe Sluis
Het idee achter deze maatregel is dat de sluizen efficiënter gebruikt worden, korte schepen in kortere kolken, lange schepen in de grote kolk.
Het effect van de maatregel bij een verkeersaanbod volgens GE 2040 is klein. Als de binnenvaart geen toegang in de Nieuwe Sluis krijgt, zorgt dat voor een afname van het aantal schuttingen in de Nieuwe Sluis (5 op 125 per week) en een toename in de Westsluis (26 op 170 per week). De hoeveelheid te schutten water verandert nauwelijks en daarmee verandert ook de chlorideconcentratie nauwelijks. De maatregel is dus niet effectief.
Het gevolg voor de scheepvaart is dat de passeertijden toenemen voor zowel de zeevaart als de binnenvaart.

Maatregel schutten bij minimaal 70% gevulde sluis
Deze maatregel bestaat uit het vergroten van de scheepsbezetting in de kolken, waarbij pas geschut wordt wanneer een sluis voor ten minste 70% gevuld is. Het doel van de maatregel is om de hoeveelheid uit te wisselen water te verkleinen, door reductie van het aantal uitwisselingen en reductie van het uitwisselingsvolume (als gevolg van de toename van het scheepsvolume in de kolken).
Het effect van de maatregel is dat het aantal schuttingen in de Oostsluis, Westsluis en Nieuwe Sluis per week zeer beperkt daalt,

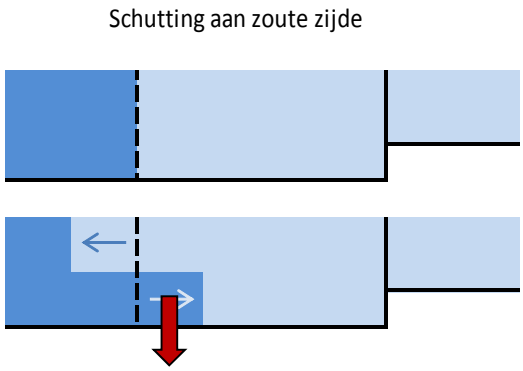
namelijk 0,5, 0,1 en 3 schuttingen per week op 133,170 en 125 schuttingen per week. De sluizen worden dus al zeer efficiënt benut. Deze maatregel levert daarmee geen verandering op in de hoeveelheid te schutten water en daarmee ook geen verandering in de chlorideconcentratie. De passeertijd verandert niet als gevolg van deze maatregel.

Maatregel stremmen in de droge periode
Met stremmen van de sluis wordt de hoeveelheid geschut zout water beperkt. Om de waterkwaliteit gelijk te houden met de autonome situatie (2030 zonder sluis) moet 64% minder schuttingen plaats vinden. In de droogste zomermaanden is de chlorideconcentratie het hoogst. Om in die periode de aanvoer van zout water te beperken en de concentratie in het kanaal terug te brengen naar de autonome zomerkwaliteit wordt 84 dagen per jaar 64% van de schuttingen van het gehele sluizencomplex gestremd.

Het gevolg van deze maatregel is dat de passeertijd toeneemt voor zowel de binnenvaart als de zeevaart.

5.4.3 De effecten van technische maatregelen aan het sluiscomplex

Maatregel wegzuigen zout water in de sluiskolk
Het wegzuigen van het zout water in de sluiskolk voorkomt bij een schutting aan de zoute zijde dat het Westerscheldewater in de zoete sluiskolk kan dringen.



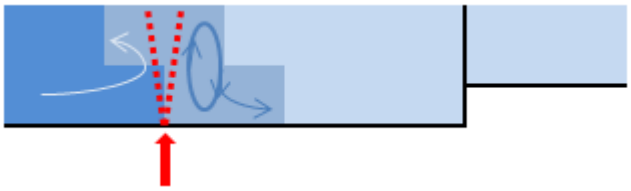
Tabel 5-19 Afzuigen zouttong in sluiskolk

Bij een deuropentijd van 20 minuten is de doorlaatfractie van afzuigen 0,46. Afzuiging met een 1,5 keer hoger afzuigdebiet laat niet minder zout door terwijl afzuigen met een 1,5 keer lager afzuigdebiet wel meer zout doorlaat. Aan de kanaalzijde van het sluizencomplex is afzuiging niet toe te passen met deze forse debieten omdat in droge periodes als het chlorideprobleem het grootst is, dit debiet niet onttrokken kan worden aan het kanaal. Indien afzuiging van de zouttong met een doorlaatfractie van 0,46 alleen aan de zoute sluishoofden van alle sluizen in het complex van Terneuzen wordt toegepast, dan betekent dat een reductie van slechts 7% in de zoutuitwisseling van het complex

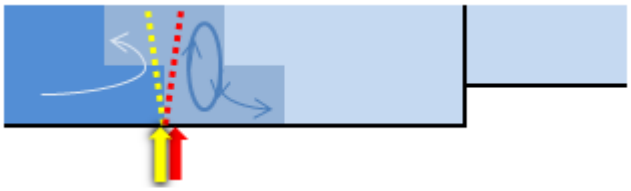
en er zou dan in totaal een instantaan afzuigdebiet van ongeveer 650 m^3/s nodig zijn. Dit debiet is zo groot, dat deze maatregel niet haalbaar is.

Maatregel drempel voor de sluisdeur Nieuwe Sluis
De maatregel drempel voor de sluisdeur Nieuwe Sluis is onderdeel van het ontwerp van de varianten. Er zit een drempel in de overgang van de sluiskolk naar het kanaal. De effectiviteit van deze drempel is in alle gevallen opgenomen. Aan de Westerscheldezijde is geen drempel of variabele drempel mogelijk. Een drempel aan de Westerscheldezijde beperkt de nautische toegankelijkheid van de sluis, waardoor de sluis niet meer tij-onafhankelijk bereikbaar is voor 12,5 m diepte schepen. Een drempel aan de Westerscheldezijde valt daarmee af als beschikbare optie.

Maatregel Bellenscherm in combinatie met brakwaterjets
De maatregel Bellenscherm beperkt de uitwisseling van zoet en zout water bij het hele sluiscomplex door een fijn bellenscherm te maken.



Figuur 5-20 Schets van het stroombeeld rondom een bellenscherm met zout water links, gemengd zout-zoet water rondom het bellenscherm en zoet water in de sluiskolk waar langzaam gemengd zout-zoet water vanuit de zone bij het bellenscherm instroomt



Figuur 5-21 Schets van het stroombeeld rondom een bellenscherm(aangegeven in rood) ondersteund door waterscherm (aangegeven in geel)

Figuur 5-22 Schets van het stroombeeld rondom een bellenscherm ondersteund door een drempel

Δ-luchtbellenscherm
Het Δ-luchtbellenscherm is een verbeterd luchtbellenscherm. Met het huidige systeem moet het water in de sluiskolk bij elke schutting volledig worden uitgewisseld. Met een Δ-luchtbellenscherm is het uitwisselen van het water niet nodig. Het innovatieve luchtbellenscherm heeft, ten opzichte van het traditionele scherm, een betere verdeling van de lucht die in het water wordt gepompt en wordt gecombineerd met een waterscherm. De luchtbellenschermen en het waterscherm scheiden het zoete en het zoute water door onder water een barrière te vormen waar het zoute water beperkt doorheen dringt.

Om de maximaal haalbare zoutuitwisselingsbeperking te bepalen voor het maximale inspanningsniveau is op basis van de bestaande metingen een range van doorlaatfracties van een Δ-luchtbellenscherm i.c.m. waterscherm of drempel afgeschat met elk een verschillende mate van zekerheid van realiseerbaarheid:

- Doorlaatfractie = 0,4; vrij zeker haalbaar
- Doorlaatfractie = 0,3; waarschijnlijk haalbaar
- Doorlaatfractie = 0,2, hoogst onzeker haalbaar

Al deze drie doorlaatfracties horen bij het scenario maximale inspanning om zoutuitwisseling te beperken en bestaan qua technische maatregelen uit een Δ-luchtbellenscherm ondersteund door of een zout waterscherm of door een drempel. Het onderscheid tussen deze drie doorlaatfracties bestaat puur uit de zekerheid/onzekerheid van realiseerbaarheid, niet uit verschillende technische maatregelen. De keuze tussen een zout waterscherm of een drempel is op dit moment zonder aanvullende metingen onder vergelijkbare omstandigheden met Terneuzen nog niet mogelijk. Voor een zoet waterscherm aan de zoute zijde is niet voldoende zoet water beschikbaar op Kanaal Gent-Terneuzen, daarom wordt voorzien dat als er gekozen wordt voor een waterscherm er een zout waterscherm wordt gebruikt.

Doorlaatfractie Δ-luchtbellenscherm met drempel of waterscherm op beide sluishoofden	**Zoutuitwisselingsreductie hele complex Terneuzen**
0,4 (vrij zeker haalbaar)	23% (77% doorgelaten)
0,3 (waarschijnlijk haalbaar)	36% (64% doorgelaten)
0,2 (hoogst onzeker haalbaar)	60% (40% doorgelaten)
Benodigde reductie op hele complex	64%

Figuur 5-23 Zoutuitwisselingsreductie bij maximale inspanning met Δ-luchtbellenscherm met drempel of waterscherm

Figuur 5-23 toont de zoutuitwisselingsreductie van het hele complex van Terneuzen zoals bepaald met het conceptuele zoutuitwisselings-model op basis van de SIVAK schuttingen/ deuropentijden voor GE2030 met Nieuwe Sluis bij maximale inspanning met een Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm voor drie niveaus van zekerheid.

Vrij zeker is een zoutuitwisselingsreductie van 23% haalbaar, waarschijnlijk haalbaar is 36% zoutuitwisselingsreductie en hoogst onzeker haalbaar is 60% zoutuitwisselingsreductie. Om de chlorideconcentraties op het niveau van autonome ontwikkeling te krijgen zou een zoutuitwisselingsreductie van 64% nodig zijn, dit wordt ook in het hoogst onzeker haalbaar scenario niet gehaald.
Een bellenscherm heeft beperkt effecten op de nautische veiligheid, omdat plaatselijk de waterdruk lager is. Dit maakt het moeilijker het schip te sturen.
De chlorideconcentratie bij KGTB in de zomerperiode (2 maand droog) ligt bij de inzet van zoutscheidingsmaatregelen tussen circa 5700 en 7700 mg/l. Waarbij met een scheidingsrendement van 36% het chloridegehalte bij KGTB 7100 mg/l is. Dit is ruim hoger dan de autonome concentratie.

Combinatie van operationele maatregelen en scheidingsmaatregelen
Met scheidingsmaatregelen alleen wordt naar verwachting de autonome waterkwaliteit of de benodigde waterkwaliteit voor de KRW niet gerealiseerd. Bij een combinatie van maatregelen kunnen scheidingsmaatregelen echter een nuttige bijdrage leveren. In toekomst, bij verdere kennisontwikkeling, kan naar verwachting een zekerder rendement worden gerealiseerd. Scheidingsmaatregelen kunnen gecombineerd worden met stremming of extra wateraanvoer. Stremming zal vooral nodig zijn in de droge zomermaanden als de chloridegehalten kritisch zijn. Daarom is bepaald hoeveel stremming nodig is om in de 2 droogste maanden op een gelijke chlorideconcentratie te komen als in de autonome situatie zonder Nieuwe Sluis. Stremming is het verkleinen van de zoutuitwisseling door afname van het aantal schuttingen.

Afhankelijk van de zekerheid is in combinatie met een Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm gedurende een periode van het jaar de inzet van stremming nodig om de autonome waterkwaliteit te bereiken. Om ook in de droge zomers de autonome waterkwaliteit te houden is voor 44 dagen per jaar, 28 % van het aantal schuttingen op het complex gestremd. Daarmee heeft deze combinatie van maatregelen een negatief effect op de capaciteitsdoelstelling.

Doorlaatfractie Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm op beide sluishoofden	Voor x Dagen per jaar	Beperking van het aantal schuttingen gedurende dit aantal dagen
0,4 (vrij zeker haalbaar)	58 dagen	41%
0,3 (waarschijnlijk haalbaar)	44 dagen	28 %
0,2 (hoogst onzeker haalbaar)	5 dagen	4 %

Tabel 5-20 Benodigde hoeveelheid stremmingen aanvullend op het bellenscherm, afhankelijk van de doorlaatfractie van het bellenscherm

Een hogere aanvoer vanuit Vlaanderen is effectief. Een zomergemiddeld debiet van 13 m³/s zorgt ervoor dat aan de KRW wordt voldaan. Bij een zomergemiddeld debiet van 18,7 m³/s kan de autonome situatie naar verwachting worden gehandhaafd (zie bijlage 10, tabel 3.4). Welke extra aanvoer vanuit Vlaanderen haalbaar is dient nader uitgewerkt te worden, indien men deze maatregel wil inzetten.

5.5 Mitigerende en compenserende maatregelen oppervlaktewater

5.5.1 Mitigerende maatregel kanaal gebonden constructies

Kanaalgebonden constructies zullen vaker en langer worden blootgesteld aan chloridegehaltes groter dan die bij autonome ontwikkeling, als er geen maatregelen genomen worden. Dit kan leiden tot versnelde corrosie van stalen onderdelen en afname van de levensduur van stalen constructies.

Als mitigerende maatregel kan kathodische bescherming met galvanische anoden worden toegepast. Het totaal te beschermen oppervlak is voorlopig geschat op 550.000 m^2.

5.5.2 Compenserende maatregelen inlaatwater industrie

In de autonome situatie zal het kanaal water brakker zijn dan in de huidige. Als gevolg van de Nieuwe Sluis zal het kanaalwater verder verzilten (zie Tabel 5-11 en Tabel 5-12). Het effect van brakker water in het kanaal is dat in de droge periodes het chloridegehalte in het kanaal te hoog kan zijn om als proces- en koelwater gebruikt te worden.
Bedrijven kunnen via de Beleidsregelings Nadeelcompensatie Infrastructuur en Milieu 2014 nadeelcompensatie claimen voor eventuele schade als gevolg van toename van het chloridegehalte van hun inlaatwater.
Om de omvang van dit probleem af te bakenen zijn twee mogelijke mitigerende maatregelen benoemd. De eerste is het bijmengen van kraanwater in de zomerperiode tot de chlorideconcentratie van de autonome ontwikkeling wordt gerealiseerd. De tweede is het verplaatsen van het inlaatpunt van bedrijven, door aanleg van een waterleiding parallel aan het kanaal, die bovenstrooms gevoed wordt met kanaalwater.

Voor het bijmengen van kraanwater is *jaarlijks* 6,5 tot 35,5 miljoen m³ zoet water nodig. Het extra bijgemengde kraanwater zorgt voor een hoger debiet op het KGT. Dit heeft een positief effect op het tegengaan van de zoutindringing.

Voor het verplaatsen van het inlaatpunt van kanaalwater naar een punt met autonome kwaliteit is aan weerszijden van het kanaal een buisleiding nodig.
Er is geen effect op het kanaaldebiet ter plaatse van het sluizencomplex, maar de debieten tussen het nieuwe inlaatpunt voor

de buisleidingen en het meest benedenstrooms gelegen huidige inlaatpunt nemen af. Mogelijk heeft dit een verder verziltend effect op het kanaalwater benedenstrooms van het inlaatpunt.

6 Grondwater

6.1 Werkwijze Grondwater en Regionaal watersysteem

6.1.1 Onderzoeksopzet

Een eerste analyse van het regionale watersysteem laat zien dat het kanaal infiltrerend werkt, terwijl de Westerschelde en voorhaven drainerend werken. De focus van het onderzoek ligt dan ook op het grondwatersysteem, dat regionaal gemodelleerd is. Basis voor deze modellering is het Zeeland-model (zie voor een beschrijving hoofdstuk 3 van bijlage 4). Uit dit model is een uitsnede gemaakt rondom het projectgebied (zie paragraaf6.1.2) en binnen dit gebied is het model verfijnd naar modelcellen van 25x25 meter. Dit model is quasi-stationair doorgerekend, wat betekent dat het peil in het kanaal (NAP +2,13 meter) en de Westerschelde (NAP 0 meter) en de grondwateraanvulling (neerslag) constant zijn, terwijl voor het regionale watersysteem wel onderscheid is gemaakt tussen zomer- en winterpeil. Tevens is rekening gehouden met dichtheidsstroming van het grondwater als gevolg van verschil in chlorideconcentraties. Het verfijnde model is vervolgens gekalibreerd op basis van lokale peilbuismeetreeksen en gegevens van het waterschap (zie hoofdstuk 4 van bijlage 4).

Een technische rapportage, waarin de uitgangspunten voor de bouw en kalibratie van het grondwatermodel in meer detail wordt beschreven, is als bijlage 4 bij dit rapport opgenomen.

Het bepalen van de effecten kan vervolgens worden opgesplitst in het effect op de grondwaterkwantiteit (grondwaterstanden) en het effect op de grondwaterkwaliteit (chloridegehalte).

Effecten op grondwaterstanden

Effecten op de grondwaterkwantiteit door de aanleg van de Nieuwe Sluis zullen naar verwachting optreden door:

- Het uitbreiden van de voorhavens aan beide zijden van de sluis (waardoor de afstand tussen bepaalde stukken binnendijks gebied en het oppervlaktewater kleiner wordt);
- Het verdiepen van (delen van) de voorhaven en/of het kanaal waardoor de weerstand biedende sliblaag wordt verwijderd;
- Opstuwing van grondwater in de ondergrond door het aanbrengen van damwanden die het watervoerende zandpakket afsluiten.

Gezien de voorgestelde bouwmethodes horende bij de varianten (zie hoofdstuk 3) zal er geen open bemaling plaatsvinden. Hierdoor zal er naar verwachting geen verandering van de grondwaterkwantiteit door de bouw zelf plaats vinden.

Op basis van het bovenstaande worden de grootste effecten verwacht net na de aanleg, als zich nog geen sliblaag op de bodem heeft kunnen vormen. Daarom is de eindsituatie met alle verdiepingen, damwanden en uitbreidingen voor elk van de drie varianten gemodelleerd. Hierbij is

aangenomen dat alle werkzaamheden tegelijk worden uitgevoerd en afgerond, wat een worst-case benadering is.

Effecten op chloridegehalte grondwater
Het is de verwachting dat door de aanleg van de Nieuwe Sluis het zoutgehalte op het kanaal zal toenemen. Doordat water vanuit het kanaal infiltreert, kan dit mogelijk leiden tot hogere chlorideconcentraties in het (ondiepe) grondwater en dus een verandering in de grondwaterkwaliteit. Om te bepalen of dit het geval is, is een stroombanen analyse uitgevoerd. Hierbij zijn voor de huidige situatie de stroombanen van het infiltrerende water uit het kanaal naar het binnendijkse gebied bepaald. Het uitgangspunt is gehanteerd dat de stroombanen van water dat uit het kanaal infiltreert en in de omgeving van het kanaal opkwelt niet veranderen. Alleen de chlorideconcentratie van het infiltrerende kanaalwater verandert in de verschillende varianten.

Eén van de hypotheses voor het huidige verzilten van het (ondiepe) grondwater is dat dit wordt veroorzaakt door zogenaamd "oud zout" dat al in de bodem aanwezig is. Daarom is ook gekeken naar de huidige chlorideconcentraties in het zandpakket onder het kanaal en hoe deze zich verhouden tot de chlorideconcentraties van het infiltrerende kanaalwater.

Tevens is een analyse van regenwaterlenzen in de omgeving van Kanaal Gent-Terneuzen uitgevoerd. De rapportage is opgenomen in bijlage 5. Op basis van deze analyse kunnen vervolgens de berekende chlorideconcentraties in de ondergrond vertaald worden naar effecten in het ondiepe grondwater in het binnendijkse gebied.

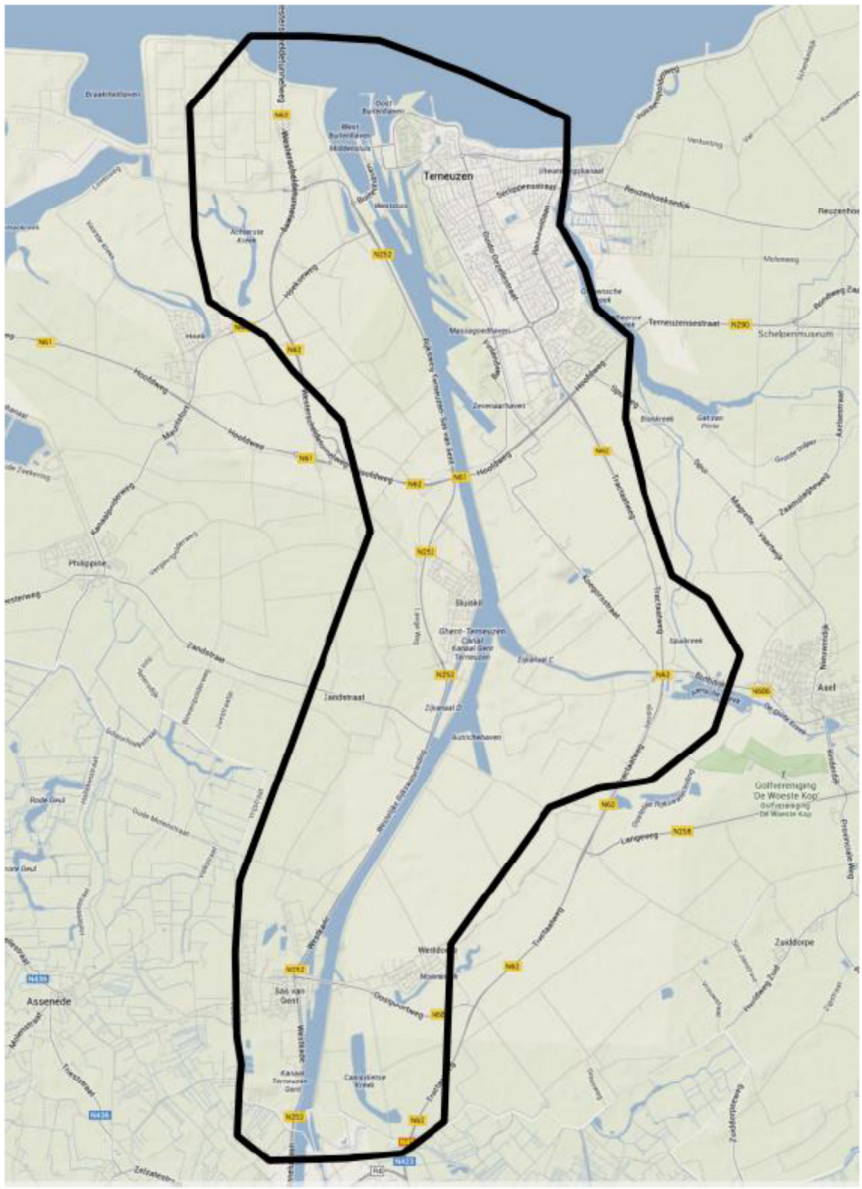
Het beoordelingscriterium voor verzilting van grondwater is geformuleerd als de mate van verandering van het chloridegehalte, inclusief effecten op de landbouw. Effecten op de landbouw kunnen op twee manieren plaatsvinden. Door beïnvloeding van kleinschalige regenwaterlenzen onder percelen kan brak grondwater al dan niet aan de oppervlakte komen. Daarnaast kunnen onder dekzandruggen grotere zoetwaterlenzen aanwezig zijn, die gebruikt worden om water te onttrekken voor onder andere beregening. Door beinvloeding van deze zoetwaterlenzen kan de hoeveelheid beschikbaar water voor beregening wijzigen.

6.1.2 Studiegebied
In het onderzoek "Factsheet Waterhuishouding huidige situatie Nieuwe Sluis Kanaal Gent-Terneuzen" (Meeuwse R., 2013) is een eerste quickscan uitgevoerd naar het beïnvloedingsgebied van het kanaal. Hieruit volgde een spreidingslengte van circa 300 meter, wat betekent dat effect op een afstand van circa 900 meter (3x de spreidingslengte) nauwelijks nog te merken zullen zijn. Deze 900 meter is als uitgangspunt genomen voor de begrenzing van het interessegebied waarbinnen effecten van de aanleg verwacht kunnen worden. De modelranden zijn vervolgens zo gekozen dat, op basis van het huidige

geohydrologische systeem, de aangehouden randvoorwaarden geen invloed meer hebben op de grondwaterstroming en stijghoogten binnen het interessegebied. Hieruit volgde een modelgrens die 2300 – 4000 meter van het kanaal ligt, waarbij de grootste afstand aan de noordzijde van het studiegebied nabij de te realiseren sluis is aangehouden.

De begrenzing van de zuidzijde is bepaald doordat bij Zelzate een omslagpunt ligt. Vanaf hier zijn de grondwaterstanden nabij het kanaal hoger dan het kanaalpeil en werkt het kanaal dus drainerend in plaats van infiltrerend. Aangezien de verwachtte effecten zover van het projectgebied alleen kunnen optreden bij een infiltrerende situatie is het niet nodig om het model hier nog verder zuidelijk door te laten lopen.

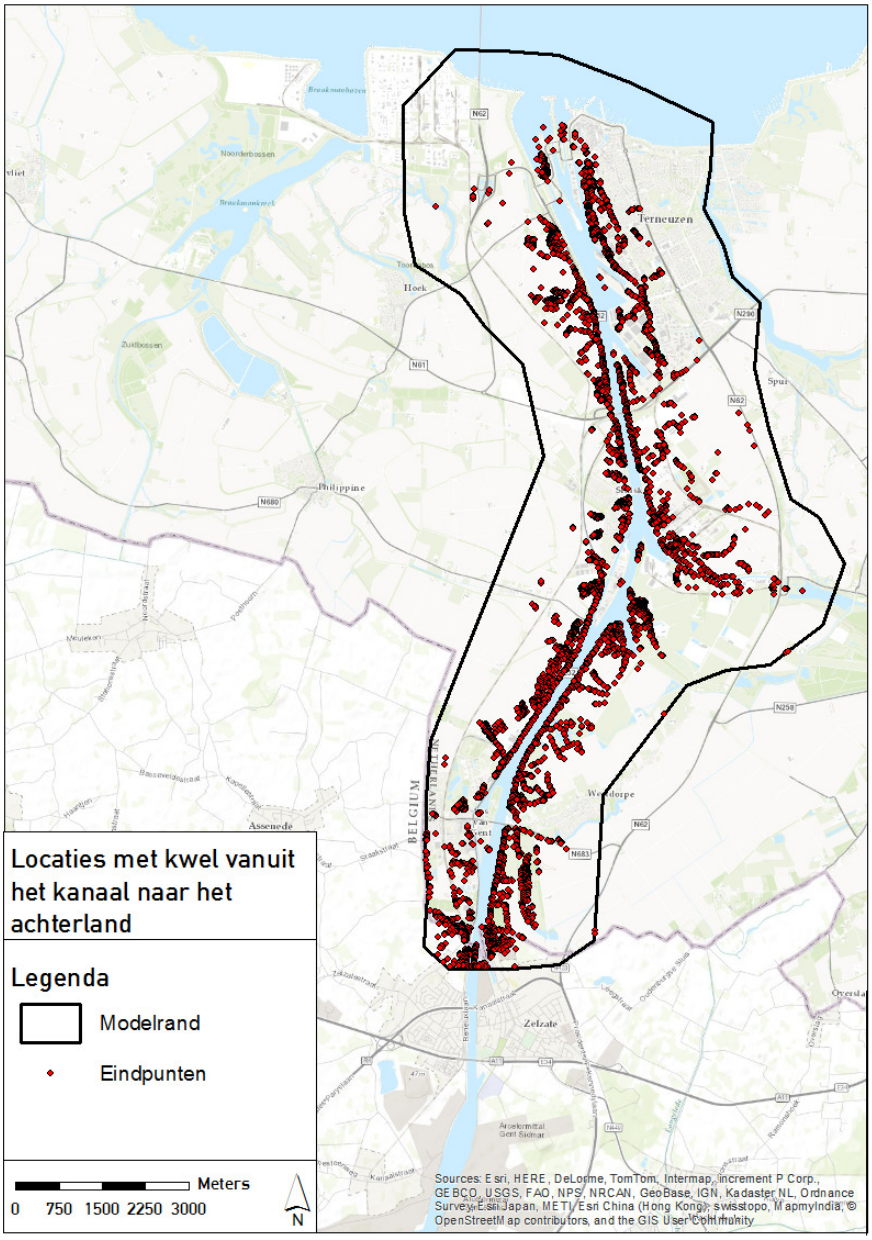
In Figuur 6-1 is het gehanteerde modelgebied voor het grondwatermodel weergegeven.



Figuur 6-1 Modelgebied grondwatermodel

Voor de bepaling van de verandering in grondwaterkwaliteit is in principe hetzelfde modelgebied aangehouden, met de kanttekening dat alleen grondwaterstroming vanuit het kanaal relevant wordt geacht voor de effectbepaling. Dit betekent dat het feitelijke gebied waarvoor effecten worden berekend begrensd wordt door de uiterste locaties waar geïnfiltreerd kanaalwater in het ondiepe grondwater terecht komt.

In Figuur 6-2 zijn alle locaties die voor de effectbepaling van de grondwaterkwaliteit zijn meegenomen weergegeven. De ruimtelijke spreiding van deze punten geeft derhalve het studiegebied voor de effecten op grondwaterkwaliteit weer.



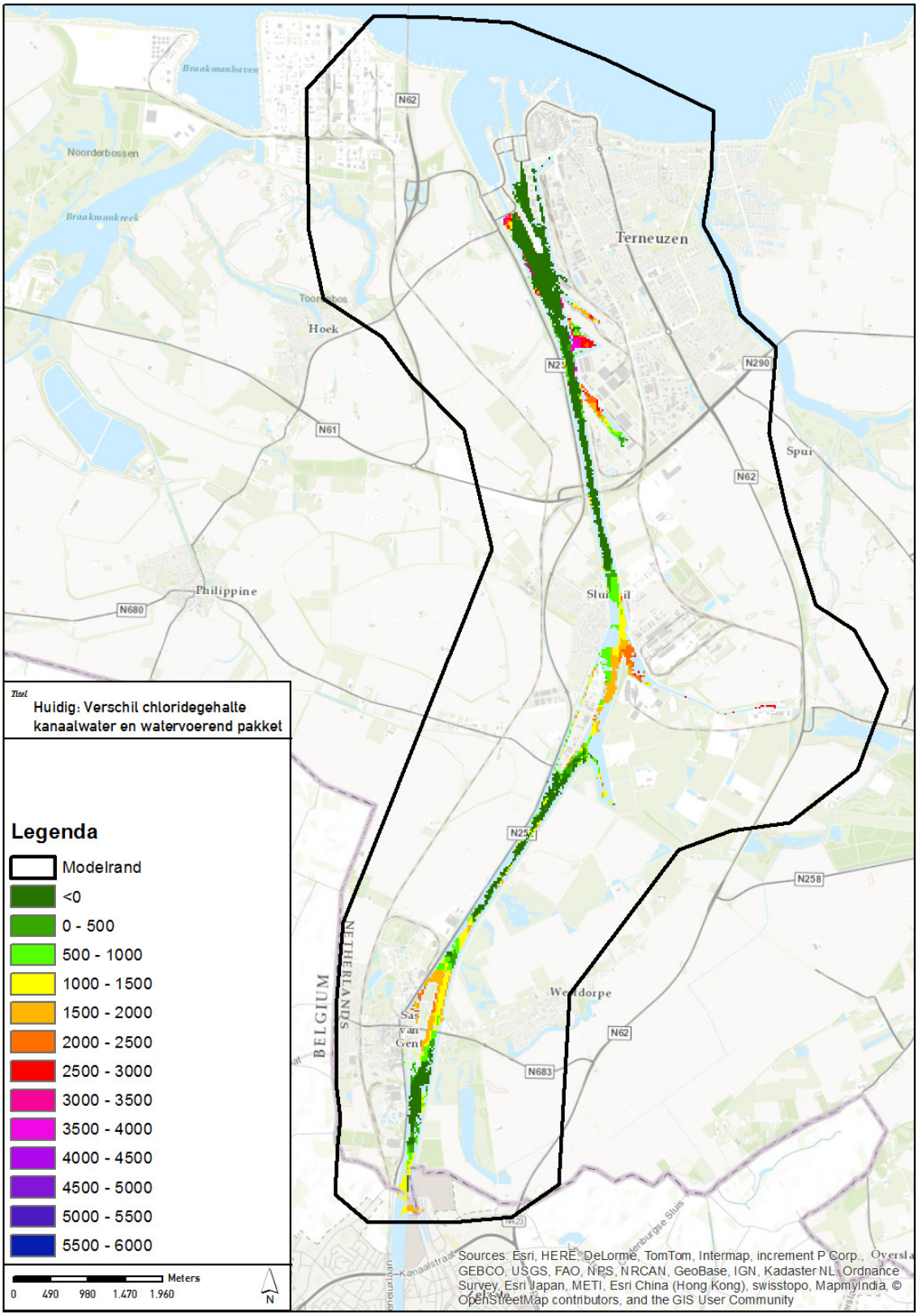
Figuur 6-2 Locaties met kwel vanuit het kanaal, bepaald met het grondwatermodel

6.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling Grondwater en Regionaal watersysteem

6.2.1 Huidige situatie

Beïnvloeding van het chloridegehalte van het grondwater door het kanaalwater vindt grotendeels plaats door infiltratie van kanaalwater via de bodem van het kanaal naar het ondergelegen watervoerend pakket.

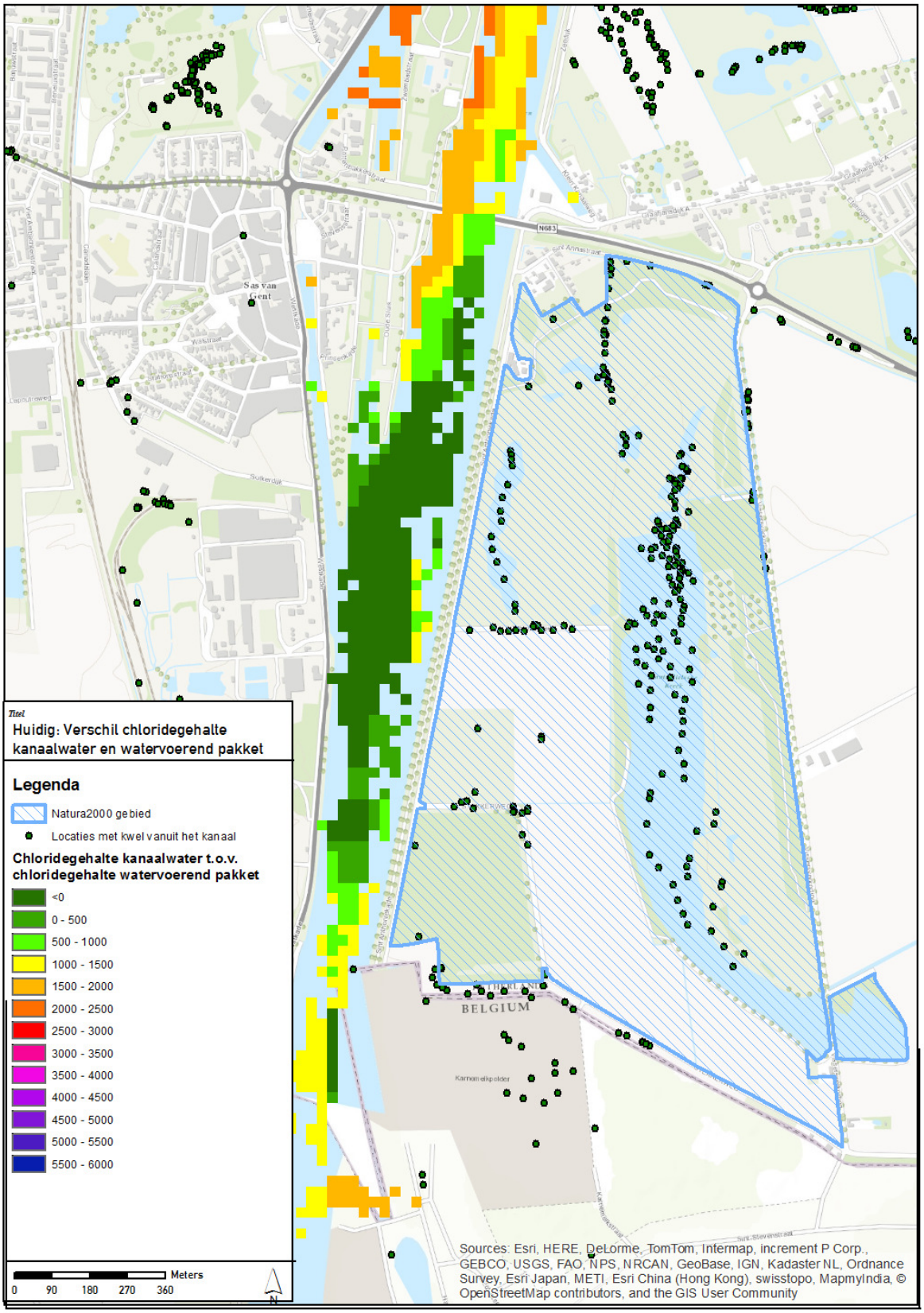
In Figuur 6-3 is het verschil tussen het chloridegehalte van het kanaalwater en het chloridegehalte van het grondwater in het onderliggende watervoerend pakket weergegeven voor een gemiddelde zomersituatie. Alleen locaties waar kanaalwater door de kanaalbodem infiltreert naar het onderliggende pakket zijn weergegeven. De gele kleuren geven aan waar deze gehaltes ongeveer gelijk zijn. Ter plaatse van de oranje en rode kleuren zijn de chloridegehaltes van het kanaal hoger dan die in de ondergrond en treedt verbrakking van de ondergrond op. Ter plaatse van de groene kleuren zijn de chloridegehaltes van het kanaal lager dan die in de ondergrond en treedt verzoeting van de ondergrond op.



Figuur 6-3 Verschil tussen het chloridegehalte in het kanaal (langjarig gemiddelde) en het chloridegehalte van het watervoerende pakket in de huidige situatie

Canisvliet
Tegen de grens met België ligt aan de oostzijde van het kanaal het natuurgebied Canisvliet. Dit is een Natura 2000 gebied, en moet daarom beoordeeld worden op effecten op de natuurwaarde. Hierdoor moet een eventuele verandering van kwelkwantiteit of –kwaliteit getoetst worden aan de NB-wet.

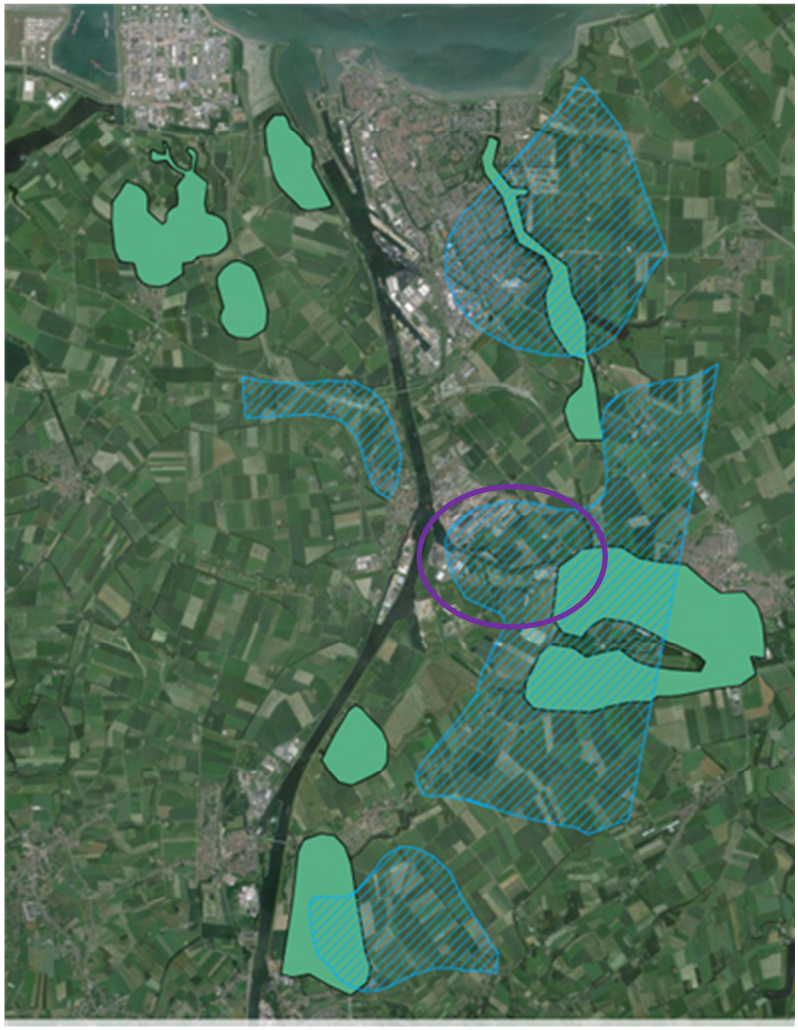
In Figuur 6-4 is de kwel vanuit het Kanaal Gent-Terneuzen naar Canisvliet weergegeven. Op de kaart is te zien dat kwel vanuit het kanaal bovenkomt in het oppervlaktewater van Canisvliet en langs wegen. Langs deze wegen zijn wegsloten aanwezig, waar het water in opkwelt. Het chloridegehalte van het kanaalwater is ter hoogte van Canisvliet ongeveer gelijk aan het chloridegehalte van de ondergrond. Dit betekent dat kwel vanuit het kanaal in de huidige situatie niet leidt tot een toe- of afname van de chlorideconcentratie van het watervoerend pakket en in het watersysteem van Canisvliet.



Figuur 6-4 Kwel (langjarig gemiddelde chlorideconcentratie) vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet in de huidige situatie

Diepe zoetwaterlenzen
Als beheerder van het grondwater is door de provincie Zeeland en het Waterschap Scheldestromen een kaart gemaakt[13], waarop zij het beleid voor het verlenen van onttrekkingen baseren. De kaart bevat locaties waarin het grondwater "kwetsbaar" is. Dit kan zijn vanwege verbrakking van het grondwater, maar ook omdat aanwezige natuur eisen stelt aan het grondwater. Tevens staat op de kaart de zones waarin zoetwaterlenzen worden verwacht, die dikker zijn dan 15m.

Figuur 6-5 toont de provinciale beleidskaart. De kwetsbare gebieden zijn groen weergegeven. De zones met dikke zoetwaterlenzen blauw gearceerd.



Figuur 6-5 Beleidskaart (overgenomen van provinciaal geoloket) met gebieden waar > 15 m zoet water wordt verwacht in de ondergrond (blauw gearceerd) en gebieden die kwetsbaar zijn voor veranderingen in grondwaterkwaliteit(groen).

[13] http://loket.zeeland.nl/geo/digitale_kaarten/water

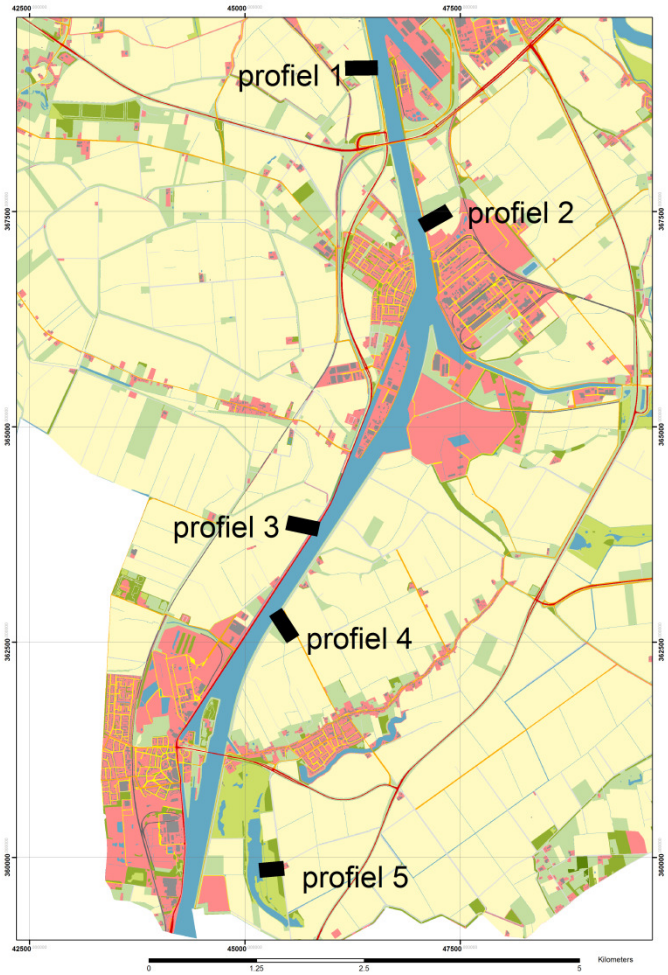
Figuur 8 uit bijlage 5 laat zien dat in de zijarm van het kanaal (Zijkanaal C, bij Sluiskil) water infiltreert uit het kanaal ter plaatse van de aanwezigheid van dikke zoetwatervoorkomens. Dit is in Figuur 6-5 met een paarse kleur omcirkeld. Doordat de chloridegehaltes in het kanaal hoger zijn dan in het watervoerend pakket op deze locatie kan het watervoerend pakket verbrakken. De infiltratie betreft echter vooral ondiepe infiltratie via de kanaalwanden. Omdat het merendeel van de infiltratie geen diepe infiltratie in het watervoerend pakket betreft zijn de effecten op de zoetwaterlens in het regionaal watervoerend pakket naar verwachting beperkt. Voor de overige zoetwatergebieden in Figuur 6-5 geldt dat de afstand tot het kanaal dusdanig is dat het effect van direct infiltratie vanuit het kanaal op deze zoetwatergebieden naar verwachting zeer beperkt of niet aanwezig is.

Ondiepe zoetwaterlenzen
Op een aantal plaatsen langs het kanaal zullen de regenwaterlenzen dunner zijn vanwege opwaartse kwel. De dynamiek van de regenwaterlenzen wordt vooral bepaald door de grootte van de kwel, neerslag en verdamping en de ontwateringskarakteristieken van perceel en polder.

Chlorideconcentratie ondiepe ondergrond
Deltares voert een onderzoek naar de chlorideconcentraties in de (ondiepe) ondergrond langs het kanaal. Hiervoor is voor een vijftal transecten van elk vier locaties door middel van prikstokmetingen de chlorideconcentratie vanaf het maaiveld tot circa 4 meter onder maaiveld bepaald. Dit is in januari gebeurd en in de zomer van 2014 herhaald. Hierna volgt een derde meetronde in oktober 2014 die samenvalt met airborne metingen om tot een 3-D beeld van de huidige chlorideconcentraties in de ondiepe ondergrond te komen.

Het feit dat het onderzoek nog loopt betekent dat nog niet alle resultaten beschikbaar zijn voor dit rapport. Daarom zijn door Deltares een tussentijdse rapportage en presentatie opgesteld, waarin de uitkomsten en interpretaties van de eerste twee meetrondes zijn opgenomen. Deze rapportage en presentatie zijn als bijlage 6 opgenomen bij dit rapport.

Een overzicht van de onderzochte transecten is weergegeven in Figuur 6-6. Belangrijkste conclusie uit de wintermeetronde is dat voor 3 van de 5 transecten (1,2 en 4) er een overgang van zoet naar zout zichtbaar is binnen 2-3 meter beneden maaiveld. Bij profiel 3 is deze mix-zone minder duidelijk, slecht in één meetpunt is die aangetroffen (op 3,25 meter beneden maaiveld). Profiel 5 ligt wat verder van het kanaal af, in het deel van Canisvliet waar het kruipend moerasscherm voorkomt. Hier blijkt uit de metingen dat het profiel tot 4 meter beneden maaiveld zoet is. Tijdens de zomermeting was in profiel de EC dicht bij het kanaal hoger dan bij de wintermeting. De overige zomermetingen komen goed overeen met de wintermetingen.



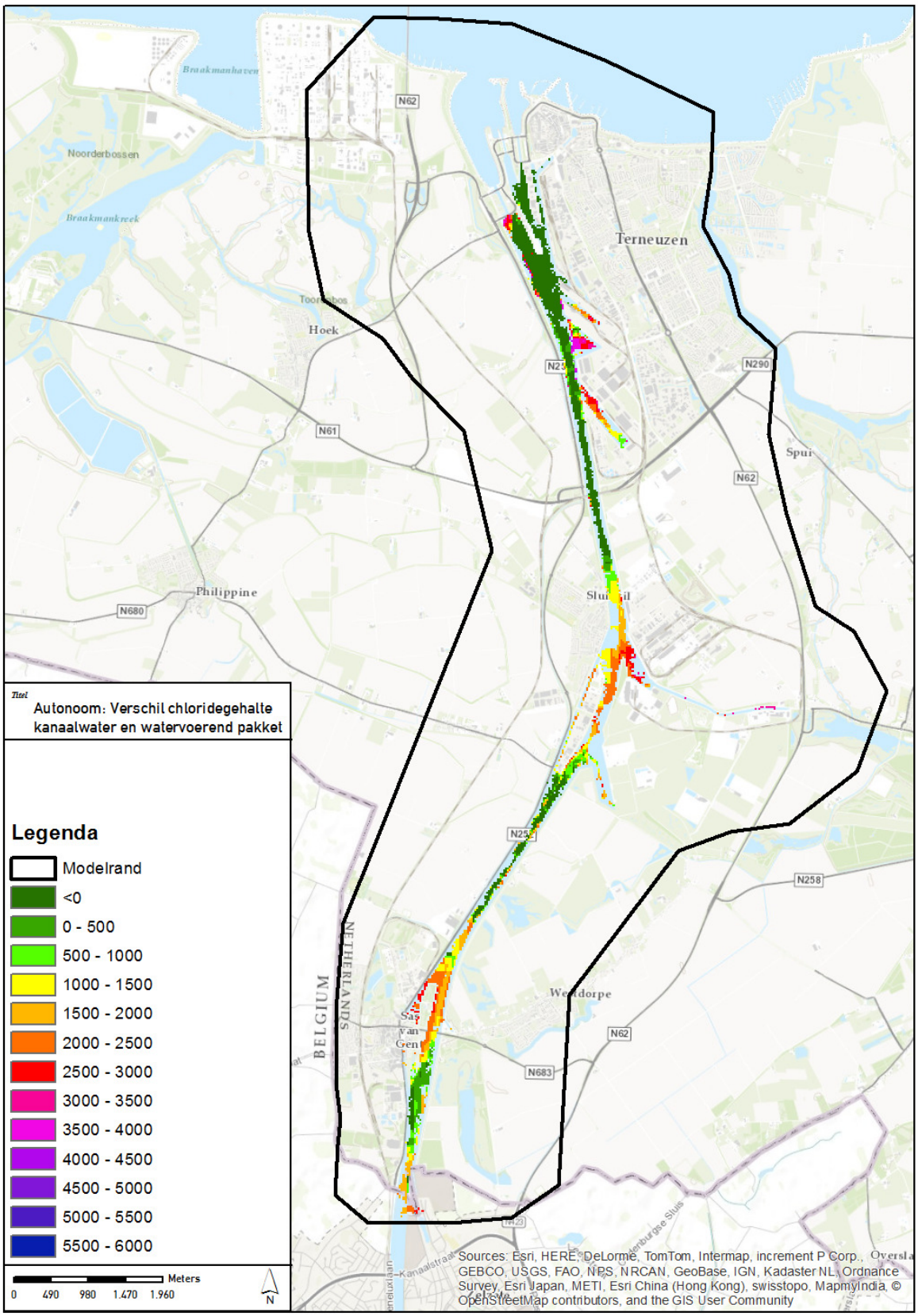
Figuur 6-6 Overzicht ligging transecten onderzoek Deltares

6.2.2 Autonome ontwikkeling

In Figuur 6-7 is het verschil tussen het chloridegehalte van het kanaal en het chloridegehalte van het onderliggende watervoerende pakket weergegeven in de autonome situatie.

In de figuur is te zien dat gebieden waar het infiltrerende kanaalwater zorgt voor verzoeting van het watervoerend pakket enigszins beperkt worden. Gebieden waar het infiltrerende kanaalwater zorgt voor verzilting van het watervoerend pakket nemen enigszins toe ten opzichte van de huidige situatie. De verschillen met de huidige situatie zijn klein.

Ter plaatse van de diepe zoetwaterlens bij zijkanaal C blijft het chloridegehalte van het kanaal hoger dan dat van het watervoerend pakket en blijft beperkte verbrakking mogelijk in stand.

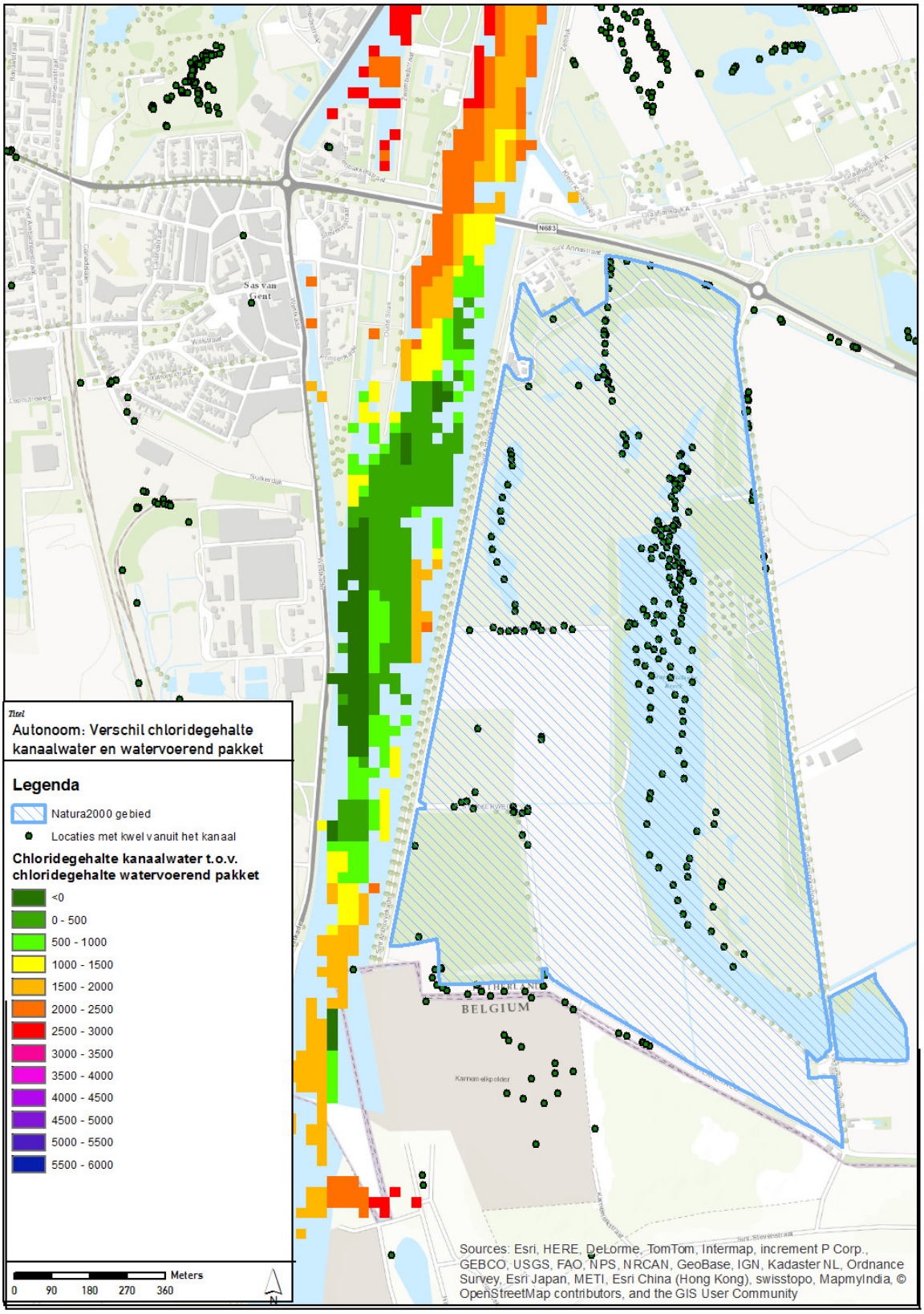


Figuur 6-7 Verschil tussen het chloridegehalte in het kanaal (lang jarig gemiddelde) en het chloridegehalte van het watervoerende pakket in de autonome situatie

In Figuur 6-8 is ingezoomd op het Natura 2000-gebied Canisvliet. Ook hier neemt het chloridegehalte licht toe ten opzichte van de huidige situatie en is het chloridegehalte gelijk aan of iets hoger dan het onderliggende watervoerende pakket. De verschillen met de huidige situatie zijn klein en toename van verzilting van het watersysteem van Canisvliet zal nauwelijks aan de orde zijn.

Diepe zoetwaterlenzen
Door klimaatverandering vindt in de toekomst naar verwachting minder grondwateraanvulling van de diepe zoetwaterlenzen plaats, terwijl de behoefte aan onttrekkingen vanuit deze zoetwaterlenzen mogelijk toeneemt. Deze effecten zijn niet gekwantificeerd en zijn afhankelijk van regulatie van aantal en omvang van onttrekkingen.

Ondiepe zoetwaterlenzen
In de autonome ontwikkeling veranderen door klimaatverandering kwel, neerslag en verdamping. Naar verwachting heeft de klimaatverandering een negatief effect voor het in stand houden van regenwaterlenzen. Effecten zijn niet gekwantificeerd.



Figuur 6-8 Kwel Verschil tussen het chloridegehalte in het kanaal (langjarig gemiddelde chlorideconcentratie) vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet in de autonome situatie

6.3 Optredende effecten Grondwater en Regionaal watersysteem

6.3.1 Verzilting, mate van verandering zoutgehalte, inclusief effecten op de landbouw

Ten gevolge van de aanleg van de Nieuwe Sluis veranderen de chloridegehaltes op Kanaal Gent-Terneuzen. Deze verandering in chloridegehalte kan van invloed zijn op de chloridegehaltes in het grondwater in de omgeving van het kanaal en op aanwezige regenwaterlenzen. Onderstaand zijn per variant de effecten beschreven.

Indien de chloridegehaltes in het kanaal hoger zijn dan in het watervoerend pakket kan het watervoerend pakket verbrakken. Indien de chloridegehaltes in het kanaal lager zijn dan in het watervoerend pakket kan het watervoerend pakket verzoeten.

Variant 1

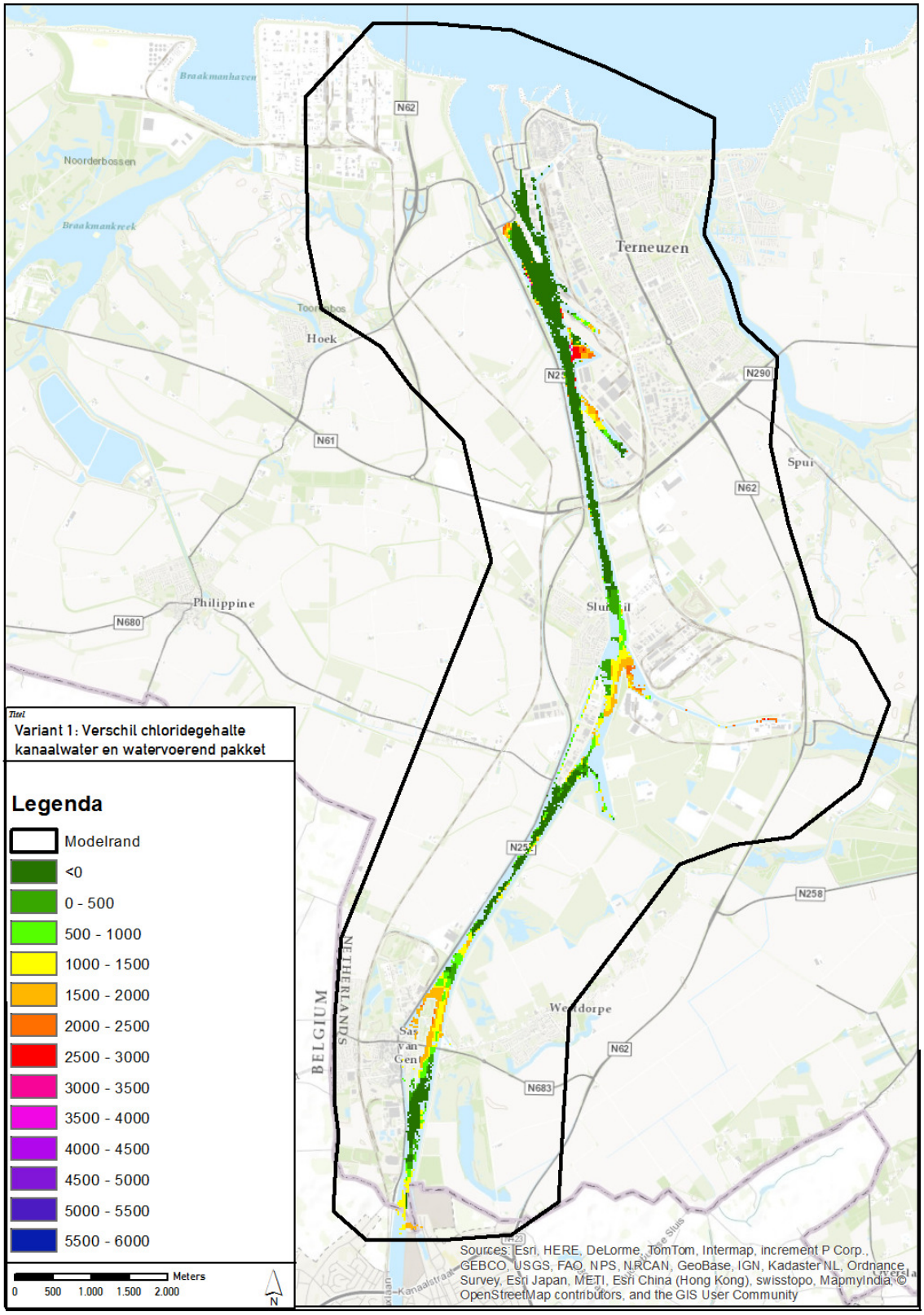
Uitvoeringsfase

Tijdens de uitvoering wordt de Middensluis uit gebruik genomen. Hierdoor neemt de capaciteit van het sluizencomplex tijdelijk af, totdat de Nieuwe Sluis in gebruik wordt genomen. Doordat in de uitvoeringsfase het aantal schuttingen afneemt zal het kanaal in de zomersituatie minder verzilten dan in de huidige situatie. Het merendeel van de infiltratie vanuit het kanaal vindt via de kanaalbodem naar het ondergelegen watervoerend pakket plaats. De hoeveelheid infiltrerend water is zeer beperkt ten opzichte van de hoeveelheid grondwater in het watervoerend pakket. Verwacht wordt daarom dat in het ondiepe grondwater en het regionale oppervlaktewatersysteem geen effecten op de chlorideconcentratie waarneembaar zullen zijn.

Gebruiksfase

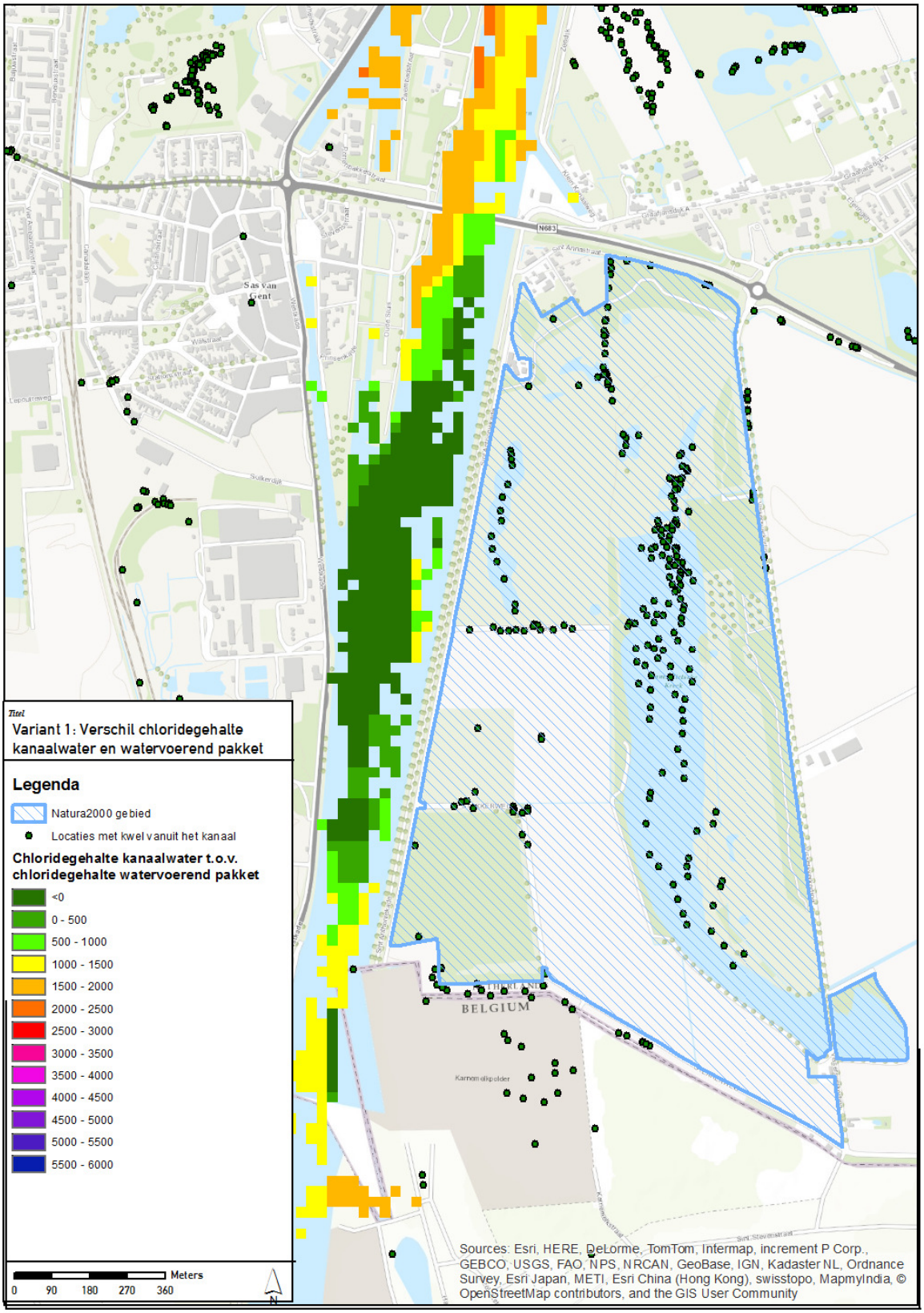
In variant 1 worden zoutuitwisselingsreducerende maatregelen op de Nieuwe Sluis en de bestaande sluizen van het complex toegepast, resulterend in een rendement van 75% zoutscheiding voor alle sluizen. Hierdoor zijn de chlorideconcentraties op het kanaal lager dan in de referentiesituatie.

In Figuur 6-9 is het verschil tussen het chloridegehalte op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het onderliggende watervoerend pakket weergegeven. Ten opzichte van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling is de verbrakking van het watervoerend pakket minder en zijn meer locaties aanwezig waar verzoeting van het watervoerend pakket optreedt. Dit is een positief effect. De kwelstroom die vanuit het kanaal via het watervoerend pakket naar de ondiepe ondergrond optreedt komt vooral boven in regionale watergangen. Dit is te zien in Figuur 6-2. Dit houdt in dat afname van verzilting vooral merkbaar zal zijn in regionale watergangen.



Figuur 6-9 Verschil tussen het chloridegehalte in het kanaal (langjarig gemiddelde) en het chloridegehalte van het watervoerende pakket in variant 1

Ter plaatse van de zoetwaterlens rond zijkanaal C is het chloridegehalte van het kanaal nog steeds hoger dan dat van het onderliggende watervoerende pakket. De infiltratie via de bodem vanuit dit zijkanaal is echter beperkt (alleen in het uiterste oostelijke puntje). Daarom is het effect neutraal beoordeeld.



Figuur 6-10 Kwel (langjarig gemiddelde chlorideconcentratie) vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet in variant 1

In Figuur 6-10 is de kwel vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet weergegeven. Op de kaart is te zien dat kwel vanuit het kanaal bovenkomt in het oppervlaktewater van Canisvliet en langs wegen. Langs deze wegen zijn wegsloten aanwezig, waar het water in opkwelt. Het chloridegehalte van het kanaalwater is ter hoogte van Canisvliet ongeveer gelijk aan het chloridegehalte van de ondergrond en ongeveer gelijk aan de huidige situatie. Variant 1 lijdt daarom niet tot verbrakking van Canisvliet.

Op basis van bijlage 5 wordt geen beïnvloeding van lokale regenwaterlenzen onder landbouwpercelen verwacht, onder voorbehoud dat dichtheidsstroming geen rol speelt. Uit de modelberekeningen is gebleken dat de verschillen in chlorideconcentratie tussen kanaal en watervoerend pakket nergens zo groot zijn dat dichtheidsstroming een rol speelt. Effecten op de landbouw worden daarom niet verwacht. Verzoeting van het regionale watergangen is mogelijk. Omdat deze watergangen in de huidige situatie brak zijn en niet geschikt om uit te berekenen en de verzoeting niet zodanig is dat ze in de toekomst geschikt worden om uit te beregenen is dit effect voor de landbouw neutraal beoordeeld.

Uit paragraaf 6.3.2 blijkt dat de effecten op kweldruk in het freatisch pakket in de nabijheid van het plangebied ten gevolge van de ingrepen zeer beperkt zijn, qua omvang van het effect en van de locatie. Dit geldt ook voor het effect op chloride in het freatisch grondwater en de watergangen op de betreffende locaties.
De enige effecten worden verwacht aan de binnenzijde van de sluis, nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde, waar de kweldruk toeneemt en daardoor verzilting van het watervoerend pakket toeneemt. Uit beide afbeeldingen in Figuur 6-15 blijkt dat de enige significante effecten op de grondwaterstand (> 0,05m) die aan het maaiveld verwacht worden beperkt zijn tot de keringen langs beide zijden van het kanaal. Ook toename van verzilting van het freatisch grondwater beperkt zich daarom tot de keringen langs beide zijden van het kanaal.

Variant 2

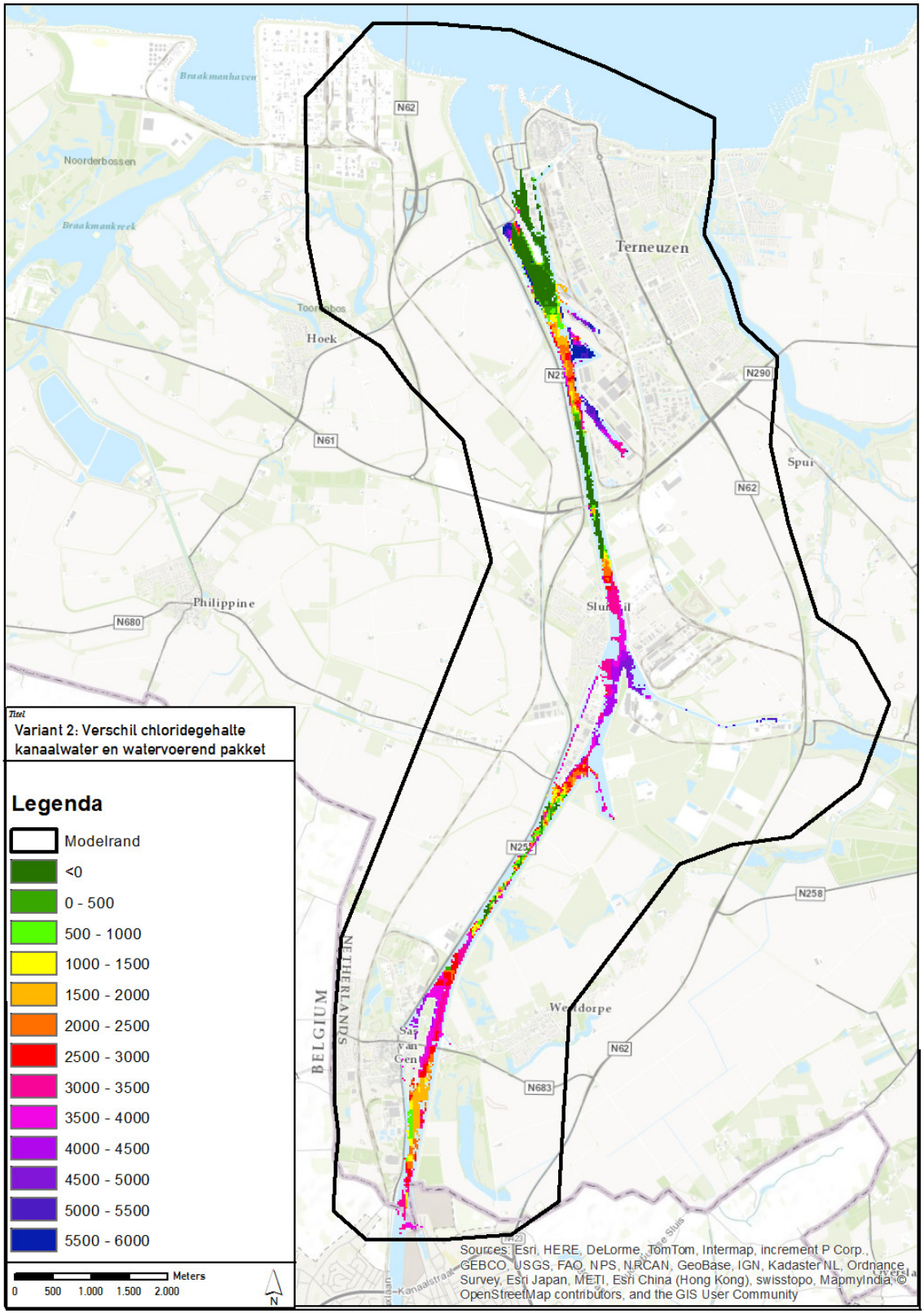
Uitvoeringsfase
Evenals in variant 1 wordt tijdens de uitvoering de Middensluis uit gebruik genomen. Doordat in de uitvoeringsfase het aantal schuttingen afneemt zal het kanaal in de zomersituatie minder verzilten dan in de huidige situatie. Verwacht wordt dat in het ondiepe grondwater en het regionale oppervlaktewatersysteem geen effecten op de chlorideconcentratie waarneembaar zullen zijn.

Gebruiksfase

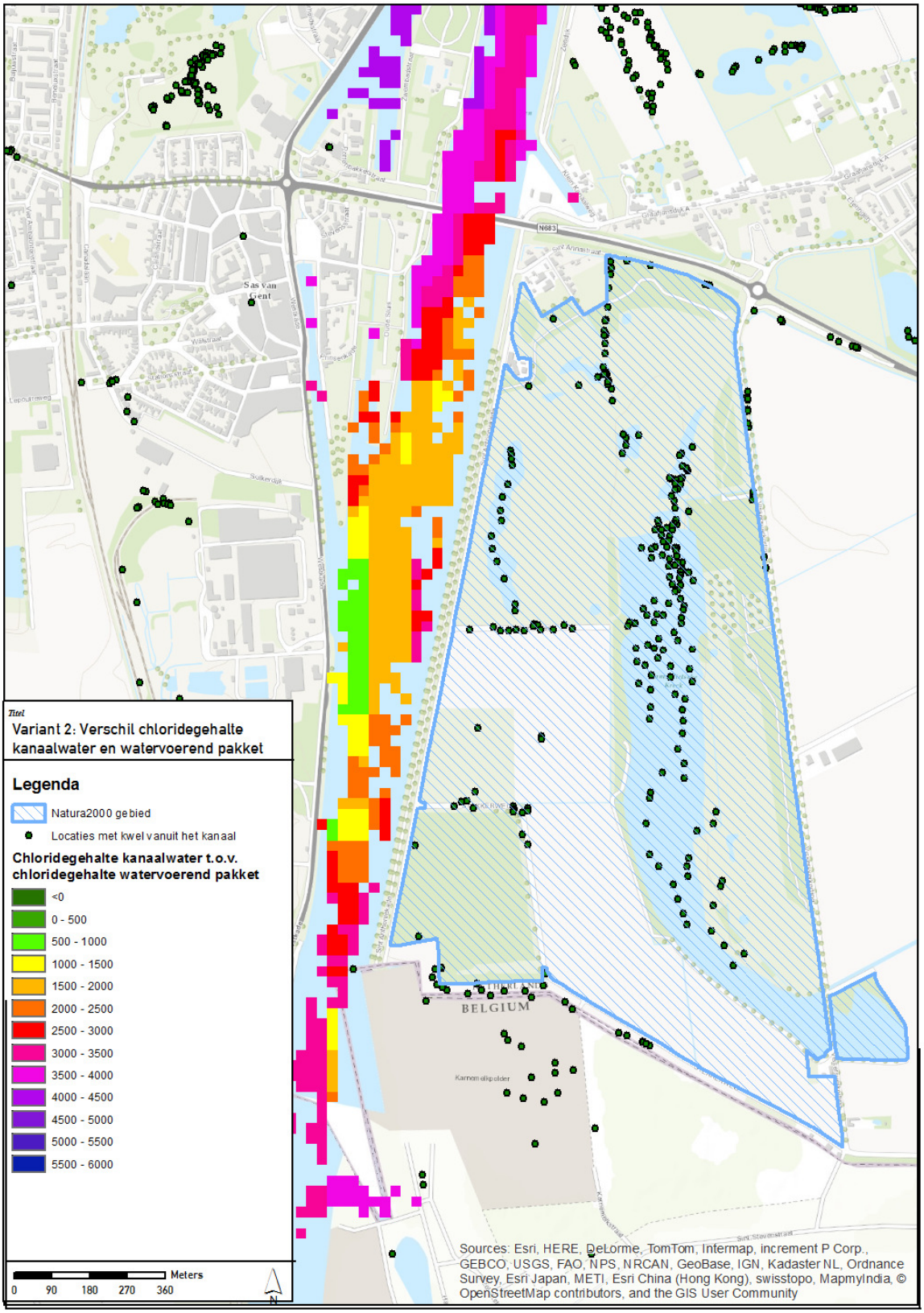
In variant 2 worden zoutuitwisselingsreducerende maatregelen getroffen bij de Nieuwe Sluis, resulterend in een rendement van 50% zoutscheiding alleen voor de Nieuwe Sluis. Hierdoor nemen de chloridegehaltes op Kanaal Gent-Terneuzen toe.

In Figuur 6-11 is het verschil tussen het chloridegehalte op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het onderliggende watervoerend pakket weergegeven. Ten opzichte van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling treedt meer verbrakking van het watervoerend pakket op en zijn minder locaties aanwezig waar verzoeting van het watervoerend pakket optreedt. Dit is een negatief effect. De kwelstroom die vanuit het kanaal via het watervoerend pakket naar de ondiepe ondergrond optreedt komt vooral boven in regionale watergangen. Dit is te zien in Figuur 6-2. Dit houdt in dat toename van verzilting vooral merkbaar zal zijn in regionale watergangen.

Ter plaatse van de zoetwaterlens rond zijkanaal C is het chloridegehalte van het kanaal nog steeds hoger dan dat van het onderliggende watervoerende pakket. De infiltratie via de bodem vanuit dit zijkanaal is echter beperkt (alleen in het uiterste oostelijke puntje). Daarom is het effect neutraal beoordeeld.



Figuur 6-11 Verschil tussen het chloridegehalte in het kanaal (langjarig gemiddelde) en het chloridegehalte van het watervoerende pakket in variant 2



Figuur 6-12 Kwel (langjarig gemiddelde chlorideconcentratie) vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet in variant 2

In Figuur 6-12 is de kwel vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet weergegeven. Op de kaart is te zien dat kwel vanuit het kanaal bovenkomt in het oppervlaktewater van Canisvliet en langs wegen. Langs deze wegen zijn wegsloten aanwezig, waar het water in opkwelt. Het chloridegehalte van het kanaalwater is ter hoogte van Canisvliet hoger dan het chloridegehalte van de ondergrond en hoger dan de huidige situatie. Variant 2 lijdt daarom mogelijk tot verbrakking van het oppervlaktewater van Canisvliet. De verbrakking van het kanaal zal echter niet volledig doorwerken in het watersysteem van Canisvliet. Het kruipend moerasscherm, de beschermde plant in Canisvliet, groeit op de grens van land en oppervlaktewater. Hierbij overstroomt het plantje deels bij hoge waterstanden in het oppervlaktewater. Effect op het kruipend moerasscherm door verzilting van het oppervlaktewater is daarom niet uit te sluiten.

Op basis van bijlage 5 wordt geen beïnvloeding van lokale regenwaterlenzen onder landbouwpercelen verwacht, onder voorbehoud dat dichtheidsstroming geen rol speelt. Uit de modelberekeningen is gebleken dat de verschillen in chlorideconcentratie tussen kanaal en watervoerend pakket nergens dusdanig groot zijn dat dichtheidsstroming een rol speelt. Effecten op de landbouw worden daarom niet verwacht. Verzilting van regionale watergangen is mogelijk. Omdat deze watergangen in de huidige situatie brak zijn en niet geschikt om uit te berekenen is dit effect voor de landbouw neutraal beoordeeld.

Uit paragraaf 6.3.2 blijkt dat de effecten op kweldruk in het freatisch pakket in de nabijheid van het plangebied ten gevolge van de ingrepen zeer beperkt zijn, qua omvang van het effect en van de locatie. Dit geldt ook voor het effect op chloride in het freatisch grondwater en de watergangen op de betreffende locaties.
De enige effecten worden verwacht aan de binnenzijde van de sluis, nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde, waar de kweldruk toeneemt en daardoor verzilting van het watervoerend pakket toeneemt. Uit beide afbeeldingen in Figuur 6-17 blijkt dat de enige significante effecten op de grondwaterstand (> 0,05m) die aan het maaiveld verwacht worden beperkt zijn tot de kering aan de westzijde van het kanaal. Ook toename van verzilting van het freatisch grondwater beperkt zich daarom tot de kering aan de westzijde van het kanaal.

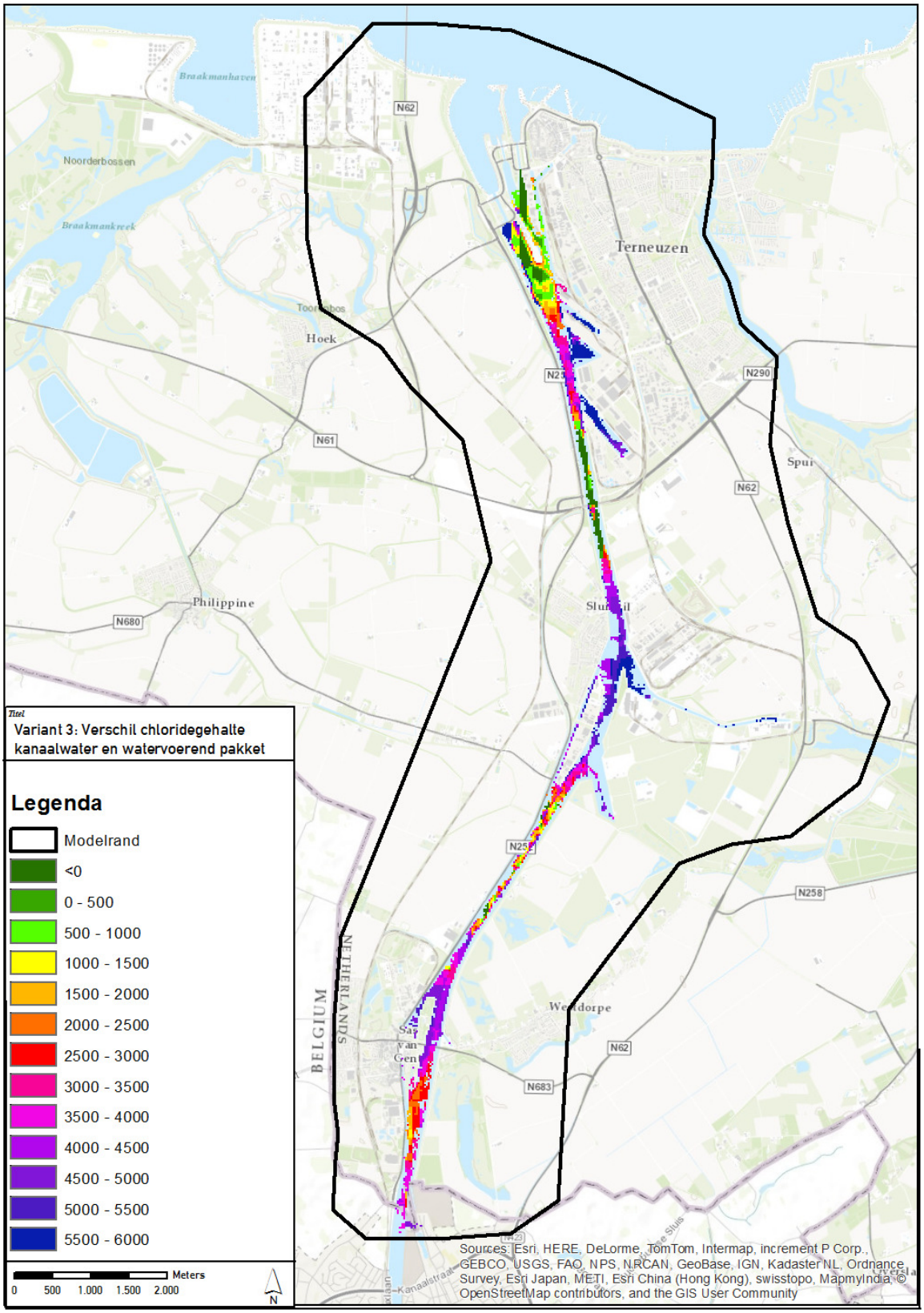
Variant 3

Uitvoeringsfase
Evenals in variant 1 en 2 wordt tijdens de uitvoering de Middensluis uit gebruik genomen. Doordat in de uitvoeringsfase het aantal schuttingen afneemt zal het kanaal in de zomersituatie minder verzilten dan in de huidige situatie. Verwacht wordt dat in het ondiepe grondwater en het regionale oppervlaktewatersysteem geen effecten op de chlorideconcentratie waarneembaar zullen zijn.

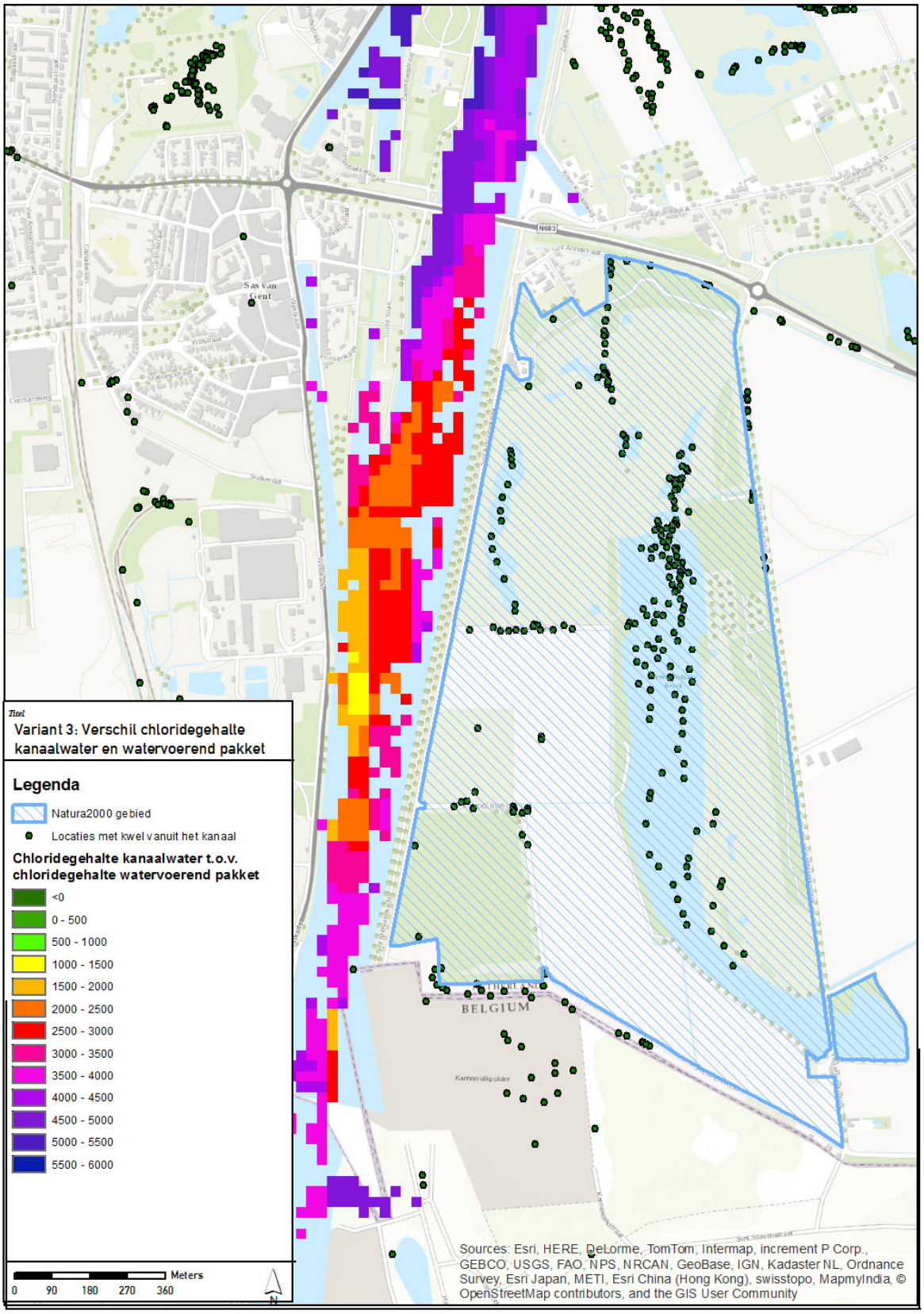
Gebruiksfase
In variant 3 worden geen zoutuitwisselingsreducerende maatregelen getroffen. Hierdoor nemen de chloridegehaltes op Kanaal Gent-Terneuzen sterk toe.

In Figuur 6-13 is het verschil tussen het chloridegehalte op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het onderliggende watervoerend pakket weergegeven. Ten opzichte van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling treedt meer verbrakking van het watervoerend pakket op en zijn minder locaties aanwezig waar verzoeting van het watervoerend pakket optreedt. Dit is een negatief effect. De kwelstroom die vanuit het kanaal via het watervoerend pakket naar de ondiepe ondergrond optreedt komt vooral boven in regionale watergangen. Dit is te zien in Figuur 6-2. Dit houdt in dat toename van verzilting vooral merkbaar zal zijn in regionale watergangen.

Ter plaatse van de zoetwaterlens rond zijkanaal C is het chloridegehalte van het kanaal nog steeds hoger dan dat van het onderliggende watervoerende pakket. De infiltratie via de bodem vanuit dit zijkanaal is echter beperkt (alleen in het uiterste oostelijke puntje). Daarom is het effect neutraal beoordeeld.



Figuur 6-13 Verschil tussen het chloridegehalte in het kanaal (langjarig gemiddelde) en het chloridegehalte van het watervoerende pakket in variant 3



Figuur 6-14 Kwel (langjarig gemiddelde chlorideconcentratie) vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet in variant 3

In Figuur 6-14 is de kwel vanuit Kanaal Gent-Terneuzen naar Natura 2000-gebied Canisvliet weergegeven. Op de kaart is te zien dat kwel vanuit het kanaal bovenkomt in het oppervlaktewater van Canisvliet en langs wegen. Langs deze wegen zijn wegsloten aanwezig, waar het water in opkwelt. Het chloridegehalte van het kanaalwater is ter hoogte van Canisvliet hoger dan het chloridegehalte van de ondergrond en hoger dan de huidige situatie. Variant 3 lijdt daarom mogelijk tot verbrakking van het oppervlaktewater van Canisvliet. De verbrakking van het kanaal zal echter niet volledig doorwerken in het watersysteem van Canisvliet. Het kruipend moerasscherm, de beschermde plant in Canisvliet, groeit op de grens van land en oppervlaktewater. Hierbij overstroomt het plantje deels bij hoge waterstanden in het oppervlaktewater. Effect op het kruipend moerasscherm door verzilting van het oppervlaktewater is daarom niet uit te sluiten.

Op basis van bijlage 5 wordt geen beïnvloeding van lokale regenwaterlenzen onder landbouwpercelen verwacht, onder voorbehoud dat dichtheidsstroming geen rol speelt. Uit de modelberekeningen is gebleken dat de verschillen in chlorideconcentratie tussen kanaal en watervoerend pakket nergens dusdanis groot zijn dat dichtheidsstroming een rol speelt. Effecten op de landbouw worden daarom niet verwacht. Verzilting van regionale watergangen is mogelijk. Omdat deze watergangen in de huidige situatie brak zijn en niet geschikt om uit te berekenen is dit effect voor de landbouw neutraal beoordeeld.

Uit paragraaf 6.3.2 blijkt dat de effecten op kweldruk in het freatisch pakket in de nabijheid van het plangebied ten gevolge van de ingrepen zeer beperkt zijn, qua omvang van het effect en van de locatie. Dit geldt ook voor het effect op chloride in het freatisch grondwater en de watergangen op de betreffende locaties.
De effecten op verzilting van het grondwater kunnen worden opgedeeld in de verwachte grondwaterstandsverhoging aan de binnenzijde van de sluis, met een toename van de kweldruk als gevolg, en de verwachte grondwaterstandsverlaging in een deel van Terneuzen en nabij de westelijke havenmond, met een verlaging van de kweldruk als gevolg.

De enige effecten worden verwacht aan de binnenzijde van de sluis, nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde, waar de kweldruk toeneemt en daardoor verzilting van het watervoerend pakket toeneemt. Uit beide afbeeldingen in Figuur 6-19 blijkt dat de enige significante effecten op de grondwaterstand (> 0,05m) die aan het maaiveld verwacht worden beperkt zijn tot de keringen langs beide zijden van het kanaal. Ook toename van verzilting van het freatisch grondwater beperkt zich daarom tot de keringen langs beide zijden van het kanaal.

De verwachte grondwaterstandsverlaging concentreert zich bij beide havenmonden, waarbij opvalt dat de effecten aan het maaiveld aan de oostzijde sterker zijn dan in het watervoerende pakket. Aan de

westzijde zijn de effecten aan het maaiveld juist beperkt in vergelijking tot de effecten in het watervoerende pakket. Voor beide zijden geldt dat de effecten tot voorbij de kering leiden tot een afname van de verzilting van het grondwater.

6.3.2 Verandering stijghoogte grondwater en grondwaterstand (m) en grondwaterstroming

In deze paragraaf worden, conform de beschrijving in tabel 4-1, de effecten voor het de grondwaterstanden en grondwaterstroming tijdens de uitvoerings- en gebruiksfase per variant beschreven. Bij de keuze voor bouwmethoden is rekening gehouden met grondwatereffecten op de omgeving. Bouwmethoden die potentieel veel effect geven worden niet toegepast.

Variant 1

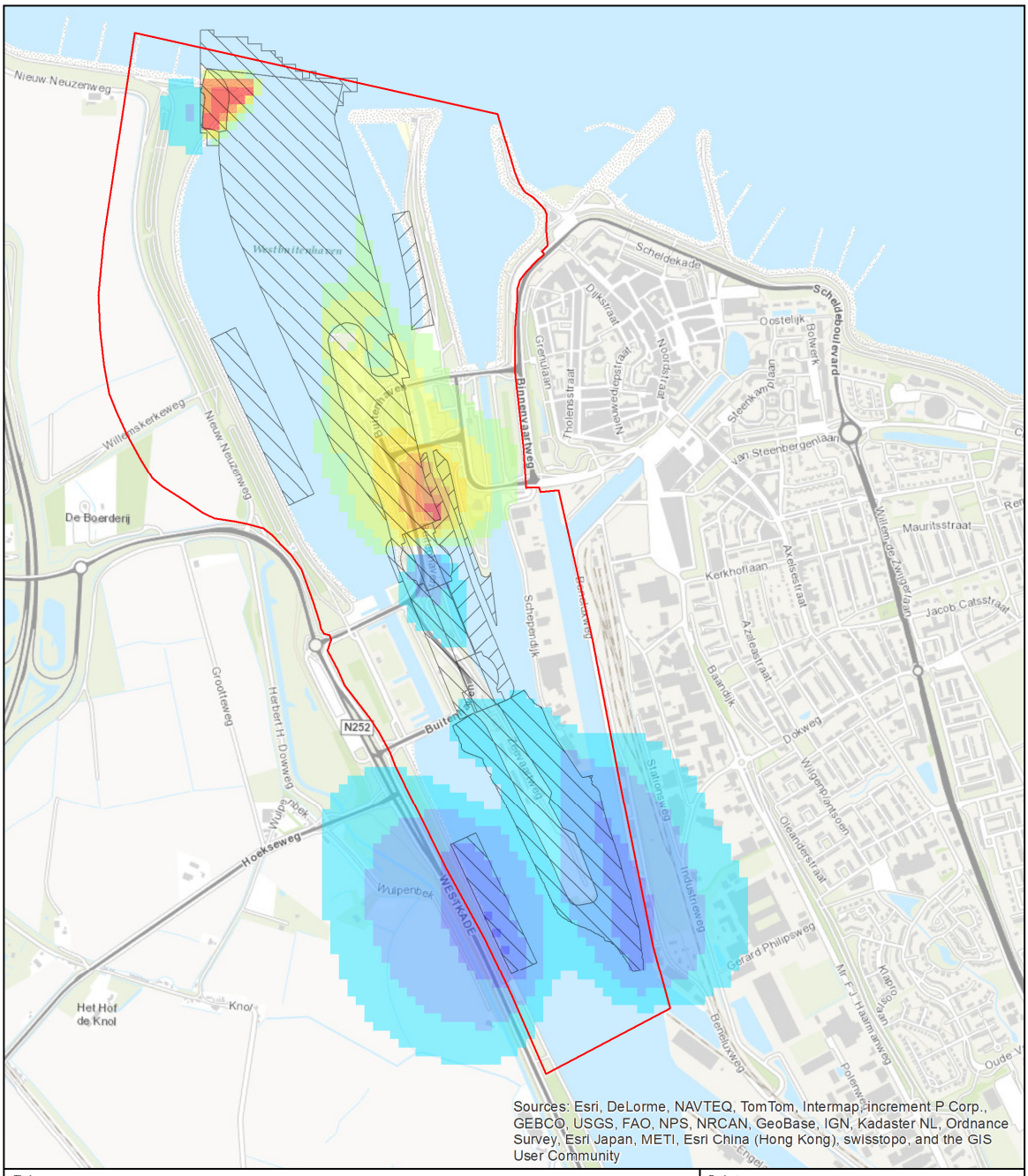
Voor de aanleg van de sluis worden de sluishoofden in deze variant in een droge bouwkuip gerealiseerd. Hiervoor worden damwanden tot in de Boomse Klei geslagen en wordt de afgesloten bouwkuip vervolgens bemalen zodat droog gewerkt kan worden. De tussenliggende kolk wordt in den natte aangelegd, waardoor geen bemaling nodig is.

Gezien het feit dat de sluiskolk in den natte wordt aangelegd (dus zonder bemaling) en de bouwkuip voor de hoofden aan de onderzijde wordt afgesloten door de Boomse Klei is er geen effect op de grondwaterstanden in de omgeving te verwachten die specifiek is toe te schrijven aan de uitvoeringsfase van het project.

Door de aanleg van de sluis met bijbehorende voorgestelde verdiepingen/vergravingen aan beide zijden van de sluis wordt de weerstand biedende sliblaag op de bodem van de voorhaven en het kanaal verwijderd. Dit kan wel gevolgen hebben voor de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket en de freatische grondwaterstand, aangezien kwel/infiltratie nu makkelijker kan optreden. Deze effecten zijn qua omvang maximaal direct na afronding van alle verdiepingen, aangezien op dat moment de bodemweerstand minimaal is. Het is de verwachting is dat door aanslibbing deze weerstand zich daarna weer zal opbouwen, waardoor de effecten zullen afnemen. Voor het bepalen van de effecten is daarom geen onderscheid gemaakt tussen de uitvoerings- en gebruiksfase, maar is het beschreven moment direct na aanleg aangehouden als “worst-case” moment voor beide fases.

In de beoordelingstabel worden de effecten die specifiek zijn toe te schrijven aan de bouwfase (wel- of geen bemaling) beoordeeld voor de aanleg en worden de beschreven effecten door het verlagen van de bodemweerstand beoordeeld voor de gebruiksfase.

In Figuur 6-15 is de verandering in stijghoogte in het watervoerende pakket onder het kanaal (boven) en aan het maaiveld (onder) gegeven.



Titel

Variant 1: verschil in grondwaterstand modellaag 7, variant - huidig

Project

Planstudie Grote Zeesluis Terneuzen

Legenda

Verschil grondwaterstand
Variant - huidig (m)

- -2.10 - -1
- -1 - -0.75
- -0.75 - -0.5
- -0.5 - -0.25
- -0.25 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 3.03

Maatregel

- Aanvullen
- Verdiepen/ontgraven

Opdrachtgever

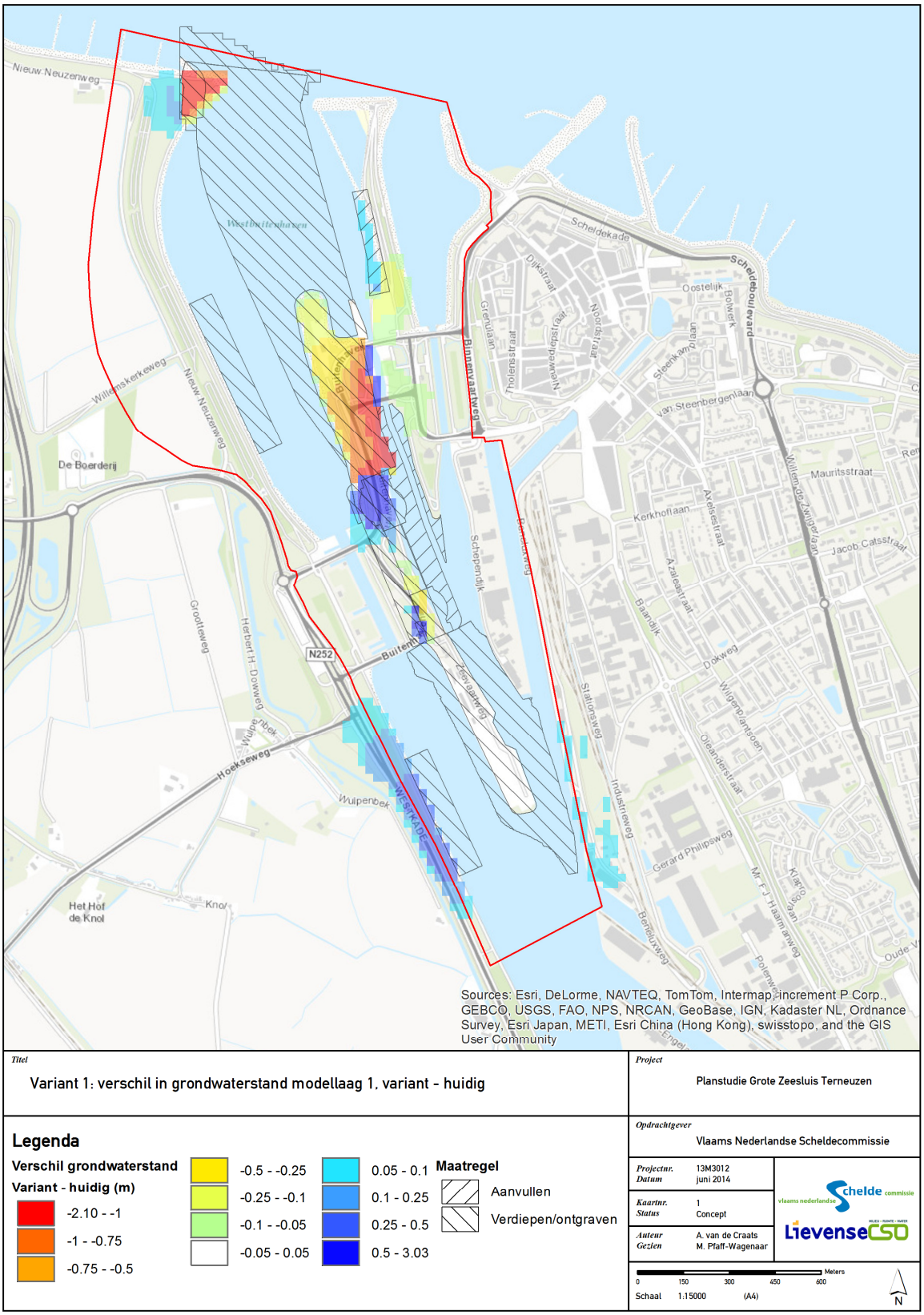
Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Projectnr.	13M3012
Datum	juni 2014
Kaartnr.	1
Status	Concept
Auteur	A. van de Craats
Gezien	M. Pfaff-Wagenaar

Meters: 0 150 300 450 600

Schaal 1:15000 (A4)

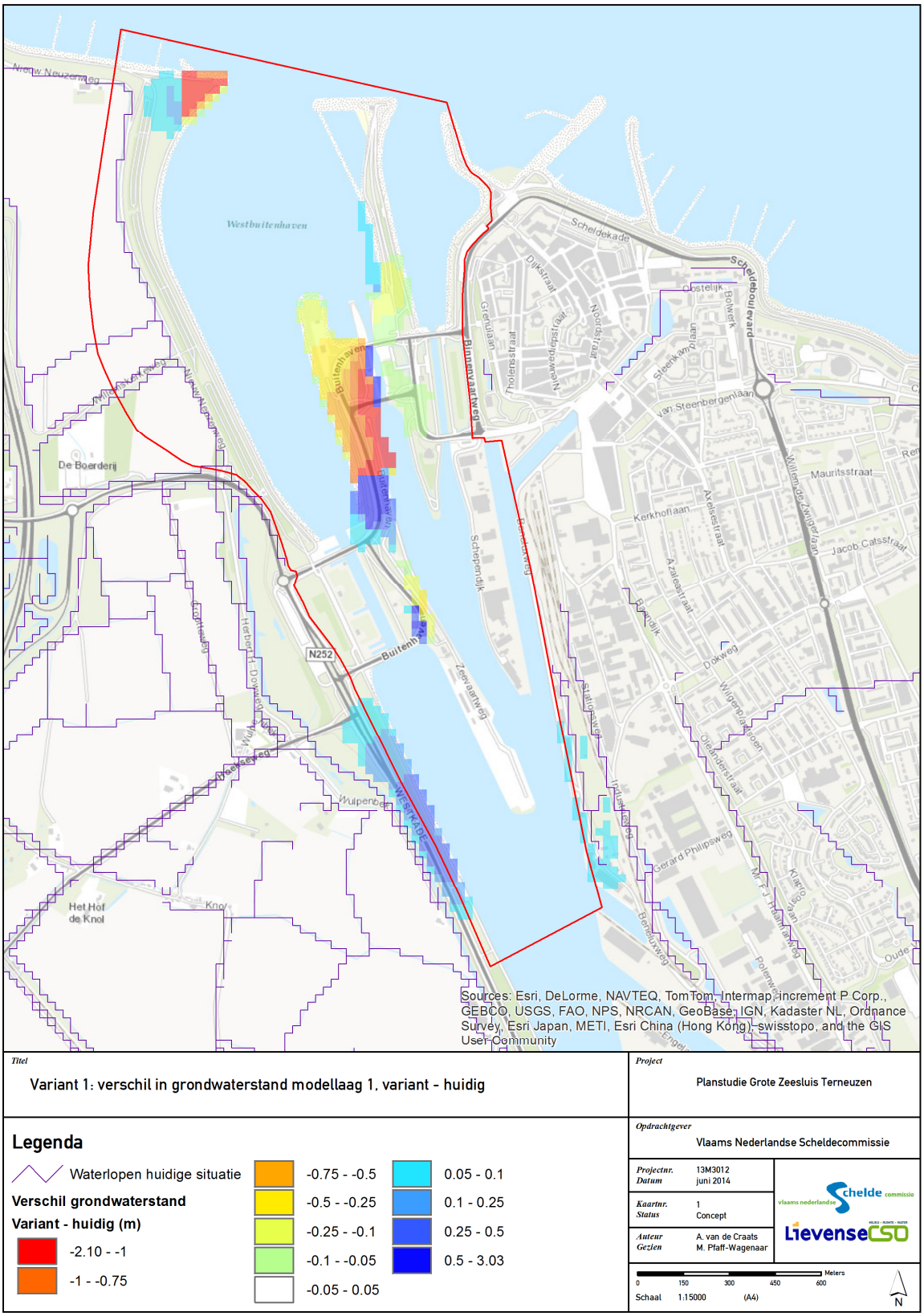
N



Figuur 6-15 Verandering stijghoogte variant 1 in het watervoerend pakket (boven) en aan het maaiveld (onder)

Hieruit blijkt dat de effecten buiten de bouwdelen (de gearceerde vlakken) ruimtelijk en kwantitatief beperkt zijn. De effecten die binnen de bouwdelen worden berekend worden veroorzaakt door verandering van hydraulische weerstand als gevolg van verdiepen of aanvullen van onderwaterbodem. In delen die worden afgegraven is na aanleg het oppervlaktewaterpeil van toepassing. In delen die worden aangevuld wordt nieuw maaiveld met de benodigde ontwatering gerealiseerd. De weergegeven effecten zijn daardoor op deze locaties niet relevant.

De grootste effecten buiten de bouwdelen worden verwacht aan de binnenzijde van de sluis, nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde. Hierbij geldt dat de effecten in het watervoerend pakket veel verder vanaf het kanaal reiken dan de effecten zoals ze aan het maaiveld merkbaar zullen zijn. Uit analyse van de ruimtelijke begrenzing van de effecten aan het maaiveld blijkt dat deze ruimtelijk worden begrensd door de aanwezige waterlopen, zoals aangegeven in Figuur 6-16. Uit beide afbeeldingen in Figuur 6-15 blijkt dat de enige significante effecten (> 0,05m) die aan het maaiveld verwacht worden beperkt zijn tot de keringen langs beide zijden van het kanaal.



Titel

Variant 1: verschil in grondwaterstand modellaag 1, variant - huidig

Project

Planstudie Grote Zeesluis Terneuzen

Legenda

Waterlopen huidige situatie

Verschil grondwaterstand

Variant - huidig (m)

- -2.10 - -1
- -1 - -0.75
- -0.75 - -0.5
- -0.5 - -0.25
- -0.25 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 3.03

Opdrachtgever

Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Projectnr.	13M3012
Datum	juni 2014
Kaartnr.	1
Status	Concept
Auteur	A. van de Craats
Gezien	M. Pfaff-Wagenaar

Meters 0 150 300 450 600

Schaal 1:15000 (A4)

N

Figuur 6-16 Verandering stijghoogte variant 1 aan het maaiveld en de waterlopen van het regionale watersysteem

Gezien de beperkte verandering in ondiepe grondwaterstanden en stijghoogtes in het 1e watervoerend pakket (zowel kwantitatief als ruimtelijk) wordt geen verandering in het grondwaterstromingspatroon verwacht. De kweldruk naar het freatisch pakket aan weerszijden van het kanaal en de watergangen direct langs het kanaal kan licht toenemen op de plaatsen waar in Figuur 6-16 een verandering van de freatische grondwaterstand zichtbaar is. Deze effecten zijn zeer beperkt.

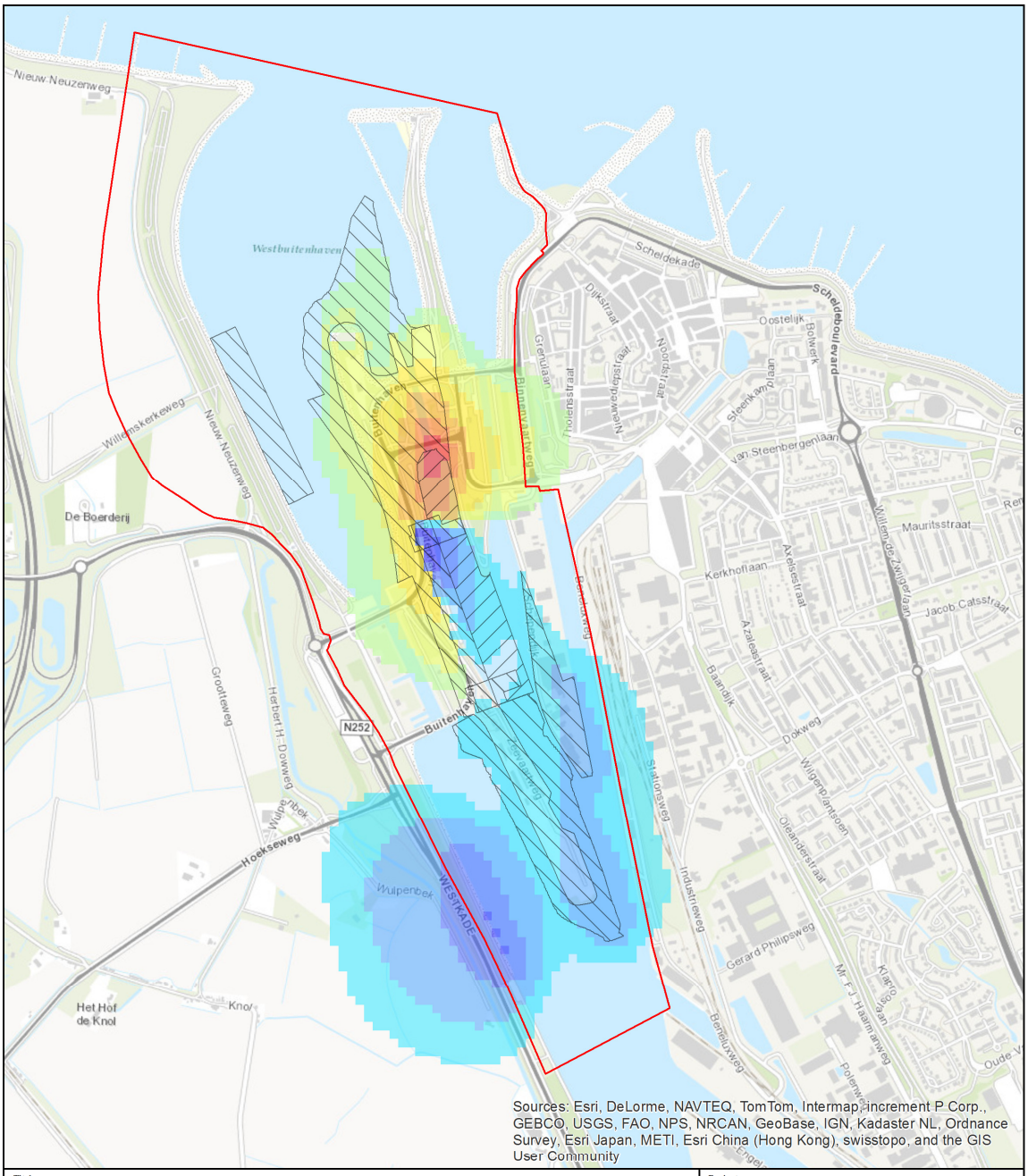
Variant 2

Voor de aanleg van de sluis worden de sluishoofden aangelegd middels de caissonmethode en de tussenliggende kolk wordt in den natte aangelegd. Hierdoor is tijdens de uitvoeringsfase geen bemaling nodig en is er geen effect op de grondwaterstanden in de omgeving te verwachten die specifiek is toe te schrijven aan de uitvoeringsfase van het project.

Door de aanleg van de sluis met bijbehorende voorgestelde verdiepingen/vergravingen aan beide zijden van de sluis wordt de weerstand biedende sliblaag op de bodem van een deel van de voorhaven en het kanaal verwijderd. Dit kan wel gevolgen hebben voor de stijghoogte in het 1e watervoerend pakket en de freatische grondwaterstand, aangezien kwel/infiltratie nu makkelijker kan optreden. Deze effecten zijn qua omvang maximaal direct na afronding van alle verdiepingen, aangezien op dat moment de bodemweerstand minimaal is. De verwachting is dat door aanslibbing deze weerstand zich daarna weer zal opbouwen, waardoor de effecten zullen afnemen. Voor het bepalen van de effecten is daarom geen onderscheid gemaakt tussen de uitvoerings- en gebruiksfase, maar is het beschreven moment direct na aanleg aangehouden als “worst-case” moment voor beide fases.

In de beoordelingstabel worden de effecten die specifiek zijn toe te schrijven aan de bouwfase (wel- of geen bemaling) beoordeeld voor de aanleg en worden de beschreven effecten door het verlagen van de bodemweerstand beoordeeld voor de gebruiksfase.

In Figuur 6-17 is de verandering in stijghoogte in het watervoerende pakket onder het kanaal (boven) en aan het maaiveld (onder) gegeven.



Titel

Variant 2: verschil in grondwaterstand modellaag 7, variant - huidig

Project

Planstudie Grote Zeesluis Terneuzen

Legenda

Verschil grondwaterstand
Variant - huidig (m)

- -2.10 - -1
- -1 - -0.75
- -0.75 - -0.5
- -0.5 - -0.25
- -0.25 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 3.03

Maatregel

- Aanvullen
- Verdiepen/ontgraven

Opdrachtgever

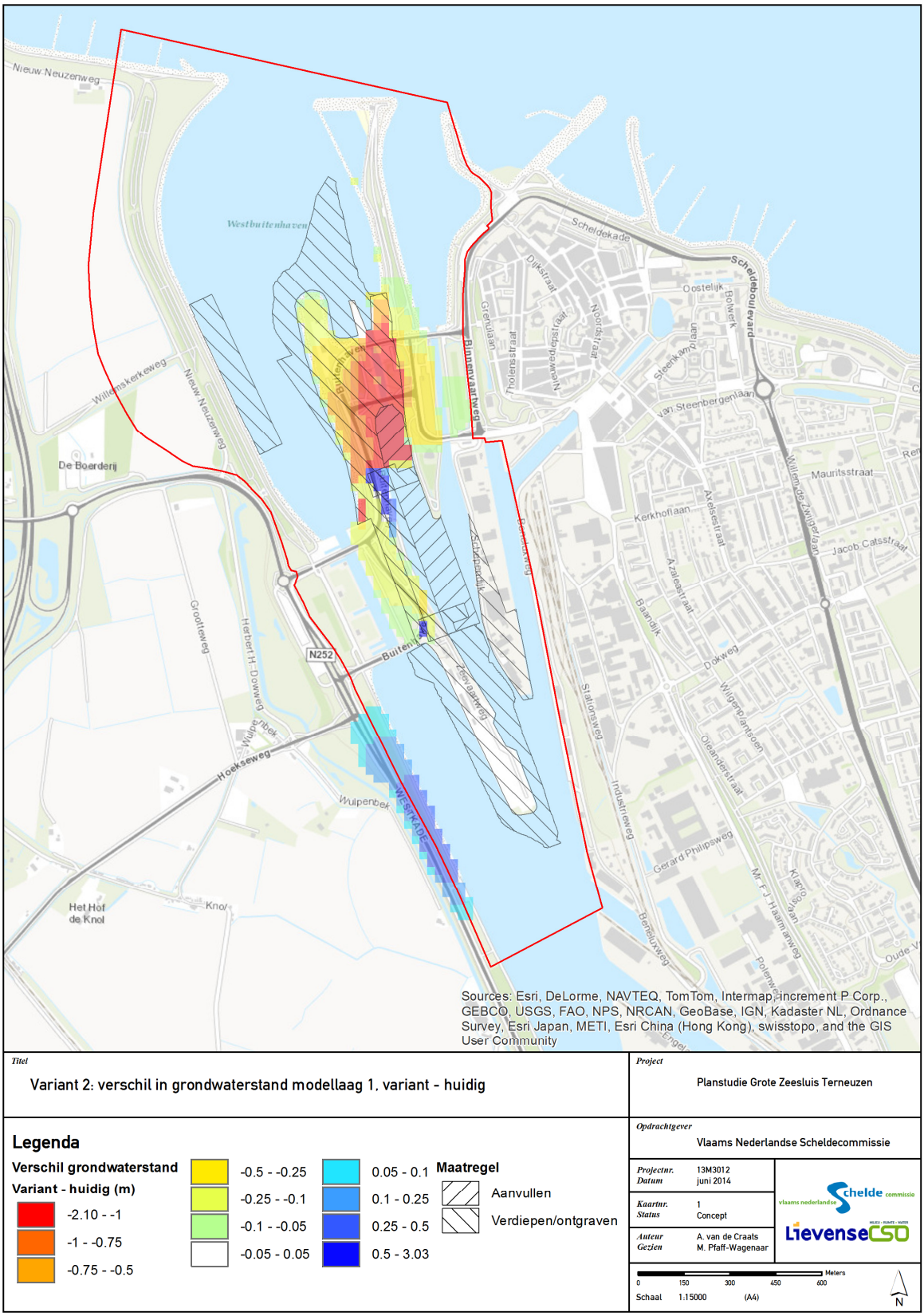
Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Projectnr.	13M3012
Datum	juni 2014
Kaartnr.	1
Status	Concept
Auteur	A. van de Craats
Gezien	M. Pfaff-Wagenaar

Meters: 0 150 300 450 600

Schaal 1:15000 (A4)

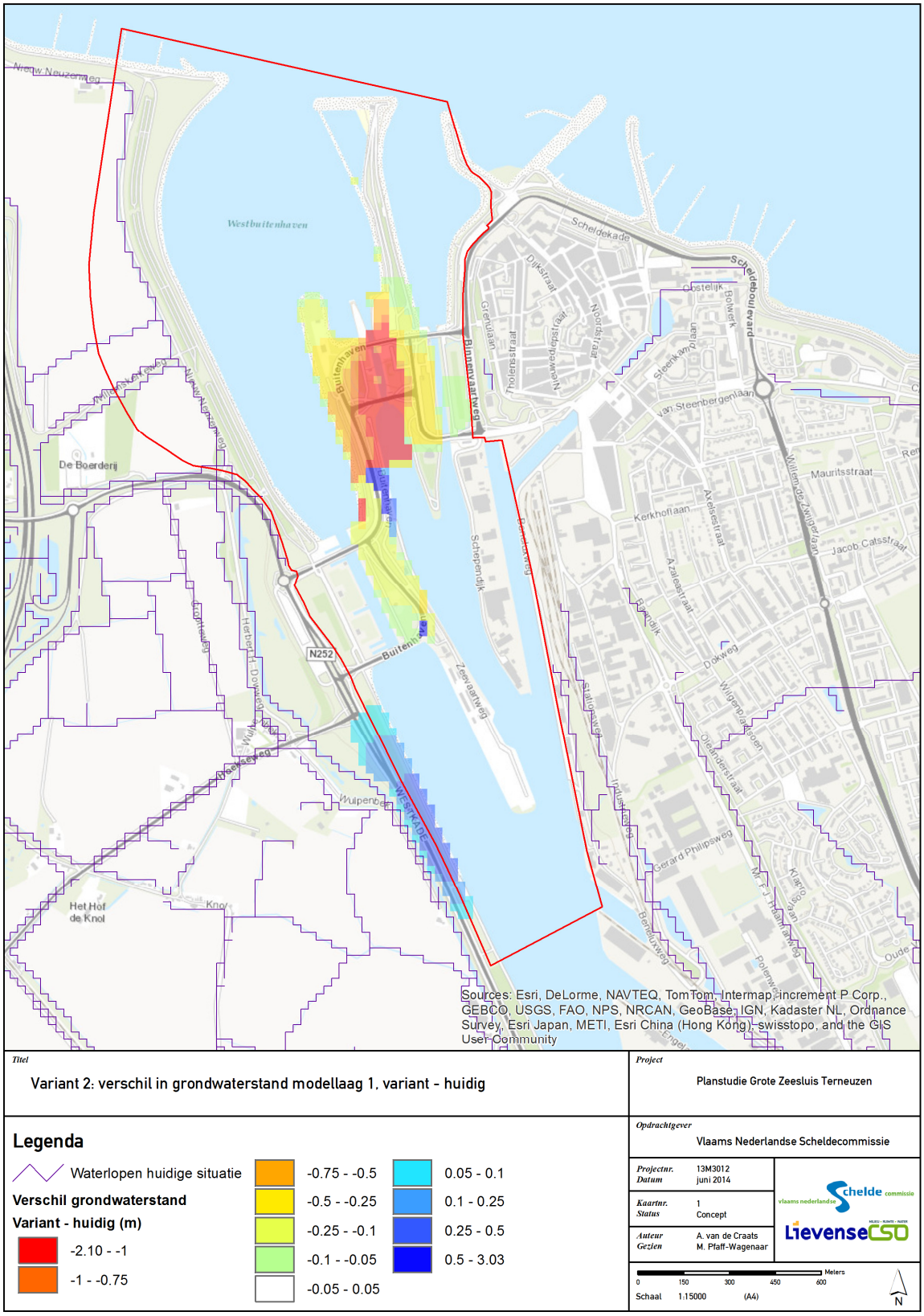
N



Figuur 6-17 Verandering stijghoogte variant 2 in het watervoerend pakket (boven) en aan het maaiveld (onder)

Hieruit blijkt dat de effecten buiten de bouwdelen (de gearceerde vlakken) ruimtelijk en kwantitatief beperkt zijn. De effecten die binnen de bouwdelen worden berekend worden veroorzaakt door verandering van hydraulische weerstand als gevolg van verdiepen of aanvullen van onderwaterbodem. In delen die worden afgegraven is na aanleg het oppervlaktewaterpeil van toepassing. In delen die worden aangevuld wordt nieuw maaiveld met de benodigde ontwatering gerealiseerd. De weergegeven effecten zijn daardoor op deze locaties niet relevant.
De grootste effecten buiten de bouwdelen worden verwacht aan de binnenzijde van de sluis, nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde. Hierbij geldt dat de effecten in het watervoerend pakket veel verder vanaf het kanaal reiken dan de effecten zoals ze aan het maaiveld merkbaar zullen zijn.

Aan het maaiveld is het zelfs zo dat het effect aan de oostzijde minder dan 0,05 meter is en daarom als niet significant kan worden beschouwd. Uit analyse van de ruimtelijke begrenzing van de effecten aan het maaiveld aan de westzijde blijkt dat deze ruimtelijk worden begrensd door de aanwezige waterloop, zoals aangegeven in Figuur 6-18. Uit beide afbeeldingen in Figuur 6-17 blijkt dat de enige significante effecten (> 0,05m) die aan het maaiveld verwacht worden beperkt zijn tot de kering aan de westzijde van het kanaal.



Titel

Variant 2: verschil in grondwaterstand modellaag 1, variant - huidig

Project

Planstudie Grote Zeesluis Terneuzen

Legenda

Waterlopen huidige situatie

Verschil grondwaterstand

Variant - huidig (m)

- -2.10 - -1
- -1 - -0.75
- -0.75 - -0.5
- -0.5 - -0.25
- -0.25 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 3.03

Opdrachtgever Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Projectnr. 13M3012
Datum juni 2014

Kaartnr. 1
Status Concept

Auteur A. van de Craats
Gezien M. Pfaff-Wagenaar

Schaal 1:15000 (A4)

Meters: 0 150 300 450 600

N

Figuur 6-18 Verandering stijghoogte variant 2 aan het maaiveld en de waterlopen van het regionale watersysteem

Variant 3

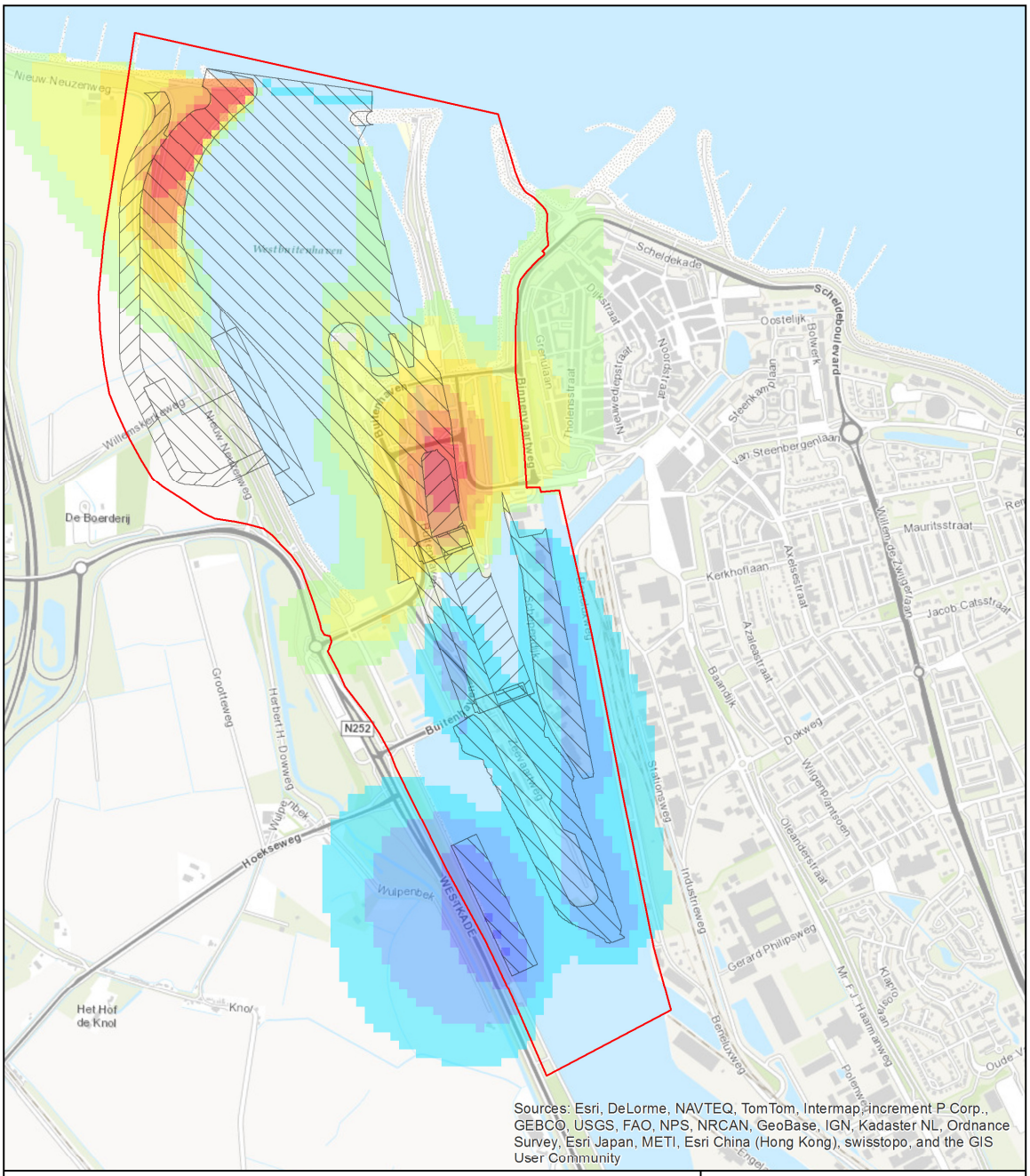
Voor de aanleg van de sluis worden de sluishoofden in deze variant in een droge bouwkuip gerealiseerd. Hiervoor worden damwanden tot in de Boomse Klei geslagen en wordt de afgesloten bouwkuip vervolgens bemalen zodat droog gewerkt kan worden. De tussenliggende kolk wordt doormiddel van onderwaterbeton en damwanden afgesloten en vervolgens leeggepompt. Hierdoor is er tijdens de uitvoering voor de kolk geen bemaling nodig.

Gezien het feit dat voor de aanleg van de sluiskolk geen bemaling nodig is en de bouwkuip voor de hoofden aan de onderzijde wordt afgesloten door de Boomse Klei is er geen effect op de grondwaterstanden in de omgeving te verwachten die specifiek is toe te schrijven aan de uitvoeringsfase van het project.

Door de aanleg van de sluis met bijbehorende voorgestelde verdiepingen/vergravingen aan beide zijden van de sluis wordt de weerstand biedende sliblaag op de bodem van de voorhaven en het kanaal verwijderd. Dit kan wel gevolgen hebben voor de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket en de freatische grondwaterstand, aangezien kwel/infiltratie nu makkelijker kan optreden. Deze effecten zijn qua omvang maximaal direct na afronding van alle verdiepingen, aangezien op dat moment de bodemweerstand minimaal is. Het is de verwachting dat door aanslibbing deze weerstand zich daarna weer zal opbouwen, waardoor de effecten zullen afnemen. Voor het bepalen van de effecten is daarom geen onderscheid gemaakt tussen de uitvoerings- en gebruiksfase, maar is het beschreven moment direct na aanleg aangehouden als “worst-case” moment voor beide fases.

In de beoordelingstabel worden de effecten die specifiek zijn toe te schrijven aan de bouwfase (wel- of geen bemaling) beoordeeld voor de aanleg en worden de beschreven effecten door het verlagen van de bodemweerstand beoordeeld voor de gebruiksfase.

In Figuur 6-19 is de verandering in stijghoogte in het watervoerende pakket onder het kanaal (boven) en aan het maaiveld (onder) gegeven.



Sources: Esri, DeLorme, NAVTEQ, TomTom, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, and the GIS User Community

Titel

Variant 3: verschil in grondwaterstand modellaag 7, variant - huidig

Project

Planstudie Grote Zeesluis Terneuzen

Legenda

Verschil grondwaterstand
Variant - huidig (m)

- -2.10 - -1
- -1 - -0.75
- -0.75 - -0.5
- -0.5 - -0.25
- -0.25 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 3.03

Maatregel

- Aanvullen
- Verdiepen/ontgraven

Opdrachtgever

Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Projectnr.	13M3012
Datum	juni 2014
Kaartnr.	1
Status	Concept
Auteur	A. van de Craats
Gezien	M. Pfaff-Wagenaar

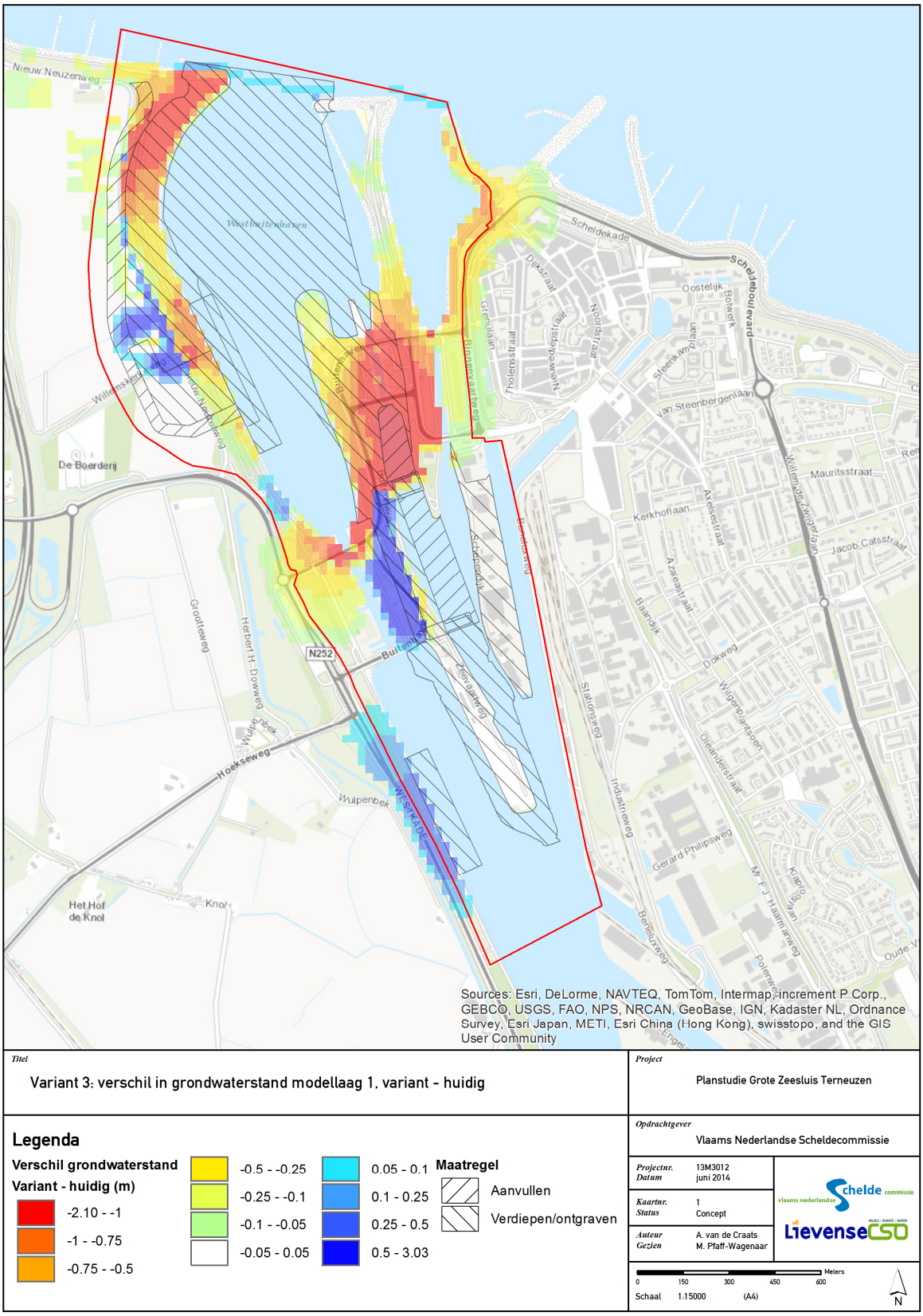
Schelde commissie vlaams nederlandse

LievenseCSO MILIEU · RUIMTE · WATER

0 150 300 450 600 Meters

Schaal 1:15000 (A4)

N



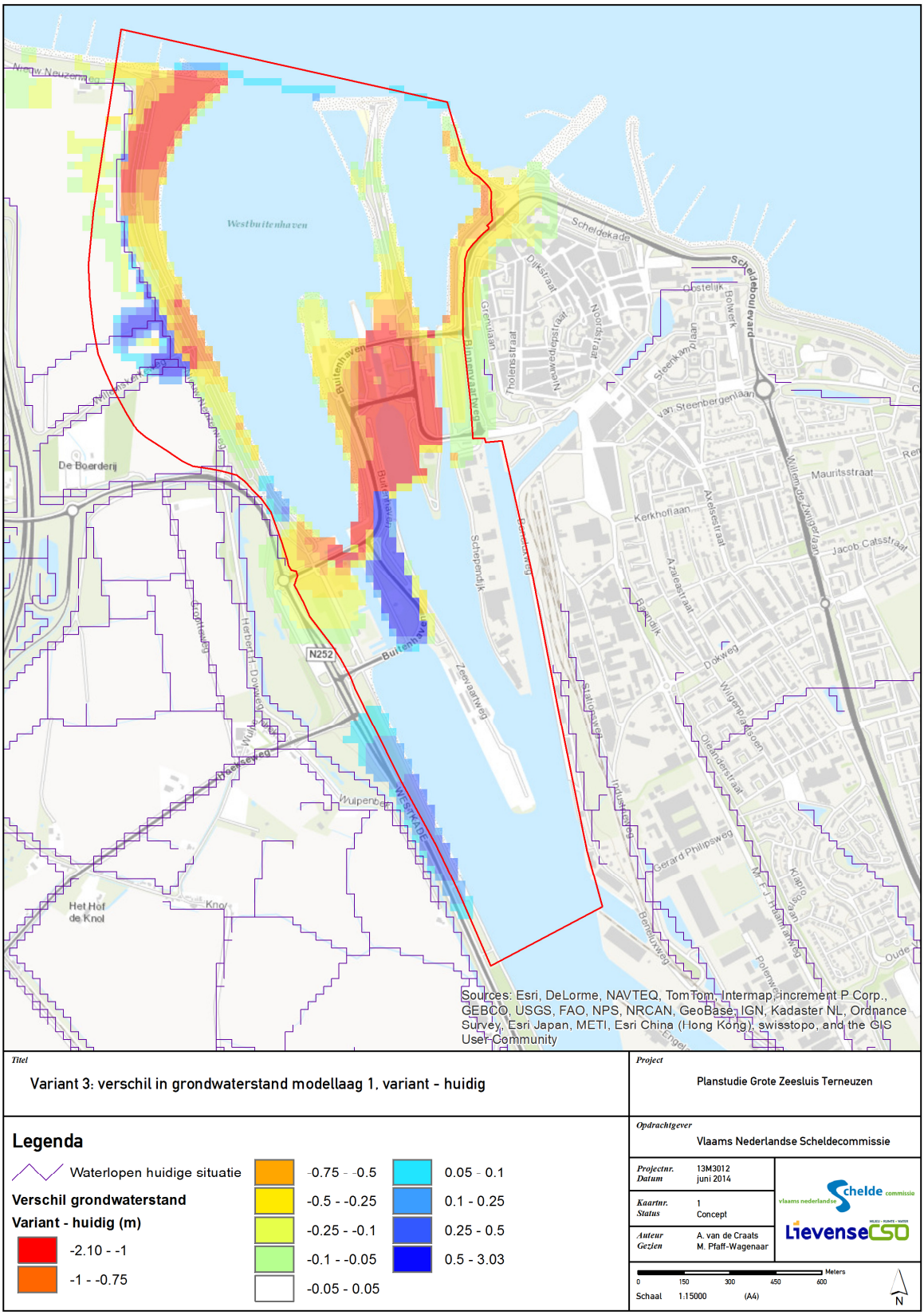
Figuur 6-19 Verandering stijghoogte variant 3 in het watervoerend pakket (boven) en aan het maaiveld (onder)

Hieruit blijkt dat de meeste en grootste effecten binnen de bouwdelen (de gearceerde vlakken) worden verwacht. Deze effecten worden veroorzaakt door verandering van hydraulische weerstand als gevolg van verdiepen of aanvullen van onderwaterbodem. In delen die worden afgegraven is na aanleg het oppervlaktewaterpeil van toepassing. In delen die worden aangevuld wordt nieuw maaiveld met de benodigde ontwatering gerealiseerd. De weergegeven effecten zijn daardoor op deze locaties niet relevant.

De effecten buiten de bouwdelen kunnen worden opgedeeld in de verwachte grondwaterstandsverhoging aan de binnenzijde van de sluis en de verwachte grondwaterstandsverlaging in een deel van Terneuzen en nabij de westelijke havenmond.

De grondwaterstandsverhoging wordt net als in variant 1 en 2 verwacht nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde. Hierbij geldt dat de effecten in het watervoerend pakket veel verder vanaf het kanaal reiken dan de effecten zoals ze aan het maaiveld merkbaar zullen zijn. Uit analyse van de ruimtelijke begrenzing van de effecten aan het maaiveld blijkt dat deze ruimtelijk worden begrensd door de aanwezige waterlopen, zoals aangegeven in Figuur 6-20. Uit beide afbeeldingen blijkt dat de enige significante verhoging (> 0,05m) die aan het maaiveld verwacht worden beperkt zijn tot de keringen langs de westzijde van het kanaal.

De verwachte grondwaterstandsverlaging concentreert zich bij beide havenmonden, waarbij opvalt dat de effecten aan het maaiveld aan de oostzijde sterker zijn dan in het watervoerende pakket. Aan de westzijde zijn de effecten aan het maaiveld juist beperkt in vergelijking tot de effecten in het watervoerende pakket. Voor beide zijden geldt dat de effecten tot voorbij de kering reiken en dus ook de kering zelf betreffen.



Figuur 6-20 Verandering stijghoogte variant 3 aan het maaiveld en de waterlopen van het regionale watersysteem

Gezien de beperkte verandering in freatische grondwaterstanden en stijghoogtes in het 1e watervoerend pakket (zowel kwantitatief als ruimtelijk) wordt geen verandering in het grondwaterstromingspatroon verwacht. De kweldruk naar het freatisch pakket en de watergang direct langs het kanaal kan aan de oostzijde van het kanaal licht toenemen op de plaatsen waar in Figuur 6-20 een verandering van de freatische grondwaterstand zichtbaar is. Deze effecten zijn zeer beperkt. De kweldruk kan licht afnemen ten oosten van het sluizencomplex en ten westen van de buitenhaven waar in Figuur 6-16 een verlaging van de freatische grondwaterstand zichtbaar is.

Geotechnische interpretatie effecten

Geotechnisch onderzoek naar aanleiding van de resultaten van de effectberekeningen maakt geen deel uit van de vergelijking van de varianten. Aangezien voor alle varianten het merendeel van de verwachte freatische grondwaterkwantiteit effecten zich in en om de kern- en beschermingszone van de keringen bevinden is dit voor de varianten niet onderscheidend. Wel zijn voor de effectbeoordeling van de voorkeursvariant de afgeleide geotechnische effecten op de dijk en eventuele andere bebouwing als gevolg van effecten op de grondwaterkwantiteit bepaald.

6.3.3 Doorkijk naar grondwater in een situatie met kanaalaanpassingen

Verzilting

In de milieutoets uit de verkenning (Arcadis, 2009) werd door verzilting van het kanaal bij aanleg van een nieuwe sluis een aanzienlijk verziltend effect op het grondwater verwacht. Geen rekening werd gehouden met de aanwezigheid van zoetwaterlenzen. In de huidige studie is gebleken dat zowel grotere zoetwaterlenzen tot vele meters diepte als kleinere ondiepe zoetwaterlenzen onder percelen aanwezig zijn en dat deze door de aanleg van de sluis en verzilting van het kanaal niet worden beïnvloed. De effecten van verzilting op het grondwater, die in de milieutoets werden verwacht tot in het ondiepe grondwater, worden daarom in de huidige studie niet langer verwacht.

Verdiepen van het kanaal leidt volgens de milieutoets tot een afname van de infiltratieweerstand en verbreding van het kanaal tot een toename van het infiltratieoppervlak. Samen met de verzilting van het kanaalwater resulteert dit in verzilting van het diep en ondiep grondwater. Door de traagheid van grondwaterstroming zal een nieuw evenwicht zich pas na tientallen jaren instellen. Dit effect werd matig negatief beoordeeld voor de Nederlandse kanaalzone en neutraal voor de Vlaamse kanaalzone.

De toename van stijghoogtes en kweldruk die in de verkenning benoemd is ten gevolge van kanaalverbreding en –verdieping leidt tot een afname van de in de kanaalzone aanwezige zoetwaterlenzen, die niet in de verkenning benoemd zijn. Door de afname van de omvang van zoetwaterlenzen werkt verzilting door tot in het ondiepe

grondwater. De matig negatieve beoordeling voor verzilting uit de verkenning wordt op basis van de nieuwe inzichten over zoetwaterlenzen niet bijgesteld.

Stijghoogten en grondwaterstanden
De aanleg van de Nieuwe Sluis heeft in de gebruiksfase, zoals uit de voorgaande paragrafen is gebleken, alleen rondom het sluizencomplex effect op stijghoogtes en kwel. Kanaalverdieping en/of –verbreding heeft juist effect op de stijghoogtes en kwel in de kanaalzone. Overlap van effecten kan er zijn aan de kanaalzijde direct ten zuiden van het sluizencomplex. In de milieutoets uit de verkenning (Arcadis, 2009) zijn de effecten op grondwater van kanaalverdieping en –verbreding beoordeeld. Voorzien werd dat de stijghoogteveranderingen beperkt zouden zijn in grootte en enkel langs het kanaal worden waargenomen. In Nederland werd een vernatting (tegen het kanaal tot iets meer dan 1,5 m toename van de stijghoogte) verwacht. Deze vernatting werd in gebieden met hoge natuurwaarden positief beoordeeld en in de overige zones licht negatief tot neutraal. In Vlaanderen werd zeer lokaal grondwaterdaling verwacht in industriegebied. Dit is licht negatief beoordeeld.

6.4 Mitigerende en/of compenserende maatregelen Grondwater en Regionaal watersysteem

Chloridegehalte Canisvlietse kreek
Ten gevolge van de aanleg van de Nieuwe Sluis neemt het chloridegehalte van Kanaal Gent-Terneuzen toe in variant 2 en 3. In de passende beoordeling (Boudewijn *et al.*, 2014) en het deelrapport natuur (Verbeek *et al.*, 2014) is een mitigerende maatregel (het afvoeren van relatief brak water uit het dieptste deel van de kreek) opgenomen om effecten op het chloridegehalte van de Canisvlietse kreek te voorkomen.

7 Voorkeursvariant

7.1 Beschrijving voorkeursvariant

Figuur 7-1: Schets van voorkeursvariant

Op basis van onderzoeksresultaten en financiële randvoorwaarden is besloten de voorkeursvariant op te bouwen uit verschillende elementen van de onderzochte varianten. Ruimtelijk gezien is variant 2 als basis genomen. Argumenten bij deze keuze zijn dat het scheepvaartverkeer in variant 1 niet optimaal wordt gefaciliteerd. In de Westbuitenhaven kunnen grote schepen elkaar niet passeren, waardoor in de toekomst als er meer grote schepen gebruik maken van deze vaarroute knelpunten kunnen ontstaan. De nauwe invaart voor de Oostsluis, waardoor een duwkonvooi met 2x2 bakken naast elkaar, klasse VIb-schepen, geen gebruik kan maken van de Oostsluis past niet in de beleidsdoelstelling van het Rijk. In de SVIR is de ambitie uitgesproken om alle hoofdvaarwegen die belangrijke zeehavens met het achterland verbinden geschikt te maken voor klasse VIb-schepen. Daarnaast zijn de kromme roldeuren uit variant 1 minder betrouwbaar en is de variant veel duurder.

De voordelen voor de scheepvaart van de verbreding van de Westbuitenhaven, met verlegging van de primaire waterkering, in variant 3 zijn beperkt. Daarom is geoordeeld dat de extra kosten en

milieueffecten van de verlegging van de primaire waterkering niet opwegen tegen de meerwaarde voor de nautische toegankelijkheid. Ook is de het voor de nautische dienstverlening niet noodzakelijk om de primaire waterkering te verleggen. In de voorkeursvariant is de sleepboothaven gesitueerd aan de oostzijde van de buitenvoorhaven. De verlegging van de westelijke waterkering van de Westbuitenhaven is niet opgenomen in de voorkeursvariant. Wel is een verdieping van de voorhaven en verruiming van de invaart (havenmond oostzijde onder water en westzijde zowel boven- als onderwater) opgenomen in de voorkeursvariant. Deze maatregelen dragen bij aan het vlotter en veiliger afwikkelen van de zeevaart.

Dit maakt dat de voorkeursvariant ruimtelijk het meest lijkt op variant 2. Bij de invulling van overige bouwstenen is gebruik gemaakt van bouwstenen uit de varianten 1 en 3.

7.1.1 Sluiskolk

De ligging en oriëntatie van de Nieuwe Sluis is zo optimaal mogelijk gekozen voor het maatgevende schip na kanaalaanpassingen, zodat de sluis toekomstvast is. Na analyse van de technische studies blijkt dat zeevaart en binnenvaart conflicteren. De ligging van de Nieuwe Sluis is daarom een compromis waarbij zowel met de belangen van de zeevaart als met de binnenvaart rekening is gehouden. Dit is hieronder nader toegelicht.

Het oppervlak van de sluiskolk is reeds vastgelegd in het Politiek besluit. Dat is 427m x 55m x 16m (lxbxd). Deze maten zijn in het MER niet nader onderzocht. De netto maten zijn kleiner. Er is ruimte nodig om de waterstromen van het nivelleren van de sluiskolk rond de schepen te leiden. De maten van de sluiskolk zijn 427m lengte tussen één binnendeur en één buitendeur. De breedte is 55m tussen de muren. De diepte van de kolkdrempel ligt op 16,44m –NAP en de diepte van de kolk op 17m – NAP voor de nivelleerstromen.

De locatie van de sluis heeft grote samenhang met de snelheid waarmee schepen de sluis kunnen naderen, en daarmee met capaciteit. Het onderzoek naar de in- en uitvaart van de schepen van de sluis is uitgevoerd met verschillende grote schepen, waaronder het grootste schip dat na oplevering van de sluis kan varen, en het grootste schip dat na aanpassingen op het kanaal naar de Kanaalzone kan. In de noord-zuidrichting is weinig marge. Hierin verschilt de voorkeursvariant niet van de varianten 1, 2 en 3. Een noordelijker ligging leidt tot minder tijd voor het stoppen en oplijnen van de schepen in de buitenhaven. Dit maakt het nodig dat langzamer wordt gevaren om in alle gevallen op tijd te kunnen stoppen. Situaties van harde wind en stroming worden bij een kortere lengte om te manoeuvreren eerder als te onveilig voor het naderen van de sluis beoordeeld. Een zuidelijker ligging leidt tot problemen aan de kanaalzijde. De invaart van de Nieuwe Sluis met grote schepen conflicteert in dat geval met de invaart van de Oostsluis. Dit leidt ook tot een vermindering van de capaciteit van het complex.

In oost-west richting is ook geen marge. Op basis van doelbereik is gekozen voor rechte roldeuren. Deze hebben de grootste bijdrage aan het doelbereik op het gebied van robuustheid van het sluizencomplex. Rechte roldeuren ten westen van de sluiskolk van de Nieuwe Sluis zijn geen optie, omdat de invaart van de Nieuwe Sluis dan tot problemen leidt in combinatie met verkeer van en naar de Oostsluis, zelfs als de binnenhaven van de Oostsluis wordt verruimd door afgraven van de Schependijk. Hiermee is de ligging van de sluiskolk gelijk aan variant 2.

Er is gekozen voor zowel in het buitenhoofd als in het binnenhoofd twee sluisdeuren. Voor onderhoud aan een deur, of in het geval dat een deur is aangevaren, kan met de andere deur het schutproces worden voortgezet. Dit voorkomt stremming van de Nieuwe Sluis. Ook geeft twee deuren aan beide zijden van de sluis een extra waarborg voor hoogwaterveiligheid.
De oriëntatie van de Nieuwe Sluis is zodanig dat er een zo recht mogelijke invaart is vanuit het kanaal. Daarom is de sluiskolk 5° gedraaid ten opzichte van de Westsluis. Bij een draaiing van 5° is het niet mogelijk de Middensluis te behouden.

De ruimtelijke ligging van de deuren en de sluiskolk van de Nieuwe Sluis in de voorkeursvariant maakt het noodzakelijk dat de Schependijk gedeeltelijk wordt afgegraven om de binnenhaven van de Oostsluis voldoende breed te houden. De afgraving van de Schependijk is gelijk aan variant 2.

7.1.2 Buitenhaven

Verbreding van de buitenhaven is niet nodig voor vlot en veilig gebruik van de Westsluis en de Nieuwe Sluis. Daarom wordt de westelijke havendijk niet verplaatst. Daarmee is de buitencontour van de buitenhaven gelijk aan variant 2.

Verdieping van de buitenhaven is noodzakelijk om grote schepen te kunnen faciliteren. Vanuit de doelstelling robuustheid wordt gekozen de verdieping nu al op te nemen in de voorkeursvariant, zodat schepen met een diepgang van 12,5 m tijonafhankelijk van het sluizencomplex gebruik kunnen maken. De buitenhaven wordt verdiept tot een nuttige diepte van 16,44 m -NAP. De verdieping vindt over de volledige breedte van de buitenhaven plaats, zodat er voldoende vaardiepte is voor schepen uit de Westsluis en de Nieuwe Sluis om elkaar te passeren. De verdieping blijft buiten de invloedszone van de waterkering aan de westzijde van de buitenhaven.

Niet alleen de diepte van de buitenhaven bepaalt in welk deel van het tijvenster schepen gebruik kunnen maken van het sluizencomplex. Ook de invaart vanaf de Westerschelde is een belangrijk issue. Schepen moeten vanaf de Westerschelde de buitenhaven indraaien, onder invloed van wind en getij. Een verbreding van de havenmond is noodzakelijk voor een vlotte en veilige invaart van schepen met een

diepgang van 12,5 m onder maximale stroomcondities. Aan de westzijde van de havenmond wordt de verbreding boven- en onderwater uitgevoerd. Aan de oostzijde wordt het talud steiler gemaakt, zodat onderwater een verbreding plaatsvindt, zonder dat de landtong boven water korter wordt. Daardoor blijft de hoogwatervluchtplaats behouden. De totale verbreding is 70 m onderwater op het diepste punt. Op maaiveldhoogte is de verbreding 110 m aan de westzijde. Deze verbreding is ook geschikt om in de toekomst maatgevende schepen met een diepgang van 14,5 m vlot en veilig in te laten varen binnen het tijvenster.

In de buitenhaven worden wacht- en opstelplaatsen voor de binnenvaart gemaakt, zodat de binnenvaart gebruik kan maken van de Westsluis en Nieuwe Sluis. In de buitenhaven komen wacht- en opstelplaatsen voor circa 15 binnenvaartschepen langs de westelijke havendijk. Deels langs de dijk, deels aan palen met een remmingswerk. Alle ligplaatsen in de buitenhaven worden op het talud van de westelijke havendijk gerealiseerd. Hiervoor wordt het talud van de westelijke havendijk steiler gemaakt, zodat de ligplaatsen niet in de vaarweg naar de Westsluis liggen.

De wacht- en opstelplaatsen kunnen ook worden gebruikt als overnachtingsplaats voor binnenvaartschepen. Door het realiseren van overnachtingsplaatsen kan efficiënter van het sluizencomplex gebruik worden gemaakt. Binnenvaartschepen kunnen in de nieuwe situatie ook ’s avonds worden geschut en vervolgens afmeren in de buitenhaven. Dit beperkt de drukte in de ochtend. De ligplaatsen hebben geen voorzieningen om de wal te bereiken of voorzieningen voor walstroom.

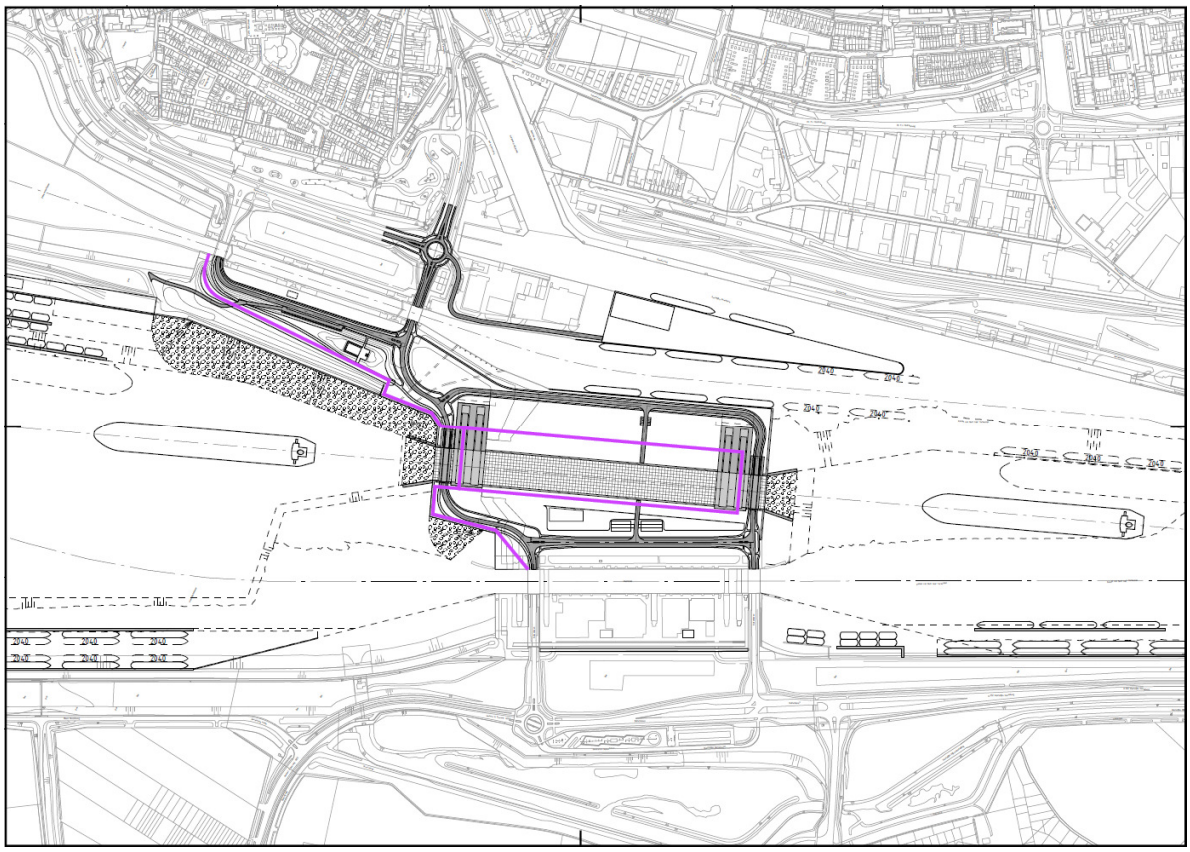
Voor de zeeschepen wordt een noodsteiger aan de oostzijde in de buitenhaven gemaakt. Hier kunnen schepen met een maximale diepgang van 12,5 m afmeren. Naast deze noodsteiger wordt een sleepboothaven gerealiseerd. In deze haven is plaats voor 15 sleepboten, en is de mogelijkheid voor een aanlegplaats die bereikbaar is voor hulpdiensten. De ingang van de sleepboothaven zit aan de zuidzijde. De sleepboten liggen op deze manier beschut tegen de golven in de buitenhaven.

7.1.3 Inrichting sluizencomplex

De huidige waterkering wordt vanaf de Oost- en Westsluis verbonden met de Nieuwe Sluis. Tussen de noordzijde Westsluis en de Nieuwe Sluis wordt een harde kering aangelegd met een hoogte van 8,50 m +NAP, die aansluit op het sluisplateau. Aan de oostzijde van de Nieuwe Sluis gaat deze over in een groene waterkering met een hoogte van 9,75 m +NAP. Aan de buitenzijde van deze waterkering wordt een damwand geplaatst omdat er onvoldoende ruimte beschikbaar is voor een talud. Deze groene waterkering sluit aan de oostzijde aan op de keermuur bij de Oostsluis.
Bij de Nieuwe Sluis zijn zowel het binnenhoofd als het buitenhoofd onderdeel van de primaire kering. Het binnenhoofd krijgt een hoogte

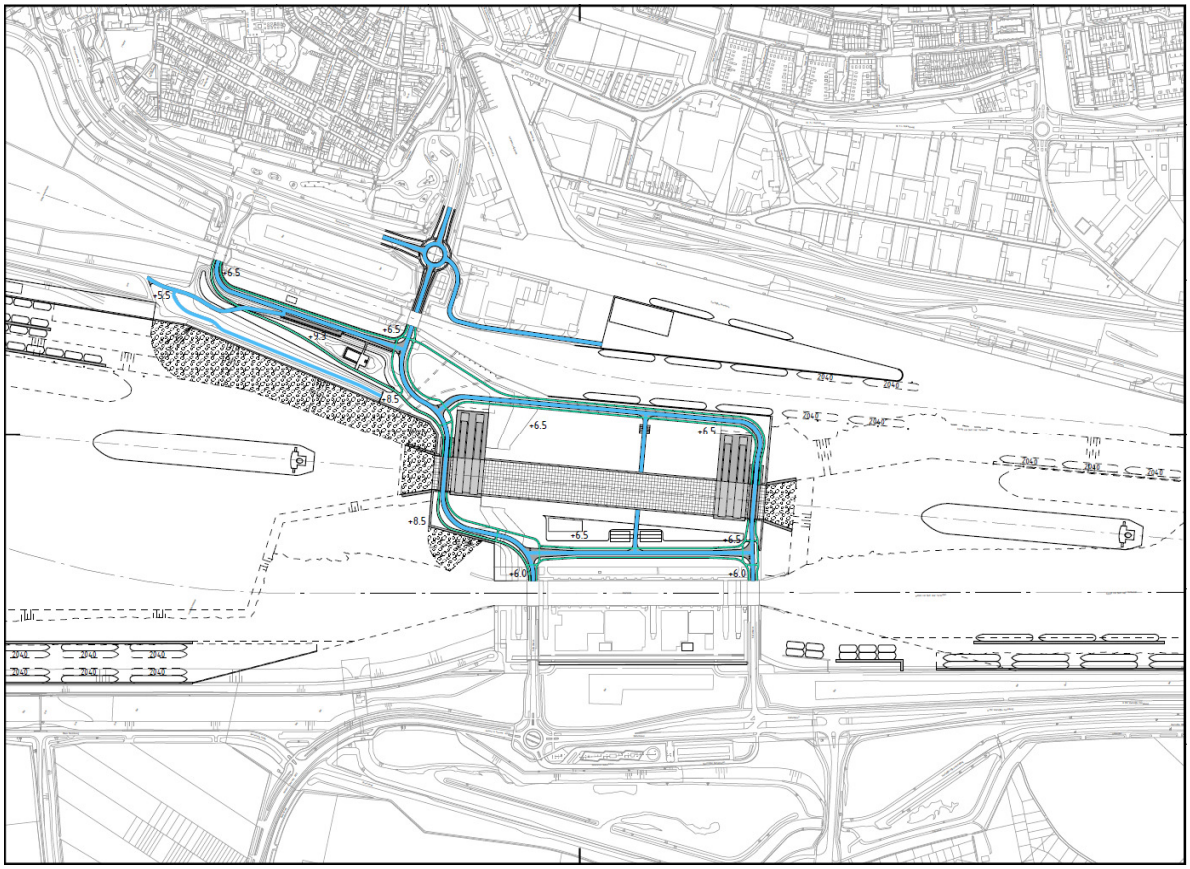
van 6,30 m +NAP. De waterkering rond de Nieuwe Sluis verloopt dus van 8,50 m +NAP aan de buitenzijde tot 6,30 m +NAP aan de binnenzijde. De weg rond de sluiskolk ligt op de waterkering.

De weg ten westen van de Oostsluis ligt binnen de primaire kering. De brug ligt buiten de deuren. Dat betekent dat de weg daar buiten de primaire kering ligt. De kruisingen van de weg met de waterkering zijn zichtbaar in de tekening.



Figuur 7-2 Ligging waterkering in VKV (paars)

De wegenstructuur op het sluizencomplex wordt ingericht zoals in de tekening is opgenomen. Alle wegen worden ingericht op 50 km/u. De hoofdroute loopt langs het noordelijke sluishoofd van de Westsluis en de Nieuwe Sluis en langs het zuidelijke sluishoofd van de Oostsluis. De hoofdroute is de kortste route die over het complex mogelijk is en is vormgegeven als een voorrangsweg ten opzichte van de overige wegen op het sluizencomplex. Wanneer één van de bruggen in de hoofdroute geopend is, zal het wegverkeer gebruik moeten maken van een nevenroute. Deze wegen worden duidelijk ingericht als secundair ten opzichte van de hoofdroute. Met dynamische bebording wordt het gemotoriseerd wegverkeer en fietsverkeer naar de juiste brug geleid.



Figuur 7-3 Ligging droge infrastructuur
Blauw – wegen
Groen - fietspaden

De kruising waar hoofd- en nevenroute elkaar kruisen tussen de Oostsluis en de Nieuwe Sluis, wordt vormgegeven als twee T-kruisingen. Verkeer wordt zo actief ontmoedigd om van de nevenroute gebruik te maken als de hoofdroute beschikbaar is. De kruisingen ten westen van de Nieuwe Sluis worden ook als een T-kruising vormgegeven.

Er worden vrijliggende fietspaden aangelegd aan weerszijden van de weg. Langs de buitenhaven worden fietspaden met 2 rijrichtingen aan de buitenkant van de weg gelegd. Zo hebben de fietsers het beste zicht op de scheepvaart in de buitenhaven. Ook wordt met deze route invulling gegeven aan de voorgestelde mitigerende maatregel voor verkeersveiligheid, om kruisingen tussen snel en langzaam verkeer te minimaliseren. Fietsers hebben bij iedere kruising voorrang op het gemotoriseerd wegverkeer. Voor voetgangers worden wandelpaden aangelegd. Deze zijn gescheiden van de fietspaden. Op de bruggen bestaat de scheiding tussen voetgangers en fietsers ten minste uit belijning. Op de bruggen wordt het wegverkeer fysiek gescheiden van fietsers.

De bruggen over de sluiskolk van de Nieuwe Sluis worden vergelijkbaar met de bruggen over de Oost- en de Westsluis: basculebruggen met 1 val. De bruggen worden buiten de deuren geplaatst. Zo is er het

minste kans op aanvaren van de bruggen. De brugconstructie bestaat uit een vakwerkconstructie, vergelijkbaar met de bruggen van de Westsluis.

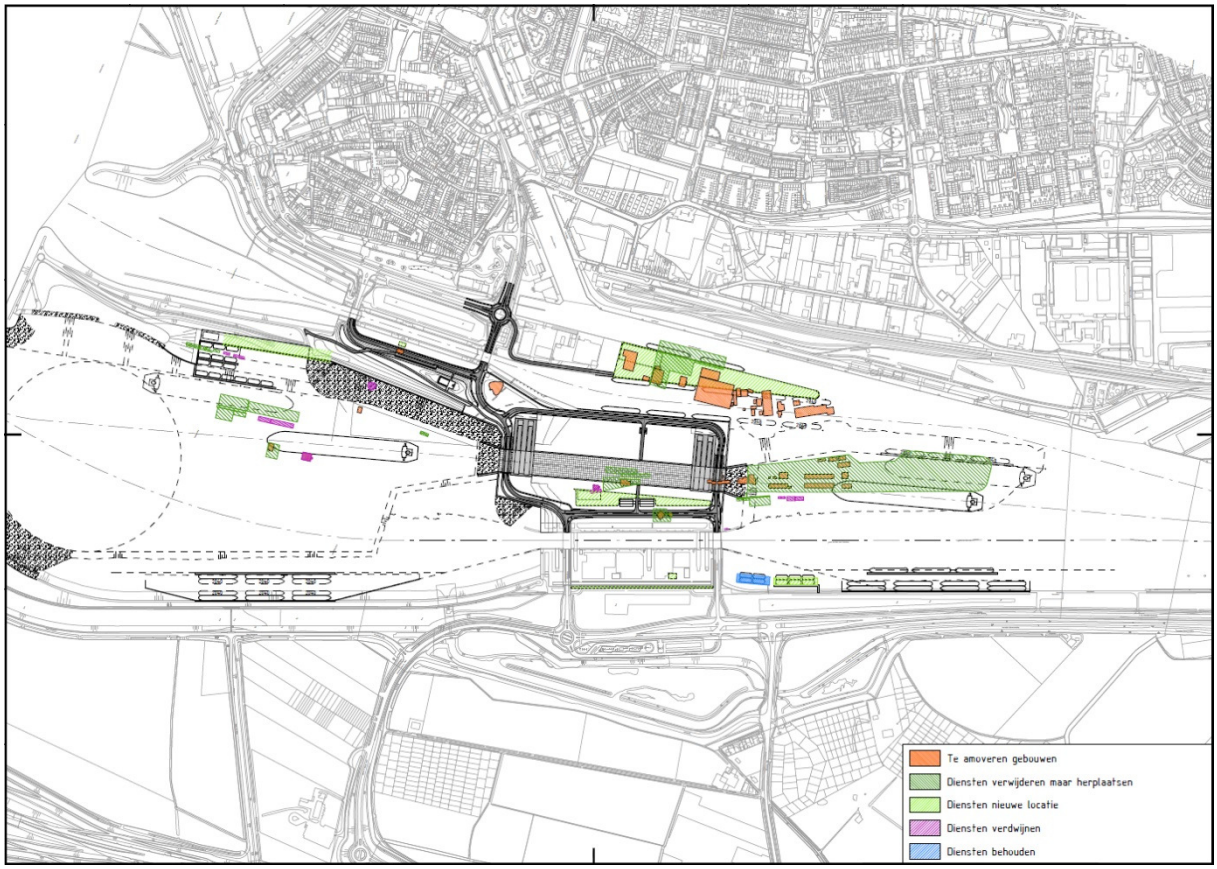
De diensten op het sluizencomplex worden ontsloten via de nevenroutes. De hoofdroute wordt zo niet belast met afslaand verkeer naar een van de diensten.

Op het sluiscomplex wordt ruimte gemaakt voor de sluisgebonden diensten. Dit zijn:

- Sleepdiensten. Naast de sleepboothaven in de buitenhaven is de mogelijkheid aanwezig voor opslag van materialen ten behoeve van de sleepdiensten.
- Bootslieden en de loodsen (Nederlands loodswezen). Hiervoor worden voorzieningen gerealiseerd tussen de Westsluis en de Nieuwe Sluis. Tijdens de aanlegfase wordt een tijdelijke voorziening aangelegd ten westen van de Westsluis.
- Opslag Rijkswaterstaat t.b.v. onderhoud en beheer sluiscomplex. De materialen die over water aan- en afgevoerd moeten worden, zoals de reservedeuren voor de Oostsluis, worden gesitueerd op de Schependijk. Voor de overige materialen worden opslagvoorzieningen gerealiseerd tussen de sluizen, en ten westen van de Westsluis. Ten westen van de Westsluis wordt ook de nieuwe noodstroomvoorziening aangelegd.

Alle overige functies die binnen het huidige complex aanwezig zijn worden geamoveerd.

Zoals in het hoofdstuk natuur is aangegeven is er 3 ha schraal grasland voor orchideeën nodig voor de natuurcompensatie voor de Flora en Faunawet (zie deelrapport Natuur). Dit grasland wordt ingepast op het complex, onder meer ten westen van de Nieuwe Sluis en ten oosten van de Oostsluis. Dit gebied kan ook dienen als habitat voor rolklaver en de vijfvlek-sint-jansvlinder.



Figuur 7-4 Sluisgebonden diensten: huidige locaties en hervestiging, en overige diensten

7.1.4 Binnenhaven

Om de Westsluis beter geschikt te maken voor de afwikkeling van binnenvaart, worden ook aan de kanaalzijde wacht- en opstelplaatsen aangelegd. Deze worden aan de westzijde van het kanaal gelegd en bieden ruimte voor circa 15 binnenvaartschepen. Hiervoor wordt het kanaal ter plaatse van de ligplaatsen verbreed door het talud af te graven en een damwand te plaatsen. De ligplaatsen komen op deze wijze buiten de vaarweg te liggen.

Direct ten zuiden van de Westsluis wordt aan de kanaaloever een extra steiger aangelegd voor de sleepboten die in de huidige situatie aan de Zeevaartweg kunnen afmeren. In totaal kunnen hier circa 10 sleepboten afmeren.

Door het gedeeltelijk afgraven van de Schependijk en het verwijderen van de landtong Zeevaartweg verdwijnen wacht- en opstelplaatsen voor de Oostsluis. Aan de Schependijk worden nieuwe mogelijkheden aangelegd om af te meren voor circa 6 binnenvaartschepen. Op termijn kunnen circa 4 extra wacht- en opstelplaatsen worden gecreëerd in het verlengde van de Schependijk en langs de noodsteiger van de Nieuwe Sluis.

Er worden geen specifieke overnachtingsplaatsen gecreëerd. Wel wordt het mogelijk om wacht- en opstelplaatsen aan de westzijde van het

kanaal 's nachts in te zetten als overnachtingsplaatsen. Aan de kanaalzijde gaat het om circa 4 overnachtingsplaatsen. Deze plaatsen hebben geen voorzieningen zoals walstroom of afloopvoorzieningen.

Er wordt een noodsteiger voor de zeeschepen aan de oostzijde van de vaarweg naar de Nieuwe Sluis gemaakt. Wanneer een schip ligt afgemeerd aan deze noodsteiger, ligt het schip deels in de vaarweg naar de Nieuwe Sluis. Omdat de noodsteiger alleen in het geval van calamiteiten wordt gebruikt, is dit geen probleem.

7.1.5 Waterbeheer

Wanneer het kanaalpeil hoger wordt dan het vastgestelde peil, wordt kanaalwater gespuid via de sluisdeuren. In de aansturing van de verschillende functies van het sluiscomplex (operationeel concept) wordt het spuien zo georganiseerd dat dit tot minimale hinder voor scheepvaart zal leiden. Ook wanneer het kanaalpeil lager wordt dan het gestelde peil zullen de kolken zo worden benut voor de scheepvaart dat er minimaal verlies aan kanaalwater zal zijn, bij voorbeeld door te schutten bij minimaal verhang.Wanneer in droge perioden het kanaalpeil ondanks deze maatregelen toch te ver daalt, kan er niet gevaren worden op het kanaal en wordt het complex gestremd.
Het nivelleren van de waterstanden in de sluiskolk is onafhankelijk van het spuisysteem. Hiervoor worden schuiven in de sluisdeuren gebruikt. Er worden geen omloopriolen aangelegd.

Indien geen aanvullende maatregelen worden getroffen kan de aanleg van de Nieuwe Sluis negatieve effecten hebben op de Kaderrichtlijn Water GEP (goed ecologisch potentieel) waarde van 3000 mg/l chloride gemeten aan het wateroppervlak bij Sas van Gent op het Kanaal van Gent naar Terneuzen. De kans is dan aanwezig dat het zoutgehalte door aanleg van de Nieuwe Sluis zonder aanvullende maatregelen in droge zomers boven de genoemde GEP waarde gaat uitstijgen. Om deze mogelijke negatieve effecten op op de vastgestelde KRW chloridedoelstelling op het Kanaal te voorkomen wordt het volgende pakket maatregelen getroffen:

1. Met oog op het beperken van het zoutbezwaar (of voorkomen van verdergaande verzilting) ten gevolge van het gebruik van de Nieuwe Sluis Terneuzen handelt Vlaanderen conform artikel 32 van het verdrag van 1960, met de aanpassingen zoals beschreven in artikel 1 van de overeenkomst tot wijziging uit 1985 door het nemen van passende maatregelen.
2. Daarnaast wordt het schutbedrijf, in functie van minimale wachttijden, optimaal spuien en gecontroleerde zoutindringing, zodanig geoptimaliseerd, dat indien uit de monitoring blijkt dat het chloridegehalte van de KRW-doelstelling overschreden dreigt te gaan worden, het chloridege-halte binnen de gestelde normen blijft. Een nieuw op te richten werkgroep met Vlaamse en Nederlandse experts (waaronder de beheerder) zal over deze optimalisatie advies verlenen waarbij zij ook moeten beoordelen of het bestaande monitoringsnetwerk daartoe voldoet of dat het uitgebreid moet worden.
3. Er wordt in de realisatiefase een budgetvoorziening van 10

miljoen euro als risicoreservering opgenomen. Geborgd wordt dat ook na realisatie van de Nieuwe Sluis een bedrag beschikbaar blijft gedurende een periode van 5 jaar vanaf het moment dat de Nieuwe Sluis in gebruik wordt genomen. Deze laatste reservering zal binnen de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, in de lijn van het verdrag uit 2005 inzake de samenwerking op het gebied van het beleid en het beheer van het Schelde-Estuarium worden geregeld. Het gereserveerde bedrag kan gebruikt worden om onderzoek te doen naar de effecten van (innovatieve) alternatieve zoet-zout-scheidingsmaatregelen. Indien daaruit blijkt dat een maatregel effectief is en de bovengenoemde maatregelen geen of te weinig effect hebben, kan zo'n voorziening daaruit worden bekostigd.

4. Vanuit de stuurgroep NST wordt aan de VNSC verzocht om de werkgroep "Agenda voor de toekomst" een aanvullend onderzoek naar de optimale zoetwaterverdeling in het Schelde-stroomgebied tijdens droge perioden uit te laten voeren, waarin ook wordt bekeken hoe het beperken van het zoutbezwaar (of voorkomen van verdergaande verzilting van het kanaal) optimaal gerealiseerd kan worden.
5. Voor wat betreft de problematiek bij Canisvliet zal, gezien het kwetsbare karakter van dit gebied en eventuele schade onomkeerbaar is, ongeacht de uitkomsten van de monitoring de waterafvoer ter plaatse worden aangepast om verzilting te voorkomen.

Tabel 7-1: Ontwerpkeuzes VKV

Ontwerpkeuzes		**Keuze**
1	Afmetingen sluiskolk	lengte 427m breedte 55m Diepte drempel 16,44m –NAP
2	Locatie van de sluiskolk	Noord
2a	Type deuren	Rechte roldeuren
3	Oriëntatie van de sluiskolk	5 graden
3a	Behoud Middensluis	Middensluis slopen
4	Breedte buitenhaven door dijkverlegging	Geen dijkverlegging, wel functies in het talud plaatsen met voldoende ruimte voor het passeren van (zee)schepen.
5	Breedte van de havenmond	Verbreding westzijde, oostzijde alleen onderwater
6	Diepte van de buitenhaven	12,5 m getij onafhankelijk
7	Spuifunctie	Spuien via de deuren
8	Waterkering	Kering over beide hoofden (hoog buitenhoofd, laag binnenhoofd)
9.	Bruggen	Buiten de deuren met een basculebrug (enkele val)

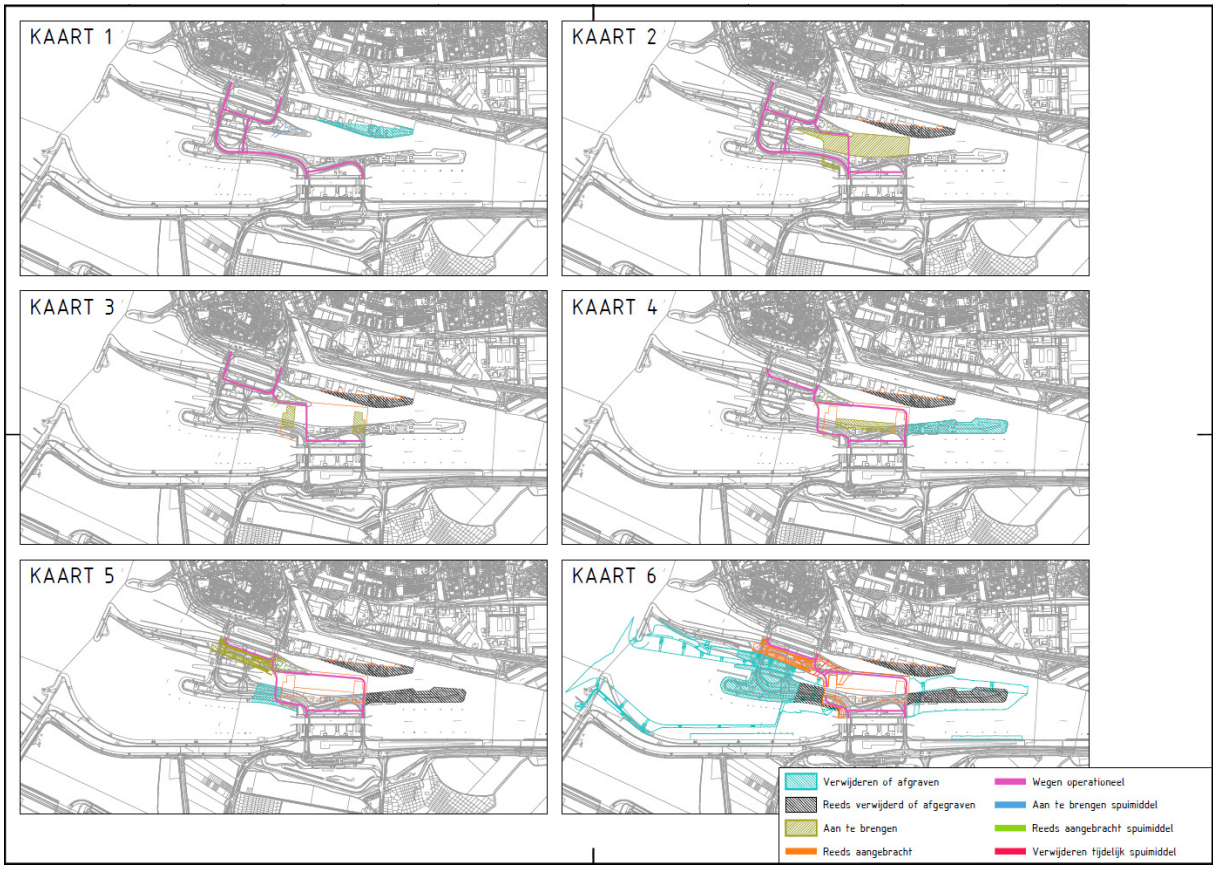
Ontwerpkeuzes		Keuze
10.	Ligplaatsen	Buitenhaven Oostsluis: geen aanpassingen Buitenhaven:voor ca 15 binnenvaartschepen Binnenhaven Oostsluis: voor ca. +6 binnenvaartschepen Binnenhaven Westsluis: voor ca 15 binnenvaartschepen Mede gebruik van wacht- en opstelplaatsen als overnachtingsplaatsen gedurende de nacht.
11.	Diensten	Verplaatsen sleepdiensten, bootslieden en loodsen en opslag Rijkswaterstaat t.b.v. onderhoud en beheer sluiscomplex.
12.	Primaire kering	Verbinding van Oost- en Westsluis naar Nieuwe Sluis, primaire kering bij Nieuwe Sluis over beide hoofden.
13.	Nivelleren	Via de deuren
14.	Spuicapaciteit	130m^3/s gemiddeld, 168 m^3/s gemiddeld bij lagere waterstand Westerschelde dan kanaal
15.	Zoet-zoutscheiding	Inzet op mitigerende maatregelen
16.	Wegverkeer	50 km/u met korte hoofdroute als voorrangsweg. Kruising tussen Nieuwe Sluis en Oostsluis als twee T-kruisingen.
17.	Deurconfiguratie	2x2

7.2 Aanlegfase

De bouw van de Nieuwe Sluis zal 4 tot 5 jaar in beslag nemen. Het uitgangspunt in de aanlegfase is dat het sluizencomplex altijd functioneel moet zijn. Dit betekent dat de hoofdfuncties van het sluizencomplex gedurende de aanlegfase operationeel moeten zijn. We onderscheiden de volgende hoofdfuncties:

- Scheepvaartverkeer;
- Spuien;
- Wegverkeer;
- Waterkwaliteitsbeheer;
- Waterkeren.

Op hoofdlijnen worden in de tijdelijke situatie de volgende bouwfasen doorlopen (zie Figuur 7-5):



Figuur 7-5 Fasering van de bouw.

1. Verplaatsen functies en voorzieningen: zoals aanleg Sleepboothaven & ligplaatsen en bedrijven Schependijk verplaatsen, verplaatsen kabels en leidingen en noodstroomvoorziening, inrichten werkterrein.
    a. *Bewaken continuïteit bedrijfsvoering sluisgebonden bedrijven.*
    b. *Verkrijgen condities voor afgraving Schependijk.*
2. Toegankelijkheid Oostsluis vergroten door de Schependijk te verwijderen (zie kaart 1 Figuur 7-5) en aanleggen van tijdelijke spuivoorziening (kanaal dat aansluit op huidige Middensluis).
3. Grondlichaam van de Nieuwe Sluis wordt gemaakt (zie kaart 2 Figuur 7-5).
    a. *Alle Scheepvaart wordt via de Oostsluis en Westsluis geleid, de Middensluis is buiten bedrijf.*
    b. *Wegverkeer wordt zoveel als mogelijk gescheiden van het bouwverkeer door de aanleg van een tijdelijke (vaste) brug tussen de Oostsluis en de Westsluis.*
4. Bouwen bouwkuip: hoofden, kolk en deuren aan de kanaalzijde worden tegelijkertijd gebouwd (zie kaart 3 Figuur 7-5).

5. De landtong wordt verwijderd om de deuren in te varen. Allereerst wordt het binnenhoofd geplaatst en vervolgens het buitenhoofd.
    a. *Met deze stap blijft de waterkering intact gedurende de aanlegfase.*
    b. *Na het testen van de deuren en het aansluiten van de waterkering kan het buitenhoofd van de Middensluis gesloopt worden.*
    c. *De Nieuwe Sluis wordt in gebruik genomen als spuimiddel.*
6. Plaatsen van de bruggen (zie kaart 5 Figuur 7-5).
7. Verwijderen restant van de landtong Middensluis (zie kaart 6 Figuur 7-5) inclusief tijdelijke spuivoorziening.

Tijdens de bouw is een bouwterrein nodig met opslag van grond en materialen en laad/loskades. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden. De locatie naast de Middensluis kan gedurende vrijwel het gehele project als bouwlocatie worden gebruikt met mogelijkheden voor een loswal. Op deze wijze kan kruisend bouwverkeer in de buitenhaven en transport over de weg voor een groot deel worden vermeden.
Het terrein langs de Zeevaartweg (opslagterrein RWS) kan in de aanlegfase ook als bouwterrein worden gebruikt, mits er een nieuwe locatie voor tijdelijke opslag is gerealiseerd. Ook aan de kanaalzijde kan op deze wijze een loswal worden gerealiseerd.

Ten westen van de Westsluis en ten westen van de buitenhaven kunnen terreinen worden gebruik voor opslag van materialen. Deze locaties sluiten niet direct aan op de locatie waar de sluis wordt aangelegd.

Het verdiepen van de buitenhaven verloopt gedurende de gehele aanlegfase. Mogelijk wordt één cutterzuiger gedurende de 4 à 5 jaar ingezet.

Gedurende de aanlegfase wordt een route over het sluizencomplex gegarandeerd. Hierbij is ruimte voor wegverkeer en een vrijliggende route voor langzaam verkeer.

7.3 Beschrijving effecten van de voorkeursvariant

7.3.1 Mate van verandering chloridegehalte oppervlaktewater Kanaal Gent-Terneuzen

In de voorkeursvariant is een pakket van vijf maatregelen opgenomen om verzilting van Kanaal Gent-Terneuzen te beperken (zie paragraaf 7.1.5. De voorkeursvariant wijkt ook op een aantal andere onderdelen af van de varianten. De kolkafmetingen zijn kleiner en in tegenstelling tot variant 3 wordt geen Westerscheldewater ingelaten, maar wordt het schutbedrijf beperkt om peilonderschrijdingen te voorkomen. Hierdoor wijken de chloridegehaltes op het kanaal af van de varianten.

Toetsing KRW-doelstelling

Door optimaal gebruik te maken van het effect van de verschillende maatregelen is het voldoen aan het GEP naar verwachting mogelijk. Als uit de monitoring blijkt dat ondanks deze maatregelen niet wordt voldaan aan het GEP, wordt conform maatregel 2, het schut- en spuibedrijf geoptimaliseerd om binnen de KRW-doelstelling te blijven.

Bij een gemiddeld zomerdebiet wordt de KRW GEP waarde van 3000 mg/l Cl naar verwachting niet overschreden (Tabel 7-2).

Variant	**Chlorideconcentratie mg/l**
Huidige situatie	1420
Autonome ontwikkeling	2070
Voorkeursvariant	3000

Tabel 7-2 Chlorideconcentratie bij KRW-meetpunt KGTS, 1 meter onder het wateroppervlak bij een gemiddeld zomerdebiet

Maatregel 1 betreft het leveren van de gebruikelijke minimale hoeveelheid zoet voedingswater bedraagt 13 m3/s , gemeten over een tijdsbestek van 2 maanden of het treffen van andere maatregelen die een zelfde effect hebben op beperking van het zoutbezwaar. Onderzocht is dat een 2 maanden laag debiet van 13 m^3/s effectief is in het realiseren van de KRW-doelstelling. Andere maatregelen die een zelfde effect hebben zijn nog niet uitgewerkt en onderzocht.

Maatregel 2 betreft de optimalisatie van het schutbedrijf. Deze maatregel is effectief, omdat bij dreigende overschrijding van het chloridegehalte van de KRW-norm het schutbedrijf beperkt kan worden. Met deze maatregel wordt het schutverlies beperkt, zodat bij lage kanaalafvoeren zo min mogelijk relatief zoet kanaalwater wordt afgevoerd naar de zoute Westerschelde. Met deze maatregel wordt tevens het indringen van zout Westerscheldewater in het kanaal beperkt.

Maatregel 3 en 4 betreffen een budgetreservering en nader onderzoek. Deze maatregelen hebben op korte termijn geen effect op de chloridegehaltes in Kanaal Gent-Terneuzen. Ook maatregel 5, betreffende de waterafvoer in Canisvliet, heeft geen effect op de chloridegehaltes in het kanaal.

Vergelijking voorkeursvariant met huidige situatie en autonome ontwikkeling

Gebruiksfase

Aanvullende berekeningen ten behoeve van de voorkeursvariant zijn gerapporteerd in bijlage 10. Simulatie 10 (tabel 3.3) uit bijlage 10 bevat de resultaten voor de voorkeursvariant, waarbij rekening is gehouden met de kleinere kolkafmetingen en het niet inlaten van Westerscheldewater. De exacte effecten van het maatregelenpakket van vijf maatregelen om aan de KRW doelstelling voor chloride te voldoen kunnen echter nog niet berekend worden, omdat exacte

chloridegehaltes op het kanaal afhankelijk zijn van de wijze en de momenten waarop de verschillende maatregelen worden ingezet. Daarom kan alleen een getalsmatige uitspraak gedaan worden over de locatie KGTS, het KRW-meetpunt. Op deze locatie wordt een toename van de chlorideconcentraties ten opzichte van de autonome situatie verwacht van 2070 naar 3000 mg/l, ongeveer vergelijkbaar met variant 2 (Tabel 7-2). Uit de berekeningen voor de varianten is duidelijk geworden dat zoutbeperkende maatregelen op het sluizencomplex in het hele kanaal doorwerken. Ook maatregelen met betrekking tot de wateraanvoer vanuit Vlaanderen hebben effect in het gehele kanaal. Op basis van deze systeemkennis wordt in de rest van het kanaal een vergelijkbare toename van chloridegehaltes verwacht.

Aanlegfase
In de aanlegfase neemt het aantal schuttingen tijdelijk af. Hierdoor dringt minder Westerscheldewater het kanaal binnen en zullen chlorideconcentraties op het kanaal lager zijn dan in de huidige en autonome situatie.

Effect verandering chloridegehalte voor industrie

Verhoging van chloridegehaltes op het kanaal leidt voor bedrijven die kanaalwater innemen als proces- of koelwater mogelijk tot corrosie van de installaties. Een deel van de bedrijven geeft aan dat het water wordt voorbehandeld met een inverse-osmose filter, waardoor het chloride (deels) wordt verwijderd. Een overzicht van de locaties van de bedrijven, het type toepassing en het wel- of niet aanwezig zijn van een reverse-osmose installatie is weergegeven in Figuur 5-17.

Op basis van de inventarisatie kan worden geconcludeerd dat grote veranderingen in de chemische kwaliteit van het kanaalwater voor de industrie niet wenselijk zijn. Een exacte bovengrens voor het chloridegehalte is echter niet te geven. Ook in de huidige situatie wordt door verschillende bedrijven kanaalwater met hoge chloridegehaltes gebruikt. Wel is het zo dat op basis van de verwachte stijging van de chlorideconcentratie voor de voorkeursvariant verwacht kan worden dat dit voor de industrie niet wenselijk is. Positief is dat het maatregelenpakket voor de KRW juist in droge jaren wordt ingezet om hoge chloridegehaltes te voorkomen, waardoor minder hoge pieken zullen voorkomen dan zonder deze maatregelen.

Effect verandering chloridegehalte voor kanaalinfrastructuur

Een stijging van de chlorideconcentratie van het kanaalwater heeft in de voorkeursvariant mogelijk ook effect op de kanaalinfrastructuur. Kanaalgebonden constructies zoals (stalen) damwanden zijn dan vaker en langer blootgesteld aan chlorideconcentraties boven de huidige- en autonome chlorideconcentratie. Dit kan leiden tot versnelde corrosie van stalen onderdelen en afname van de levensduur van stalen constructies.

7.3.2 Effecten op waterkwantiteit Kanaal Gent-Terneuzen

Toetsing spuicapaciteit

Gebruiksfase

In de voorkeursvariant wordt geen apart spuimiddel aangelegd. Er wordt gespuid via de sluizen. De spuicapaciteit van de Nieuwe Sluis compenseert het verlies van de huidige spuicapaciteit van de Middensluis en de afname van de spuicapaciteit van de Oostsluis en Westsluis door een hogere buitenwaterstand (WB21 middenscenario 2050). Hiermee is de totale spuicapaciteit van het sluizencomplex in 2030 gelijk aan de huidige spuicapaciteit en hoger dan de spuicapaciteit in de autonome situatie.

Aanlegfase

In de aanlegfase wordt in de voorkeursvariant tijdelijke spuicapiteit gerealiseerd gelijk aan de huidige spuicapaciteit van de Middensluis. De spuicapaciteit is daardoor in de aanlegfase even groot als in de huidige situatie.

Toetsing stremming

De berekende stremming door watertekort, wateroverschot en de totale stremming in procenten en in uren staat weergegeven in Tabel 7-3 tot en metTabel 7-8.

De inzet van Oostsluis, Westsluis en Nieuwe Sluis voor spuien in uitwisselbaar en kan leiden tot een andere verdeling van stremmingspercentages tussen de sluizen. Ook de optimalisatie van het schutbedrijf in functie van minimale wachttijden, optimaal spuien en gecontroleerde zoutindringing kan nog een verlaging van de stremmingspercentages tot gevolg hebben.

Tabel 7-3: Percentage van de tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn voor schutten in verband met spuien van wateroverschot

	Percentage niet-beschikbaarheid door wateroverschot			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	2,5%	0,0%	0,6%	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	3,7%	0,2%	0,9%	n.v.t.
Voorkeursvariant	n.v.t.	0,5%	4.1%	0,1%

Tabel 7-4: Gemiddeld aantal uren per jaar dat sluizen niet beschikbaar zijn voor schutten in verband met spuien van wateroverschot

	Uren niet-beschikbaarheid door wateroverschot			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	217	4	50	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	323	17	80	n.v.t.
Voorkeursvariant	n.v.t.	44	360	6

Tabel 7-5: Percentage van de tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn voor schutten in verband met watertekort

	Percentage niet-beschikbaarheid door watertekort			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	0,0%	0,0%	0,0%	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	0,0%	0,0%	0,0%	n.v.t.
Voorkeursvariant	n.v.t.	2,0%	0,6%	4.1%

Tabel 7-6: Gemiddeld aantal uren per jaar dat sluizen niet beschikbaar zijn voor schutten in verband met watertekort

	Uren niet-beschikbaarheid door watertekort			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	0	0	0	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	0	0	0	n.v.t.
Voorkeursvariant	n.v.t.	178	49	357

Tabel 7-7: Percentage van de tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn door wateroverschot of watertekort

	Totale niet-beschikbaarheid door wateroverschot en watertekort			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	2,5%	0,0%	0,6%	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	3,7%	0,2%	0,9%	n.v.t.
Voorkeursvariant	n.v.t.	2,5%	4.7%	4.1%

Tabel 7-8: Gemiddeld aantal uren per jaar dat sluizen niet beschikbaar zijn door wateroverschot of watertekort

	Totale niet-beschikbaarheid door wateroverschot en watertekort			
Variant	**Midden**	**Oost**	**West**	**Nieuwe Sluis**
Huidig	217	4	50	n.v.t.
Autonome ontwikkeling	323	17	80	n.v.t.
Voorkeursvariant	n.v.t.	222	409	364

Gebruiksfase

In de gebruiksfase van de voorkeursvariant wordt bij wateroverschot gespuid via de sluizen. De inzetvolgorde voor spuien is Westsluis, Oostsluis, Nieuwe Sluis. De Nieuwe Sluis heeft het grootste kolkoppervlak en heeft een spuicapaciteit ongeveer gelijk aan de Westsluis. Het is dus gunstiger om de Westsluis eerder in te zetten voor het spuien van water dan de Nieuwe Sluis, omdat hiermee de schutcapaciteit het minst wordt verkleind. Als laatste wordt altijd een zeesluis gestremd, opdat zee- en binnenvaart zolang mogelijk doorgang kunnen vinden.

Bij watertekort wordt het schutproces van één of meerdere sluizen stilgelegd om peilonderschrijdingen groter dan 0,25 m te voorkomen en aan het peilbesluit te voldoen. De gehanteerde volgorde van stilleggen van de schutfunctie is Nieuwe Sluis, Oostsluis, Westsluis. De Nieuwe Sluis heeft een veel groter schutverlies dan de Westsluis, waardoor het gunstig is om deze bij laagwater als eerste buiten bedrijf te nemen. De meest zeevaart kan ook door de Westsluis passeren,

waardoor de schutfunctie van het complex aanwezig blijft. Indien toch een groot zeeschip het sluiscomplex dient te passeren, kan eventueel de Nieuwe Sluis hiervoor worden ingezet (één keer schutten en vervolgens weer schutproces stilleggen). Het schutverlies van de Nieuwe Sluis is zo groot en het stilleggen van het schutproces zo effectief dat stremming van de schutfunctie van het hele complex beperkt blijft tot gemiddeld 49 uur per jaar.
Deze stremmingen zullen in meer of mindere mate van invloed zijn op de passeertijden als gevolg van langere wachttijden door stremmingen. Op dit moment is uit de simulaties niet af te leiden hoe groot deze invloed is.

Voor de schutfunctie is het van belang een van de twee zeesluizen zo lang mogelijk beschikbaar is, zodat er een verbinding bestaat. Pas als alle sluizen niet beschikbaar zijn om te schutten is het complex gestremd. Uit Tabel 7-4 en Tabel 7-6 blijkt dat deze situatie in jaargemiddeld 6+49 = 55 uur per jaar voor kan komen.

Aanlegfase
Inzet van het (tijdelijke) spuimiddel tijdens de aanlegfase leidt niet tot stremmingen. Omdat het tijdelijke spuimiddel enkel de spuicapaciteit van de Middensluis vervangt blijven stremmingen van de Oostsluis en Westsluis wel mogelijk. Op basis van de resultaten van de huidige situatie en de autonome situatie komen deze naar verwachting minder dan 1% van de tijd voor.

Toetsing kanaalpeil

In de voorkeursvariant komen geen peiloverschrijdingen of onderschrijdingen van meer dan 0,25 m voor, zowel in de gebruiksfase als in de aanlegfase. Er wordt daarom aan het peilbesluit voldaan. De toekomstige spuicapaciteit is voldoende groot om peiloverschrijdingen van meer dan 0,25 m te voorkomen. Gemiddeld 357 uur (4,1% van de tijd) zijn een of meerdere sluizen niet beschikbaar voor het schutproces om op die manier peilonderschrijdingen van meer dan 0,25 m te voorkomen.

7.3.3 Mate van verandering zoutgehalte grondwater, inclusief effecten op de landbouw

In de voorkeursvariant is gekozen voor het binnen de KRW-doelstelling laten verzilten van het kanaal door vooralsnog geen zoutscheidende maatregelen bij de sluis toe te passen. In aanvulling daarop is tijdens de variantenstudie voor Canisvliet een mitigerende maatregel geformuleerd om relatief brak water uit het diepste deel van de kreek af te voeren. Hiermee moeten effecten op de chlorideconcentratie in de Canisvlietse kreek worden voorkomen. Deze mitigerende maatregel is verwerkt in de voorkeursvariant.

De chloridegehaltes op het kanaal zijn ongeveer gelijk aan variant 2. De effecten op het grondwater zijn ongeveer vergelijkbaar met variant 2 (zie Figuur 6-11en Figuur 6-12).

Uitvoeringsfase
Tijdens de uitvoering wordt de Middensluis uit gebruik genomen. Doordat in de uitvoeringsfase het aantal schuttingen afneemt zal het kanaal in de zomersituatie minder verzilten dan in de huidige situatie. Verwacht wordt dat in het ondiepe grondwater en het regionale oppervlaktewatersysteem geen effecten op de chlorideconcentratie waarneembaar zullen zijn.

Gebruiksfase
Ten opzichte van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling treedt meer verzilting van het watervoerend pakket op en zijn minder locaties aanwezig waar verzoeting van het watervoerend pakket optreedt. Dit is een negatief effect.

Ter plaatse van de zoetwaterlens rond zijkanaal C is het chloridegehalte van het kanaal nog steeds hoger dan dat van het onderliggende watervoerende pakket. De infiltratie via de bodem vanuit dit zijkanaal is echter beperkt (alleen in het uiterste oostelijke puntje). Daarom wordt het effect neutraal beoordeeld.

Op basis van bijlage 5 wordt geen beïnvloeding van lokale regenwaterlenzen onder landbouwpercelen verwacht, onder voorbehoud dat dichtheidsstroming geen rol speelt. Uit de modelberekeningen is gebleken dat de verschillen in chlorideconcentratie tussen kanaal en watervoerend pakket nergens zo groot zijn dat dichtheidsstroming een rol speelt. Effecten op de landbouw worden daarom niet verwacht. Verzilting van regionale watergangen is mogelijk. Omdat deze watergangen in de huidige situatie brak zijn en niet geschikt om uit te berekenen en dit in de toekomst zo blijft is het effect op chloride in de watergangen voor de landbouw neutraal beoordeeld.

Uit paragraaf 7.3.4 blijkt dat de effecten op kweldruk in het freatisch pakket rondom het plangebied zeer beperkt zijn. Dit geldt ook voor het effect op chloride in het freatisch grondwater en de watergangen op de betreffende locaties.

7.3.4 Verandering stijghoogte grondwater en grondwaterstand (m) en grondwaterstroming

Aangezien in geen van de varianten alle onderdelen van de voorkeursvariant zijn voorzien, is de voorkeursvariant voor de effectbepaling van de grondwaterstanden apart gemodelleerd.

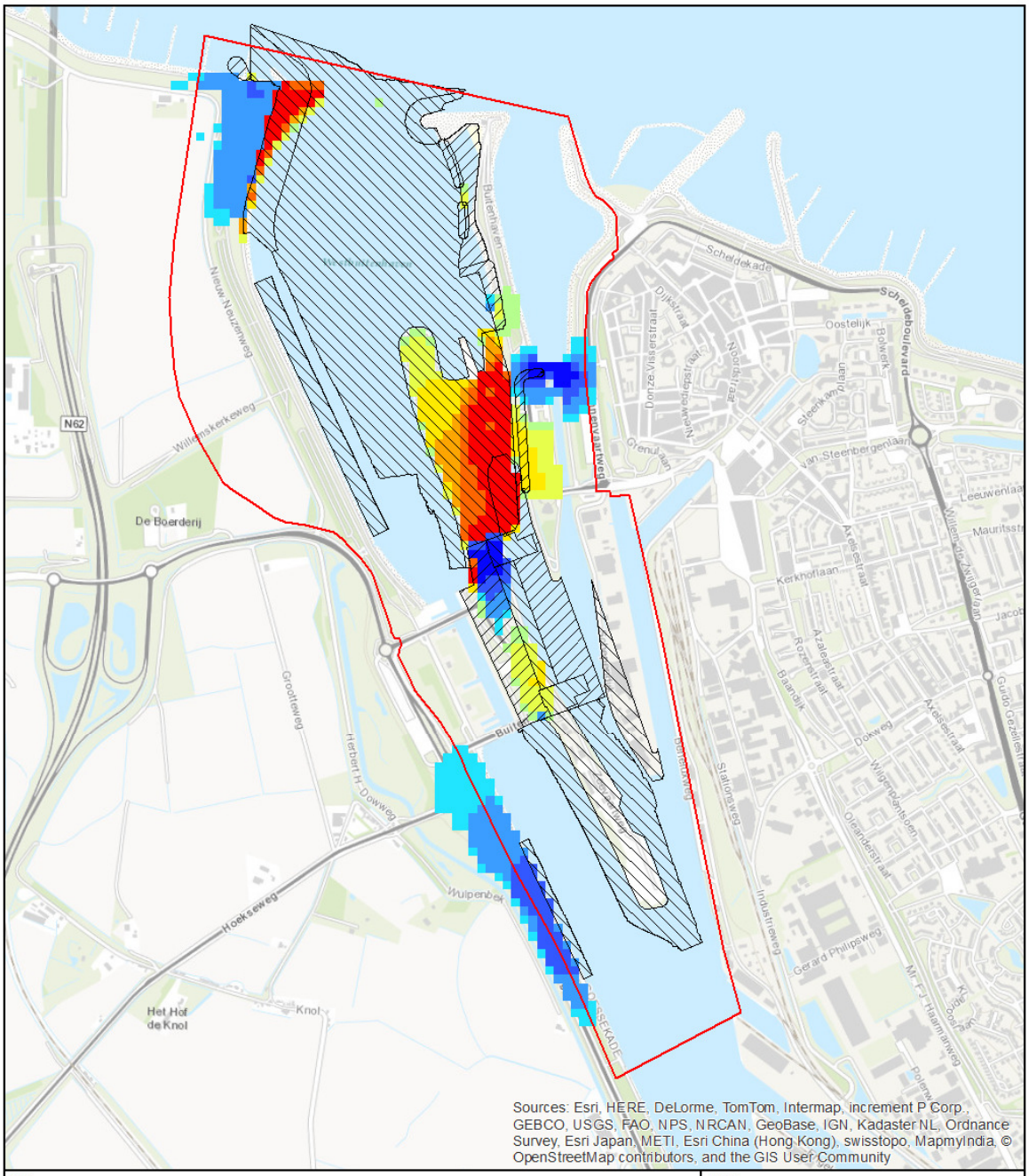
De resulterende verandering van de stijghoogte aan het maaiveld en in het 1^{e} watervoerende pakket is weergegeven in Figuur 7-6.

Tijdelijke effecten in de aanlegfase kunnen optreden door bemaling, het verwijderen van de sliblaag op de waterbodem bij vergravingen en de aanleg van een tijdelijk spuimiddel en spuikanaal. Bij de keuze voor bouwmethoden is rekening gehouden met grondwatereffecten op de

omgeving. Bouwmethoden die potentieel veel effect geven worden niet toegepast. Er wordt dus geen risico voor verzakking van woningen verwacht.

Permanente effecten in de gebruiksfase kunnen optreden door het aanbrengen van damwanden die na aanleg niet worden verwijderd, het afgraven van land of het aanleggen van nieuw land.

De verandering van stijghoogten in het 1^{e} watervoerend pakket en freatische grondwaterstanden in de varianten is berekend voor de situatie net na aanleg. In deze berekeningen zijn zowel de tijdelijke effecten van de aanlegfase als de permanente effecten, die ook in de gebruiksfase blijven voortduren, opgenomen. Net na aanleg zijn de effecten het grootst, doordat bij vergravingen van de waterbodem de weerstandbiedende sliblaag tijdens de aanlegfase verwijderd is. Na aanleg zal zich geleidelijk een nieuwe sliblaag vormen, waardoor effecten op stijghoogten en grondwaterstanden in de tijd afnemen. De aanleg van een tijdelijk spuimiddel en spuikanaal heeft geen aanvullende effecten, omdat hiervoor geen extra ontgravingen en grondaanvullingen plaatsvinden, ten opzichte van de ontgravingen en aanvullingen voor de definitieve situatie.



Titel

Voorkeursvariant: verschil in grondwaterstand modellaag 1, variant - huidig

Project

Planstudie Grote Zeesluis Terneuzen

Legenda

Verschil grondwaterstand
Variant - huidig (m)

- -2.10 - -1
- -1 - -0.75
- -0.75 - -0.5
- -0.5 - -0.25
- -0.25 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 3.03

Grondwerk

- Aanvullen
- Ontgraven

Opdrachtgever

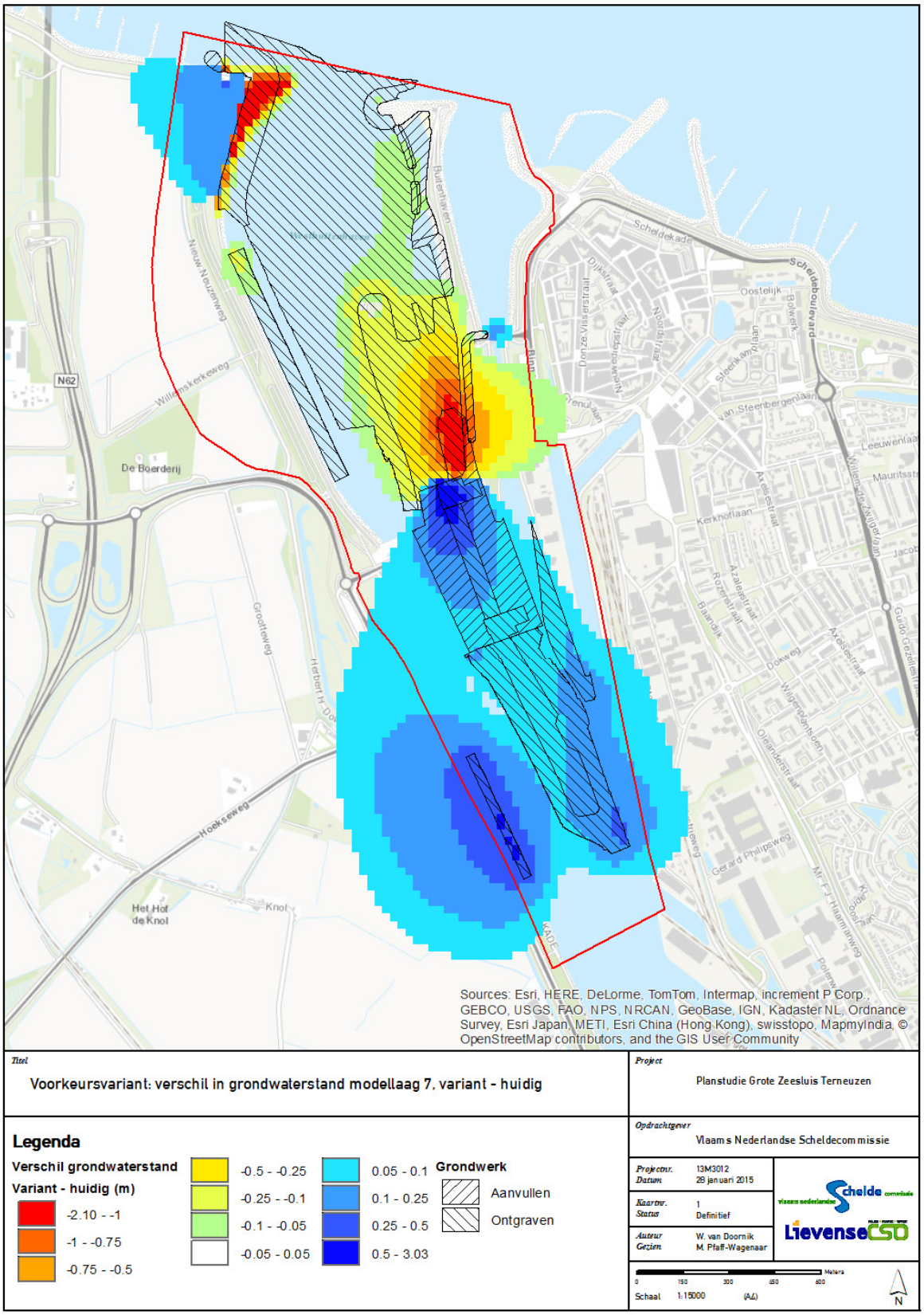
Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Projectnr.	13M3012
Datum	28 januari 2015
Kaartnr.	1
Status	Definitief
Auteur	W. van Doornik
Gezien	M. Pfaff-Wagenaar

0 150 300 450 600 Meters

Schaal 1:15000 (A4)

N



Figuur 7-6 Verandering stijghoogte voor de voorkeursvariant aan het maaiveld (boven) en in het 1e watervoerende pakket (onder).

Uit Figuur 7-6 blijkt dat de effecten buiten de bouwdelen (de gearceerde vlakken) ruimtelijk en kwantitatief beperkt zijn. De effecten die binnen de bouwdelen worden berekend worden veroorzaakt door verandering van hydraulische weerstand als gevolg van verdiepen of aanvullen van onderwaterbodem. In delen die worden afgegraven is na aanleg het oppervlaktewaterpeil van toepassing. In delen die worden aangevuld wordt nieuw maaiveld met de benodigde ontwatering gerealiseerd. De weergegeven effecten zijn daardoor op deze locaties niet relevant.
De grootste effecten buiten de bouwdelen worden verwacht aan de binnenzijde van de sluis, nabij de te graven wachtplaats aan de westzijde en nabij de verdieping van het kanaal aan de oostzijde. Hierbij geldt dat de effecten die aan het maaiveld merkbaar zullen zijn veel minder ver vanaf het kanaal reiken dan de effecten in het watervoerend pakket.

Aan het maaiveld is het zelfs zo dat het effect aan de oostzijde van het kanaal minder dan 0,05 meter is en daarom als niet significant kan worden beschouwd. Uit analyse van de ruimtelijke begrenzing van de effecten aan het maaiveld aan de westzijde van het kanaal blijkt dat deze ruimtelijk worden begrensd door de aanwezige waterloop.

Naast de effecten aan de binnenzijde van de sluis worden aan de buitenzijde bij de westelijke havenmond en ten oosten van de nieuw aan te leggen sluis op het sluiseiland van de oostsluis ruimtelijk gezien beperkt effecten verwacht. De effecten bij de westelijke havenmond zorgen voor een vernatting tot 0,25 m in een kleine zone van de waterkering. Binnendijks is er al geen effect meer merkbaar. De effecten rond de oostsluis beperken zich tot de zone rond het buitenhoofd en worden aan de oostzijde begrensd door de aanwezige primaire waterkering. De verwachte verhoging ter hoogte van deze waterkering valt in de klasse tot 0,25 meter.

Gezien de beperkte verandering in freatische grondwaterstanden en stijghoogtes in het 1^{e} watervoerend pakket (zowel kwantitatief als ruimtelijk) wordt geen verandering in het grondwaterstromingspatroon verwacht. De kweldruk naar het freatisch pakket en de watergang Westlijke Rijkswaterleiding kan licht toenemen op de plaats aan de westzijde van het kanaal waar in Figuur 7-7 een verandering van de freatische grondwaterstand zichtbaar is. Deze effecten zijn zeer beperkt.

8 Samenvatting

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies van toetsingen thematisch samengevat.

8.1 Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen

In deze studie zijn veranderingen in het Chloridegehalte op het Kanaal Gent-Terneuzen (Kanaal Gent-Terneuzen) door aanleg van de Nieuwe Sluis (Nieuwe Sluis), klimaatverandering en beperking van de zoutuitwisseling bepaald. Het Chloride (Cl) gehalte is gesimuleerd met een hergecalibreerd 1D SOBEK model. Uit de calibratie resultaten blijkt dat het SOBEK 1D model realistische dieptegemiddelde resultaten geeft over de hele lengte van het kanaal voor zowel winter periodes met lage Cl concentraties op het Kanaal Gent-Terneuzen als zomer periodes met (zeer) hoge Cl concentraties op het Kanaal Gent-Terneuzen. De scenario simulaties zijn uitgevoerd met vijf representatieve constante debieten behorend bij:

1. Droge zomer
2. Droge winter
3. Twee opeenvolgende droge maanden
4. Gemiddelde zomer
5. Gemiddelde winter

Op basis van de verziltingssimulaties zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het bovenstrooms debiet is zeer belangrijk voor de Cl concentratie op het Kanaal Gent-Terneuzen: in een natte winter is voor de huidige situatie een representatieve dieptegemiddelde Cl concentratie bij Sas van Gent 800 mg/l, maar in een droge zomer kan de dieptegemiddelde Cl concentratie oplopen tot meer dan 3000 mg/l. Door aanleg van de Nieuwe Sluis veranderen de Cl concentraties op het Kanaal Gent-Terneuzen, maar het bovenstrooms debiet blijft zeer belangrijk.
- De autonome ontwikkeling geeft een gemiddelde toename in chloridegehalte van ongeveer 30% ten op zichte van de huidige situatie.
- De gesimuleerde chloridegehaltes op het Kanaal Gent-Terneuzen na aanleg van de Nieuwe Sluis voor het zichtjaar 2030 zijn ongeveer 2½ keer zo hoog als in de autonome situatie, indien geen zoet-zoutscheidingsmaatregelen worden toegepast.
- Een Δ-bellenscherm lijkt de beste optie om zoet-zoutscheiding te realiseren op het sluizencomplex.
- Met scheidingsmaatregelen alleen wordt de autonome waterkwaliteit niet gerealiseerd. Om de autonome waterkwaliteit te realiseren zou het aantal schuttingen beperkt moeten worden.
- Het realiseren van de doelstelling voor chloride moet gezien worden in het licht van de totaalbeoordeling van Kanaal Gent-Terneuzen. De chemische beoordeling van Kanaal Gent-Terneuzen is voor veel stoffen al in de huidige situatie slecht.
- In de voorkeursvariant zijn geen zoet-zoutscheidingsmaatregelen opgenomen.

- Bij een gemiddelde zomer debiet wordt de KRW GEP waarde van 3000 mg/l Cl overschreden in de voorkeursvariant.
- De toename van chloridegehaltes in Kanaal Gent-Terneuzen in de voorkeursvariant heeft mogelijk een negatief effect op corrosie van kanaalinfrastructuur en van installaties bij bedrijven die kanaalwater innemen voor proces- of koelwater.

8.2 Peilbeheer Kanaal Gent-Terneuzen

Met het verbeterde SOBEK-model zijn peiloverschrijdingen en onderschrijdingen en beperkingen van het schutbedrijf van de sluizen als gevolg van watertekort en wateroverschot bepaald. In werkelijkheid kan er geanticipeerd worden op verwachte periodes met hoge of lage afvoer en kan er op basis van het actuele aanbod van schepen creatief omgegaan worden met de stremming van een sluiskolk, deze vrijheid tot anticipatie en creativiteit ontbreken in het model. Daarom zijn de uitkomsten indicatief en vooral bedoeld voor onderlinge vergelijking van scenario's.

Op basis van de Kanaal Gent-Terneuzen waterkwantiteitsberekeningen zijn de volgende conclusies te trekken:

- In de huidige situatie en de varianten zijn er nooit peiloverschrijdingen of –onderschrijdingen die meer dan 0,25 m zijn. In alle varianten is de gerealiseerde spuicapaciteit voldoende om peiloverschrijdingen van meer dan 0,25 m te voorkomen. In de varianten 1 en 2 en de voorkeursvariant worden één of meerdere sluizen gestremd bij dreigende peilonderschrijdingen. Bij variant 3 wordt bij dreigende peiloverschrijdingen zout Westerscheldewater ingelaten. Hiervoor is maximaal 8 m^3/s daggemiddeld nodig.
- De stremming van één of meerdere sluizen door wateroverschot neemt iets toe door klimaatverandering volgens scenario WB21 midden 2050, dit wordt veroorzaakt door hogere maximum bovenafvoeren op het Kanaal Gent-Terneuzen en een iets lagere spuicapaciteit. De stremming van één of meerdere sluizen door watertekort neemt juist af door klimaatverandering volgens scenario WB21 midden 2050, dit komt door gelijk gebleven lage bovenafvoeren op het Kanaal Gent-Terneuzen en een afgenomen schutverlies.
- Voor het huidige sluiscomplex is er nagenoeg nooit een beperking van het schutten door watertekort en is de totale stremming gedomineerd door stremming door wateroverschot. Voor de varianten 1 en 2 en de voorkeursvariant slaat dit om en is de beperking van het schutten door watertekort groter dan de stremming door wateroverschot. Variant 3 laat nooit een beperking van het schutten zien door watertekort, maar wel hoge stremmingspercentages van de Oostsluis in periodes met wateroverschot op het kanaal. Dit komt doordat in sluisvariant 3 een apart spuimiddel ontbreekt en er al snel tijd nodig is om te spuien door de Oostsluis. In die tijd kan er niet in de Oostsluis geschut worden.

8.3 Verzilting grondwater

Met behulp van een op de huidige situatie van Zeeuwsch Vlaanderen gecalibreerd grondwatermodel en de verwachte chlorideconcentraties op het kanaal zijn de verwachte effecten op de chlorideconcentratie voor de autonome ontwikkeling en de drie varianten bepaald.

Op basis van de berekeningen en de voorgestelde bouwwijze zijn de volgende conclusies te trekken:

- Binnendijks grondwater wordt langs het kanaal gevoed door infiltrerend kanaalwater dat binnendijks op kwelt.
- In de huidige situatie worden al relatief hoge chlorideconcentraties aangetroffen in het zandpakket waarin het kanaalwater infiltreert.
- Op basis van klimaatverandering en het verwachte aantal schuttingen wordt in de autonome situatie verzilting verwacht.
- Voor variant 1 wordt een afname van het chloridegehalte in het kanaalwater verwacht wat leidt tot een verbetering van het chloridegehalte van het grondwater ten opzichte van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling.
- Voor variant 2 en 3 en de voorkeursvariant worden hogere chlorideconcentraties op het kanaal verwacht, wat leidt tot hogere chlorideconcentraties in het grondwater in vergelijking met de huidige situatie en de autonome ontwikkeling.
- Voor alle drie de varianten geldt dat de verwachting is dat de huidige zoetwaterlenzen intact blijven. Hierdoor wordt verwacht dat eventuele effecten op de landbouw verwaarloosbaar zijn.
- De effecten op kwelintensiteit in de nabijheid van het plangebied zijn zeer beperkt. Dit geldt ook voor het effect op chloride in het freatisch grondwater en de watergangen op de betreffende locaties.
- Voor het Natura2000 gebied Canisvliet is voor variant 2 en 3 de verwachting dat het oppervlaktewater in dit gebied extra zal verzilten als gevolg van hogere chlorideconcentraties op het kanaal. In de voorkeursvariant treedt geen verzilting van de Canisvlietse kreek op, doordat een mitigerende maatregel wordt getroffen. Deze mitigerende maatregel is beschreven in de Passende Beoordeling.

8.4 Verandering stijghoogte grondwater

Met behulp van een op de huidige situatie gecalibreerd grondwatermodel zijn de verwachte effecten op de grondwaterkwantiteit voor de drie varianten en de voorkeursvariant bepaald. Hierbij is aangenomen dat het effect het grootst is direct na aanleg van de sluis, wanneer er zich nog geen weerstand biedende laag op de kanaalbodem en in de voorhaven heeft gevormd.

Op basis van de berekeningen en de voorgestelde bouwwijze zijn de volgende conclusies te trekken:

- Voor geen van de varianten wordt tijdens de bouwfase bemaling van een open bouwkuip voorzien. Voor geen van de varianten wordt er daarom tijdens de bouwfase een effect verwacht op de grondwaterkwantiteit.
- Voor variant 1 en 2 en de voorkeursvariant geldt dat er op enkele locaties in een smalle strook langs het kanaal beperkte grondwaterstijgingen in het freatisch pakket worden verwacht. Het gebied waar effecten op de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket optreden is groter.
- Voor variant 3 wordt er beperkte verdroging of vernatting in het freatisch pakket verwacht in een iets groter gebied. Hierdoor is er mogelijk ook gering effect ter hoogte van een waterkering en in stedelijk gebied. Het gebied waar effecten op de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket optreden is groter. De oostzijde van de buitenhaven vormt een uitzondering. Hier zijn de effecten op het freatisch grondwater groter dan in het 1^{e} watervoerend pakket.
- In de voorkeursvariant worden langs de westoever van het kanaal, bij de westelijke havenmond en bij het buitenhoofd van de Oostsluis beperkte vernatting in het freatisch pakket verwacht. Het gebied waar effecten op de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket optreden is groter.
- Op basis van de berekeningen worden geen veranderingen in het regionale grondwaterstromingspatroon verwacht, maar mogelijk wel zeer geringe effecten (qua omvang van effect en locatie) op kwel- en infiltratieintensiteit.
- Eventuele effecten op het regionale oppervlaktewater zijn zeer beperkt in kwantiteit en ruimte.

9 Literatuurlijst

- Boudewijn, T.J., R.G. Verbeek, B. van den Boogaard (Bureau Waardenburg b.v.), 2014. *Passende beoordeling Natuurbeschermingswet 1998, Nieuwe Sluis Terneuzen.*
- Lugten, I.W., 2013, The effects of salt water intrusion from the Dintel into the surface and groundwater in the region, afstudeerrapportage UU. Begeleiders: G. Oude Essink, P. Schot, M. Bierkens.
- Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 2013. "*Vraagspecificatie voor de planuitwerking en voorbereiding realisatie Nieuwe Sluis Kanaal Gent – Terneuzen, contractnummer 31074944. Bijlage B Werkpakketbeschrijving 3.10"*.
- Barker, T., K. Hatton, M. O' Connor, L. Connor, L. Bagnell & B. Moss, 2008. *Control of ecosystem state in a shallow, brackish lake: implications for the conservation of stonewort communities. Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems 18: 221-240.*
- *Bosveld, J & M. Kroes, 2011. Onderzoek visstand Haven van Gent en het Kanaal Gent- Terneuzen. Kenmerk R001-4739512QJB-kmi-V03-NL.*
- *BPRW, Toetsingskader Waterkwaliteit. Herziening 2012*
- Deltares 2011, Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlegbeperking Volkeraksluizen project 1201226-015
- Deltares, 2013. Deltascenario's 2012 NHI modelinvoer, Technische achtergrondrapportage, 1207053-000-BGS-0003.
- *DLG 2013, Factsheet Waterhuishouding huidige situatie Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen.*
- Jager, Z., 2010. *Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperking Volkeraksluizen. Evaluatie vismigratie Volkeraksluizen. Deltares rapport 1201226-005-ZKS-0005.*
- Jeppesen, E., M. Sondergaard, E. Kanstrup, B. Petersen, R.B. Eriksen, M. Hammershoj, E. Mortensen, J.P. Jensen & A. Have, 1994. *Does the Impact of Nutrients on the Biological Structure and Function of Brackish and Fresh-Water Lakes Differ. Hydrobiologia 275: 15-30.*
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, 2012. *Brondocument waterlichaam Kanaal Gent-Terneuzen, Doelen en maatregelen rijkswateren. Update 2012.*
- Rijkswaterstaat, WVL, 2014. *Richtlijn KRW Monitoring Oppervlaktewater en Protocol Toetsen & Beoordelen juli 2014.*
- Rijkswaterstaat Zee en Delta , 2013, Hoogwater Bestrijdingsplan dijkbewaking en waterafvoer, stormseizoen 2013-2014
- Rijkswaterstaat, 2008. Ontwerpkader Zwakke Schakels Kust
- RIZA, 2007. Memo WRR/2007-006 Klimaatverandering en de afvoer Rijn en Maas
- Royal Haskoning/Svasek 2010, Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen, Aanvullend oppervlaktewateronderzoek.
- Van Dijk, G., P.J. Westendorp, R. Loeb, A. Smolders, L. Lamers, M. Klinge & H. van Kleef, 2013. *Verbrakking van het laagveen- en*

zeekleilandschap, van bedreiging naar kans? OBN rapportage, Bosschap, Ministerie van Economische Zaken, Directie Agrokennis.

- Verbeek, R.G., B. van den Boogaard en T.J. Boudewijn (Bureau Waardenburg b.v.), 2014. *VNZT-R-133 Deelrapport Natuur, Natuurtoets Nieuwe Sluis Terneuzen, Toetsing in het kader van de Flora- en faunawet en het Nationaal Natuurnetwerk en achtergrondinformatie voor het MER*
- Waterbouwkundig Laboratorium 2012, Opmaak van modellen voor onderzoek naar waterbeschikbaarhei d en – allocatiestrategieën in het Scheldestroomgebied – Deelrapport 5 – Zoutintrusie Kanaal Gent-Terneuzen, WL2012R724_04_5rev4_0

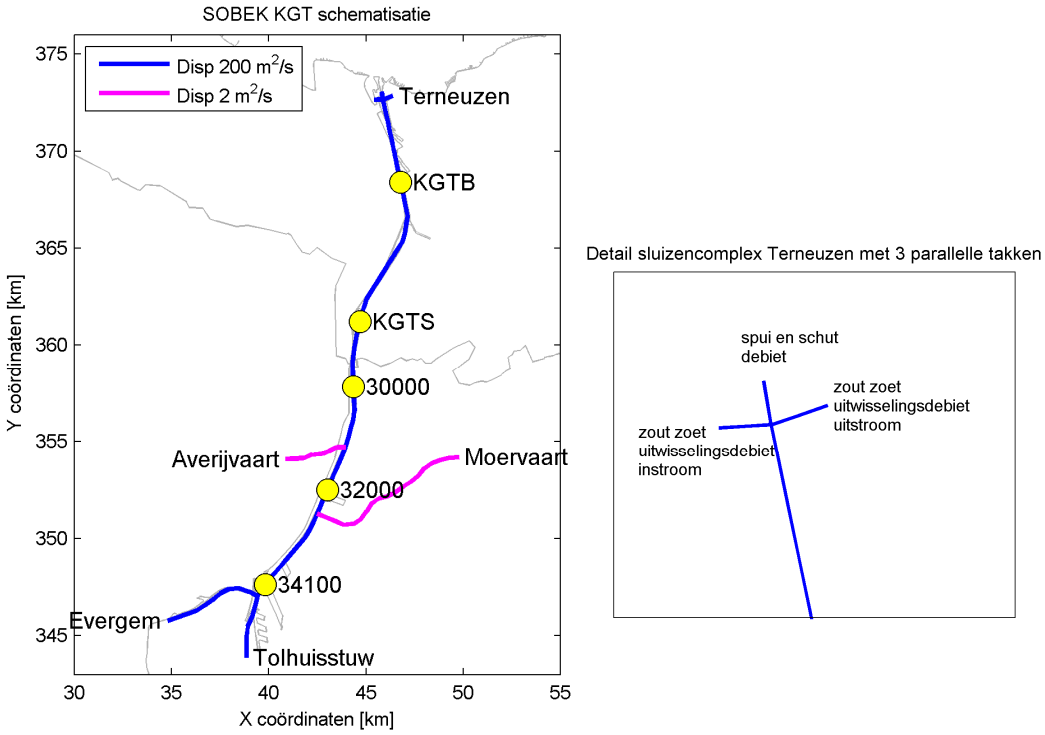
Bijlagen

Bijlage 1 Hercalibratie SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen model

In 2010 is er een SOBEK model opgezet en gecalibreerd voor simulatie van het Chloridegehalte op Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning/Svasek, 2010). In 2012 heeft WL-Borgerhout een MIKE 1D model opgezet en gecalibreerd voor simulatie van het Chloridegehalte op Kanaal Gent-Terneuzen (Waterbouwkundig Laboratorium, 2012). Voor de huidige studie is het 2010 SOBEK model gebruikt met enkele instellingen zoals bepaald door WL-Borgerhout in 2012:

1. De zoutlast van de schuttingen van het sluiscomplex bij Terneuzen is opgelegd met een zout-zoet uitwisselingsdebiet van zout water in plaats van een puntlozing droge stof zoals in het 2010 SOBEK model. Het uitwisselingsdebiet is via twee parallelle takken van het SOBEK model opgelegd: via de ene tak stroomt er zout water in met een Chloridegehalte gelijk aan het Chloridegehalte in de voorhaven van Terneuzen en via de andere tak stroomt er hetzelfde debiet uit met een Chloridegehalte zoals uitgerekend door het SOBEK model. Een derde tak is gebruikt om het spui en schutdebiet van het hele sluiscomplex af te voeren.
2. Bij calibratie van het SOBEK 2010 model zijn dispersie waardes bepaald van 55 m2/s aan de noordkant van Kanaal Gent-Terneuzen tot aan de Nederland-België grens, 500 m2/s in het middengedeelte en 55 m2/s aan de zuidkant van het model. Bij calibratie van WL-Borgerhout 2012 zijn dispersie waardes bepaald van 200 m2/s op het gehele Kanaal Gent-Terneuzen en 2 m2/s op de Moervaart. Voor de huidige studie is een dispersie waarde van 200 m2/s op de Kanaal Gent-Terneuzen gebruikt en 2 m2/s op de Moervaart en de Averijvaart.

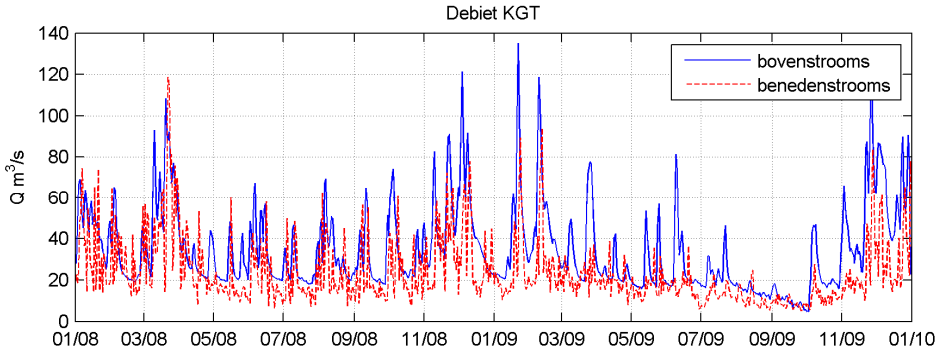
De aangepaste schematisatie van het SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen model is getoond in Figuur B1.1.



Figuur B1.1 SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen schematisatie actualisatie 2014 met dispersie instellingen en Chloride meetpunten

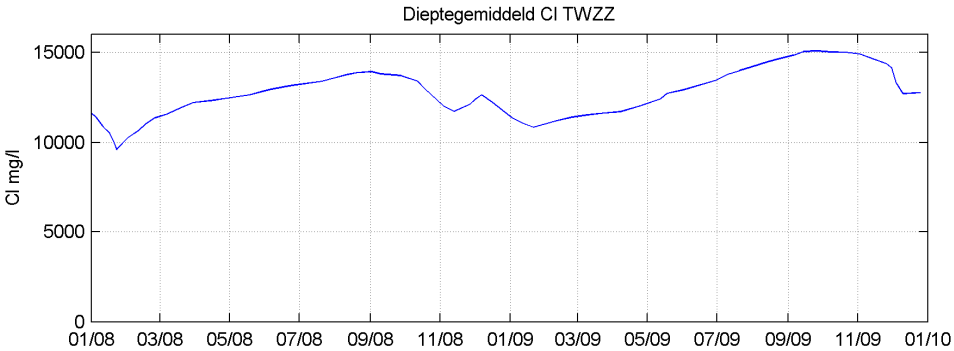
Het geactualiseerde SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen model is gecalibreerd voor de periode 2008-2009. Als inspeelperiode is de laatste 2,5 maand van 2007 gebruikt. Als randvoorwaarden worden bovenstrooms op het Kanaal Gent-Terneuzen bij Evergem en bij de Moervaart een debiet opgelegd en benedenstrooms bij Terneuzen de gemeten waterstand bij Kanaal Gent-TerneuzenB. Het debiet is bepaald door Rijkswaterstaat uit de spui en schutdebieten bij Terneuzen en is verdeeld volgens 88% bij Evergem en 12% bij de Moervaart (verdeling volgt uit de gemiddelde verhouding debiet Evergem – Moervaart van 2000-2009 volgens bassin neerslag-afvoer simulaties WL-Borgerhout). Het debiet van de Tolhuisstuw en de Averijvaart is 0 m^3/s.
Figuur B1.2 toont het gemeten debiet van Kanaal Gent-Terneuzen over 2008-2009. Twee verschillende data-bronnen zijn getoond: bovenstrooms en benedenstrooms. Het bovenstrooms debiet is bepaald uit bassin neerslag-afvoer simulaties door WL-Borgerhout en bestaat uit de sommatie van het Kanaal Gent-Terneuzen debiet van alle takken uit Gent en het debiet van de Moervaart. Het benedenstrooms debiet is bepaald door Rijkswaterstaat uit de spui en schutdebieten bij Terneuzen. Globaal komen het bovenstrooms en benedenstrooms debiet overeen, met bijvoorbeeld dezelfde periodes met hoge en lage afvoeren, maar de grootte van de benedenstroomse en bovenstroomse afvoer verschilt aanzienlijk. Gemiddeld over 2000-2010 is het benedenstrooms debiet ongeveer 5 m^3/s lager dan het bovenstrooms debiet. De oorzaken van dit niet verwaarloosbare verschil zijn in deze studie niet verder onderzocht en zouden kunnen liggen in simulatieonnauwkeurigheden, meetonnauwkeurigheden, kwel en

verdamping. Net als in de calibratie van het MIKE 1d model door WL-Borgerhout in 2012 is in de huidige calibratie van het SOBEK model het benedenstrooms debiet gebruikt zoals gemeten door Rijkswaterstaat.



Figuur B1.2 Debiet Kanaal Gent-Terneuzen 2008-2009 benedenstrooms (bepaald uit spui en schutdebiet Terneuzen) en bovenstrooms (bepaald uit bassin neerslag-afvoer simulaties WL-Borgerhout)

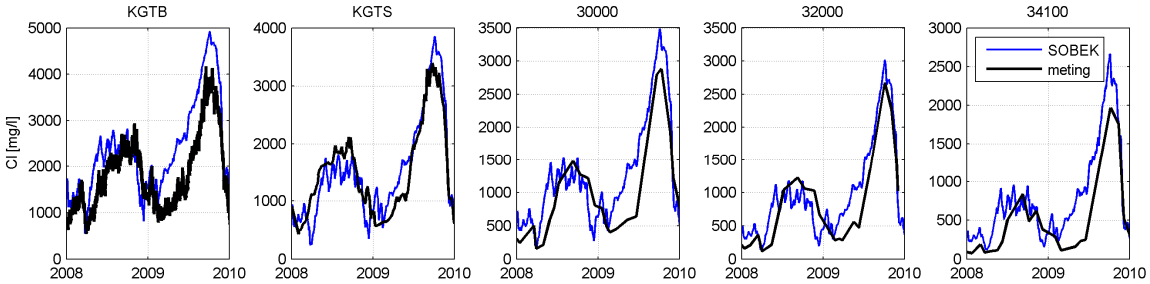
Als zoutrandvoorwaarde is bij Terneuzen het dieptegemiddelde gemeten Chloridegehalte bij TWZZ (gelegen aan de zeezijde van de Westsluis van Terneuzen) gebruikt, zie Figuur B1.3. Als zoutrandvoorwaarde van de bovenstroomse takken van het Kanaal Gent-Terneuzen is 100 mg/l Chloride gebruikt.
De zoutlast van de schuttingen van het sluizencomplex bij Terneuzen is opgelegd als een zout-zoet uitwisselingsdebiet met een instromend Chloridegehalte gelijk aan dat van Terneuzen en een uitstromend Chloridegehalte zoals uitgerekend door het SOBEK model. Het zout-zoet uitwisselingsdebiet is 5,8 m^3/s, dit is dezelfde waarde als gebruikt in 2012 door WL-Borgerhout. 5,8 m^3/s komt overeen met 21% van het uitwisselingsvolume zoals bepaald uit gedetailleerde zout-zoet uitwisselingssimulaties met FINEL3D.



Figuur B1.3 Dieptegemiddeld Chloridegehalte TWZZ (globaal overgenomen uit WL-Borgerhout studie 2012 (Waterbouwkundig Laboratorium. 2012))

De calibratie resultaten behaald met het herziene SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen model staan in Figuur B1.4. Voor alle 5 de meetlocaties verspreid over de hele lengte van het Kanaal Gent-Terneuzen volgt het gesimuleerde Chloridegehalte vrij nauwkeurig de meting. Ook al simuleert SOBEK een dieptegemiddeld Chloridegehalte en niet daadwerkelijk de variatie over de diepte van een zouttong, toch

worden in SOBEK de winter periodes met een laag Chloridegehalte en de zomer periodes met een hoog Chloridegehalte beide goed gereproduceerd met dezelfde instellingen voor zomer en winter. Station KGTB ligt slechts 3,5 km vanaf het sluiscomplex en ook hier simuleert het model de juiste Chloridegehaltes. Dus door de hercalibratie zijn de gemiddelde modelresultaten nu ook dicht bij het sluiscomplex betrouwbaar, hoewel invloeden van individuele schuttingen en verticale gelaagdheid van het Chloridegehalte nog steeds niet correct gesimuleerd worden. De resultaten zijn vergelijkbaar in kwaliteit met het afgeregelde MIKE 1D model van WL-Borgerhout.



Figuur B1.4 Calibratie tijdreeksen Chloride 2008-2009 (meetreeksen KGTS, 30000, 32000, 34100 globaal overgenomen uit WL-Borgerhout studie 2012 (Waterbouwkundig Laboratorium, 2012))

Bijlage 2 Technische onderbouwing spuien en schutverlies

In deze bijlage wordt de technische onderbouwing van de uitgangspunten zoals opgenomen in de paragraaf met uitgangspunten voor de oppervlaktewatermodellering.

Bij varianten 1 en 2 kan er zonder stremming 123 m^3/s gespuid worden met het aparte spuimiddel. Bij variant 3 is er zonder stremming alleen uitwisselingsspuien (momentaan 35 m^3/s) via de Westsluis mogelijk. Aangezien dit getijdeafhankelijk is leidt dit gemiddeld over de dag tot een spuicapaciteit van 9,65 m^3/s.

Bij stremming vanwege te hoog debiet op het Kanaal Gent-Terneuzen wordt in alle varianten eerst de Oostsluis en vervolgens de Westsluis gestremd. Bij variant 3 wordt als laatste ook nog de Nieuwe Sluis gestremd, bij variant 1 en 2 heeft de Nieuwe Sluis geen spuifunctie en wordt deze dus niet gestremd.

	Klimaat	Daggemiddeld Q [m^3/s]	Gem. Q tijdens spuien [m^3/s]
Middensluis	huidig	91	100*
Oostsluis	huidig	83	90
Westsluis	huidig	120	130
	huidig		
Totaal complex huidig klimaat		**294**	
Middensluis	2050	84	100*
Oostsluis	2050	75	89
Westsluis	2050	108	129
Totaal complex 2050 klimaat		**267**	

Tabel B2. 1 Spuidebieten huidig en 2050

In de analyse van de waterkwantiteit worden de getallen van Tabel B2. 1 niet als gefixeerde spuicapaciteit gebruikt, maar is het spuidebiet per sluis bepaald uit het momentane verhang:

$$Q = \mu A\sqrt{2g\Delta H}$$

met ΔH als het waterstandsverschil tussen Kanaal Gent-Terneuzen en de voorhaven van Terneuzen (er wordt alleen gespuid bij een positief verhang) en het doorstroomprofiel μA voor elke sluis gecalibreerd op de juiste spuicapaciteit bij de gemiddelde 1991.0 getijkromme.

Het schutverlies bij huidig klimaat staat in Tabel B2.2, bij WB21 midden klimaat in Tabel B2.3. Zodra er minder aanbod van bovenstrooms debiet is dan het schutverlies van het complex kunnen er sluizen gestremd worden om het schutverlies te beperken en het waterpeil op Kanaal Gent-Terneuzen in stand te houden. De volgorde van stremming bij te weinig bovendebiet wordt in de praktijk afgestemd op het scheepsaanbod. In de simulatie is het scheepsaanbod niet bekend en is bij een te laag bovendebiet altijd met dezelfde

volgorde gestremd. Voor het huidige sluiscomplex is de aangehouden volgorde: eerst de Middensluis, dan de Oostsluis, vervolgens de Westsluis. Deze volgorde van stremmen is van klein naar groot, zodat altijd nog de grootste schepen geschut kunnen worden. Voor het nieuwe sluiscomplex in MER variant 1 en 2 is de aangehouden volgorde Westsluis, Oostsluis en Nieuwe Sluis. De Westsluis wordt eerder gestremd dan de Oostsluis omdat deze een hoger schutverlies heeft. De Nieuwe Sluis wordt als laatste gestremd omdat zo altijd nog de grootste schepen geschut kunnen worden. In MER variant 3 wordt er nooit gestremd vanwege een te laag aanbod van bovenstrooms debiet.

						Huidig		**GE 2030**	
	B [m]	**L [m]**	**MSL [m]**	**KGT [m]**	**Schutvol. [m³]**	**Schut. per dag**	**Q schut [m³/s]**	**Schut. per dag**	**Q schut [m³/s]**
Oostsluis	24	260	0,08	2,13	12792	18,95	2,81	20,29	3,00
Middensluis	24.5	140	0,08	2,13	7032	9,73	0,79		-
Westsluis	40	290	0,08	2,13	23780	13,84	3,81	14.25	3,92
Nieuwe Sluis	58	443	0,08	2,13	52673		-	10,37	6,32
						totaal	7,41	totaal	13,25

Tabel B2. 2 Schutverlies huidig sluisschuttingsscenario en GE2030 voor huidig klimaat

						Huidig		**GE 2030**		**AO 2030**	
	B [m]	**L [m]**	**MSL [m]**	**KGT [m]**	**Schutvol. [m³]**	**Schut. per dag**	**Q schut [m³/s]**	**Schut. per dag**	**Q schut [m³/s]**	**Schut. per dag**	**Q schut [m³/s]**
Oostsluis	24	260	0,38	2,13	10920	18,95	2,40	20,29	2,56	17,21	2,18
Middensluis	24.5	140	0,38	2,13	6003	9,73	0,68		-	9,38	0,65
Westsluis	40	290	0,38	2,13	20300	13,84	3,25	14.25	3,35	10,78	2,53
Nieuwe Sluis	58	443	0,38	2,13	44965		-	10,37	5,40		-
						totaal	6,32	totaal	11,31	totaal	5,36

Tabel B2. 3 Schutverlies huidig sluisschuttingsscenario, GE2030 en AO2030 (autonome ontwikkeling) voor WB21 midden klimaatscenario

Het waterbalans model bepaalt de waterstanden op het Kanaal Gent-Terneuzen als volgt:

$\Delta H = (Qin - Quit)*\Delta t/oppervlakte_Kanaal\ Gent\text{-}Terneuzen$

$H_{nieuw} = H_{vorig} + \Delta H$

Als beginwaterstand op Kanaal Gent-Terneuzen is H=NAP+2,13m gehanteerd. Er is in het model gerekend met daggemiddelde debieten en een tijdstap van Δt = 86400 sec (1 dag). De spuicapaciteit is elke 10 minuten uitgerekend met de tijdreeks van het verhang, uit deze spuicapaciteit per 10 minuten is de daggemiddelde spuicapaciteit bepaald. In het model is het uitstromend debiet Quit in principe gelijk aan het instromend debiet Qin met de volgende restricties:

- Quit is altijd minimaal gelijk aan Qmin=0 m^3/s, behalve bij sluis variant 3 waar Qmin gelijk is aan het schutverlies omdat nooit gestremd wordt voor te weinig bovenafvoer.
- Quit is altijd maximaal gelijk aan de maximale spuicapaciteit of het schutverlies.

- Bij een verschil tussen instromend en uitstromend debiet door voorgaande twee redenen verandert het peil op Kanaal Gent-Terneuzen.
    - Bij H>NAP+2,13m wordt Quit groter gemaakt dan Qin totdat H weer gelijk is aan NAP+2,13m, met als maximum de spuicapaciteit → dit veroorzaakt stremming
    - Bij NAP+1,89m <H<NAP+2,13m (minder dan 24 cm peilonderschrijding) wordt Quit kleiner gemaakt dan Qin totdat H weer gelijk is aan NAP+2,13m, met als minimum het schutverlies → dit veroorzaakt geen stremming
    - Bij H<NAP+1,89m (meer dan 24 cm peilonderschrijding) wordt Quit kleiner gemaakt dan Qin totdat H weer gelijk is aan NAP+2,13m, met als minimum 0 m^3/s → dit veroorzaakt stremming

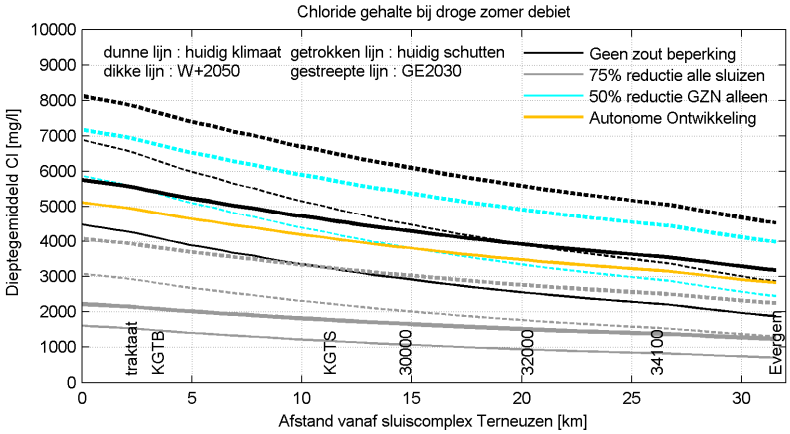
Bij peiloverschrijding wordt direct gestremd als dat nodig is omdat de maximale spuicapaciteit gelimiteerd is door het getij en het dus mogelijk is dat de spuicapaciteit niet voldoende is om al het water van de Kanaal Gent-Terneuzen af te voeren wat een risico geeft op meer dan 25 cm peiloverschrijdingen. Bij peilonderschrijding wordt de eerste 24 cm alleen minder gespuid (zonder stremming) omdat er in het model altijd een Quit van 0 m^3/s opgelegd kan worden en dan stopt de peildaling abrupt, zonder risico van meer dan 25 cm peilonderschrijding.

De uitkomsten van het waterbalansmodel zijn om meerdere redenen indicatief en vooral bedoeld voor onderlinge vergelijking tussen scenario's:

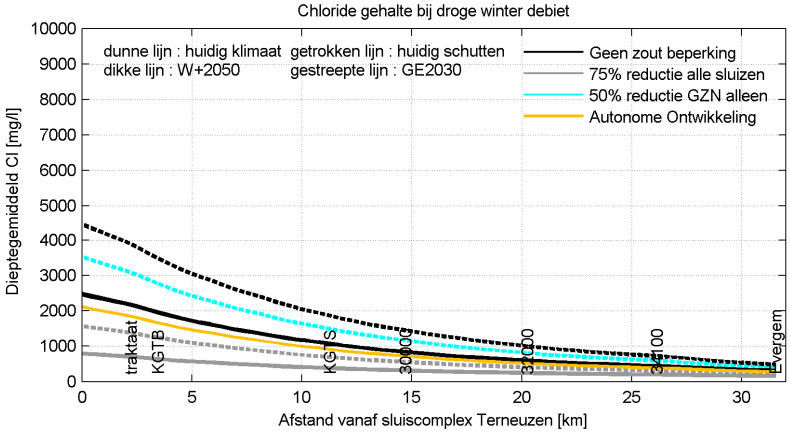
- In werkelijkheid kan er geanticipeerd worden op verwachte periodes met hoge of lage afvoer op het Kanaal Gent-Terneuzen door het spuidebiet een kleine periode vooraf al te verhogen of te verlagen, in het model gebeurd dit niet.
- De uitgerekende stremmingspercentages zijn indicatief omdat in werkelijkheid er op basis van het aanbod van schepen creatief omgegaan wordt met welke sluis wel en niet ingezet worden, terwijl in het model met vaste stremmingsvolgordes en regels gewerkt is.
- In het model volgt de waterstand model instantaan de veranderingen in debieten volgt, in werkelijkheid speelt de traagheid van de watermassa van het kanaal een rol en is er een klein verhang over de lengte van het kanaal.

Bijlage 3 Alle Chloride simulatie resultaten Kanaal Gent-Terneuzen

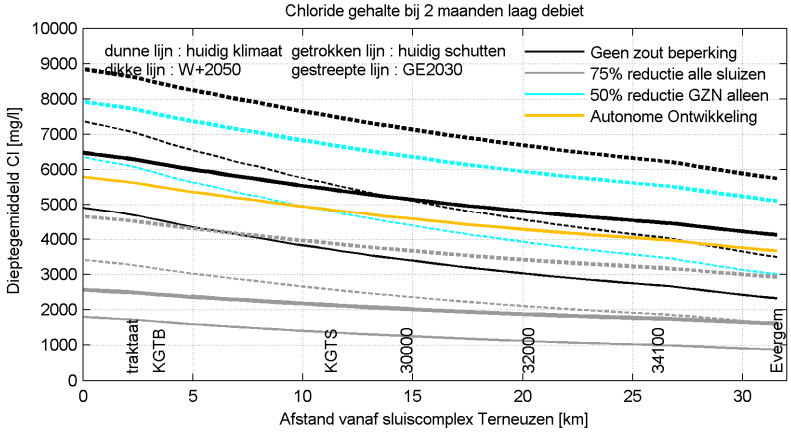
In deze bijlage staan de dieptegemiddelde Chloride resultaten langs de hoofdas van het Kanaal Gent-Terneuzen van alle 60 SOBEK simulaties.



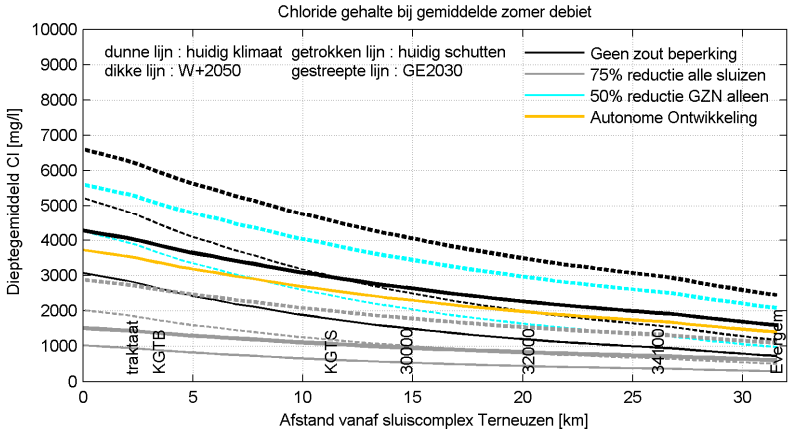
Figuur B3- 1 Chloridegehalte voor alle combinaties van invoer bij een droge zomer debiet (50% reductie Nieuwe Sluis alleen is gelijk aan geen zout beperking voor huidig schutten, dus die lijnen vallen weg)



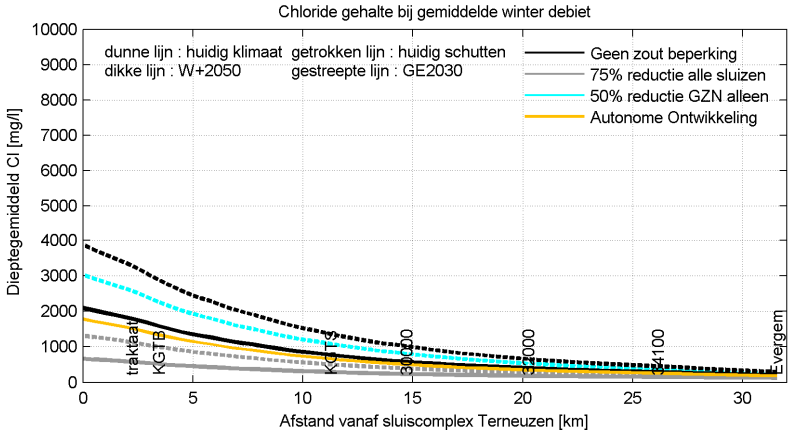
Figuur B3- 2 Chloridegehalte voor alle combinaties van invoer bij een droge winter debiet (50% reductie Nieuwe Sluis alleen is gelijk aan geen zout beperking voor huidig schutten en klimaat W+2050 wijkt nauwelijks af qua winter debiet, dus die lijnen vallen weg)



Figuur B3- 3 Chloridegehalte voor alle combinaties van invoer met 2 maanden laag debiet (50% reductie Nieuwe Sluis alleen is gelijk aan geen zout beperking voor huidig schutten, dus die lijnen vallen weg)



Figuur B3- 4 Chloridegehalte voor alle combinaties van invoer bij een gemiddelde zomer debiet (50% reductie Nieuwe Sluis alleen is gelijk aan geen zout beperking voor huidig schutten, dus die lijnen vallen weg)



Figuur B3- 5 Chloridegehalte voor alle combinaties van invoer bij een gemiddelde winter debiet (50% reductie Nieuwe Sluis alleen is gelijk aan geen zout beperking voor huidig schutten en klimaat W+2050 wijkt nauwelijks af qua winter debiet, dus die lijnen vallen weg)

vlaams nederlandse Schelde commissie

Technische achtergrondnotitie grondwatermodel kanaal Gent-Terneuzen

planuitwerkingsfase

Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen

Rapport Vlaams Nederlandse Scheldecommissie

Onderwerp

Auteur

G.A. van Staveren

Datum

2 mei 2014

Telefoon / Email

Status

concept

Documentnummer

Inhoudsopgave

1 Inleiding 3

2 Rekencode en modelomgeving 4
2.1 Keuze en aanpak 4
2.2 Rekencode 6
2.3 Modelomgeving 6

3 Grondwatermodel Kanaal Gent-Terneuzen 7
3.1 Modelgebied, modelbegrenzing en rekengrid 7
3.1.1 Modelrand 7
3.1.2 Rekengrid 8
3.2 Geohydrologische modelschematisatie 9
3.2.1 Maaiveld 9
3.2.2 Laagschematisatie 9
3.2.3 Laagschematisatie deklaag 10
3.2.4 Doorlatendheden en hydraulische weerstanden 11
3.3 Zoet-zout verdeling en dichtheid 13
3.4 Randvoorwaarden 14
3.5 Onttrekkingen 14
3.6 Grondwateraanvulling 15
3.7 Relatie grond- en oppervlaktewater 16
3.7.1 Oppervlaktewater 16
3.7.2 Landbouwdrains 16
3.7.3 Kanaal en Westerschelde 17
3.7.4 Gevoeligheidsanalyse kanaalweerstanden 18

4 Modelcalibratie 22
4.1 Calibratieproces 22
4.2 Resultaten 22
4.2.1 Aangepaste parameters 24
4.2.2 Calibratieresultaat en afwijkende peilbuizen 26
4.2.3 Conclusie calibratie 30

5 Toepassingsbereik van het model 31
5.1 Algemeen 31
5.2 Toepassingsbereik 31
5.3 Aanbevelingen 31

1 Inleiding

Deze notitie beschrijft het grondwatermodel dat is ontwikkeld voor de effectbepalingen, die onderdeel zijn van de effectenstudie voor de aanleg van een nieuwe zeesluis in het kanaal van Gent naar Terneuzen.

In 2013 is gestart met een planstudie, ter voorbereiding van de aanleg van de nieuwe zeesluis. Het vervangen van de zeesluis gaat gepaard met verschillende milieueffecten, waaronder aan grondwaterveranderingen gerelateerde effecten.

Op voorhand is ingeschat dat de effecten op grondwater kunnen plaatsvinden op verschillende manieren:

- Verandering van de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater (sloten) als gevolg van verzilting van het infiltrerende en naast het kanaal opkwellend oppervlaktewater. Dit kan gaan om verbrakking van sloten, maar ook om verdwijnen van de lokale zoetwaterlenzen onder percelen. Extra aandacht wordt gegeven aan de grondwatereffecten in het Natura2000 gebied Canisvliet.
- Verandering van stijghoogten en grondwaterstroming in de omgeving van de voorhaven, die wordt uitgediept.
- Effecten op grondwaterstanden tijdens de aanleg van de sluis, afhankelijk van de nog te kiezen aanlegmethode.
- Effecten door de aanwezigheid van de sluis als fysiek lichaam. Op voorhand wordt verwacht dat dit effect klein zal zijn.

Om deze effecten te kunnen helpen kwantificeren is het nodig om een grondwatermodel te ontwikkelen.

In deze notitie wordt in hoofdstuk 2 beschreven welke aannames en keuzes zijn gedaan en welke consequenties dit heeft voor de rekencode en de modelomgeving. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de bouw van het model, het modelconcept en de gebruikte invoerdata. Hoofdstuk 4 gaat in op de calibratie van het model en toont enkele resultaten die illustratief zijn voor het grondwatersysteem rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen.

2 Rekencode en modelomgeving

2.1 Keuze en aanpak

Voor het kunnen berekenen van de verandering van stijghoogtes als gevolg van ingrepen in het systeem of bronbemalingen volstaat het om met een 3D numeriek grondwatermodel te werken. Vanwege de aanwezigheid van variaties in het chloridegehakte van het grondwater in het onderzoeksgebied is het nodig om drukverschillen door dichtheidsverschillen onderdeel uit te laten maken van de modelberekeningen.

Een afweging op voorhand was om dichtheidsstroming te modelleren, waardoor het model de gekoppelde grondwaterstromingsvergelijking en stoftransportvergelijking moet oplossen.

Dit is de meest zuivere manier om verandering van waterkwaliteit te berekenen, echter er kleven een aantal praktische nadelen aan. Ten eerste is het in de praktijk uiterst lastig om een gedetailleerd kleinschalig model als hier besproken te laten convergeren, vanwege de vele numerieke instabiliteiten die samengaan met de oplossing van de gekoppelde differentiaalvergelijkingen. Ten tweede zijn de rekentijden van dergelijke modellen zeer lang en daarmee minder praktisch voor het in hoofdstuk 1 genoemde plantraject, dat onder tijdsdruk moet plaatsvinden, en waarin naar verwachting vele scenario's moeten worden berekend.

Hoe dan wel?

Aanname dichtsheideffecten op snelheidsveld

We nemen aan dat het snelheidsveld van het grondwater niet significant verandert als gevolg van de verwachte veranderingen in dichtheid. In dit model is de aanname dat chloride de representant is van de invloed van de algehele waterkwaliteit op de dichtheid van het grondwater.

Bij een kleine verhoging van chloridegehaltes is de verandering van dichtheid minimaal, waardoor bij benadering het snelheidsveld hetzelfde blijft. Wat is echter "een kleine verhoging"? Literatuur (Lugten, 2013) laat zien dat bij chlorideconcentraties van minder dan 5000 mg/l er geen sprake is van significante dichtheidseffecten. Het kanaalwater heeft in de huidige omstandigheden zelfs in zeer droge periodes vrijwel nooit een concentratie van meer dan 5000 mg/l. Met dit gegeven lijkt de aanname gerechtvaardigd.

Uitgaande van bovenstaande aanname volstaat het om de modelberekening uit te voeren met de invloed van dichtheidsverschillen in de "nulsituatie", maar zonder de effecten van veranderende dichtheden te berekenen.

Aanname tijdsafhankelijk

Het model wordt quasi-tijdsafhankelijk berekend. Quasi-tijdsafhankelijk wil in dit geval zeggen dat de tijdsafhankelijkheid van de grondwateraanvulling (neerslag, verdamping) niet wordt meegenomen, maar de verandering in oppervlaktewaterpeilen (winterpeil, zomerpeil) wel.

Het doel van het model is om veranderingen in waterkwaliteit in de omgeving in te schatten als gevolg van hogere chloridewaarden in het kanaal. Op voorhand kan worden gesteld dat veranderingen in het chloridegehalte van het kanaal pas maanden, tot jaren later zullen doorwerken op de lokale en regionale ondiepe geohydrologie. Een droge periode van enkele weken zal dan ook gering effect hebben op het maanden- of jarenlange traject van een uit het kanaal infiltrerend chloridedeeltje.

Vanwege deze reden doen we de aanname dat het voor het doel van dit model niet strikt noodzakelijk is om met een korte tijdstap veranderingen in grondwateraanvullingen te berekenen. Zoals later in deze paragraaf toegelicht, wordt binnen de modelopzet de optie om later wel volledig tijdsafhankelijk te rekenen open gehouden.

Een kanttekening is dat de dikte van zoetwaterlenzen op percelen wel seizonaal beinvloed kan worden, als gevolg van langere natte of droge perioden. Uit recent onderzoek blijkt echter dat de dynamiek van de dikte van de regenwaterlenzen niet sterk is te noemen (De Louw, 2013). Het model is niet geschikt om de dikte van de zoetwaterlenzen te berekenen.

In de hoofdrapportage wordt met een analytische beschouwing nader ingegaan op de dynamiek van de zoetwaterlenzen in de omgeving van het kanaal.

Stroombanen

Chloridedeeltjes lossen bij lage concentraties op in water en verplaatsen zich zowel advectief als dispersief. Verplaatsing van chloride door dispersie wordt verwaarloosd in deze studie, gezien de verwachte betrekkelijk hoge stromingssnelheden. Hierdoor gaat het transport van de chloridedeeltjes met dezelfde snelheid als het grondwater.

In dat geval kan de verandering van waterkwaliteit berekend worden met stroombaanberekeningen. Dit zijn nabewerkingen op de modelberekeningen, waarin op basis van het berekende snelheidsveld, de bodemopbouw en de porositeit berekend wordt waar een infiltrerend deeltje terecht komt en hoe lang dit duurt.

Flexibele aanpak

Omdat niet zeker is dat in de toekomst het toch nodig blijkt om berekeningen te doen met hogere concentraties van infiltrerend kanaalwater is gekozen voor een aanpak, die een latere aanpassing van het model eenvoudig mogelijk maakt.

2.2 Rekencode

De berekeningen worden daarom gedaan met de 64-bits-modelcode Seawat (Guo and Langevin, 2002). Seawat is een aanpassing op de eindige differentiecode MODFLOW (Harbaugh et al, 2000) en MT3D (Zheng and Wang, 1999). Seawat is ontwikkeld om het transport van chloride via grondwater te berekenen rekeninghoudend met dichtheidsveranderingen van het grondwater. Seawat bestaat uit een advectieve module die de grondwaterstromingsvergelijking oplost en een module die de massatransportvergelijking oplost. Beide modules zijn gekoppeld in één rekenschema.

Het is mogelijk binnen Seawat om advectieberekeningen te doen zonder veranderingen in dichtheid. Door wel te kiezen voor deze modelcode kan het model in de toekomst worden uitgebreid, als het nodig is om massatransport wel mee te nemen.

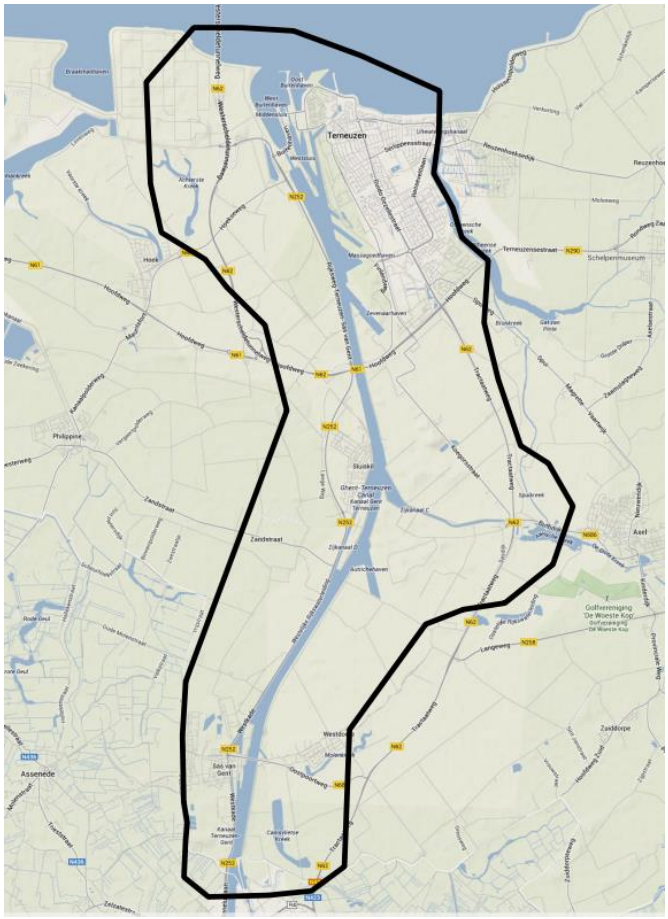
2.3 Modelomgeving

Het model is opgezet binnen de standaard Triwaco gebruikerschil versie 4.0 (Royal Haskoning, 2004). Triwaco combineert databeheer, aansturing van modellen en visualisatie binnen één werkomgeving. De dataomgeving maakt gebruik van OpenGIS, tegenwoordig OpenGeoSpatial. Dit betekent dat het instrumentarium met vrijwel alle bekende GIS bestanden overweg kan en de aansluiting vindt bij bestaande standaarden (KRW-geoformats, Aquo, INTWIS, IRIS). Dit betekent dat er een databank van basisgegevens is opgebouwd waarop de individuele parameters van het model worden aangemaakt.

De basisinvoer voor het model, het model zelf en de scenario’s zijn in Triwaco 4.0 opgesteld. Triwaco 4.0 biedt de mogelijkheid om automatisch voor diverse rekencodes invoerbestanden te genereren, aan te sturen en de uitvoer te visualiseren en verwerken.

3 Grondwatermodel Kanaal Gent-Terneuzen

3.1 Modelgebied, modelbegrenzing en rekengrid



Figuur 1: modelrand en aandachtsgebied

3.1.1 Modelrand

Het modelgebied is per definitie groter dan het aandachtsgebied waarvoor het model wordt opgezet. De keuze van de modelgrenzen is gebaseerd op twee voorwaarden. De eerste is dat de randvoorwaarden geen invloed hebben op de grondwaterstroming en stijghoogten in het interessegebied. Ten tweede moet binnen het model het grondwatersysteem tot zijn recht komen. In dit geval is het interessegebied het gebied waarbinnen we op voorhand effecten veranderen door veranderingen in het kanaal.

In het onderzoek "Factsheet Waterhuishouding huidige situatie Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen" (Meeuwse R., 2013) is al een quickscan gedaan naar het beinvloedingsgebied van het kanaal. Met behulp van de formule van Mazure is de spreidingslengte bepaald van het systeem. Uitgaande van de a priori bekende waarden van de weerstand van de deklaag (max 1000d) en de transmissiviteit van het

watervoerende pakket (max 100 m^2/d) komt dit neer op een spreidingslengte van ~300 meter. Op een afstand van 3 maal de spreidingslengte is het effect van een ingreep in het systeem al nauwelijks meer te merken.

Er is voor gekozen om de afstand van de modelrand tot het kanaal minimaal 2300 meter te maken, waarbij in het noorden van het model zelfs een afstand tot 4000 meter is gekozen. Dit is om rekening te houden met eventuele toekomstige bemalingsberekeningen rondom het sluiscomplex.

Ongeveer ter hoogte van Zelzate is de grondwaterstand van de omgeving hoger dan het waterpeil van het kanaal. Het kanaal krijgt hier een drainerend karakter in plaats van infiltrerend naar de omgeving. Voor de doelen waarvoor het model is gemaakt, is het dus niet nodig om dit deel van het kanaal mee te nemen in het modelgebied. Om deze reden is ter hoogte van Zelzate de zuidelijke modelgrens gemaakt.

Dit alles leidt tot het modelgebied weergegeven in Figuur 1.

3.1.2 Rekengrid

Omdat is gekozen voor de modelcode Seawat, is het rekengrid een eindig-differentiegrid (rechthoekig). Uit een eigen analyse van het grondwatersysteem voorafgaand aan de modelbouw, is gebleken dat er lokale en meer regionale stromingssystemen aanwezig zijn in de ondergrond van het interessegebied. Een van de belangrijkste lokale systemen is de stroming van het kanaal naar de Westelijke Rijkswaterleiding. Dit is een watergang van +- 2 meter diep die langs een groot deel van het westelijk deel van het kanaal loopt. De afstand van kanaal tot de Westelijke Rijkswaterleiding is over grote afstanden slechts 150-200 meter (Figuur 2).

Figuur 2: Afstand kanaal tot Rijkswaterleiding bepalend voor minimale celgrootte

Om dit systeem goed te kunnen modelleren is het nodig om voldoende horizontale discretisatie te hebben. Dientengevolge is een horizontale celafstand van 25 meter gekozen.

Het model bestaat daarmee uit 195228 cellen per modellaag.

3.2 Geohydrologische modelschematisatie

3.2.1 Maaiveld

De bovenkant van de bovenste modellaag wordt gevormd door het maaiveld. De basis hiervoor is het gefilterde AHN1 bestand (5X5m) geleverd door waterschap Scheldestromen. Door het waterschap zijn verstorende elementen als bebouwing, bomen en hoogspanningsmasten uit de gemeten hoogtekaart gefilterd.

Voor de waterlichamen van het kanaal en de Westerschelde is het niveau van het gemiddeld waterpeil de bovenkant van het model. Dit is respectievelijk 2.13 NAP en 0 NAP.

3.2.2 Laagschematisatie

Het modelconcept bestaat uit 13 modellagen. De onderverdeling in deze lagen is gebaseerd op een geohydrologische interpretatie van de Regis 2.1 gegevens en de invoerbestanden van het Zeelandmodel (Deltares 2014), waarbij zowel de laagschematisatie van het Zeelandmodel als de chlorideverdeling naar de ondergrond is betrokken.

Dit laatste is van belang omdat een grove verticale discretisatie, met een sterke variatie van chloride naar de diepte tot een significante overschatting of onderschatting van het dichtheidseffect op de stijghoogteverdeling kan leiden.

Figuur 3 toont de in het gebied voorkomende geologische lagen en de vertaling naar modellagen op basis van systeemanalyse in de rechtertabel in de figuur. Dit leidt tot een modelschematisatie met 13 modellagen.

Voor uitleg over de geologische geschiedenis van het gebied en de genoemde formaties wordt verwezen naar literatuur, o.a. (Foppen, Gieske et al. 1996), (Royal Haskoning, 2002), (van Baaren et al, 2014)

Laagschematisatie volgens Regis 2.1		Modelschematisatie na systeemanalyse
Holoceen		1-4
Zanden van Boxtelformatie 1		5
Klei van Boxtelformatie		6
Zanden van Boxtelformatie 2		7
Zanden van Boxtelformatie 3		
Zanden van Eemformatie 1		
Zanden van Eemformatie 2		
Zanden van Eemformatie 3		
Zanden van Breda 1		
Klei van Breda 1		8
Zanden van Breda 2		9
Klei van Rupel-Boomse formatie		10
Zand van Tongerenformatie 1		11
Klei van Tongerenformatie 1		12
Zand van Tongerenformatie 2		13
Klei van laagpakket van Dongen-Asse		BASIS
Zand van laagpakket van Dongen 2		
Klei van laagpakket van Dongen-Ieper		
Zand van laagpakket van Dongen 3		

Figuur 3: laagschematisatie volgens Regis 2.1 (links) en vertaling naar modelschematisatie op basis van geohydrologische systeemanalyse (rechts).

De meeste van de geologische lagen komen niet overal voor tijdens het gebied, wat tot gevolg heeft dat sommige modellagen een theoretische dikte hebben van 0.1m. Modellagen moeten immers overal aanwezig zijn onder het grid, zodat het numerieke probleem oplosbaar blijft. Wanneer een modellaag 0.1 m dik is, heeft deze een bijbehorende KD van 1m^2/d als het een watervoerende laag betreft en 0.1 d als het een scheidende laag betreft.

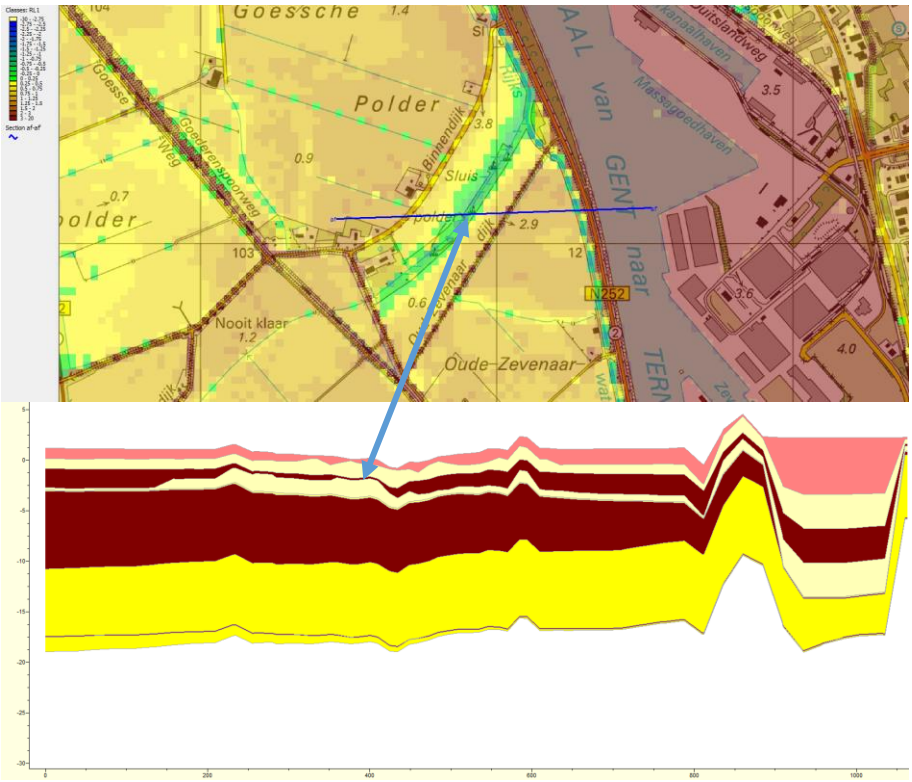
3.2.3 Laagschematisatie deklaag

De holocene deklaag is geschematiseerd in vier modellagen. Dit biedt de mogelijkheid om het veel voorkomende profiel met een tussenzandlaag te modelleren. Dit profiel is het gevolg van kleine en grotere kreken en geulen die ingesneden zijn in de kleiige ondergrond, waar ze eerst zandig zijn afgezet en later weer met holocene klei zijn bedekt.

Daar waar een laag niet voorkomt, wordt overeenkomstig de vorige paragraaf de modellaag 0.1m dik.

De zeer gedetailleerde informatie uit Geotop (Van der Meulen et al., 2013), die is gebruikt voor de bouw van het Zeelandmodel van Deltares is vertaald naar deze vierlagenschematisatie door gebruik te maken van interpolatiesoftware. Kleine, maar zeer wezenlijk anomalieën in de ondergrond worden hiermee afdoende gemodelleerd.

Figuur 4 toont een voorbeeld van een zeer lokale kleine kreekrug en de manier waarop deze in het grondwatermodel is geschematiseerd. Er valt op dat ter plekke van de kreekrug de ondergrond alleen nog uit zand bestaat. De elders wel aanwezige kleilaag is gereduceerd tot de fictieve dikte van 0.1m. Interessant is dat het landgebruik ter plaatse (boomgaard) een sterke indicatie geeft dat deze schematisatie van de ondergrond deugt.



Figuur 4: De bovenste figuur toont een bovenaanzicht met een doorsnedelijn in het blauw, die een kleine kreekrug (groen) snijdt. De onderste figuur toont de doorsnede in het model. Het voorbeeld laat zien dat een kleine kreekrug op de juiste wijze terugkomt in de schematisatie van de ondergrond.

3.2.4 Doorlatendheden en hydraulische weerstanden

De horizontale doorlatendheden voor de lagen, die niet corresponderen met het holoceen zijn in beginsel overgenomen uit Regis 2.1. De verticale doorlatenheden van de betreffende lagen zijn voorafgaand aan calibratie 3 maal zo klein als de horizontale overeenkomstig een kh/kv van 1:3, conform de aanname voor anisotropie in het Zeelandmodel (Van Baaren et al., 2014). De verhoudingen Kh/Kv zullen in werkelijkheid hiervan afwijken, aangezien korrelgrootte, pakking van zand en insluiting van fijner materiaal zeer bepalend zijn. Deze onzekerheid heeft echter alleen een significant effect als het zeer dikke watervoerende pakketten betreft. In de praktijk is het effect op de berekende grondwaterstand klein. In de buurt van onttrekkingen kan het lokaal echter wel een groot effect hebben.

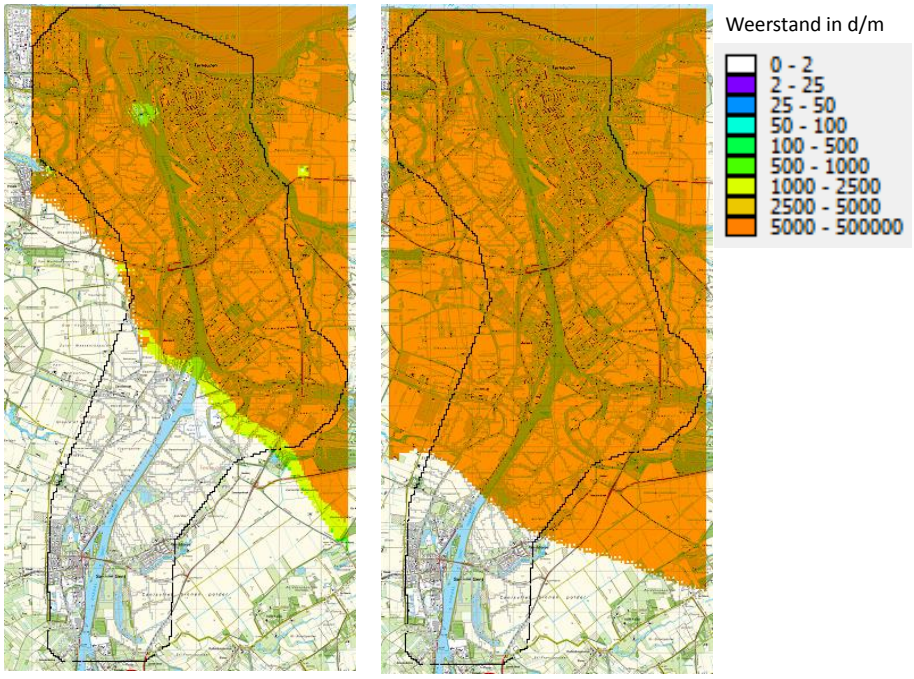
De doorlatendheden voor de verticale lagen zijn eveneens overgenomen uit Regis 2.1, waarbij de a priori verhouding tussen de horizontale en de verticale doorlatendheid 10:1 is. Waar in Regis geen verticale doorlatendheid is bepaald, maar wel een weerstand is de doorlatendheid bepaald door de weerstand te delen door de betreffende laagdikte.

Opvallend voor het modelgebied is dat de weerstanden van de Boomse klei en van de kleipakketten van de Formatie van Tongeren zeer hoog zijn. Waar de klei voorkomt zijn volgens Regis 2.1 de weerstanden van

ruim boven de 5000 d. In Figuur 5 is te zien dat de Boomse klei vooral boven het noordelijk deel van het modelgebied voorkomt tot aan Sluiskil en de klei van Tongeren ook boven het middendeel tot nabij Sas van Gent.

Opmerkelijk is een zone met een lagere weerstand in de Boomse klei ter hoogte van de zeesluis. Hier blijkt uit enkele sonderingen dat er inderdaad een gat zit in de Boomse klei. De aanwezigheid van dit gat kan een grote invloed hebben op de lokale geohydrologie. Wanneer het model wordt gebruikt voor bemalingsberekeningen ter plekke van de zeesluis is voorzichtigheid (en mogelijk aanvullend bodemonderzoek) geboden.

De weerstand van de kleilagen is zo groot dat voor een belangrijk deel van het modelgebied de interactie tussen het kanaal en het grondwatersysteem vooral ondiep (< 20 m) is.



Figuur 5: Weerstand en voorkomen van Boomse klei (links) en Klei van formatie van Tongeren (rechts). De weerstandwaarden zijn weergegeven in d/m

De horizontale en verticale doorlatendheden van de deklaag zijn overgenomen uit het Zeelandmodel. Met behulp van de in paragraaf 3.2.3 genoemde interpolatiesoftware is de zeer gedetailleerde informatie uit het Zeelandmodel/Geotop vertaald naar het model.

Hierbij zijn de transmissiviteiten en vertical conductances (vcont) eerst teruggerekend naar bijbehorende horizontale en verticale doorlatendheden (Kh resp. Kz). De gebruikte relatie tussen de vcont parameter en de verticale doorlatendheden van is weergegeven in Figuur 6.

$$Vcont_{i,j,k+1/2} = \frac{1}{\frac{(\Delta v_k)/2}{Kz_{i,j,k}} + \frac{(\Delta v_{k+1})/2}{Kz_{i,j,k+1}}}$$

Figuur 6: relatie Vcont en Kz, uit de Modflow2005 handleiding (ref)

Vervolgens zijn de waarden geïnterpoleerd naar de 4-lagen schematisatie, waarbij vervangende Kh en Kz waarden zijn berekend met respectievelijk harmonische en rekenkundige gemiddelden.

De volgende tabel toont globaal de range van doorlatendheden die is toegekend aan de bovenste 4 (holocene) modellagen.

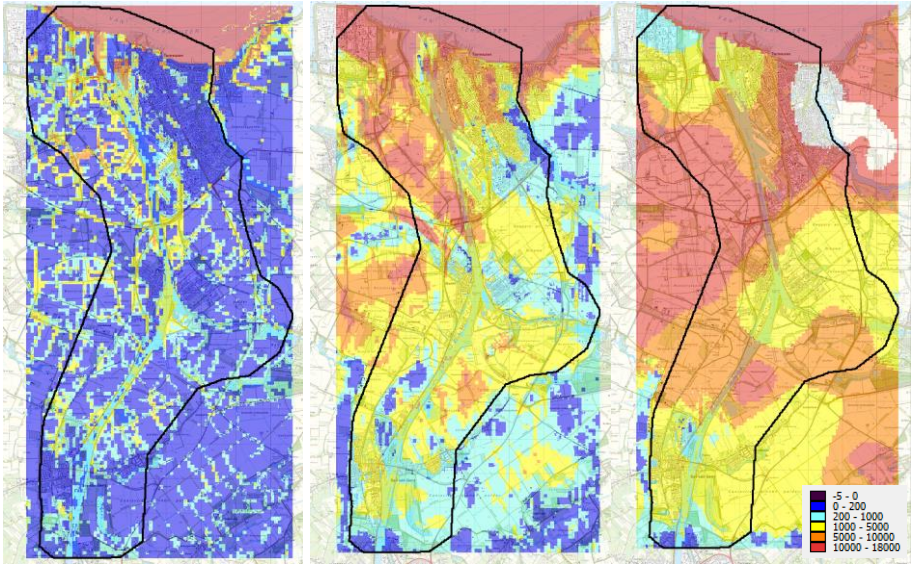
Laag		
	Kh	Kv
1	**0.01- 25 m/d**	**0.005- 2.5 m/d**
2	**1.5 -36 m/d**	**0.5 – 6 m/d**
3	**0.001 – 0.015**	**0.01-0.15**
4	**1.5 – 36 m/d**	**0.5 – 12 m/d**

3.3 Zoet-zout verdeling en dichtheid

In het model wordt per modellaag een chlorideverdeling opgegeven. Als basis voor deze chlorideverdeling is de chlorideverdeling gebruikt, die in het Zeelandmodel (Van Baaren et al., 2014) is gebruikt. Aan de basis van deze invoergegevens ligt een grootschalige analyse naar de zoutverdeling in de ondergrond uitgevoerd door Deltares (Oude Essink en Verkaik, 2010), (Pebesma, 2009).

Vergelijkbaar met de methode gebruikt in paragraaf 3.2.3 en 3.2.4. zijn de waarden uit het Zeelandmodel geïnterpoleerd naar elk van de modellagen.

Figuur 7 toont een overzicht van chlorideverdelingen in lagen **1** (ondiep), **7** (middeldiep, van -12m NAP in het zuidelijk deel tot -25m NAP in het noordelijk deel) en **12** (diep, van -15m NAP in het zuidelijk deel tot -95m NAP in het noordelijk deel).



Figuur 7: Chlorideverdelingen in model in van links naar rechts lagen 1, 7 en 12. De waarden zijn in mg/l. De witte vlek in de verdeling van laag 12 wijst op brijnwater met een concentratie > 18000 mg/l.

De relatie tussen chlorideconcentratie en dichtheid is gegeven door een lineaire relatie, waarbij de helling 0.7143 bedraagt. Dit is een standaardwaarde in Seawat. Naar believen kan deze worden aangepast.

3.4 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden zijn vaste randvoorwaarden, voor zowel de stijghoogte als de dichtheid. Stroming over de rand is voor beide type randvoorwaarden mogelijk.

De stijghoogterandvoorwaarden in de bovenste modellagen zijn afgeleid van metingen en de isohypsenkaart uit de landelijke grondwaterkaart van TNO (Lekahena,1982). Dit geldt voor de lagen boven de Boomse klei voor het noordelijk deel van het modelgebied en de lagen boven de formatie van Tongeren en Dongen-Asse voor het zuidelijk deel van het modelgebied.

Onder de eerder genoemde kleilagen zijn geen metingen beschikbaar. Om toch een idee te krijgen van de randvoorwaarden ter plaatse is gebruik gemaakt van berekeningsresultaten van het veel grotere Scaldwinmodel, dat zich uitstrekt tot ver in Vlaanderen.

Niettemin blijven de waarden van de randvoorwaarden onder de genoemde zware kleilagen uiterst onzeker.
De randvoorwaarden voor de dichtheid zijn afgeleid uit het 3D-concentratieveld, dat is gebruikt bij de bouw van het Zeelandmodel.

3.5 Onttrekkingen

Bij zowel provincie, waterschap als de VMM zijn gegevens opgevraagd van onttrekkingen binnen het modelgebied. Er blijken geen permanente onttrekkingen te zijn binnen het modelgebied, behalve enkele winningen van zoetwater in de grote kreekrug die van

noordwest naar zuidoost loopt. Deze worden gebruikt door agrariërs voor beregening en voor kassen.

De registratie van het waterschap bevestigt dat deze er zijn, maar niet waar, op welke diepte en hoeveel het jaarlijks terugkerend debiet is. Om deze redenen zijn deze winningen niet gemodelleerd. Wel – zo zal blijken in het calibratie hoofdstuk – is de wetenschap dat er zoet water wordt onttrokken, meegenomen bij de duiding van de calibratie.

3.6 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling in het model is stationair bepaald. Hiertoe is de gemiddelde neerslag minus de gemiddelde actuele verdamping over de jaren 1996-2010 bepaald. De actuele verdamping wordt berekend door de referentieverdamping te vermenigvuldigen met gewasfactoren en waar nodig te compenseren met interceptiefactoren. De gewasfactoren zijn afhankelijk van het landgebruik (LGN6). Tabel 1 geeft het overzicht van gebruikte gewasfactoren en interceptiefactoren per LGN klasse voor de Penmanverdamping (Buma et al., 2002). De Penmanverdamping is omgerekend naar Makkinkverdamping door de eerstgenoemde met 1.25 te vermenigvuldigen.

LGN	KLASSE	Gewas factor	Interceptie factor	LGN	KLASSE	Gewas factor	Interceptie factor
1	Gras	0.71	0	24	kale grond in bebouwd buitengebied	0.3	0
2	Mais	0.54	0	25	hoofdwegen en spoorwegen	0.57	0.28
3	aardappelen	0.47	0	26	bebouwing in agrarisch gebied	0.57	0.28
4	Bieten	0.5	0	30	Kwelders	0.5	0
5	Granen	0.46	0	31	Open zand in kustgebied	0.3	0
6	overige landbouwgewassen	0.45	0	32	Open duinvegetatie	0.4	0
8	glastuinbouw	0.57	0.28	33	Gesloten duinvegetatie	0.5	0
9	boomgaard	0.94	0	34	Duinheide	0.7	0
10	Bollen	0.5	0	35	Open stuifzand	0.3	0
11	Loofbos	0.5	0.18	36	Heide	0.7	0
12	naaldbos	0.53	0.26	37	Matig vergraste heide	0.7	0
16	zoet water	1	0	38	Sterk vergraste heide	0.7	0
17	zout water	1	0	39	Hoogveen	0.8	0
18	stedelijk bebouwd gebied	0.57	0.26	40	Bos in hoogveengebied	0.6	0.2
19	bebouwing in buitengebied	0.57	0.26	41	Overige moerasvegetatie	0.6	0
20	loofbos in bebouwd gebied	0.5	0.18	42	Rietvegetatie	0.5	0
21	naaldbos in bebouwd gebied	0.53	0.26	43	Bos in moerasgebied	0.5	0.2
22	bos met dichte bebouwing	0.55	0.26	44	Veenweidegebied	0.7	0
23	gras in bebouwd gebied	0.6	0	45	Overig open begroeid natuurgebied	0.7	0

Tabel 1. Gebruikte gewasfactoren en interceptiefactoren per LGN klasse.

Voor de neerslag is gebruik gemaakt van gegevens van de KNMI stations in het modelgebied (Tabel 2). Voor de verdamping is gebruik gemaakt van de gegevens van station Westdorpe, alwaar de referentiegewasverdamping wordt vastgesteld.

Naam neerslag- en verdampingstations	Jaargemiddelden (mm)
Terneuzen	853
Kapellebrug	876
Philippine	874
Westdorpe	865
Westdorpe (verdamping)	590

Tabel 2: Gebruikte neerslagstations en verdampingsstation en jaargemiddelden over de periode 1996-2010

3.7 Relatie grond- en oppervlaktewater

3.7.1 Oppervlaktewater

Sommige sloten in het modelgebied zijn altijd watervoerend en worden op polderpeil gehouden. Aangezien het gebied licht hellend is, vallen ook vele sloten droog in een gemiddelde, stationaire situatie. Binnen het model zijn droogvallende sloten als drains gemodelleerd en watervoerende sloten als rivers.

Voor de peilen in de sloten is gebruik gemaakt van de gegevens van Waterschap Scheldestromen. Voor het gebied ten westen van het kanaal van Gent naar Terneuzen is gebruik gemaakt van zeer gedetailleerde inventarisaties van het waterschap naar het peil van de individuele watergangen en het bodemniveau.

Ten oosten van het kanaal van Gent naar Terneuzen is de informatie van het waterschap minder gedetailleerd. Wel zijn hier voor veel watergangen ingemeten profielen bekend, met bodemdieptes. Deze profielen zijn langs de watergangen geïnterpoleerd in Gis, zodat een dekkend beeld ontstaat van de meeste sloten. Door de bodemniveaus te vergelijken met vigerend polderpeil kan worden bepaald of de betreffende watergang watervoerend is in een gemiddelde situatie of droog staat.

Deze analyse is kwalitatief geverifieerd door gebruik te maken van satellietkaarten en Google Street View.

3.7.2 Landbouwdrains

Het aandachtsgebied bevat vele akkerbouwpercelen en stedelijk gebied. De meeste van deze percelen zijn gedraineerd met landbouwdrains (mondelinge mededeling Waterschap).

In het gebied ten westen van het kanaal is door het waterschap geënqueteerd naar het voorkomen van drainage en de aanlegdiepte. Deze informatie is opgenomen in het model. Voor het oostelijk deel van het modelgebied was deze informatie niet bekend. Hiervoor is een a

priori inschatting gemaakt van de drainagediepte, namelijk 90 cm onder maaiveld. In het stedelijk gebied is een drainagebasis van 60cm –mv aangehouden.

3.7.3 Kanaal en Westerschelde

Het kanaal en de Westerschelde worden met een vaste bovenrandvoorwaarde (General Head Boundary) gemodelleerd. Het peil van het kanaal is 2.13m + NAP.

De diepte van het kanaal en de Westerschelde is ontleend aan bathymetiekaarten verstrekt door Rijkswaterstaat. De diepte van het kanaal varieert tussen -5 en -14.5m NAP, waarbij het grootste deel van het kanaal op -13.5m NAP ligt.

Het kanaal en de Westerschelde zijn geschematiseerd door de eerste zes modellagen. De bovenste vier lagen hebben gelijke dikte en zijn geschematiseerd met een hoge verticale doorlatendheid van 100 m/d en een lage horizontale doorlatendheid van 0.001 m/d. De hoge verticale doorlatendheid zorgt dat het water peil ook in de onderste laag (modellaag 4) gelijk is aan het kanaalpeil. De lage horizontale doorlatendheid simuleert de infiltratieweerstand in horizontale richting.

Infiltratieweerstand

Het kanaal is zo geschematiseerd dat infiltratie zowel horizontaal kan plaatsvinden als verticaal door de bodem van het kanaal. In het algemeen geldt dat infiltratie vanuit waterlichamen naar de omgeving vooral plaatsvindt door de bodem. Het kanaal is echter zo diep dat het aannemelijk is dat ook horizontale infiltratie plaatsvindt door watervoerende lagen in het holoceen die door het kanaal doorsneden worden.

Er zijn geen damwanden gemodelleerd. Het is aannemelijk dat deze vanuit geotechnische redenen aanwezig zijn. Het is echter onbekend waar de damwanden zijn en tot op welke diepte ze geslagen zijn. Het niet modelleren van de damwanden kan op sommige plaatsen leiden tot een overschatting van de horizontale flux uit het kanaal.

Het is onbekend of het kanaal is afgedicht met klei tijdens de aanleg. Het is wel bekend dat zich op de bodem van het kanaal een laag sediment bevindt die periodiek wordt gebaggerd. Het komt in de praktijk veel voor dat bij infiltrerende waterlichamen de bagger sterk ondoorlatend wordt vanwege het dichtslibben van de porieën met zeer fijn sediment.

Wanneer het kanaal gebaggerd wordt kan dit leiden tot een tijdelijke grote verhoging van de infiltratiefluxen uit het kanaal met effecten naar de omgeving. Door agrariërs in de omgeving is geklaagd over natte percelen na onderhoudswerkzaamheden aan het kanaal. Er is geen systematische studie naar het effect van baggeren gedaan.

De verticale infiltratieweerstand is gemodelleerd in modellaag 6. Deze modellaag komt in de rest van het model overeen met de kleilagen die worden gerekend tot de Boxtelformatie. Waar deze kleilagen voorkomen worden ze geheel doorsneden door het kanaal, waardoor deze laag goed gebruikt kan worden om de kanaalweerstand te modelleren.

A priori is een infiltratieweerstand van 100 dagen aangenomen. Deze weerstand is over de gehele lengte van het kanaal dezelfde. Dit is geen hoge weerstand. Er zijn echter voldoende aanwijzingen, vanuit de grondwaterkaart en vanuit de meetreeksen van peilbuizen rondom het kanaal dat het kanaal een grote invloed uitoefent op het omringende grondwatersysteem.

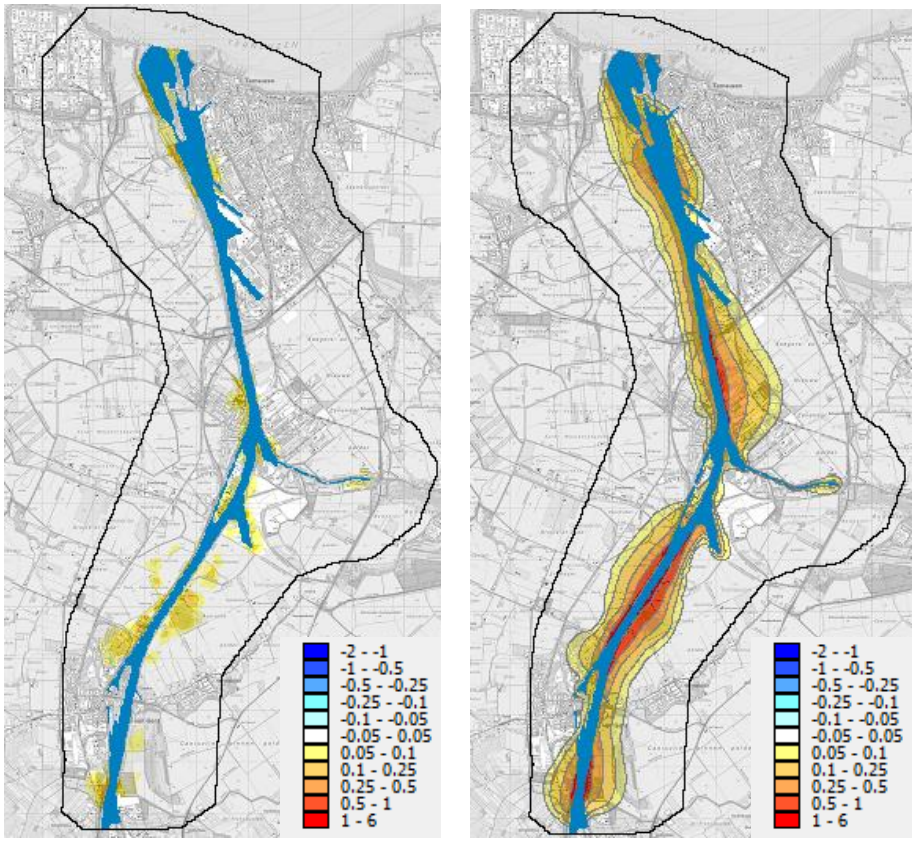
3.7.4 Gevoeligheidsanalyse kanaalweerstanden

Vanwege de grote a priori onzekerheid van de infiltratieweerstanden van het kanaal is een gevoeligheidsanalyse naar het effect van variërende infiltratieweerstanden uitgevoerd.

De verticale weerstand van het kanaal is gevarieerd met waarden tussen 10 dagen en 10000 dagen.

De horizontale doorlatendheid van het kanaal is gevarieerd met waarden tussen 0.1 m/d en 0.00001 m/d.

Figuur 8 toont het verschil tussen stijghoogten in de eerste modellaag (ondiep) en in de zevende modellaag (middeldiep), waarbij een berekening is gedaan met een verticale weerstand van 10 dagen en met een verticale weerstand van 10000 dagen.

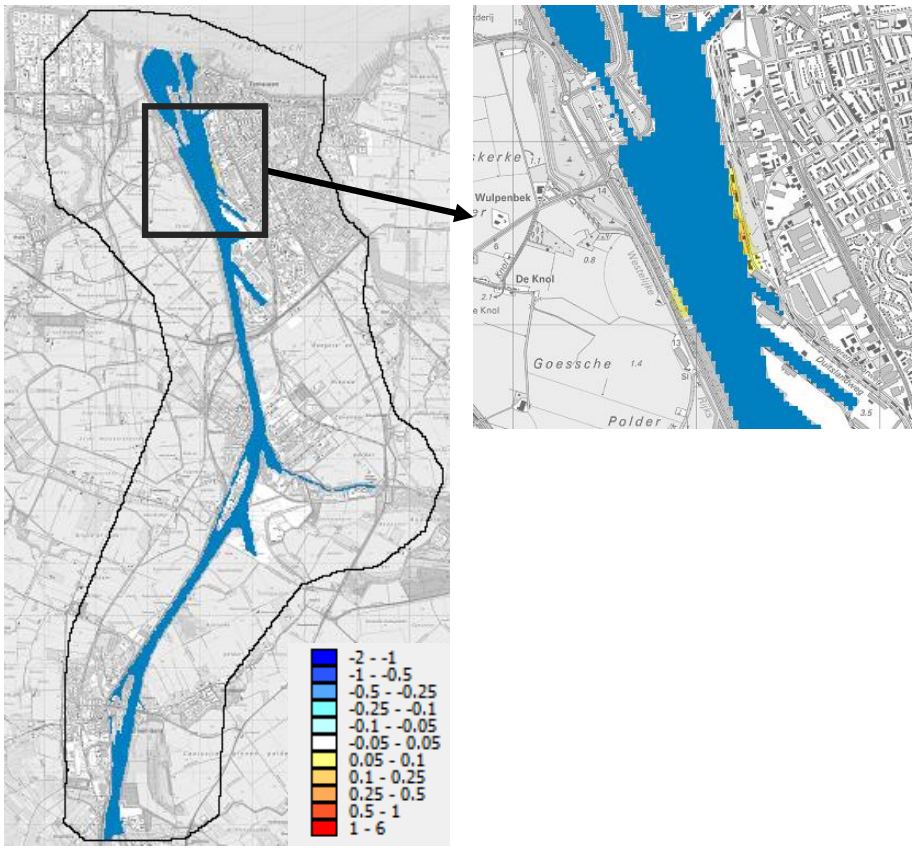


Figuur 8: Verschil in stijghoogten tussen modelberekening met een verticale infiltratieweerstand van het kanaal van 10 dagen en van 10000 dagen. De linkerfiguur toont het verschil in modellaag 1. De rechterfiguur in modellaag 7. De waarden zijn in meters.

Uit de figuur blijkt dat er in de middeldiepe lagen verschillen van 50 cm tot 100 cm kunnen optreden in de zone langs het kanaal. Nabij maaiveld zijn de verschillen minder groot, maar kunnen nog steeds in de orde van enkele decimeters zijn.

Het effect, waarbij een verschil van 5 cm nog als significant is aangenomen, kan uitstralen tot 1000 meter uit het kanaal.

Figuur 9 toont het verschil tussen stijghoogten in de eerste modellaag (ondiep) waarbij een berekening is gedaan met een horizontale doorlatendheid van 0.1 m/d en van 0.00001 m/d. Het effect in de middeldiepe modellagen is niet significant en daarom ook niet getoond.

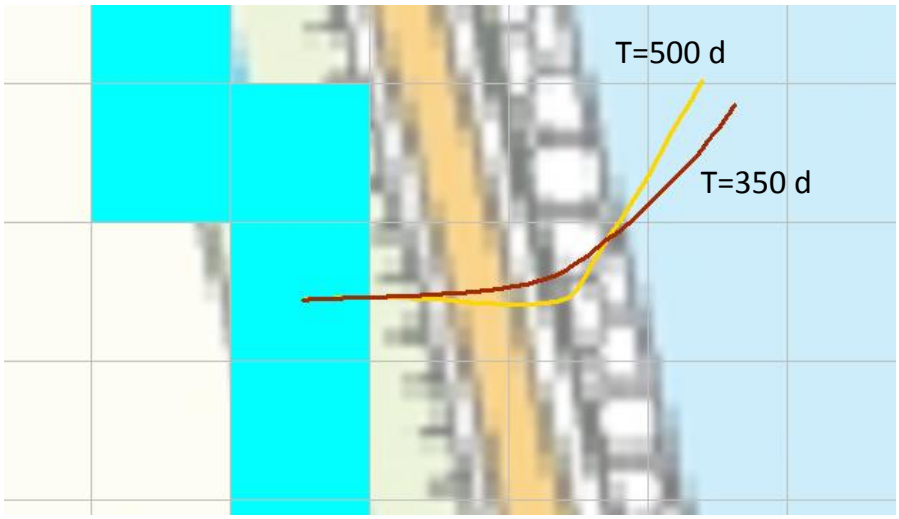


Figuur 9: Verschil in stijghoogten tussen modelberekening met een horizontale doorlatendheid van het kanaal van 0.1 m/d dagen en van 0.00001 m/d. De linkerfiguur toont het verschil in modellaag 1. De rechterfiguur zoomt in op een deel van het gebied. De waarden zijn in meters.

Uit de figuur blijkt dat het effect van een variërende horizontale doorlatendheid lokaal effect heeft op de ondiepe grondwaterstand. Veranderingen van 5 tot 10 cm worden her en der in de zone direct langs het kanaal gemeten. In de diepere pakketten is het effect niet meer zichtbaar.

De grootte van de horizontale infiltratieweerstand heeft een effect op de verblijftijden van horizontaal infiltrerende deeltjes uit het kanaal. Figuur 10 toont twee stroombanen die zijn berekend (upstream) vanuit het kanaal naar de Westelijke Rijkswaterleiding aan de westkant van het kanaal. De bruine stroombaan toont de stroombaan berekend met het snelheidsveld van de modelberekening met een horizontale doorlatendheid in het kanaal van 0.01 m/d. De oranje stroombaan toont de stroombaan berekend met een modelberekening met een doorlatendheid van 0.00001 m/d.

Uit de berekening blijkt niet alleen dat het traject van de stroombaan verandert, maar ook dat er een significant verschil is tussen de verblijftijden van de particles in de ondergrond, die voor de hogere horizontale doorlatendheid 350 dagen bedraagt en voor de lagere +/- 500 dagen.



Figuur 10: Sterk ingezoomde figuur met zichtbare modelcellen van 25 meter breed. De figuur toont de stroombanen vanuit een punt in de westelijke rijkswaterleiding voor een horizontale kanaalweerstand van 0.01 m/d (de bruine lijn) en een met een horizontale doorlatendheid van 0.00001 m/d (de oranje lijn).

De conclusie van de gevoeligheidsanalyse is dat het grondwatersysteem rondom het kanaal sterk gevoelig is voor zowel de horizontale als de verticale infiltratieweerstand.
De a priori onzekerheid van deze parameters is groot. Deze onzekerheid moet nadrukkelijk worden meegenomen in de calibratie van het model en de duiding van de resultaten.

4 Modelcalibratie

4.1 Calibratieproces

Het model is stationair gecalibreerd op basis van stijghoogtemetingen.

De aanname is dat het gemiddelde van een meetreeks over enkele tot tientallen jaren een representatieve stationaire waarde geeft. Geen van de buizen vertoont een opwaartse of neerwaartse trend die er op wijst, dat het gemiddelde niet representatief is voor een stationaire situatie.

Tabel 3 toont de gebruikte meetgegevens en enkele karakteristieken van de locatie en de statistiek van de meetreeksen.

Naam Peilbuis	X	Y	Gemiddelde diepte filter (m NAP)	Gemiddelde waarde (m NAP)	Maximale waarde (m NAP)	Minimale waarde (m NAP)	Aantal metingen	Standaard deviatie
B54G0066_1	45232	359565	-0.8	0.12	0.73	-0.19	356	0.12
B54E0230_1	48013	369882	-17.8	-0.03	1.12	-0.55	1252	0.24
B54E0233_1	45456	364662	-0.6	0.48	1.80	-0.51	1254	0.35
B54E0233_2	45456	364662	-16.6	0.40	1.84	-0.54	1254	0.37
B54G0051_1	45281	360917	-15.3	0.70	1.29	0.07	340	0.24
B54E0234_1	48460	364520	-1.0	0.39	0.99	-0.25	1080	0.25
B54E0234_2	48460	364520	-18.0	0.21	0.98	-0.48	1080	0.29
B54E0228_1	44410	372500	-18.1	-0.54	0.18	-1.05	700	0.24
B54E0236_1	44870	370370	-18.8	-0.36	0.10	-0.87	666	0.19
B54E0240_1	45460	368770	-2.6	0.09	1.00	-0.58	620	0.25
B54E0240_2	45460	368770	-14.5	0.14	0.87	-0.52	620	0.24
B54E0241_1	49270	367470	-3.3	-0.35	0.39	-2.00	618	0.36
B54E0241_2	49270	367470	-16.9	-0.45	0.32	-2.22	618	0.36
B54E0253_1	46460	363590	-2.4	-0.21	0.79	-0.74	496	0.22
B54E0253_2	46460	363590	-18.4	-0.06	0.51	-0.83	498	0.27
B54E0301_1	45010	370590	-8.8	-0.26	0.26	-0.81	112	0.22
B54E0303_1	46030	368620	-10.8	0.20	0.80	-0.49	160	0.25
B54E0304_1	47260	368280	-13.9	0.70	1.13	-0.28	148	0.22
B54G0035_1	45290	360930	-2.0	0.58	1.13	-0.14	438	0.27
B54G0035_2	45290	360930	-18.0	0.60	1.18	-0.06	438	0.26
B54G0050_1	45510	359190	-12.6	0.15	0.54	-0.15	64	0.15

Tabel 3: Gebruikte peilbuizen en karakteristieken

In totaal zijn de gegevens van 21 peilfilters gebruikt. Niet alle meetreeksen lopen door tot op heden. Aangezien er geen aanwijzingen zijn dat het hydrologisch systeem grootschalig en definitief is veranderd in de laatste tien jaar, geldt dat de gemiddelde waarden van peilbuizen die tien jaar geleden voor het laatst bemeten zijn representatief zijn voor de stationaire situatie.

Voor de calibratie is op individueel peilbuisniveau steeds een systeemanalyse uitgevoerd. Ofwel: wat zegt de gemeten stijghoogte over het grondwatersysteem en komt dit overeen met het berekende resultaat van het grondwatermodel.

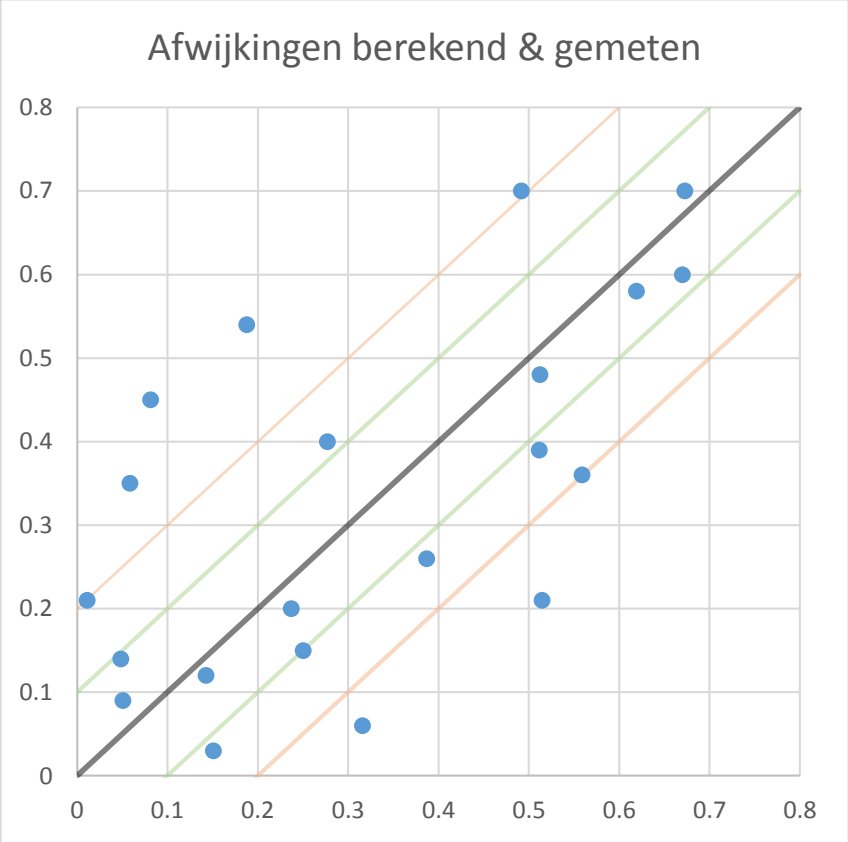
Onderdeel van dit proces is een verdere analyse van de peilbuismetingen, waaronder een uitbijteranalyse.

4.2 Resultaten

Figuur 11 toont de verschillen tussen berekend en gemeten voorafgaand aan calibratie, maar nadat fouten uit de schematisatie en data zijn verwijderd.

Figuur 11: Ruimtelijke weergave van de 21 peilfilters en het verschil tussen berekende grondwaterstand voorafgaand aan calibratie en gemeten grondwaterstand in meters. Daar waar twee cijfers naast elkaar staan, zijn meer filters per locatie. Het linkercijfer is het diepere filter.

Een andere manier om het verschil tussen berekend en gemeten te tonen is door de waarden te plotten in een scatterplot. De volgende figuur (Figuur 12) toont de scatterplot voor de resultaten voorafgaand aan calibratie. In de figuur zijn ook de lijnen geplot, die een afwijking van 10 en 20 cm tussen berekende en gemeten waarde representeren.



Figuur 12: Scatterplot tussen berekende en gemeten grondwaterstanden voor de situatie voorafgaand aan calibratie

Beginnend met het beeld van figuur 11 en figuur 12 is per peilbuis bezien, wat vanuit systeemdenken de afwijking tussen gemeten en berekend kan verklaren. Dat heeft geleid tot aanpassingen aan een aantal modelparameters.

4.2.1 Aangepaste parameters

De volgende parameters zijn aangepast tijdens het proces van calibreren:

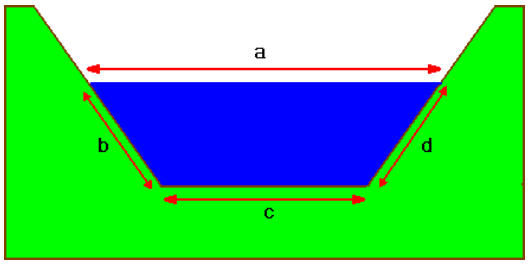
Verticale doorlatendheid modellaag 3, dieper liggend holoceen klei en veen

De verticale doorlatendheid is verkleind in delen nabij de polder Braakman, omdat de gemeten stijghoogten van peilbuizen B54E0236 en B54E0301 daar aanleiding toe geven. Er is aangenomen dat de a priori waarden van het topsysteem minder onzeker zijn dan de doorlatendheid van de kleilagen ter plekke. Een mogelijke reden dat a priori de weerstand van de kleilaag te laag is ingeschat is dat de geotopgegevens suggereren dat er her en der gaten in de klei zitten, die er mogelijk niet zitten of anderszins niet zo doorlatend zijn als voorafgaand aan calibratie geschematiseerd.

Voorkomen van landbouwdrainage en/of greppels

Hoewel door het waterschap intensief is geinventariseerd naar voorkomen en diepte van drainagemiddelen blijkt dat een aantal agrariërs niet heeft gereageerd op de enquete. A priori zijn deze percelen zonder landbouwdrainage gemodelleerd. De afwijkingen van sommige berekende en gemeten grondwaterstanden hebben geleid tot nader onderzoek op basis van satellietfoto's en google streetview. Dit heeft op een aantal locaties geleid tot het introduceren van buisdrainage in het model.

Breedte en watervoerendheid van enkele waterlopen
De breedte van de waterlopen in het model is gelijk aan de zogenaamde natte omtrek. Uit mondelinge toelichtingen blijkt bijvoorbeeld de Westelijke Rijkswaterleiding veelal dieper dan 2 meter, wat zorgt dat de natte omtrek is vergroot tot 15 meter.



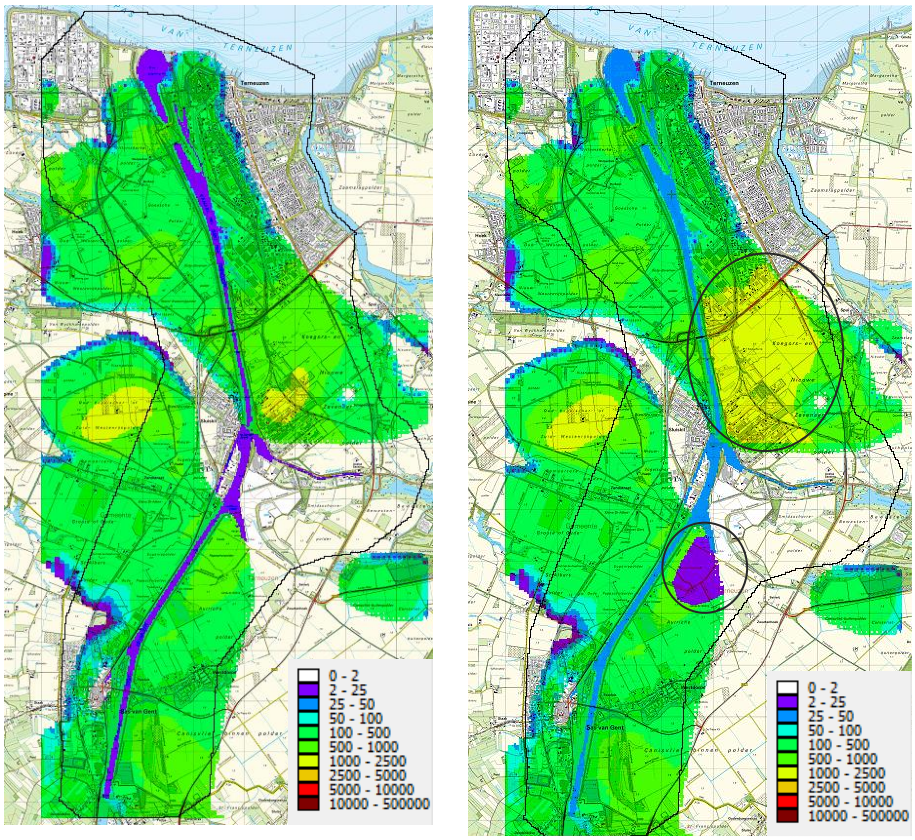
Figuur 13: Schematische weergave van een waterloop. De natte omtrek is in dit geval b+c+d.

Daarnaast zijn op verschillende plaatsen meertjes aanwezig, onder andere in het stedelijk gebied van Terneuzen. Deze hebben een aangepaste breedte gekregen, passend bij de grootte van het meertje.

Doorlatendheid van de boxtelklei

De kleilagen van de Formatie van Boxtel zijn een belangrijke scheidende laag in het modelgebied. De kleilaag komt niet onder het hele modelgebied voor. De a priori weerstandswaarden zijn 10-1200 dagen. Op basis van de analyse van enkele meetreeksen lijkt dit soms aan de lage kant. In een gebied ten zuiden van het stedelijk gebied van Terneuzen is de weerstand verhoogd met een factor 2 (zie omcirkeling in Figuur 14). In een ander gebied zou de laag moeten zitten, maar zijn er aanwijzingen dat de laag niet aanwezig is op de locatie. Dit kan komen doordat de doorsnijding van de grote ONO-WZW lopende kreekrugbreder is dan in Regis 2.1 is aangegeven. Er is voor gekozen om de weerstand te reduceren tot enkele dagen in dat gebied.

Een belangrijke opmerking is dat het mogelijk is dat in andere delen van het modelgebied de weerstand van de Boxtelkleilagen ook te laag is. Op basis van de beschikbare metingen is er echter geen aanleiding om de weerstandswaarde aan te passen. Als in de toekomst aanvullend wordt gemeten, dan is het mogelijk noodzakelijk om aanvullend te calibreren.



Figuur 14: Voorkomen van de kleilagen van de formatie van Boxtel. De linkerfiguur toont de weerstand in dagen voorafgaand aan calibratie. De rechterfiguur toont de weerstand in dagen na aanpassing van de hydraulische weerstand. De omcirkelingen tonen de locaties waar weerstandswaarden zijn veranderd.

Infiltratieweerstand van het kanaal

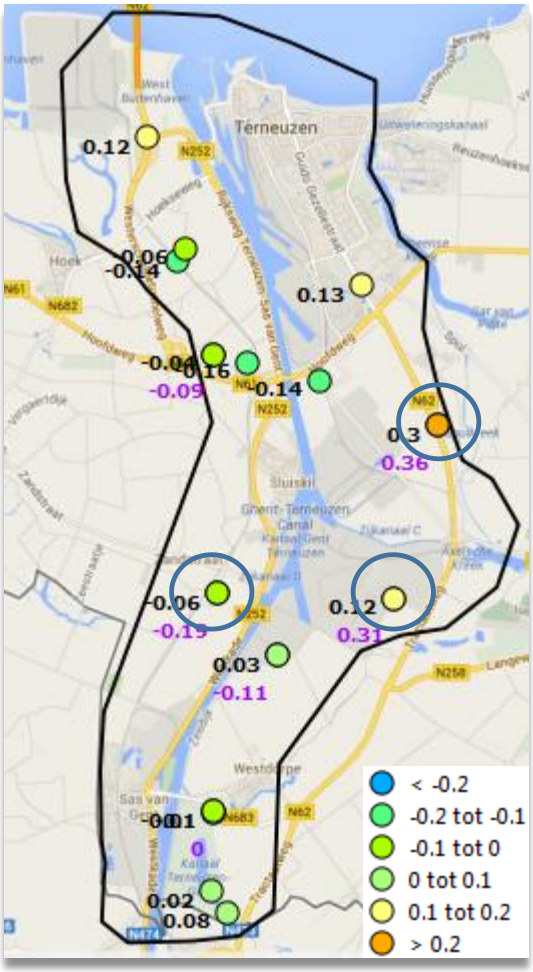
De verticale infiltratieweerstand is aangepast van 100 naar 50 dagen. De reeksen van peilbuizen B54E0304, B54E0253 en B54E0233 vertonen relatief hoge waarden van gemeten grondwaterstand. Het is aannemelijk dat deze veroorzaakt worden door de infiltrerende invloed van het kanaal op het grondwatersysteem. Met een lagere infiltratieweerstand ontstaat een betere match tussen berekend en gemeten

De calibratiewaarde van 50 dagen heeft echter een grote onzekerheidsbandbreedte, aangezien de grootte van de infiltratieweerstand niet wordt gedragen door een fysische meting. De waarde van de infiltratieweerstand is gekozen op basis van een inverse beschouwing op de weinige metingen die beschikbaar zijn.

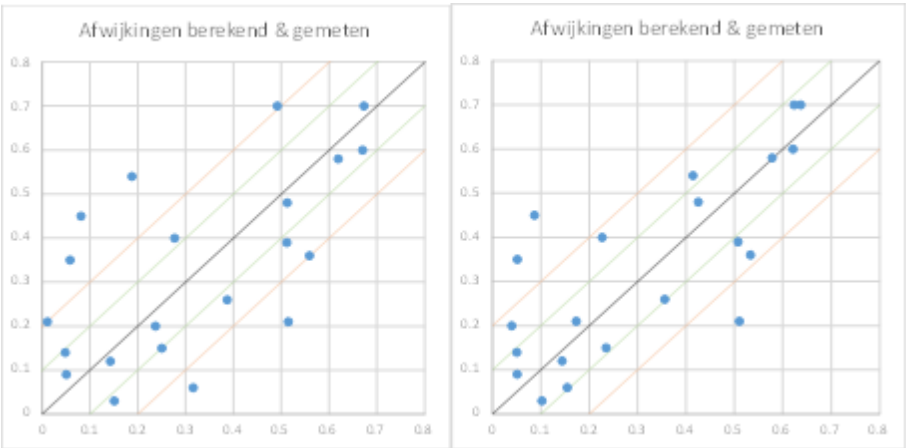
4.2.2 Calibratieresultaat en afwijkende peilbuizen

Na aanpassing van de in de vorige paragraaf genoemde modelparameters toont Figuur 15 een ruimtelijke weergave van het calibratieresultaat. Figuur 16 toont de scatterplot van berekende en

gemeten grondwaterstanden, waarbij de figuur voorafgaand aan calibratie nog eens is geplot, zodat verschillen goed zichtbaar zijn.

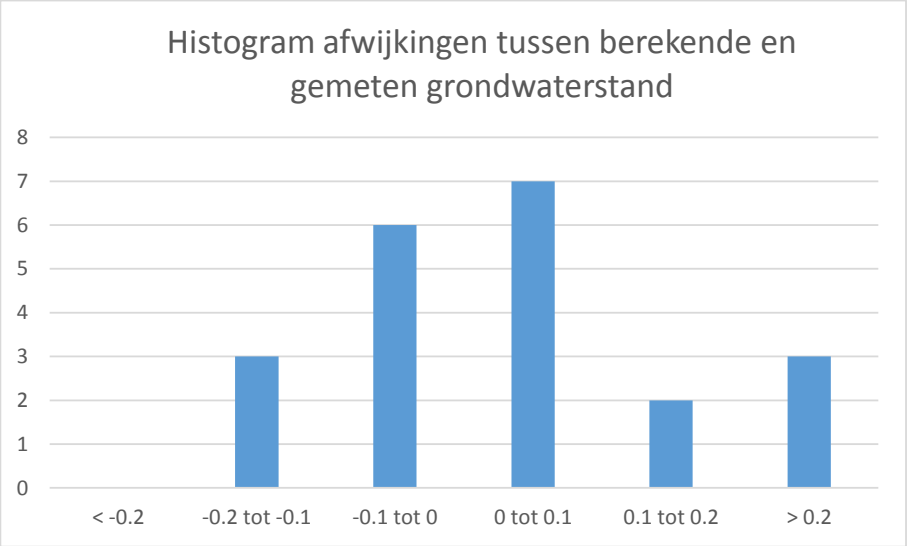


Figuur 15: Ruimtelijke weergave van de 21 peilfilters en het verschil tussen berekende grondwaterstand en gemeten grondwaterstand in meters. Soms hebben locaties meer dan één filter. Het paars gekleurde cijfer is het diepere filter. Drie peilbuizen zijn omcirkeld. Deze worden in de tekst nader toegelicht.



Figuur 16: Scatterplot tussen berekende en gemeten grondwaterstanden voor calibratie (links) en na calibratie (rechts)

In het algemeen vertonen de berekende en de gemeten grondwaterstanden absolute verschillen van minder dan 15 cm. Deze afwijkingen worden als acceptabel beschouwd. Daarbij zijn de afwijkingen bij benadering normaal verdeeld, zoals het histogram van de afwijkingen laat zien (Figuur 17).

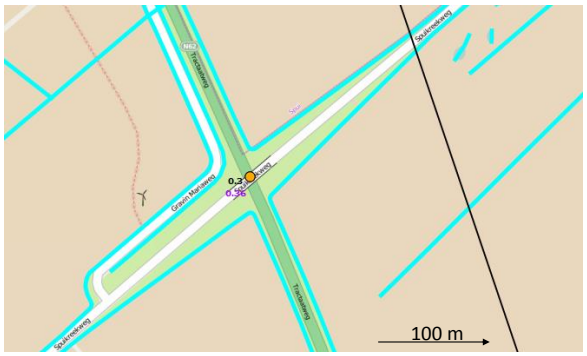


Figuur 17: Histogram van de afwijkingen tussen berekende en gemeten grondwaterstand.

Zowel uit de ruimtelijke weergave, de scatterplot en het histogram blijkt dat voor een aantal peilfilters het verschil tussen berekend en gemeten groter is. Deze peilfilters worden hiervolgend meer gedetailleerd besproken.

Peilfilters met afwijkingen tussen berekend en gemeten

Peilbuis B45E0241 heeft twee filters op een diepte van ongeveer -3 en -17 NAP. Beide filters laten een afwijking zien van meer dan 30 cm. De peilbuis ligt op een lastige locatie, te weten langs het talud van een grote provinciale weg temidden van een ingewikkeld stelsel van drainerende en watervoerende waterlopen.



Figuur 18: schematische weergave van locatie peilbuis B45E0241. De blauwe lijnen zijn waterlijnen uit het bestand van waterschap Scheldestromen

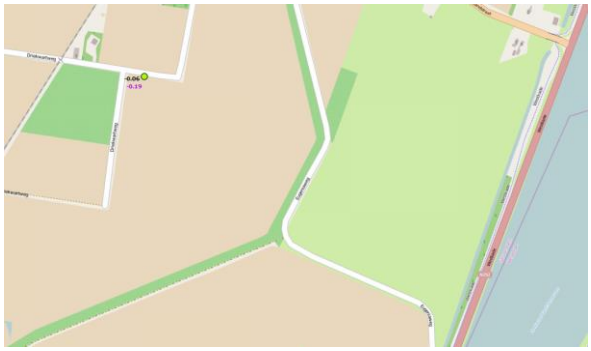
De waterlopen hebben verschillend peil, maar het is vanuit de data van het waterschap onbekend wat de dimensies zijn van de waterloop, de gemiddelde waterstanden en de bodemhoogtes. Het ligt voor de hand dat het peil van deze peilbuis voor een belangrijk deel wordt bepaald door de karakteristieken van de waterlopen. Deze zijn zo goed als onbekend, dus kan niet met voldoende zekerheid worden gecalibreeerd. Aangezien de peilbuis langs de rand van het modelgebied ligt, is het niet bezwaarlijk dat het verschil tussen berekend en gemeten in de orde van 30 cm bedraagt.

Peilbuis B54E0234 bevindt zich naast een groot kassencomplex.

Figuur 19: schematische weergave van locatie peilbuis B45E0234. De blauwe lijnen zijn waterlijnen uit het bestand van waterschap Scheldestromen

De peilbuis heeft ook twee filters op een diepte van -1m NAP en -18m NAP. Hydrologisch gezien bevindt de peilbuis zich op de grote kreekrug die het gebied doorsnijdt. Opvallend aan deze peilbuis is dat het diepere filter een lagere grondwaterstand heeft dan het ondiepe filter, hoewel dit niet logisch lijkt gezien het oppervlaktewaterpeil. Daarbij is het diepere filter 0.32 m te hoog berekend en het ondiepe filter 0.12 m. Het vermoeden bestaat dat in de buurt van deze buis zoetwater wordt gewonnen ten behoeve van de kassen. Aangezien er zoals genoemd in paragraaf 3.5 geen gegevens beschikbaar waren over locatie, diepte en debiet van de landbouwonttrekkingen kunnen we dit niet met zekerheid stellen. Het is echter een voor de hand liggende verklaring.

Peilbuis B54E0233 heeft eveneens twee filters. Het diepe filter bevindt zich op ca -16.5 NAP, het ondiepe bevindt zich op ca -0.5 NAP.



Figuur 20: schematische weergave van locatie peilbuis B45E0233. De afstand tot het kanaal is +/- 1000m.

Voor beide filters wordt de grondwaterstand te laag berekend, waarbij het diepere filter 19 cm te laag en het ondiepe 6 cm te laag. Een optie kan zijn dat de chlorideconcentratie in de bodem is onderschat. Bij hogere zoutconcentraties naar de ondergrond is de verwachting dat voor het diepere filter een hogere stijghoogte wordt berekend dan nu het geval. Er is echter geen aanleiding om de uit het Zeelandmodel afkomstige 3D-chloride veld aan te passen.

4.2.3 Conclusie calibratie

Uit de calibratie volgt dat het model de waarde van de gemeten beschikbare stijghoogtemetingen kan voorspellen binnen een marge van 15 cm. Er zijn drie uitzonderingen, waarvoor dit niet opgaat. Er is voor gekozen om deze uitgebreid te bespreken en de vermoedelijke oorzaak van de afwijking weer te geven.

Voor dit model is gebruik gemaakt van de best beschikbare invoerdata. Voor sommige data, zoals de waterschapsgegevens van Polder Braakman ten westen van het kanaal of de laagopbouw vanuit Geotop, betekent dit dat er relatief weinig onzekerheid in de invoerdata is.

Andere invoerdata die grote invloed heeft op het model hebben wel grote onzekerheden. Vooral de infiltratieweerstand van het kanaal springt eruit.

Er zijn relatief weinig metingen beschikbaar, waardoor het calibreren wel verbetering in het model teweeg brengt, maar waardoor onzekerheden blijven bestaan.

Het is aanbevelenswaardig om onderzoek te doen naar de infiltratieweerstand van het kanaal, zodat aan de voorzijde van het modelproces de invoer verbeterd kan worden. Daarnaast verdient het aanbeveling om meer meetreeksen van stijghoogten rondom het kanaal te starten en te zien of het mogelijk is om het model op fluxen te calibreren. Bij dit laatste kan men denken aan het opstellen van waterbalansen voor de polders aan weerszijden van het kanaal.

Het model is opgezet met als doel uitspraken te kunnen doen over effecten als er wijzigingen komen in de fysiek van het kanaal zelf of in de waterkwaliteit van het kanaal, zoals genoemd in hoofdstuk 1.

De conclusie is dat het model hiervoor geschikt is, maar dat de in dit document gemaakte opmerkingen rondom nauwkeurigheid en onzekerheid zeer er harte moeten worden genomen.

5 Toepassingsbereik van het model

5.1 Algemeen

Dit hoofdstuk beschrijft het toepassingsbereik van het model en geeft dus advies over de wijze hoe het model gebruikt dient te worden. Het toepassingsbereik is bepaald in samenwerking met Deltares, die de toetsing van het modelproces heeft uitgevoerd.

5.2 Toepassingsbereik

Voor het toepassingsbereik van het model is het van belang de aannames in Hoofdstuk 2 aan te halen. Hieruit volgt dat bij dichtheidsverschillen van groter dan 5000 mg/l tussen kanaal en omgeving, de aanname dat het stromingsveld niet verandert door transport van zout niet meer voldoet. Ook is het model opgesteld met de aanname dat de beoogde resultaten niet sterk tijdsafhankelijk zijn. Als dit wel zo is, dient het model te worden uitgebreid.

Het model is opgezet om de eerste orde effecten van ingrepen aan het kanaal ten opzichte van de huidige situatie te laten zien. Dit impliceert dat het model geschikt is om verschillen tussen modelberekeningen te laten zien, maar dat een voorbehoud moet worden gemaakt bij het interpreteren van de absolute waarden van de modelresultaten. Omdat relatief weinig ijkgegegevens tijdens de modelbouw voor handen waren, zijn de onzekerheden op de modeluitkomsten groot.

Als blijkt dat de eerste orde effecten significant zijn, dan verdient het aanbeveling om het model uit te breiden op basis van de aanbevelingen genoemd in de volgende paragraaf

Als men het model in de toekomst wil gebruiken voor andere doeleinden dan de in hoofdstuk 1 genoemde doeleinden, dan wordt gewezen op de beperkingen die de gemaakte aannames opleggen, alsook de in calibratie en gevoeligheidsanalyse genoemde onzekerheden.

5.3 Aanbevelingen

Om het voorspellend vermogen van het model op termijn te vergroten, verdient het aanbeveling de volgende activiteiten te overwegen:

1) Nauwkeuriger bepaling van de infiltratieweerstand van het kanaal. Uit het voorgaande blijk dat deze grote invloed heeft bij de effectbepaling. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door reeksen van grondwaterstandsmetingen nabij het kanaal te starten en via tijdreeksanalyse te bepalen, in hoeverre de concentratie van het kanaalwater invloed heeft op de concentratie van het water in de peilbuizen.

2) Als chlorideconcentraties in het kanaal op reguliere basis hoger zullen zijn dan 5000 mg/l verdient het aanbeveling om het

bestaande modelinstrumentarium uit te breiden door een actieve koppeling tussen grondwater- en stoftransportmodules te maken. Tegelijkertijd kan dan dispersief transport en dynamische grondwateraanvulling worden toegevoegd aan het modelinstrument.

3) Calibratie is in deze studie uitgevoerd op gemiddelde grondwaterstanden. Het verdient aanbeveling om bij het uiteindelijk gekozen scenario aanvullend te calibreren op de dynamiek van de grondwaterstanden. Daarnaast is het verstandig ook aandacht te besteden aan de ijking van fluxen (bijvoorbeeld door waterbalansen op te stellen per bemalingsgebied) en zoutconcentraties.

Referenties

Buma, J.T., A.H.M.Kremers, J.L. van der Meij, S.B.M. te Stroet en R.W. Vernes (2002): Waterdoelen Gewest Grond- en Oppervlaktewater Regime – Ontwikkeling modelinstrumentarium. NITG 01-209-B

De Louw, P.G.B., 2013. Zoute kwel in delta's. Preferente kwel via wellen en interacties tussen dunne regenwaterlenzen en zoute kwel. Academisch proefschrift. Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429

Foppen, J.W.A., Gieske, J.M.J.,1996. Landelijke hydrologische systeemanalyse deelgebied 8, Zeeland en Goeree-Overflakkee. TNO-rapport. OS94-25(B)

Guo, W., Langevin, C.D. (2002). User's guide to SEAWAT: a computer program for simulation of three-dimensional variable-density ground-water flow. USGS Open File Report 01-434.

Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., McDonald, M.G. (2000). MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular ground-water model—user guide to modularization concepts and the ground-water flow process. USGS Open-File Report 00-92.

Lekahena, E.G., 1982. Grondwaterkaart van Nederland, deelgebied Zeeuwsch-Vlaanderen. Rapport TNO. GWK 30.

Lugten, I.W., 2013, The effects of salt water intrusion from the Dintel into the surface and groundwater in the region. Afstudeerrapportage UU. Begeleiders: G. Oude Essink, P.Schot, M. Bierkens.

Meeuwse R., 2013. Factsheet waterhuishouding huidige situatie Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen. DLG rapport.

Oude Essink, G.H.P., De Louw, P.G.B., Stevens S., de Veen, B., Prevo, C., Marconi V., en Goes, B. 2009. Voorkomen van dynamiek van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland – Resultaten van een verkennende en provinciedekkende meetcampagne, 2007-U-R0925/A, 132 p.

Oude Essink, G. en Verkaik, J. Memo: Nhi zoet-zout: grondwater in het kustgebied, 9p

Pebesma, E. 2009. Threedimensional interpolation of subsurface chloride concentration in The Netherlands, University of Munster, Germany, 12 p

Royal Haskoning, 2002. Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen.

Royal Haskoning (2004). Triwaco User's Manual.

Van Baaren, E., Oude Essink, G.H.P., Janssen, G., de Louw, P.G.B., Heerdink, R., Goes, B., 2014 (concept). Verzoeting Verzilting Grondwater in de Provincie Zeeland – 3D dichtheidsafhankelijk grondwatermodel. Deltares Rapport. Utrecht.

Van der Meulen, M.J. et al. 2013 3D geology in a 2D country: perspective for geological surveying in the Netherlands. Netherlands journal of Geosciences, 92-4, pp. 241-271.

Zheng, C., Wang, P.P. (1999). MT3DMS, a modular three-dimensional multi-species transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems; documentation and user's guide. U.S. AERDCC Report SERDP-99-1, Vicksburg, MS.

VLAAMS NEDERLANDSE SCHELDECOMMISSIE

UITVOEREND SECRETARIAAT

Postbus 299 • NL 4600 AG Bergen op Zoom

Jacob Obrechtlaan 3 • NL 4611 AP Bergen op Zoom

+ 31 (0)164 212 800

zeesluis@vnsc.eu | www.vnsc.eu

In deze publicatie wordt slechts de mening van de auteur weergegeven.
De Europese Unie is niet aansprakelijk voor het gebruik
dat eventueel wordt gemaakt van de informatie in deze publicatie.

medegefinancierd door de Europese Unie

Trans-Europees vervoersnetwerk (TEN-T)

vlaams nederlandse Schelde commissie

planuitwerkingsfase

Grote Zeesluis Kanaal Gent-Terneuzen

Memo effect van ingrepen aan Grote Zeesluis Terneuzen op zoetwaterlenzen.

Van	: Goswin van Staveren (Goswater)
Aan	: Marieke Pfaff, Jasper Schuur (LievenseCSO)
Datum	: 6 augustus 2014
Status	: Definitief
Afschrift aan	: -

Inleiding

De zeesluis in het kanaal van Gent naar Terneuzen moet worden vergroot. Er zal meer water worden geschut per keer, wat tot gevolg heeft dat het water van het kanaal van Gent naar Terneuzen zouter kan worden dan in de huidige situatie. In het Nederlandse deel van het kanaal infiltreert het kanaal naar de omgeving. Hierdoor kan zout oppervlaktewater infiltreren naar het grondwater en omliggend oppervlaktewater.

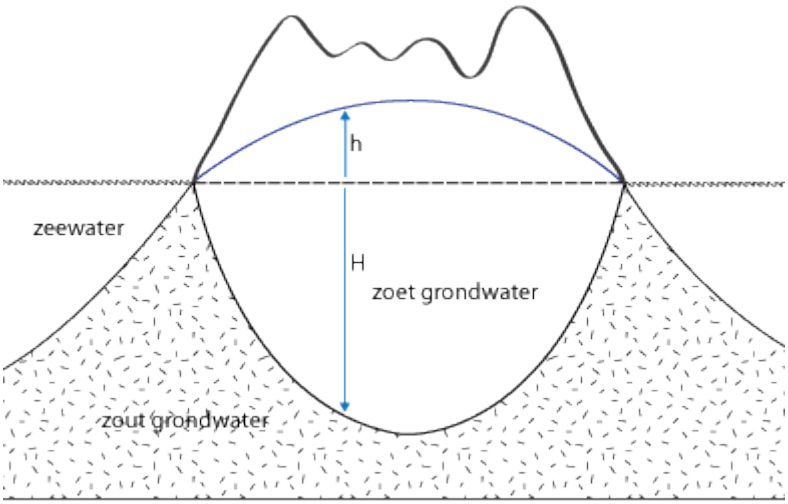
Een van de effecten die kan optreden is een verandering in de grootte en dynamiek van regenwaterlenzen in het omringende gebied. De aanwezigheid van regenwaterlenzen is van groot belang voor de landbouw. Deels omdat veel akkergewassen of natuur een lage zouttolerantie hebben, waardoor het van belang is dat het ondiepe grondwater zoet blijft, deels omdat de diepere zoetwaterlenzen een belangrijke watervoorraad zijn voor beregening.

Deze notitie beschrijft de effecten van de veranderingen aan de grote Zeesluis op de aanwezige regenwaterlenzen in het omringende gebied van het kanaal.

Achtergrond

Zout grondwater is zwaarder dan zoet grondwater. Hierdoor kan zoet water boven op het zoute grondwater komen te liggen. In Nederland is een neerslagoverschot, waardoor gemiddeld gezien er sprake is van een opbolling van de grondwaterspiegel. In gebied waar brak of zout grondwater ondiep voorkomt ontstaat een evenwicht tussen de druk die de opbolling teweeg brengt en de extra druk van het brak/zoute grondwater dat een hogere dichtheid heeft.

In de meest eenvoudige vorm kan dit worden geïllustreerd met het principe van Badon Ghijben.



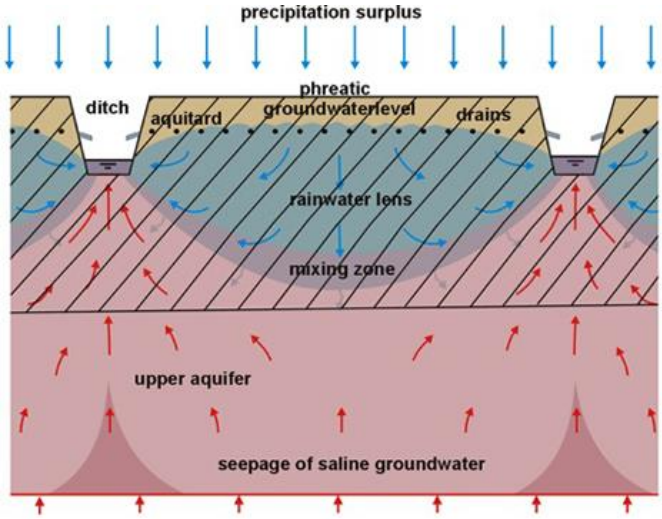
Figuur 1: Diepe zoetwaterlenzen volgens het principe van Badon Ghijben

Figuur 1 toont een infiltratiesituatie van grondwater, waardoor een opbolling met grootte *h* ontstaat. Er ontstaat een evenwichtssituatie tussen het zoet en zoute grondwater op diepte H. De diepte H wordt bepaald door de dichtheid van het zoute water. In geval van een dichtheid van 1025 kg/m^3, wat overeenkomt met puur zeewater geldt de relatie h(x) = 40 * H(x) waarbij x de positie langs de lens is.

Het principe van Badon Ghijben is alleen geldig in infiltratiesituaties met een homogene bodemopbouw. In het gebied rondom het Kanaal van Gent naar Terneuzen vinden we deze situatie in de kreekrug die van westnoordwest naar oostzuidoost loopt, hoewel in de praktijk er zelden sprake is van een scherp grensvlak door diffusie en heterogeniteiten in de bodem.

Rondom het Kanaal van Gent naar Terneuzen treedt echter ook veel kwel op die vanuit het kanaal is geïnfiltreerd. In kwelgebieden met een deklaag ontstaat een ander type lenzen zoals weergegeven in Figuur 2. De mogelijk brak/zoute kwel concentreert zich vooral in de perceelssloten. Tussen de sloten vormt zich een regenwaterlens in het perceel.

De grootte en dynamiek van deze lenzen wordt vooral bepaald door de mate van kwel en de ontwateringskarakteristieken van de polder en het perceel. Veel minder wordt de grootte en dynamiek van deze lenzen bepaald door dichtheidsveranderingen in het opkwellend grondwater (De Louw, 2013 pp 148-151).



Figuur 2: Ondiep type zoetwaterlens, behorend bij een regionale kwelsituatie

Bij grote kwel en/of zeer slechte doorlatendheid in het perceel is het mogelijk dat zich ook zoetwaterlenzen vormen tussen de landbouwdrains of greppels (Velstra et al., 2011). Dit zal waarschijnlijk nauwelijks voorkomen in het gebied rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen. De maximaal berekende deklaagweerstand in het grondwatermodel is circa 1000 dagen en de bodem is zavelig, wat in het algemeen betekent dat er geen heel kleine hydraulische doorlatendheid is.

De huidige situatie

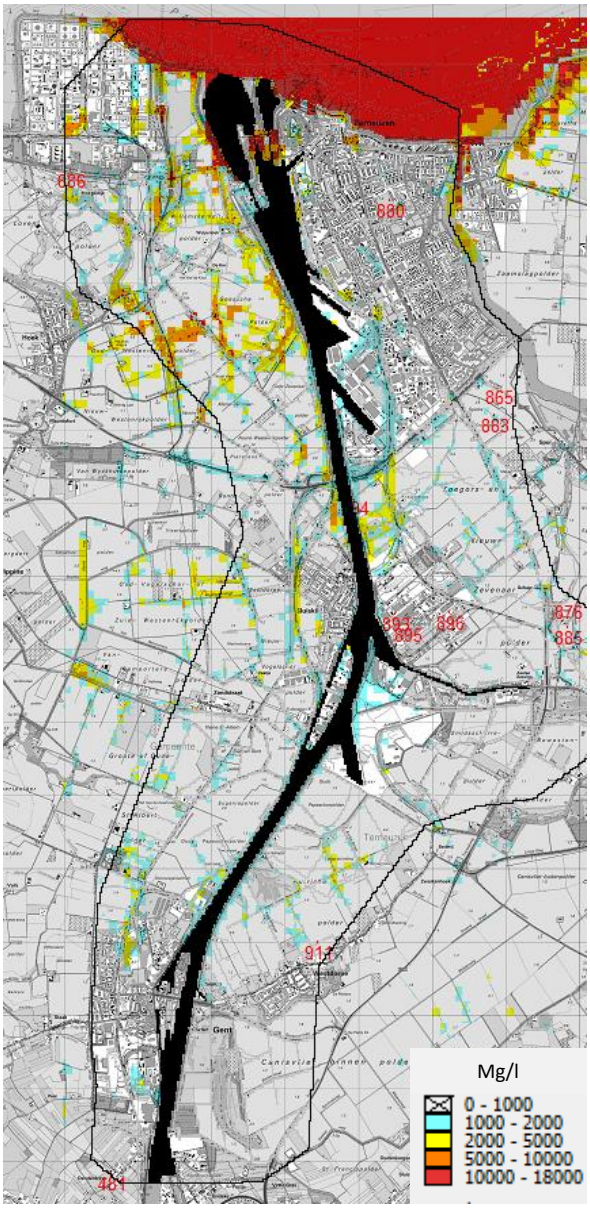
Beide soorten zoetwaterlenzen komen voor in het gebied rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen.

Voor een goede effectbeschrijving is het nodig om de huidige situatie zo goed als mogelijk in beeld te brengen. We hebben kennis nodig van:

- De locaties waar ondiep brak/zout grondwater voorkomt;
- De concentratie van chloride in het watervoerende pakket waarin het kanaal infiltreert;
- De locaties waar de provincie Zeeland en waterschap hun grondwaterbeleid op bepalen;
- Het invloedsgebied van het kanaal van Gent naar Terneuzen;
- De mate waarin het chloridegehalte van het kanaalwater verandert na ingrepen aan de Zeesluis.

Locaties met ondiep brak/zout grondwater

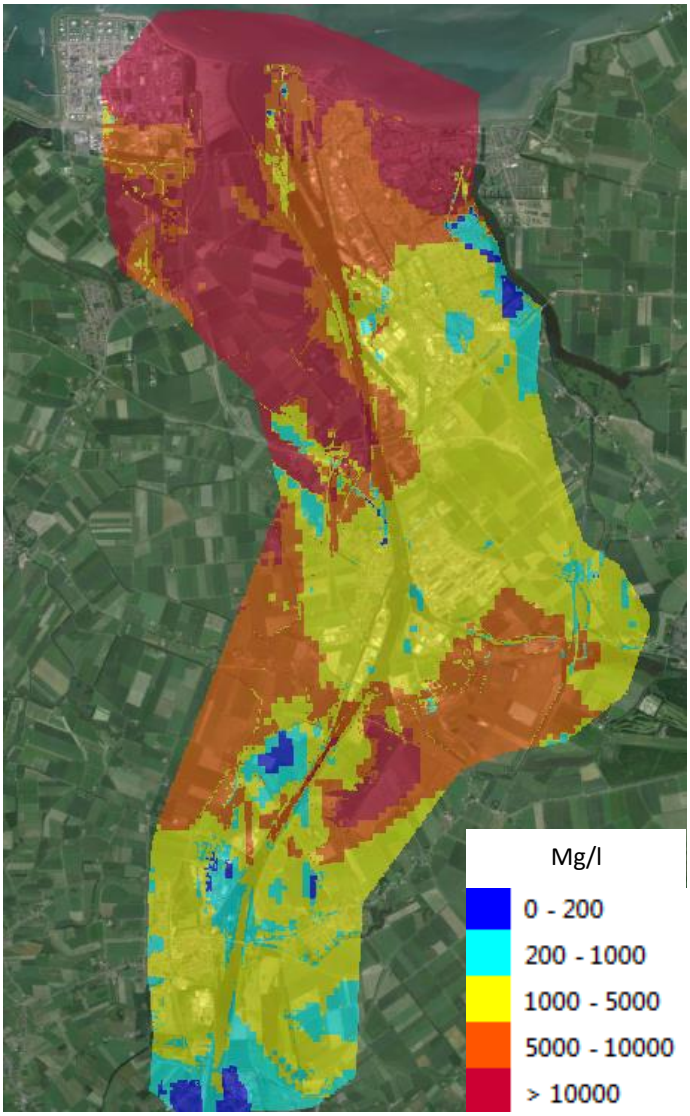
Figuur 3 toont de locaties waar ondiep < 7.5 m brak tot zout grondwater wordt verwacht volgens de zoet-zoutkaarten (Oude Essink en Verkaik, 2010), (Pebesma, 2009) die zijn gebruikt voor het Zeelandmodel van Deltares. In de figuur is het kanaal en de buitenhaven zwart gemaakt ter verduidelijking.



Figuur 3: Concentratie brak/zout grondwater in de bovenste 5 tot 7.5 m

Zoutconcentraties in het grondwater van het middeldiepe watervoerende pakket

Het kanaal infiltreert over vrijwel de gehele lengte in het regionale watervoerende pakket dat aan de onderzijde wordt begrensd door de zeer slecht doorlatende Rupel-Boomse klei ter hoogte en ten noorden van Sluiskil en door de eveneens zeer slecht doorlatend kleilagen van de formatie van Tongeren en van Dongen-Asse in het zuidelijk deel van het modelgebied. De bovenkant van het middeldiepe watervoerende pakket ligt op -12 m NAP in het zuidelijk deel van het gebied en op -25 m NAP in het noordelijk deel. De dikte varieert van enkele meters (ter plaatse van de kreekrug die noordnoordwest tot oostzuidoost door het gebied loopt) tot aan circa 25 meter in het zuidwesten van get gebied. Figuur 4 toont de chlorideconcentratie van het grondwater, zoals gebruikt in de grondwatermodelberekeningen. Deze waarden zijn ontleend aan het Zeelandmodel (Van Baaren et al., 2014)



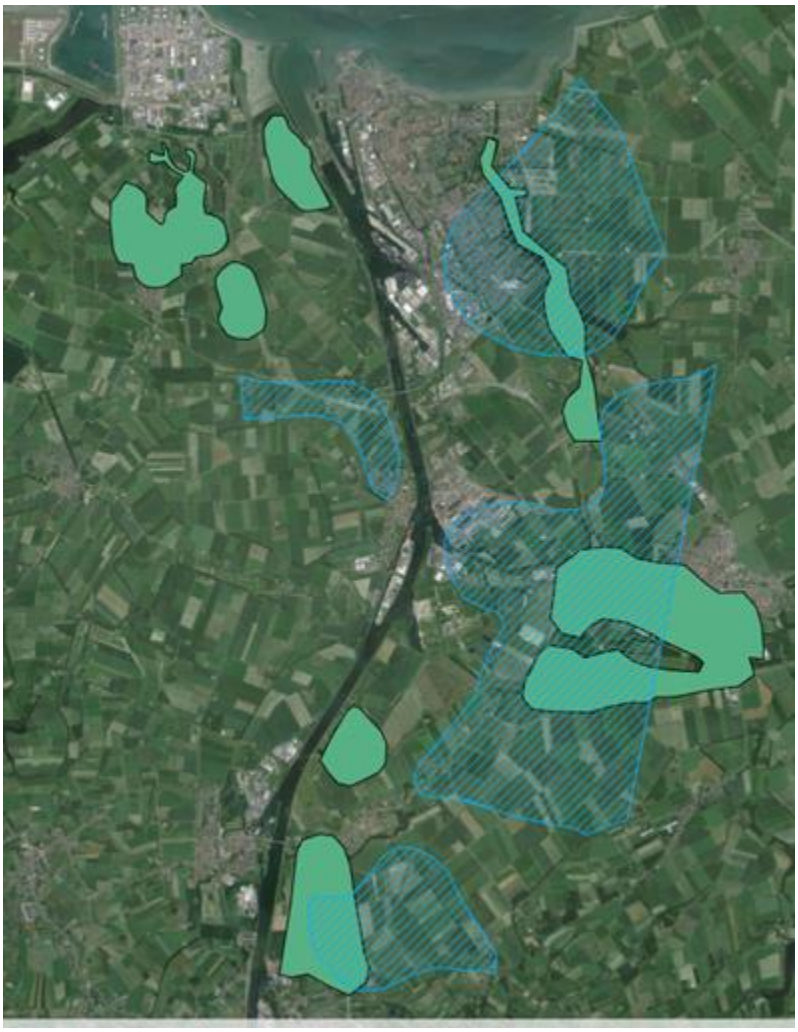
Figuur 4: Chlorideconcentratie van het middeldiepe watervoerende pakket gebruikt in grondwatermodel. De waarden zijn ontleend aan de invoerbestanden van het Zeelandmodel (Deltares, 2014)

Beleid provincie en waterschap

Als beheerder van het grondwater is door de provincie Zeeland en het Waterschap Scheldestromen een kaart gemaakt[1], waarop zij het beleid voor het verlenen van onttrekkingen baseren. De kaart bevat locaties waarin het grondwater "kwetsbaar" is. Dit kan zijn vanwege verbrakking van het grondwater, maar ook omdat aanwezige natuur eisen stelt aan het grondwater. Tevens staat op de kaart de zones waarin zoetwaterlenzen worden verwacht, die dikker zijn dan 15m. Deze lenzen voldoen grotendeels aan het type Badon-Ghijben, aangezien het infiltratiegebieden betreft in een grotendeels homogene zandige kreekrug.

Figuur 5 toont de provinciale beleidskaart. De kwetsbare gebieden zijn groen weergegeven. De zones met dikke zoetwaterlenzen blauw gearceerd.

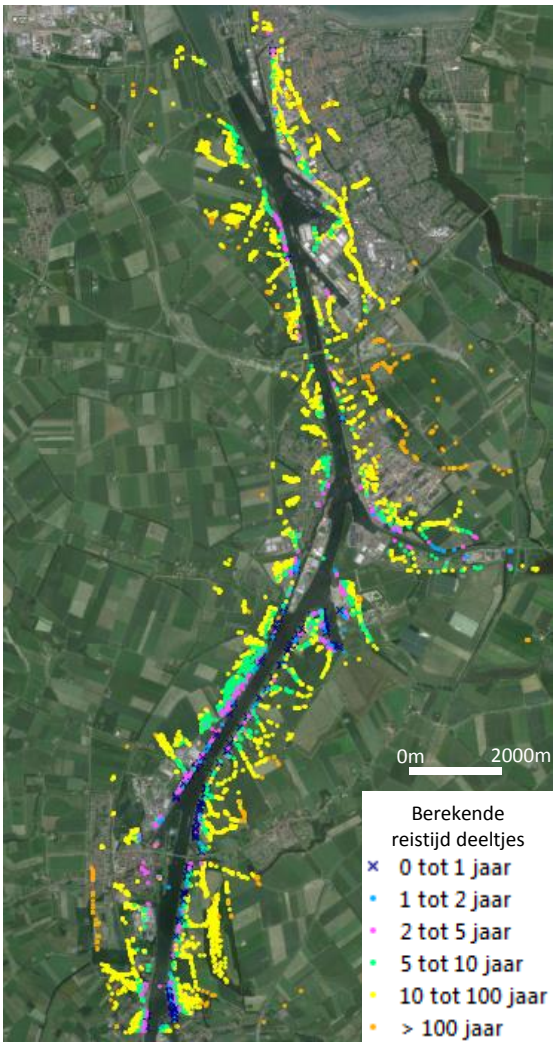
[1] http://loket.zeeland.nl/geo/digitale_kaarten/water



Figuur 5: Beleidskaart (overgenomen van provinciaal geoloket) met gebieden waar > 15 m zoet water wordt verwacht in de ondergrond (blauw gearceerd) en gebieden die kwetsbaar zijn voor veranderingen in grondwaterkwaliteit (groen).

Invloedsgebied kanaal

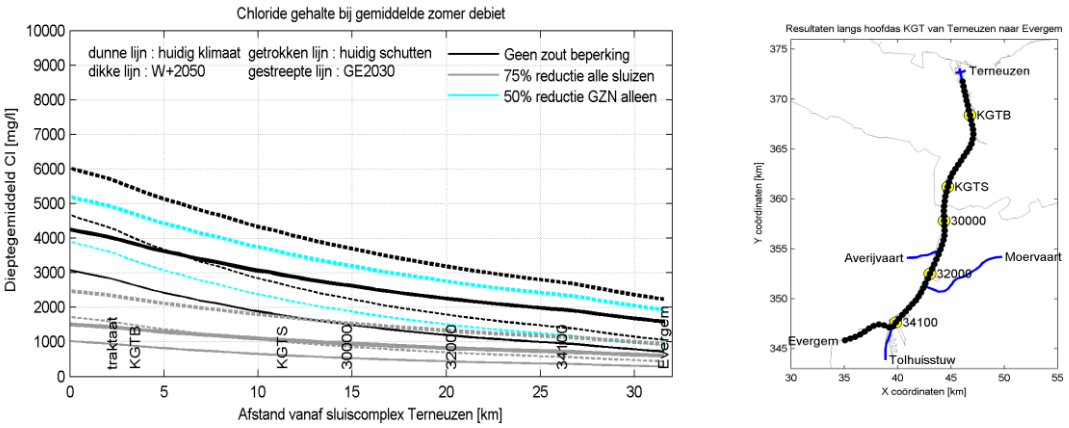
Met een grondwatermodel en een stroombanennabewerking is voor de huidige hydrologische situatie berekend waar uit het kanaal infiltrerende deeltjes zullen opkwellen in de omliggende gebieden. Dit invloedsgebied van het kanaal is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Berekend eindpunt in modellaag 1 (freatisch pakket) van deeltjes die infiltreren in het kanaal. De kleuren geven ruwweg de reistijd aan.

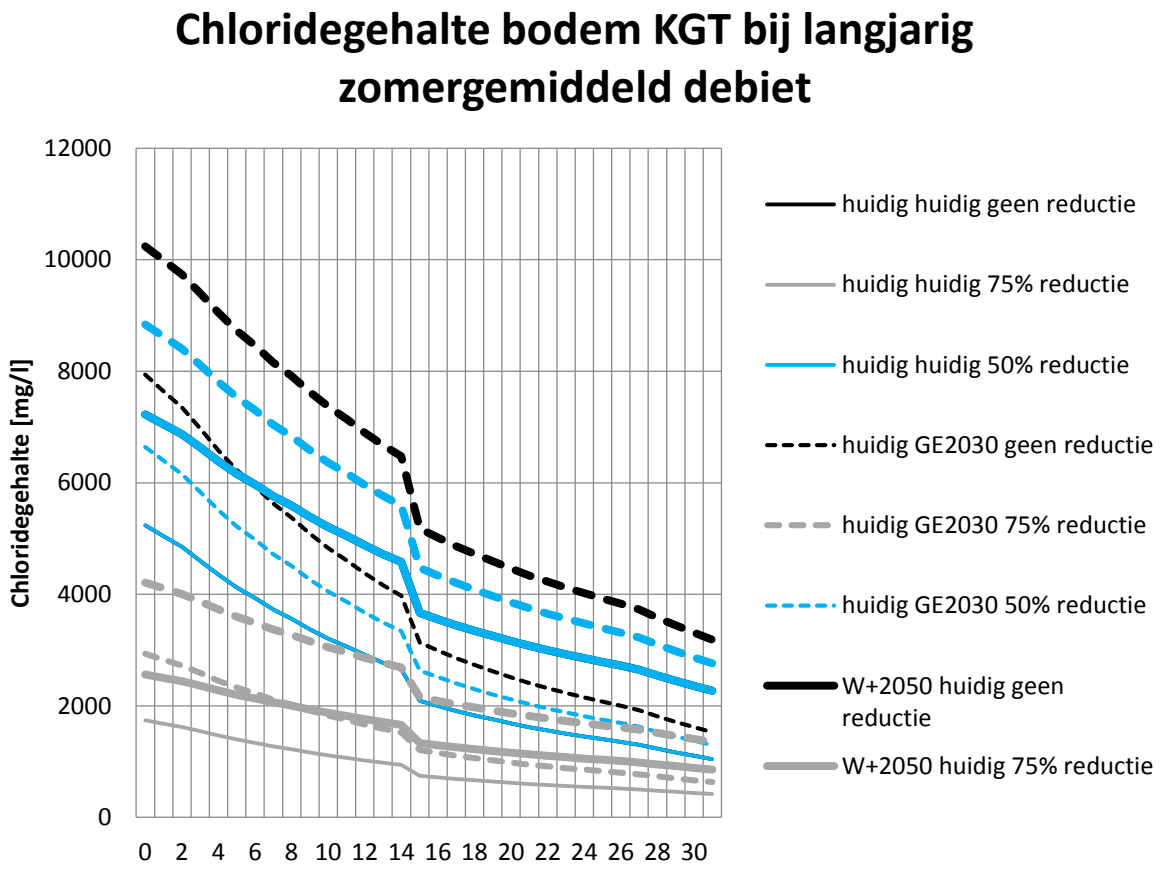
Verandering van kwaliteit ~~oppervlaktewater~~ Kanaal Gent-Terneuzen na ingreep aan sluis

Er zijn verschillende scenario's berekend voor de verandering van het chloridegehalte in het ~~oppervlaktewater~~Kanaal Gent-Terneuzen. Voor het doel van deze analyse gaan we uit van de berekende maatgevende worst-case. Voor de totstandkoming van deze worst-case wordt verwezen naar de memo "Onderzoek invloed GZN op verzilting KGT" (Svasek, 2014). Figuur 7 toont de berekende gemiddelde zoutgehalten in het kanaalwater langs de hoofdas van het kanaal van Gent naar Terneuzen.



Figuur 7: Berekende gemiddelde chloridegehalten in kanaalwater voor verschillende scenario's. De chloridegehaltes zijn berekend bij een gemiddeld zomerdebiet over het kanaal. De figuur is afkomstig uit het in de tekst genoemde rapport (Svasek 2014)

Vanwege het hogere gewicht van zout is de concentratie op de bodem van het kanaal echter hoger dan aan het oppervlak van het kanaal. In genoemde studie van Svasek is ook een inschatting gemaakt van de concentraties chloride op de bodem van het kanaal. Deze wordt getoond in figuur 8. De figuur is afkomstig uit genoemde studie.



Figuur 8: chlorideverdeling langs kanaalas op de bodem van het kanaal voor verschillende scenario's.

De zwart-gestippelde lijn toont de maatgevende zomersituatie, wanneer geen maatregelen tot zoutbeperking worden genomen. Uit figuur 7 is af te leiden dat na de aanpassingen aan de Zeesluis het gemiddelde zoutgehalte in het kanaal kan oplopen van 6000 mg/l bij de sluis zelf tot 4500 mg/l bij de Vlaams-Nederlandse grens (op +/- 13 km van de sluis).

Uit figuur 8 blijkt dat het chloridegehalte op de bodem van het kanaal kan toenemen tot ca 10000 mg/l bij de sluis tot ca 6500 mg/l bij de Vlaams-Nederlandse grens.

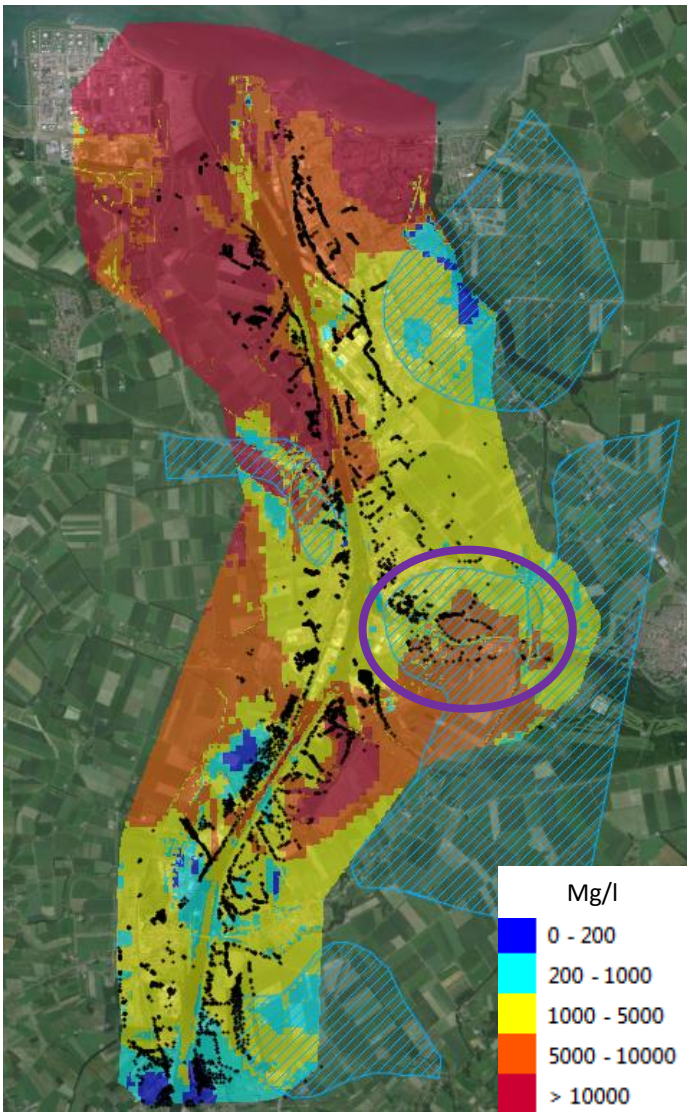
Analyse

Twee typen zoetwaterlenzen komen voor in het gebied. Het type Badon-Ghijben komt voor in de kreekruggen in het gebied, die overeenkomen met de locaties van zoetwatervoorkomens van de provincie. In deze gebieden ligt het zoet-zout grensvlak dieper dan 15 meter. Het ondiepe type zoetwaterlens komt vooral in de kwelgebieden tussen de Braakman en het kanaal van Gent naar Terneuzen.

Diepe Zoetwaterlenzen

De dikte van het diepe type zoetwaterlens wordt vooral bepaald door de hoogte van de opbolling en de concentratie van het zoute grondwater onder de lens. De opbolling zal niet veranderen door ingrepen aan het kanaal.

De dichtheid in het watervoerende pakket mogelijk wel. Figuur 9 toont een combinatie van de figuren 4, 5 en 6. Hierdoor kunnen we zien of en waar volgens het model water infiltreert uit het kanaal in de gebieden die zijn aangemerkt als zoetwatergebied in het beleid van provincie en waterschap.

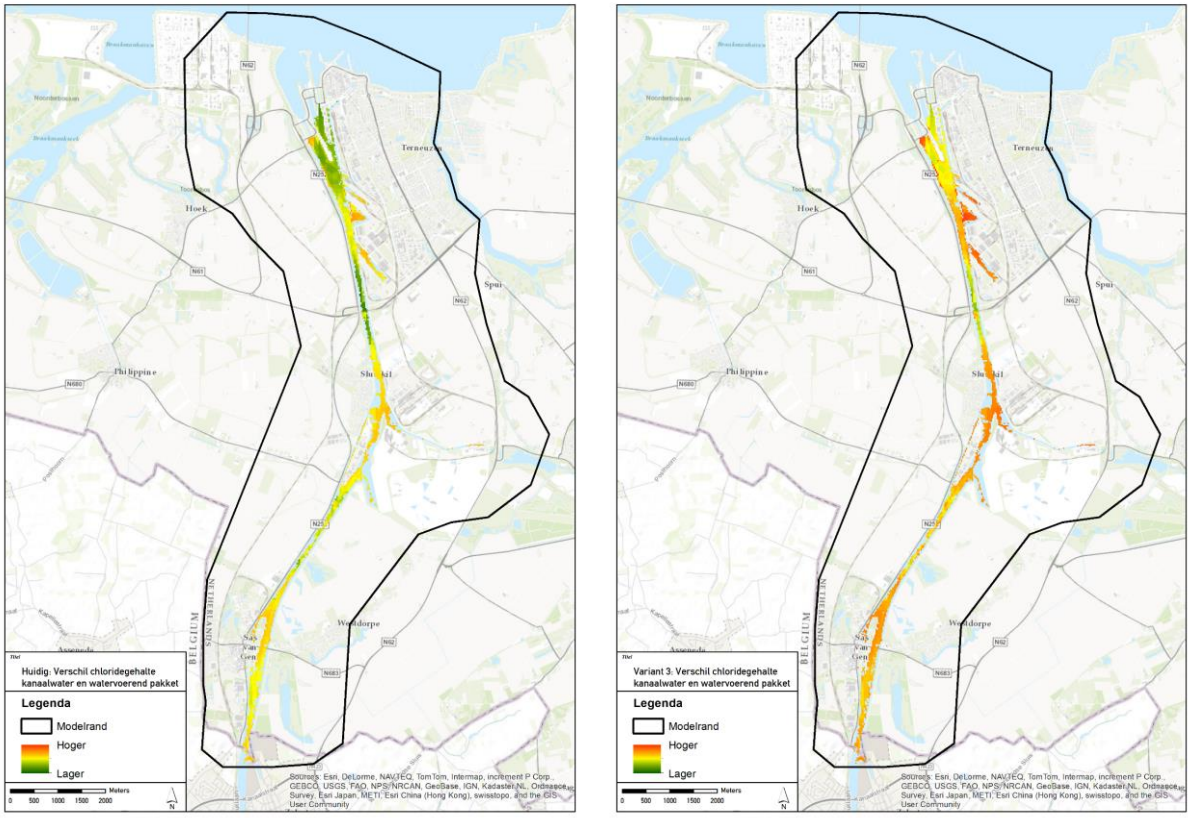


Figuur 9: combinatie van kaarten 4, 5 en 6 laat de overlap zien tussen invloedsgebied van het kanaal en locaties van zoetwatervoorkomen volgens de provincie. In kleur is de chlorideconcentratie (op basis van het Zeelandmodel) weergegeven voor het regionale watervoerende pakket. In paars is omcirkeld het gebied waar overlap plaatsvindt tussen invloedsgebied kanaal en zoetwatervoorkomen.

Uit de figuur blijkt dat in de zijarm van het kanaal (Zijkanaal C, bij Sluiskil) er water infiltreert uit het kanaal ter plaatse van de aanwezigheid van dikke zoetwatervoorkomens. Dit is in de figuur met een paarse kleur omcirkeld. Dit water komt uiteindelijk in de watergangen rondom het kanaal terecht, maar onderweg verbrakt mogelijk het watervoerende pakket.

Op diverse andere locaties lijkt water dat afkomstig is uit het kanaal op te kwellen binnen de randen van zoetwatervoorkomens. Met het oog op de niet exact bepaalde grenzen van de zoetwatervoorkomens op de beleidskaarten is het niet logisch te concluderen dat hier daadwerkelijk verbrakking plaats vindt. De verbrakking treedt vooral op in de sloten die vaak de logische begrenzing vormen van het systeem van de zoetwaterbellen.

Figuur 10 toont het verschil tussen het berekende chloridegehalte van het kanaalwater op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het regionale watervoerende pakket voor de huidige situatie en de variant met de meest negatieve effecten.



Figuur 10:Verschil chloridegehalte tussen het kanaalwater op de bodem van het kanaal en het chloridegehalte in het watervoerend pakket voor de huidige situatie (links) en de variant met de meeste effecten (rechts). Een rode kleur betekent dat er verbrakking optreedt van het watervoerend pakket, een groene kleur betekent verzoeting.

Uit de figuur blijkt dat in de huidige situatie het watervoerende pakket op diverse plaatsen verbrakt. Er treedt echter ook her en der verzoeting op. In de getoonde toekomstvariant treedt op vele plaatsen verbrakking op. In de overige berekende varianten treedt ook verbrakking op, maar in mindere mate. Voor de figuren behorende naar alle varianten wordt verwezen naar de hoofdrapportage. Als gevolg van de verbrakking van het watervoerende pakket bestaat de mogelijkheid dat de dikte van de zoetwatervoorkomens periodiek iets vermindert, conform het principe besproken op pagina 2 van deze memo.

Het is belangrijk om te bedenken dat het een tijdelijke situatie betreft. In de wintersituatie treedt vervolgens weer verzoeting op van het watervoerende pakket, omdat het kanaalwater dan in het algemeen een laag chloridegehalte heeft. Bovendien is het water dat infiltreert door de bodem van het kanaal vaak enkele jaren onderweg alvorens het opkwelt in de sloten.

Daarbij geldt dat ook als gevolg van variaties in opbolling (droge periodes) de dikte van de zoetwaterlens enigszins kan fluctueren ongeacht de ingrepen op het kanaal.

Het is met deze beschouwing niet met zekerheid te zeggen hoeveel het effect zal zijn van de verbrakking van het watervoerende pakket als gevolg van kanaalinfiltratie. Indien men hierin meer inzicht wenst ~~Hiervoor~~ moet aanvullend onderzoek worden gedaan, zoals bijvoorbeeld een grondwatermodelberekening met massatransport.

Ondiepe zoetwaterlens

Op een aantal plaatsen langs het kanaal zullen de regenwaterlenzen dunner zijn vanwege opwaartse kwel. De dynamiek van de regenwaterlenzen wordt vooral bepaald door de grootte van de kwel,

neerslag en verdamping en de ontwateringskarakteristieken van perceel en polder. Geen van deze parameters zullen veranderen als gevolg van ingrepen aan het kanaal.

In de modelberekeningen is aangenomen dat veranderingen van het stromingsveld door veranderingen in dichtheid door transport van deeltjes niet zal plaatsvinden. Dit is in ieder geval geldig bij concentraties < 5000 mg/l (Lugten, 2013). Het blijkt echter dat de concentratie van infiltrerend kanaalwater (zeker nabij de Zeesluis) hoger kan worden dan dat is verondersteld bij het opstellen van het model.

Als de aanname blijft staan dat het stromingsveld onveranderd blijft door veranderingen in dichtheid in de bodem, dan zal er geen effect zijn op de ondiepe regenwaterlenzen. In het andere geval kan het niet worden uitgesloten dat er wel effect is, door veranderingen in het stromingsveld. Aanvullend onderzoek is dan noodzakelijk.

Conclusies

- Twee typen zoetwaterlenzen worden onderscheiden in het gebied rondom het kanaal van Gent naar Terneuzen: diepe lenzen in infiltratiegebieden, ondiepe lenzen in kwelgebieden;
- Verondersteld wordt dat de diepe zoetwaterlenzen zich bij benadering gedragen volgens het Badon-Ghijben principe;
- Alleen die gebieden zijn beschouwd die volgens de provinciale beleidskaart zoetwatervoorkomens zijn van meer dan 15 m dik, waarin onttrekking voor beregening tot een bepaald maximum is toegestaan.
- In de omgeving rondom zijkanaal C is in een maatgevende zomersituatie sprake van verbrakking van het regionale watervoerende pakket en daardoor theoretisch gezien een tijdelijke verkleining van de zoetwaterlens;
- De dikte van de zoetwaterlens fluctueert ook in omstandigheden die niet van ingrepen van het kanaal afhangen. De mate van fluctuatie door verbrakking in het kanaal is niet vast te stellen zonder aanvullende (model)berekeningen.
- De dynamiek van ondiepe zoetwaterlenzen in kwelgebieden wordt vooral bepaald door de mate van kwel, neerslag en verdamping en de ontwateringskarakteristieken van perceel en polder.
- Onder de aanname dat het stromingsveld niet verandert door transport van deeltjes, zal de grootte van de kwel niet veranderen door aanpassingen aan de Zeesluis. Dit geldt in ieder geval als de concentratie van het infiltrerend kanaalwater kleiner blijft dan 5000 mg/l.
- Als de concentratie van het infiltrerend kanaalwater groter blijkt te zijn is een nadere beschouwing noodzakelijk om effecten op de ondiepe zoetwaterlenzen uit te sluiten.
- De verbrakking treedt vooral op in de sloten die vaak de logische begrenzing vormen van het systeem van de zoetwaterbellen.

Literatuur

De Louw, P.G.B., 2013. Zoute kwel in delta's. Preferente kwel via wellen en interacties tussen dunne regenwaterlenzen en zoute kwel. Academisch proefschrift. Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429

Lugten, I.W., 2013, The effects of salt water intrusion from the Dintel into the surface and groundwater in the region. Afstudeerrapportage UU. Begeleiders: G. Oude Essink, P.Schot, M. Bierkens.

Oude Essink, G. en Verkaik, J. 2010. Memo: Nhi zoet-zout: grondwater in het kustgebied, 9p

Pebesma, E. 2009. Threedimensional interpolation of subsurface chloride concentration in The Netherlands, University of Munster, Germany, 12 p

Van Baaren, E., Oude Essink, G.H.P., Janssen, G., de Louw, P.G.B., Heerdink, R., Goes, B., 2014 (concept). Verzoeting Verzilting Grondwater in de Provincie Zeeland – 3D dichtheidsafhankelijk grondwatermodel. Deltares Rapport. Utrecht.

Velstra, J., Groen, J., De Jong, K., 2011. Observations of salinity patterns in shallow groundwater and drainage water from agricultural land in the Northern part of the Netherlands. Irrigation and drainage 60, 51–58.

De Wit, L., Bliek, B. (Svasek), 2014. Onderzoek invloed GZN op verzilting KGT. Memo (concept). Referentie: 1724/U14190/LdW/A

Deltares

Vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater Kanaalzone Gent Terneuzen

Esther van Baaren
Perry de Louw
Pieter Doornenbal

© Deltares, 2014, B

Deltares

Titel
vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater Kanaal Gent Terneuzen

Opdrachtgever
Vlaams Nederlandse
Schelde Commissie

Pagina's

Trefwoorden
Nul-situatie zoet-brak-zout verdeling grondwater, prikstokmetingen

Samenvatting
Type hier de samenvatting

Referenties
Type hier de referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	feb. 2014	Esther van Baaren					
		Perry de Louw					
		Pieter Doornenbal					

Status
concept
Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

No table of contents entries found.

1 Inleiding

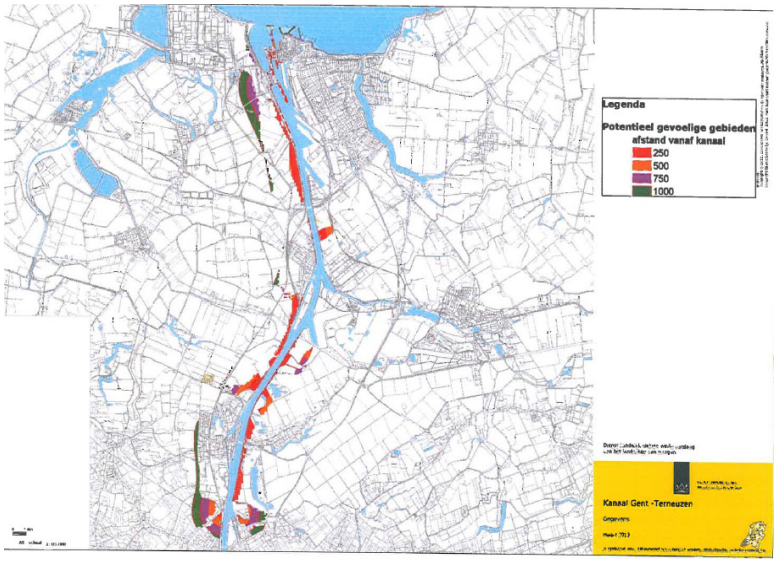
1.1 Achtergrond

Voor de verbetering van de maritieme toegankelijkheid van de kanaalzone Gent-Terneuzen heeft de Nederlandse minister van Infrastructuur en Milieu op 19 maart 2012 een voorkeursbeslissing genomen waarbij als (enig) voorkeursalternatief wordt geopteerd voor een grote zeesluis binnen het bestaande sluizencomplex. Eén van de producten binnen de planuitwerkingsfase is het opstellen van een project-MER. De werkzaamheden voor de project-MER worden uitgevoerd door bureau Lievense/CSO en zijn in augustus 2013 gestart. Eén van de te beschouwen effecten van een grote zeesluis is de mogelijke verzilting van grond- en oppervlaktewater.

Een lage (zoet)waterafvoer door het Kanaal Gent-Terneuzen kan leiden tot incidentele tekorten in de zoetwatervoorziening. Bij een lage waterafvoer neemt het chloride gehalte in het kanaal toe. Deze verzilting in het oppervlaktewater systeem kan in de toekomst mogelijk toenemen door een extra zoutbelasting op het kanaal door: a. de aanleg en het gebruik van de nieuwe Grote Zeesluis,in combinatie met b. klimaatverandering (lage afvoeren in de zomeren een zeespiegelstijging). Uit een studie van Royal Haskoning (2012) is gebleken dat bijingebruikname van de Grote Zeesluis Terneuzen het chloride gehalte in de zomer circa 1.000 mg/l kan toenemen[1]. Dit alles kan effecten hebben voor het chloride gehalte in het grondwater, en in de bovenste meters in het topsysteem in het bijzonder.Mogelijke effecten voor de natuur en landbouw, te bepalen voor de MER, zijn zoute kwel in het ondiepe grondwater en een verhoogde zoutconcentratie in de wortelzone, leidend tot mogelijke zoutschade.

De Dienst Landelijk Gebied heeft de huidige situatie van de waterhuishouding en de mogelijke effecten (hoger zoutgehalte in het Kanaal- en in het grondwater) van het gebruik van de Nieuwe Grote Zeesluis beschreven (Factsheet Waterhuishouding huidige situatie Grote Zeesluis Gent-Terneuzen, 2013). Het gebied waarop deze effecten mogelijk van invloed zijn, is hierin weergegeven (Figuur 1). Het betreft een aantal gebieden in een smalle strookvan 0 tot 1000 meter aan beide zijden van het kanaal. Voor wat betreft de natuurgebieden lijkt er alleen bij Canisvliet mogelijk sprake te zijn van negatieve effecten. Op basis van (geïnterpoleerde) kaarten lijkt het erop dat een groot deel van de effecten meer dan 5 meter onder het maaiveld optreden en geen effecten hebben in de wortelzone. Dit dient evenwel met metingen te worden geverifieerd.

[1] *Dit ten opzichte van een huidig chloride gehalte in de zomer van 2000 à 3000 mg/l (soms uitschieters naar 5000 mg/l) bij Terneuzen en circa 1000 à 2000 mg/l bij Sas van Gent.*



Figuur 1: Alleen potentieel mogelijke gebieden met effecten met afstand tot kanaal (Factsheet Waterhuishouding huidige situatie Grote Zeesluis Gent-Terneuzen).

1.2 Projectdoel

Dit project bestaat uit twee fasen. *De eerste fase* zal bestaan uit het vastleggen van de nul-situatie in de winterperiode van de zoet-brak-zoutverdeling (puntmetingen) van het grondwater op een beperkt aantal ondiepe 2D profielen met behulp van metingen met de TEC-probe (prikstokmetingen). Deze metingen kunnen dienen ter calibratie of verificatie van het numerieke grondwatermodel dat voor de MER wordt ontwikkeld en/of gebruikt.Voor een volledige nulmeting is ook het vastleggen van de zomersituatie van belang. In de zomer zalde regenwaterlens het kleinst zijn en in de winter het grootst. In fase 1 wordt alleen de wintersituatie vastgelegd.

De tweede fase bestaat uit het vastleggen van de ruimtelijke drie-dimensionale zoet-brak-zout verdeling van het grondwater met behulp van airborne meettechnieken binnen een onderzoeksprogramma. Ook zal een tweede ronde (zomersituatie) en derde ronde (tegelijk met airborne metingen)prikstokmetingen plaatsvinden voor een volledige vastlegging van de nulmeting.

In deze rapportage wordt alleen de eerste fase beschreven en besproken.

Projectdoel:
Het vastleggen van de nul-situatie van de zoet-brak-zout verdeling van het grondwater in de wintersituatie langs het Kanaal Gent-Terneuzen.

De vastlegging van de zoet-brak-zout verdeling van het huidige wintersituatie (nul-situatie) van het grondwater kan worden gebruikt voor:

1. Het Milieueffectenrapport, als referentie bij het monitoren tijdens en na de realisatie;
2. Draagvlak bij stakeholders en het voorkomen van discussie over het beschrijven van de huidige situatie in het MER.

1.3 Aanpak

De werkzaamheden zijn uitgevoerd in 3 stappen:

Stap 1
Het monitoringsnetwerk voor de eerste prikstokronde (TEC-probe) is ontworpen. In overleg met ZLTO en de terreinbeheerder van Canisvliet (Staatsbosbeheer) en op basis van de voorkeurslokaties uit de offerteaanvraag zijn 5 transecten geselecteerd, met in de kwelsloot en op een afstand van ongeveer 25 meter, 100 meter en 250 meter een prikstokmeting. Bij Canisvliet zijn 4 metingen met de prikstok uitgevoerd waarbij in overleg met Staatsbosbeheer gemeten is op een groeiplaats van het daar aanwezig Kruipend Moerasscherm. Het totaal aantal prikstokmetingen is 20.

Na goedkeuring van het monitoringsnetwerk door opdrachtgever is contact opgenomen met alle grondgebruikers. Op de bemeten percelen is toestemming verkregen voor de metingen van de betreffende grondgebruikers. Voor alle meetlocaties zijn KLIC meldingen aangevraagd voor de prikstokmetingen.

Stap 2
De winterronde prikstokmetingen heeft plaatsgevonden van 27 januari 2014 t/m 31 januari 2014. In transsecties loodrecht op het kanaal zijn prikstokmetingen uitgevoerd om de EC^{bulk} (=combinatie van EC van de ondergrond en EC van het grondwater) te bepalen. Ook wordt de bodemopbouw van de metingen vastgelegd. De diepte van deze metingen is maximaal 4 meter onder maaiveld. Echter, indien de ondergrond zandig is kan de meting deze diepte niet halen.

Stap 3
Vervolgens zijn de prikstokmetingen uitgewerkt. Met behulp van de bodemopbouw is het chloride gehalte van het grondwater bepaald.De resultaten worden in deze rapportage gepresenteerd.

2 Methoden en technieken

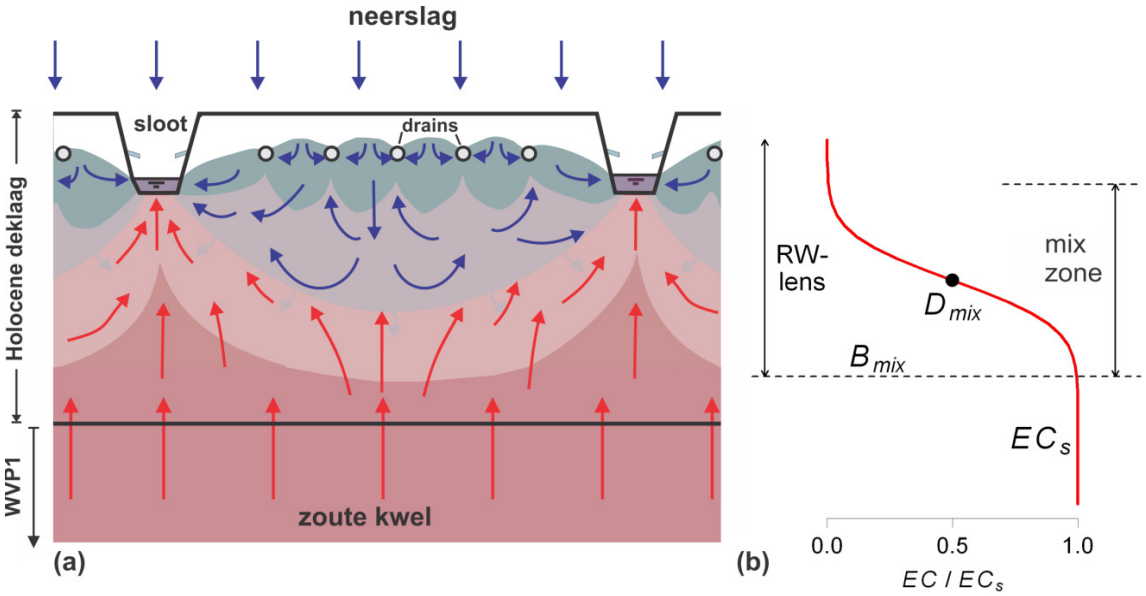
2.1 Karakteristieken regenwaterlenzen

Deltares heeft de laatste 5 jaar uitgebreid onderzoek gedaan naar het voorkomen van dunne regenwaterlenzen in zoute kwelgebieden (o.a. De Louw, 2013). De belangrijkste bevindingen staan hieronder kort samengevat.

Figuur 2 toont de belangrijkste karakteristieken van de dunne regenwaterlenzen op basis van veldmetingen met de temperatuur en EC prikstok (verder aangeduid als prikstok). De veldmetingen kwel laten een geleidelijke overgangszone in zoutgehaltes (mix-zone) zien tussen geïnfiltreerd regenwater en opwaarts stromend zout kwelwater (Figuur 2). Het midden van deze mix-zone wordt D_{mix} genoemd en zit op een zeer geringe diepte, ongeveer 1.5-2.0 m beneden maaiveld. In bijna alle onderzochte regenwaterlenzen in de zoute kwelgebieden van Zeeland werd geen zoet grondwater aangetroffen (zoet = Cl < 300 mg L-1). $B_{mix}$is de diepte waar beneden geen menging met regenwater plaatsvindt en waar het zoutgehalte dus gelijk is aan het zoutgehalte van het regionale grondwater (Figuur2).Op basis van deze metingen is de dunne regenwaterlens in gebieden met zoute kwel gedefinieerd als het volledige grondwaterlichaam van grondwaterstand tot aan de basis van de mix-zone (B_{mix}). Met deze definitie is de RW-lens dus geen pure zoetwaterlens en variëren zoutgehaltes binnen de regenwaterlens zowel in ruimte, diepte als in tijd. B_{mix} werd tussen 2.0 en 3.5 m beneden maaiveld aangetroffen.
Het verloop van het zoutgehalte met de diepte zoals aangegeven in Figuur 2b kan met een errorfunctie worden beschreven op basis waarvan de karakteristieken van de lens kunnen worden bepaald. De errorfunctie is een speciale functie in de wiskunde. De afgeleide van de

errorfunctie, en dat is in dit geval de verandering van het zoutgehalte met de diepte, is een standaard normale verdeling. Het gemiddelde en mediaan van deze normale verdeling representeert D_{mix} (het punt waar de verandering van het zoutgehalte met de diepte maximaal is) en vijf keer de standaarddeviatie representeert de dikte van de mix-zone (W_{mix}). Voor meer informatie over deze error-functie en hoe deze te bepalen, wordt verwezen naar De Louw (2013).

De metingen en berekeningen hebben aangetoond dat de karakteristieken van de mix-zone niet veel variëren in de tijd. De positie van D_{mix} varieert hooguit 10 tot 20 cm door het jaar heen en de ligging van B_{mix} is constant in de tijd. De variatie van de grondwaterstand is wel veel dynamischer door neerslag, verdamping en drainage en bepaalt hoeveel regenwater er in de regenwaterlens zit. De dikte en andere karakteristieken van de regenwaterlens worden voornamelijk bepaald door de hoeveelheid kwel, neerslag en verdamping en door buisdrainage (diepte en afstand).



Figuur 2. (a) Schematische weergave van een regenwaterlens zoals ze voorkomen in de zoute kwelgebieden. (b) Profiel van het zoutgehalte van het grondwater met de diepte. D_{mix} is het midden van de mix-zone waar het zoutgehalte (EC) de helft van het zoutgehalte van het kwelwater (EC_s) is. B_{mix} is de basis van de mix-zone waar het zoutgehalte gelijk is aan dat van het zoute kwelwater (EC_s). Deze karakteristieken kunnen eenvoudig met de prikstok worden bepaald.

2.2 Prikstokmetingen

De prikstok meet de elektrische geleidbaarheid (verder aangeduid als EC) van de bodem (Figuur 3).Met behulp van de prikstok kan in het veld goed het verloop van het zoutgehalte van het grondwater met de diepte, zoals in Figuur 2b weergegeven, worden gemeten. De prikstok kan alleen worden toegepast beneden de grondwaterspiegel, in percelen met kleiige en venige bodems omdat de prikstok anders niet de bodem in kan worden gedrukt. Voor elke 10 cm beneden de grondwaterspiegel is een meting met de prikstok gedaan.

Tabel 1. Formatie factoren (FF) voor verschillende grondsoorten (De Louw, 2013)

Lithology	Average FF	Std	No. of samples
Peat	2.1	0.7	41
Clay	2.5	0.6	192
Sandy clay / clayey sand	2.8	0.8	52
(Clayey) fine sand	3.2	0.4	299
Medium coarse sand	4*		
Coarse sand	5*		
Sand with gravel	6-7*		

* *FF taken from Goes et al. (2009)*

De prikstok meet de gezamenlijke geleidbaarheid van de bodem en het water. Om het zoutgehalte van het grondwater te verkrijgen moet er nog gecorrigeerd worden voor de grondsoort. Namelijk, zandige bodems hebben een veel lagere geleidbaarheid dan klei en veen. Om de EC van het grondwater te verkrijgen worden de EC-metingen van de prikstok daarom vermenigvuldigd met een formatie-factor (FF) die per bodemtype verschilt. Tabel 1 geeft een indicatie van de formatiefactor voor enkele grondsoorten. De grote standaard deviatie geeft al aan dat er veel variatie van de formatie-factor binnen een grondsoort bestaat. Na de prikstokmeting wordt een bodembeschrijving gemaakt op basis waarvan een formatie-factor wordt gekozen en de prikstok-EC wordt gecorrigeerd. Hierbij dient te worden opgemerkt dat exacte correctie niet mogelijk is door de heterogeniteit van de bodem, grote variatie in textuur (poriëngehalte, % zand en lutum) en de onnauwkeurigheid van de formatiefactor. Echter, ondanks deze onnauwkeurigheid in de correctie kan met de prikstok het verloop van het zoutgehalte in de mix-zone (zie figuur 2b), en daarmee de ligging van D_{mix} en B_{mix} goed worden bepaald. Bovendien blijft de formatiefactor constant in de tijd en kunnen veranderingen in zoutgehaltes van het grondwater in de tijd goed worden gevolgd.
Door de onzekerheid van de formatie-factor zijn de absolute zoutgehaltes na correctie niet exacte waarden maar een benadering. Nauwkeurigere absolute waarden met de prikstok kunnen worden verkregen wanneer deze worden gecombineerd met de analyse van grondwatermonsters, genomen op specifieke dieptes.

De gemeten en gecorrigeerde prikstok-EC waarden kunnen globaal worden omgerekend naar chlorideconcentratie met behulp van de volgende formule:

Cl (in mg/l) = 360 * EC (in mS/cm) – 460

Deze lineaire relatie tussen EC en Cl-concentratie is bepaald op basis van 79 grondwater analyses in Zeeland (De Louw, 2013). Over het algemeen is deze relatie minder betrouwbaar bij lagere zoutgehaltes omdat dan andere ionen zoals bi-carbonaat en sulfaat een relatief grotere rol bij de geleidbaarheid van het water gaan spelen. Deze relatie is redelijk goed bruikbaar voor EC's> 2 mS/cm.

Enkele gehanteerde grenzen van de chlorideconcentratie staat in tabel 2 weergegeven.Dit is de classificatie van Stuyfzand [1986] voor drinkwater en de zoutschadedrempels volgens Maas en Hoffman [1977], gebaseerd op chlorideconcentraties in de waterverzadigde bodemmonsters van de wortelzone van landbouwgewassen, die dienen als indicatoren voor het chloridegehalte in de wortelzone. Voor meer informatie over deze zoutschadedrempels wordt verwezen naar Stuyt [2013]. Verder wordtin de provincie Zeeland vaak de grens van 1500 mg Cl/l aangehouden als zoet-brak grens voor landbouwdoeleinden en agrarische ondernemers werken vaak met de grens 2 mS/cm voor irrigatie van landbouwgewassen.

Tabel 2: zoet-brak-zout grenzen voor drinkwater en landbouw.

beschrijving	EC [mS/cm][2]	Chlorideconcentratie [mg Cl/l]
ClassificatieStuyfzand [1986]		
zoet	< 2	150
zoet-brak	< 2	150 – 300
brak	2 – 3.2	300 – 1000
brak – zout	3.2 – 28.2	1000 – 10000
Zout	> 28.2	10000 – 20000
Zoutschadedrempelwaardenlandbouw		
gevoelige gewassen	<< 2	300
matiggevoeligegewassen	2.1	600
matigtolerantegewassen	3.8	1200
tolerante gewassen	7.1	2400

Zoals boven beschreven veranderen de karakteristieken van de mix-zone niet veel in de tijd. Een zomermeting wanneer D_{mix} het ondiepst zal liggen en een wintermeting met een maximale diepte van D_{mix}zijn daarom voldoende voor een nulmeting.

Figuur 3: foto's van de prikstok.

3 Meetlocaties

Figuur 4 geeft de locaties van de metingen weer. In totaal zijn 5transecten geselecteerd. Per transect zijn4 metingen gedaan tot een diepte van 3 tot 4 meter, zover de bodem dit toeliet. De metingen zijn uitgevoerd tussen 27 januari 2014 en 31 januari 2014. De GPS-coördinaten staan weergegeven in Bijlage A. De nauwkeurigheid van de GPS-metingen wordt geschat op ongeveer 1 tot 5 meter in zowel x als y-richting. Voor alle meetlocaties is een KLIC melding gedaan.

Korte beschrijving lokatie en situatie per profiel:

Profiel 1

Dit perceel ligt ten zuiden van de sluispolderdijk en ten westen van de Rijksweg Terneuzen – Sas van Gent, ten noorden van de Noordweg en ten oosten van de Goesseweg. Dit perceel was in januari 2014 in gebruik als landbouwperceel.

Profiel 2

Dit perceel ligt ten oosten van de Oostkade en ten zuidwesten van de Lange Blikstraat. Dit perceel was in januari 2014 in gebruik als landbouwperceel.

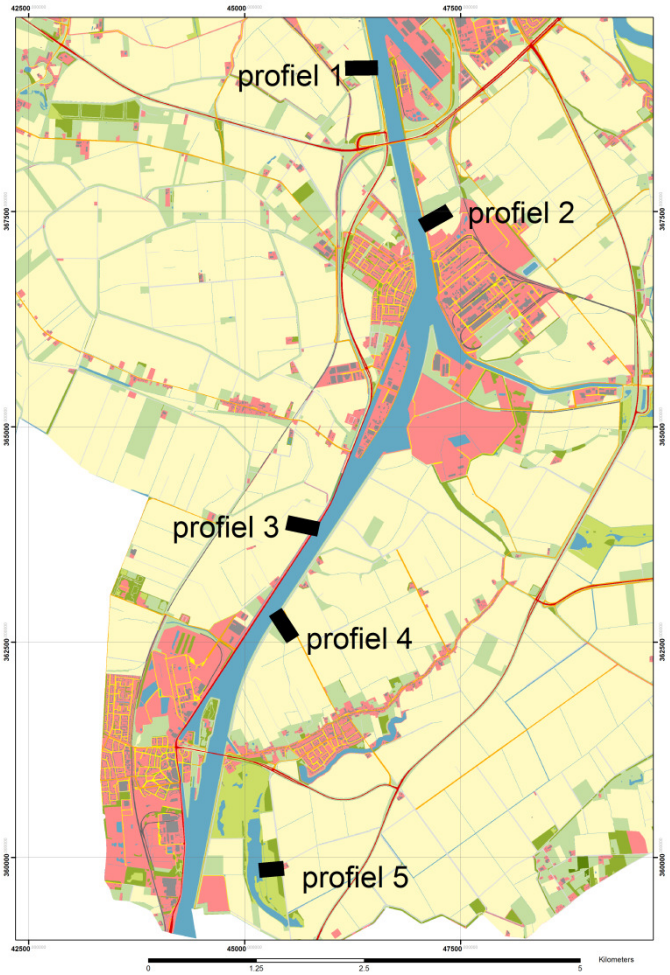
Profiel 3

[2] *EC bepaald met bovenstaande formule op basis van grondwateranalyses in Zeeland (De Louw, 2013). Berekeningen volgens bijvoorbeeld het Cultuurtechnisch Vademecum (1988) kunnen andere waarden geven.*

Dit perceel ligt ten westen van de Westkade, ten oosten van de Driekwartweg en ten zuiden van (het zuidelijkste stukje van) de Eugeniaweg Dit perceel was in januari 2014 i gebruik als landbouwperceel.

Profiel 4
Perceel ten zuiden/oosten van de Zeedijk en ten zuiden/westen van de Papittelstraat. Dit perceel was in januari 2014 in gebruik als landbouwperceel.

Profiel 5
Deze metingen liggen in het natuurgebied Canisvliet van Staatsbosbeheer.



Figuur 4: locatie van de 5 profielen waar de karakteristieken van de wintersituatie van de regenwaterlens met de prikstok zijn gemeten.

4 Meetresultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de veldmetingen beschreven. Op basis van de boorbeschrijvingen zijn lithologische profielen gemaakt waarbij geen extra geologische

informatie is toegevoegd. Het gebied tussen de meetpunten is onbekend en geïnterpoleerd op basis van de boorbeschrijvingen van de meetpunten.
Profiel 1 en 2 hebben duidelijk een andere lithologische opbouw dan profielen 3, 4 en 5. Profiel 1 en 2 bevatten een kleilaag op 0.5 -1.5 m diepte van ongeveer 0,5 m dikte met daaronder een veenlaag van 0.25-0.5 m dikte. Voor profielen 3, 4 en 5 wordt fijn zand binnen 0,5 – 1,5 m diepte aangetroffen.

Hieronder worden kort de metingen per profiel samengevat.

Profiel 1
Het perceel ligt op ongeveer 1 m boven NAP. Alle meetpunten laten een ondiepe mix-zone zien tussen regenwater en zout grondwater, binnen 2-3 m beneden maaiveld. Het zoutgehalte dat op deze diepte wordt aangetroffen is ongeveer 20 mS/cm dat ongeveer overeenkomt met 6500 mg/l chloride.

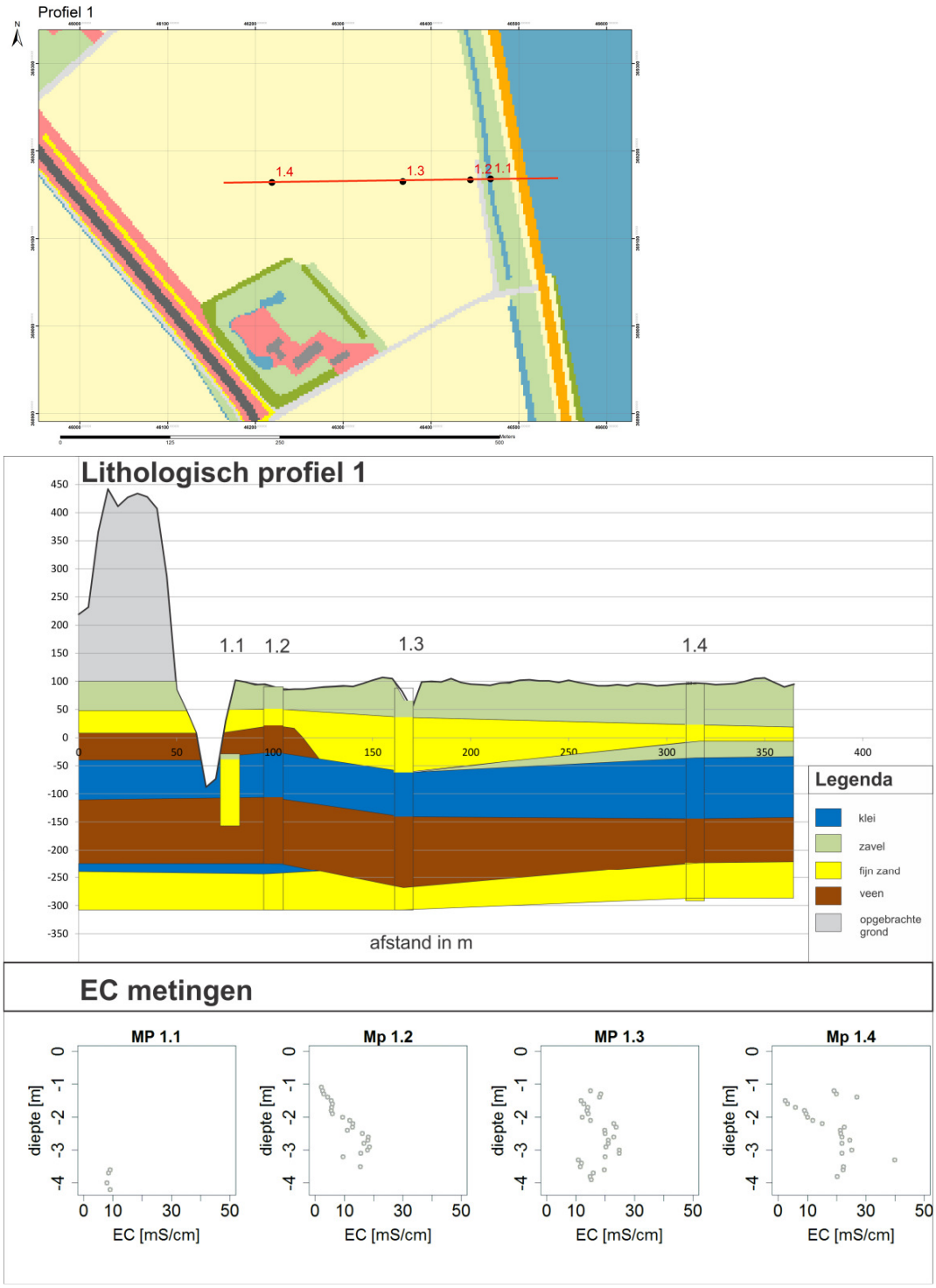
Profiel 2
Het perceel ligt op ongeveer 1 m boven NAP. De mix-zone tussen regenwater en zout grondwater begint op ongeveer 1 m beneden maaiveld en neemt geleidelijk in zoutgehalte toe tot ongeveer 10 mS/cm (~ 3000 mg/l chloride) op 3-4 m beneden maaiveld.

Profiel 3
Het perceel ligt op ongeveer 1.75 m boven NAP. Bij meetpunt 3.1 begint het zoutgehalte toe te nemen op 3.5 m-mv. Alle andere meetpunten laten een zoet profiel zien, echter deze metingen gaan niet dieper dan 3-3.5 m-mv.

Profiel 4
Het perceel ligt op ongeveer 1 m boven NAP. Meetpunt 4.3 laat een mix-zone zien die begint op 1 m-mv maar met een maximaal zoutgehalte van ongeveer 10 mS/cm (3000 mg/l chloride). Bij meetpunt 4.4 begint de mix-zone op ongeveer 2.75 m-mv.

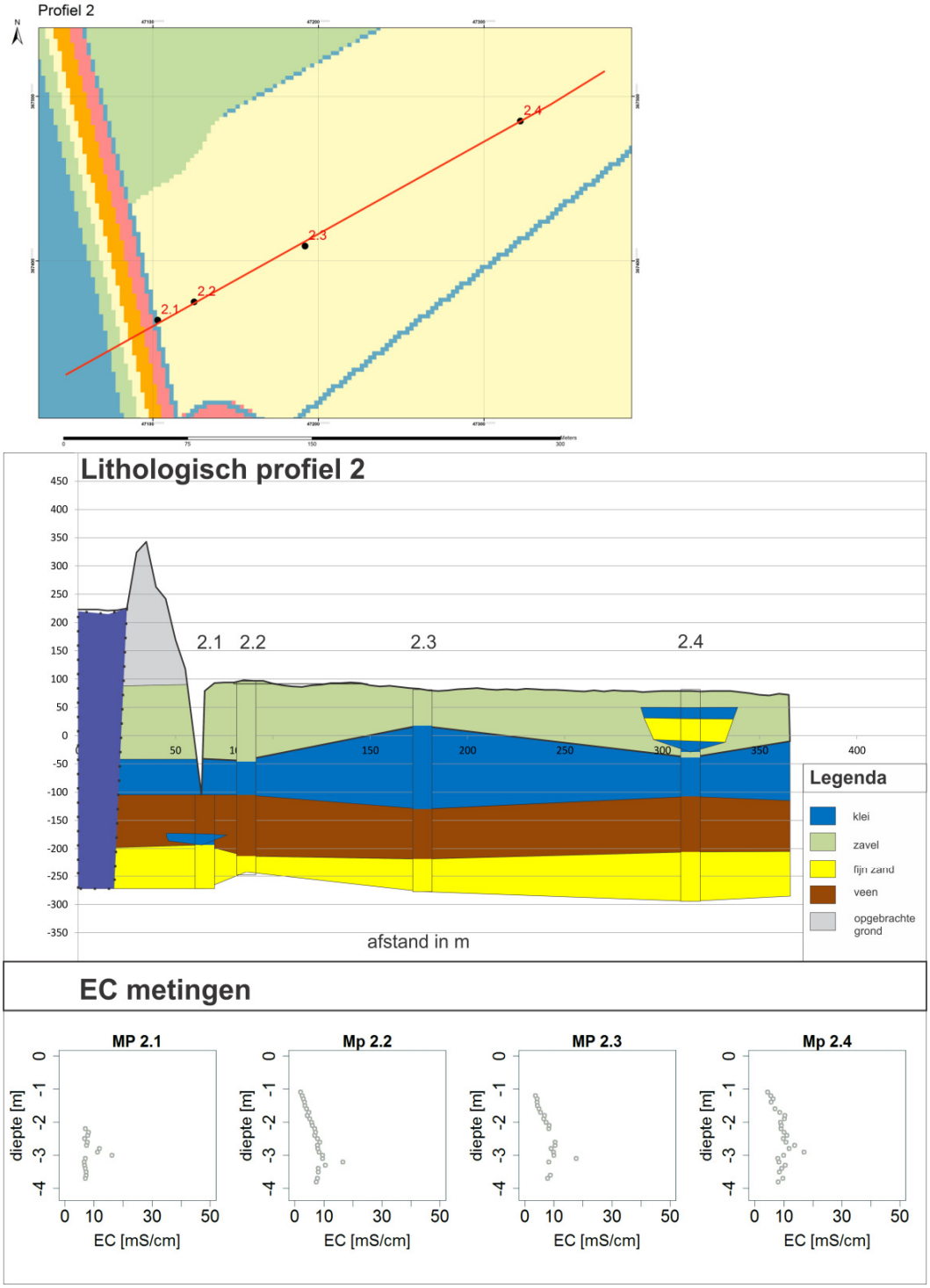
Profiel 5
Het maaiveld varieert sterk van ongeveer 0 tot 2 m+NAP. Alle meetpunten laten zoet grondwater zien.

4.1 Profiel 1



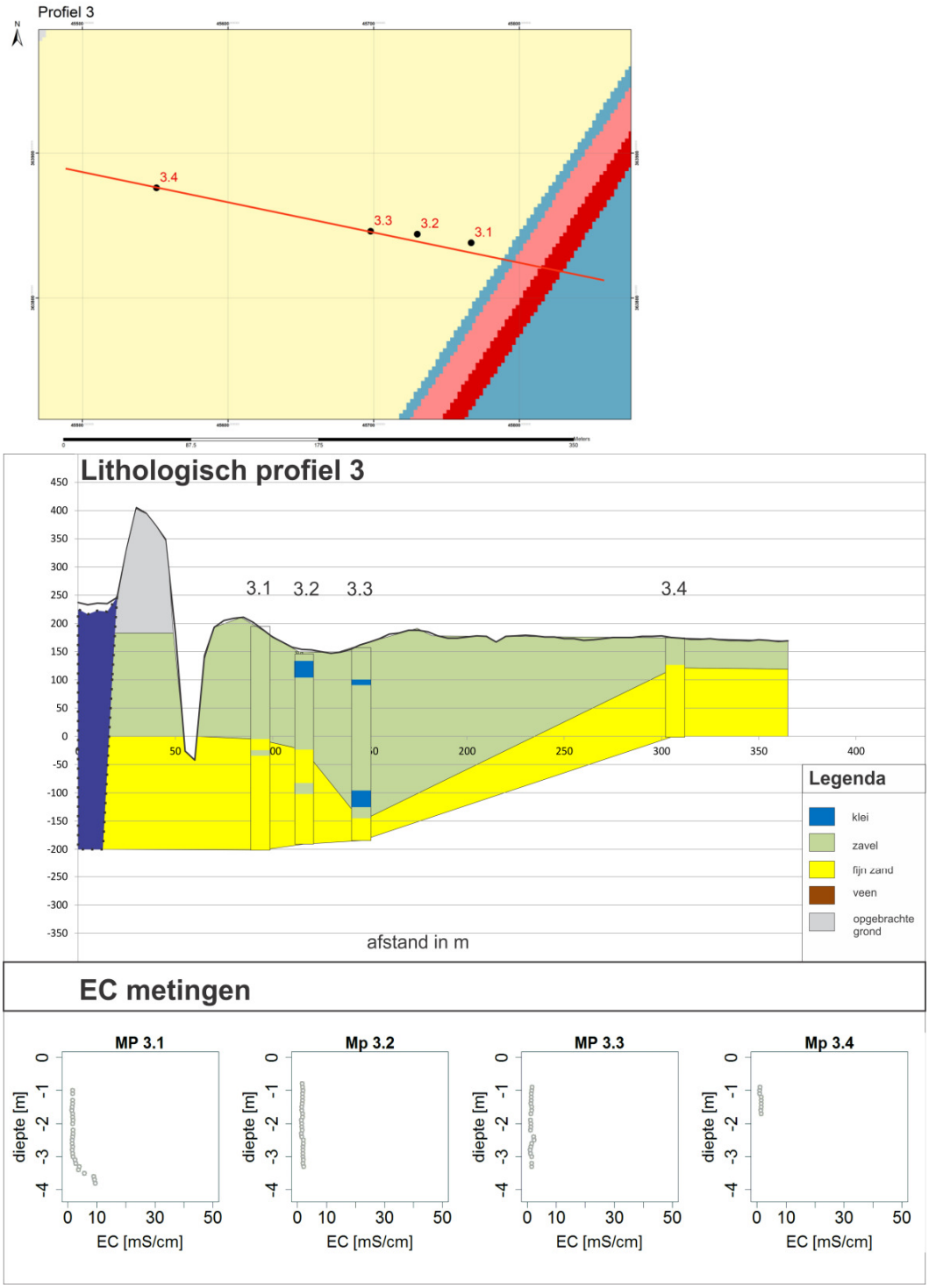
Figuur 5: a. locatie van de prikstokmeetpunten 1.1 t/m 1.4 en b. lithologisch profiel op basis van de bodembeschrijving op de locatie van de priktstokmetingen en de EC van het grondwater voor verschillende dieptes (diepte tov maaiveld). De EC van het slootwater ter hoogte van meetpunt 1.1 was 4.37 mS/cm.

4.2 Profiel 2



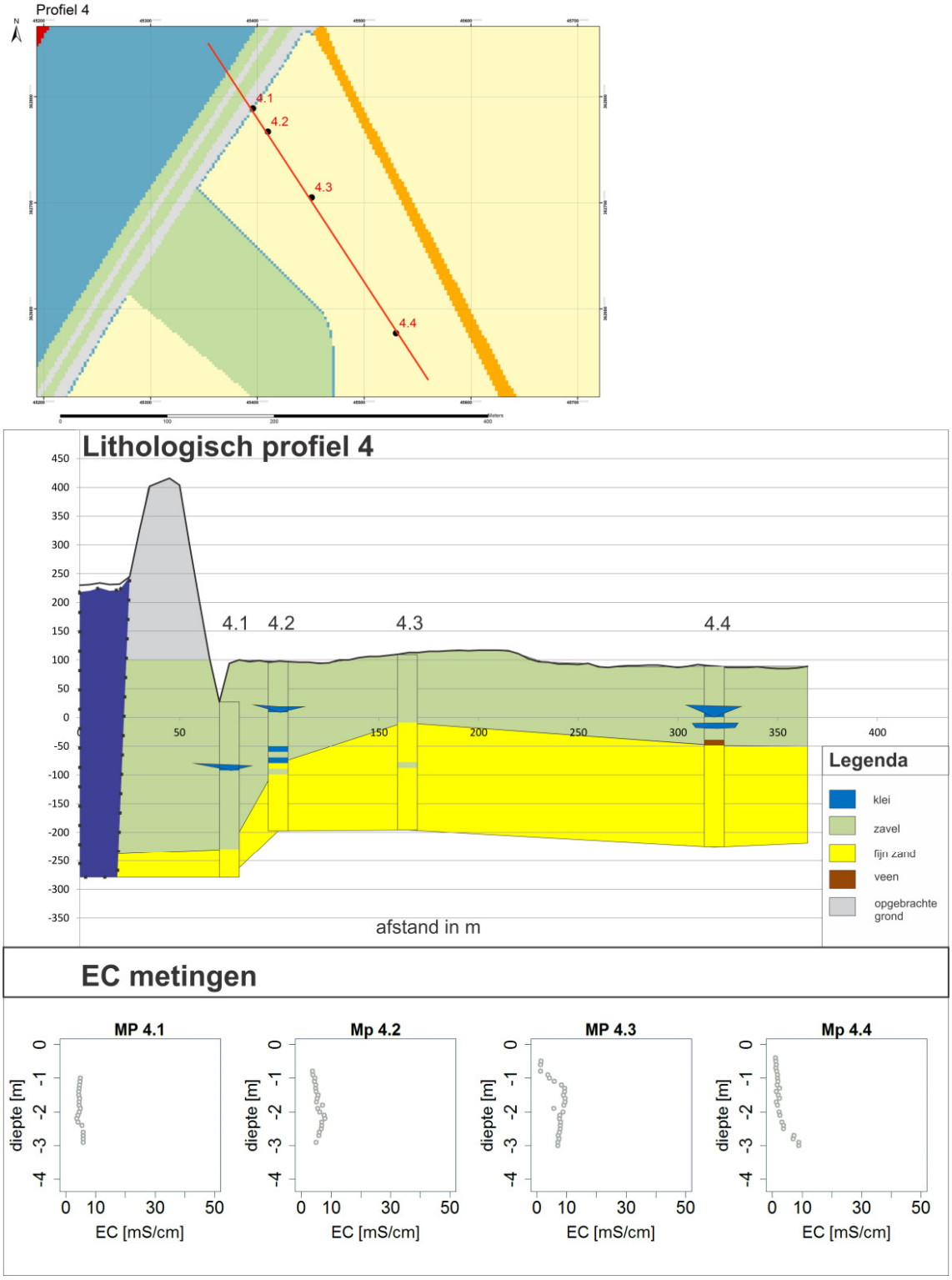
Figuur 6: a. locatie van de prikstokmeetpunten 2.1 t/m 2.4 en b. lithologisch profiel op basis van de bodembeschrijving op de locatie van de priktstokmetingen en de EC van het grondwater als functie van de diepte ten opzichte van maaiveld. De EC van het slootwater ter hoogte van meetpunt 2.1 was 5.44 mS/cm.

4.3 Profiel 3



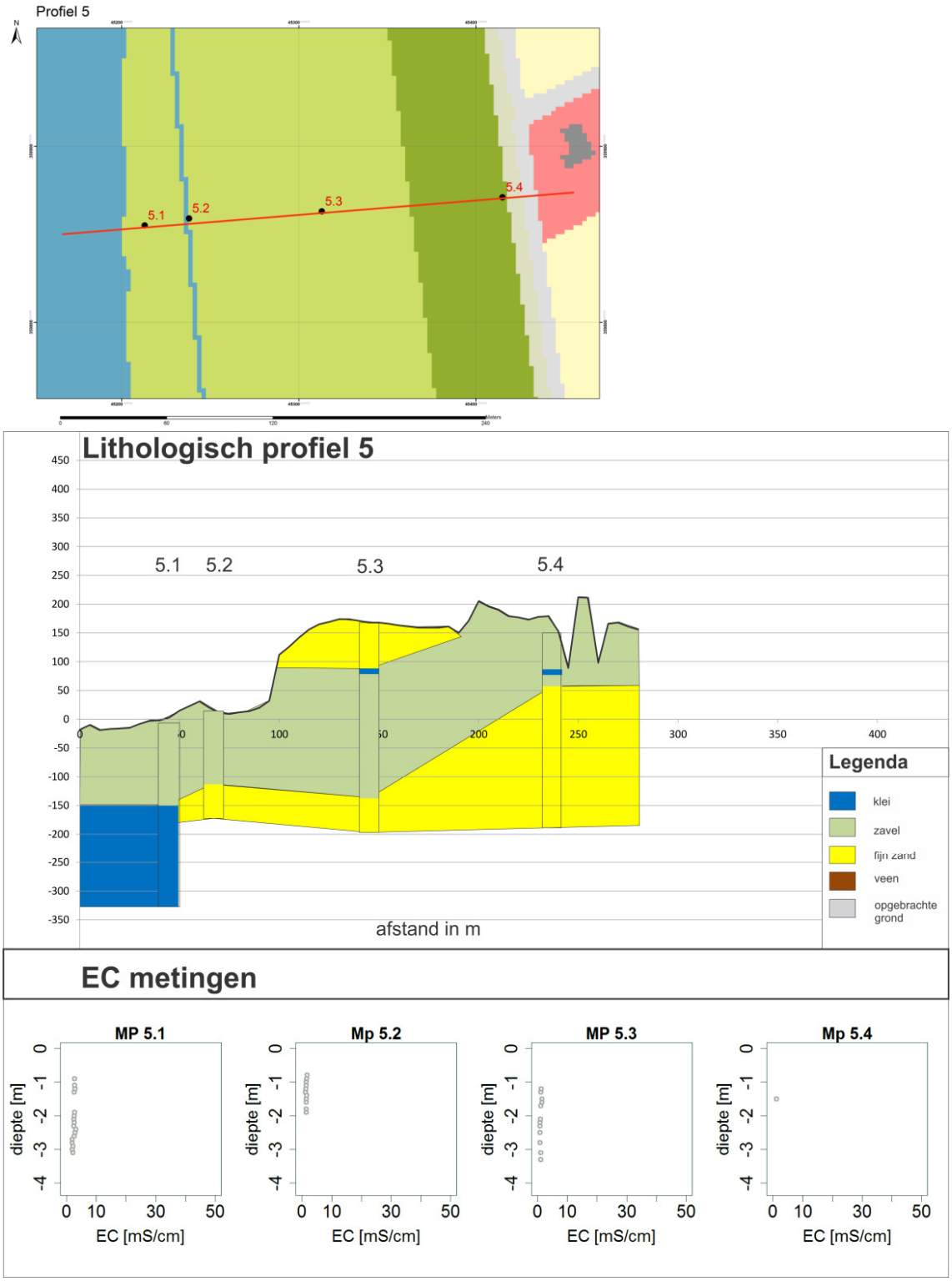
Figuur 7: a. locatie van de prikstokmeetpunten 3.1 t/m 3.4 en b. lithologisch profiel op basis van de bodembeschrijving op de locatie van de priktstokmetingen en de EC van het grondwater als functie van de diepte ten opzichte van maaiveld. De EC van het slootwater ter hoogte van meetpunt 3.1 was 4.95 mS/cm.

4.4 Profiel 4



Figuur 8: a. locatie van de prikstokmeetpunten 4.1 t/m 4.4 en b. lithologisch profiel op basis van de bodembeschrijving op de locatie van de priktstokmetingen en de EC van het grondwater als functie van de diepte ten opzichte van maaiveld.De EC van het slootwater ter hoogte van meetpunt 4.1 was 4.32 mS/cm, de EC van het water van het kanaal Gent-Terneuzen 2.21 mS/cm.

4.5 Profiel 5



Figuur 9: a. locatie van de prikstokmeetpunten 5.1 t/m 5.4 en b. lithologisch profiel op basis van de bodembeschrijving op de locatie van de priktstokmetingen en de EC van het grondwater als functie van de diepte ten opzichte van maaiveld.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De prikstokmetingen geven een goed beeld van het zoutgehalte van het grondwater tot 4 m beneden maaiveld. Echter, door de aanwezigheid van zand was het voor sommige meetpunten niet mogelijk om tot 4 m diepte te meten met de prikstok. Met name profielen 3, 4 en 5 zijn erg zandig ontwikkeld waardoor niet een volledig zoutprofiel kon worden bepaald.

Profielen 1, 2 en 4 laten een overgang zien van zoet naar zout grondwater binnen 2-3 m-mv. Voor profiel 3 begint de mix-zone op 3.25 m-mv, echter gebaseerd op 1 meetpunt. Profiel 5 is zoettot 3 m beneden maaiveld.

5.2 Aanbevelingen

Diepteprofiel zoutgehalte
Om een volledig beeld te krijgen van de zoet-zout overgang wordt aanbevolen om 1 elektrische sondering uit te voeren per profiel.

Inzicht ontwikkeling zoutgehalte
Tegelijkertijd kan een peilbuis worden geplaatst die geschikt is om met behulp van de SlimFlex methode een zoutprofiel te verkrijgen. Eenherhalingsmetingen is dan vrij eenvoudig uit te voeren om de ontwikkeling in de tijd te monitoren.

Korte systeemanalyse
Een korte systeemanalyse plaats de metingen in een beter perspectief zodat de metingen beter te interpreteren zijn en de invloed van de verschillende componenten op het zoutgehalte te bepalen zijn. Belangrijke vraag hierbij is de interactie tussen het kanaal en het grondwatersysteem.

Bijlage A: GPS coördinaten prikstokmetingen

Transect	meetpunt	latitude	longitude	X	Y
1	1.1	51°18'4.93"N	3°49'51.17"E	46468	369168
1	1.2	51°18'4.89"N	3°49'49.95"E	46445	369167
1	1.3	51°18'4.79"N	3°49'46.01"E	46368	369165
1	1.4	51°18'4.63"N	3°49'38.33"E	46219	369164
2	2.1	51ø17'7.03"N	3ø50'25.91"E	47103	367364
2	2.2	51ø17'7.40"N	3ø50'27.04"E	47125	367375
2	2.3	51ø17'8.53"N	3ø50'30.46"E	47192	367409
2	2.4	51ø17'11.08"N	3ø50'37.08"E	47322	367485
3	3.1	51ø15'11.65"N	3ø49'22.39"E	45767	363838
3	3.2	51ø15'11.86"N	3ø49'21.15"E	45730	363844
3	3.3	51ø15'12.23"N	3ø49'17.32"E	45698	363846
3	3.4	51ø15'13.11"N	3ø49'9.71"E	45551	363876
4	4.1	51ø14'37.84"N	3ø49'2.91"E	45396	362789
4	4.2	51ø14'37.14"N	3ø49'3.64"E	45410	362767
4	4.3	51ø14'35.15"N	3ø49'5.86"E	45451	362705
4	4.4	51ø14'31.08"N	3ø49'10.07"E	45530	362577
5	5.1	51ø13'2.79"N	3ø48'56.71"E	45213	359855
5	5.2	51ø13'2.93"N	3ø48'58.03"E	45238	359859
5	5.3	51ø13'3.13"N	3ø49'1.88"E	45313	359863
5	5.4	51ø13'3.45"N	3ø49'7.11"E	45415	359871

Bijlage B: relevante publicaties

Enkele voor dit projectvoorstel relevante publicaties en producten worden hier per thema weergegeven, zie ook http://zoetzout.deltares.nl/:

5.2.1 Meetcampages, meettechnieken en zoet-zout karteringen

- Baaren, E.S. van, Louw, P.G.B. de, Faneca Sanchez, M., Vries, B. de, Vleuten, J. van der, Massink, H., Heringa, J. 2012. HydrologischestudieKustlaboratorium. Deltares 1204870
- Buma, J.T., Oude Essink, G.H.P. en Louw, P.G.B., de, 2008, Monitoringsplan Waterdunen en omgeving, 2008-U-R0511/B, 37 p.
- Buma, J.T., Oude Essink, G.H.P. en Louw, P.G.B., de, 2008, Monitoringsplan Perkpolder en omgeving, 2008-U-R0513/B, 34 p.
- Goes, B.J.M., Oude Essink, G.H.P., Vernes, R.W., Sergi, F. 2009. Estimating the depth of fresh and brackish groundwater in a predominantly saline region using geophysical and hydrological methods, Zeeland, the Netherlands, Near Surface Geophysics 401-412.

- Faneca Sànchez, M., Gunnink, J., van Baaren, E.S., Oude Essink, G.H.P., Elderhorst, W., de Louw, P.G.B., Siemon, B., Auken, E. 2012. Modelling climate change effects on a Dutch coastal groundwater system using airborne Electro Magnetic measurements, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 4499-4516, doi:10.5194/hess-16-4499-2012.
- Pauw, P.S., 2011. Overview of common field measurements; applicable in the research on freshwater lenses in coastal areas. Deltares/Wageningen UR (internal report).

5.2.2 Dunne zoetwaterlenzen:

- De Louw, P.G.B., Eeman, S., Siemon, B., Voortman, B.R., Gunnink, J. Baaren, E.S. van, Oude Essink, G.H.P., 2011. Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage..Hydrology and Earth System Sciences 15, 3659-3678.
- De Louw, P.G.B., Eeman, S., Oude Essink, G.H.P., Vermue, E., Post, V.E.A., 2013. Rainwater lens dynamics and mixing between infiltrating rainwater and upward saline groundwater seepage beneath a tile-drained agricultural field. Journal of Hydrology 501, 133-145.
- De Louw, P.G.B., 2013. Zoute kwel in delta's. Preferente kwel via wellen en interacties tussen dunne regenwaterlenzen en zoute kwel. Academisch proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429.
- Maljaars, P.S., Wils, R.A., de Louw, P., Oude Essink, G. En Wirdum, G., TNO (2006), Regenwaterlenzen in zoute kwelsystemen, 2006-U-R0086/A, 121 p.
- Oude Essink, G.H.P., Stevens, S., de Veen, B., de, Prevo, C., Marconi, V., Goes, B. & de Louw, P., 2007, Meetcampagne naar het voorkomen van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland, 2007-U-R0925/A, 127p.

Overige literatuur

- Maas, E.V. and G.J. Hoffman, 1977. Crop Salt Tolerance - Current Assessment. J. Irr.Drain.Div. 1977(6):115-134.
- Stuyt, L.C.P.M. et al., concept 2014. €ureyeopener 2: Zoetwatervoorziening Zuid-westelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden.
- Stuyfzand, P.J., 1986. A new hydrochemical classification of water types with examples of application to the Netherlands (in Dutch). H2O. 19(23), pp. 562-568
- Goes, B.J.M., Oude Essink, G.H.P., Vernes, R.W. and Sergi, F. 2009. Estimating the depth of fresh and brackish groundwater in a predominantly saline region using geophysical and hydrological methods, Zeeland, the Netherlands, *Near Surface Geophysics* 401-412.
- L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper, 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland; onderzoek met hulp van €ureyeopener 1.0. 2013. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2439. 90 blz.; 18 fig.; 13 tab.; 60 ref.

Deltares
Enabling Delta Life

Prikstokmetingen Kanaalzone Gent-Terneuzen
Winter en zomermetingen 2014

Esther van Baaren, Pieter Doornenbal en Perry de Louw

14-8-2014

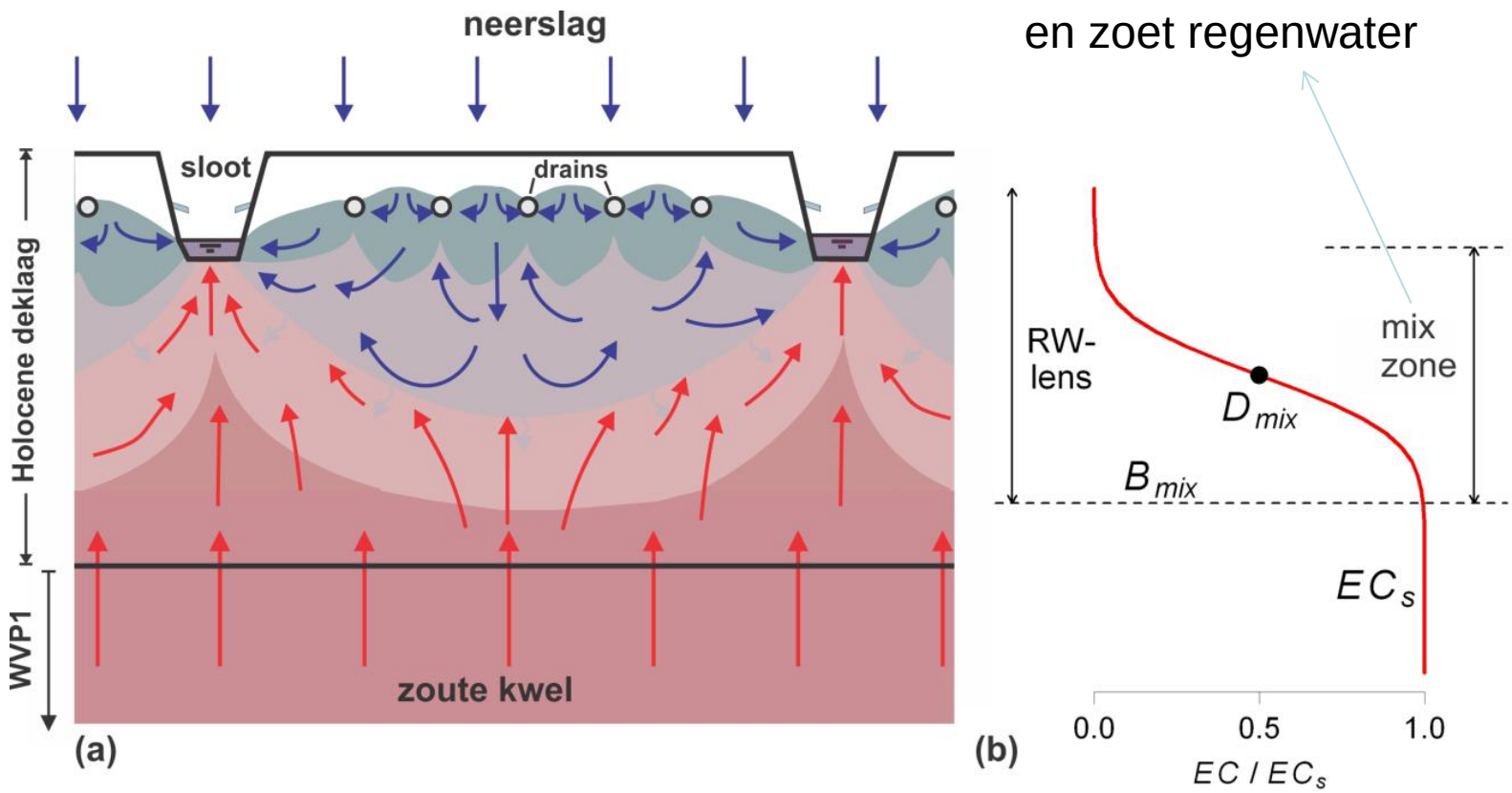
Achtergrond

In deze powerpoint zijn de prikstokmetingen van juli 2014 toegevoegd aan de metingen van januari 2014 rond het kanaal Gent-Terneuzen. Dit werk is in opdracht van de Vlaams Nederlandse Scheldecommissie uitgevoerd. Voor meer informatie over de aanleiding van dit onderzoek, de prikstokmetingen en de conclusies van de wintermetingen wordt verwezen naar de rapportage van de winterprikstokmetingen:

Esther van Baaren, Perry de Louw en Pieter Doornenbal (2014). Vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater Kanaal Gent Terneuzen. Deltares rapportage 1208359-000.

Karakteristieken regenwaterlens

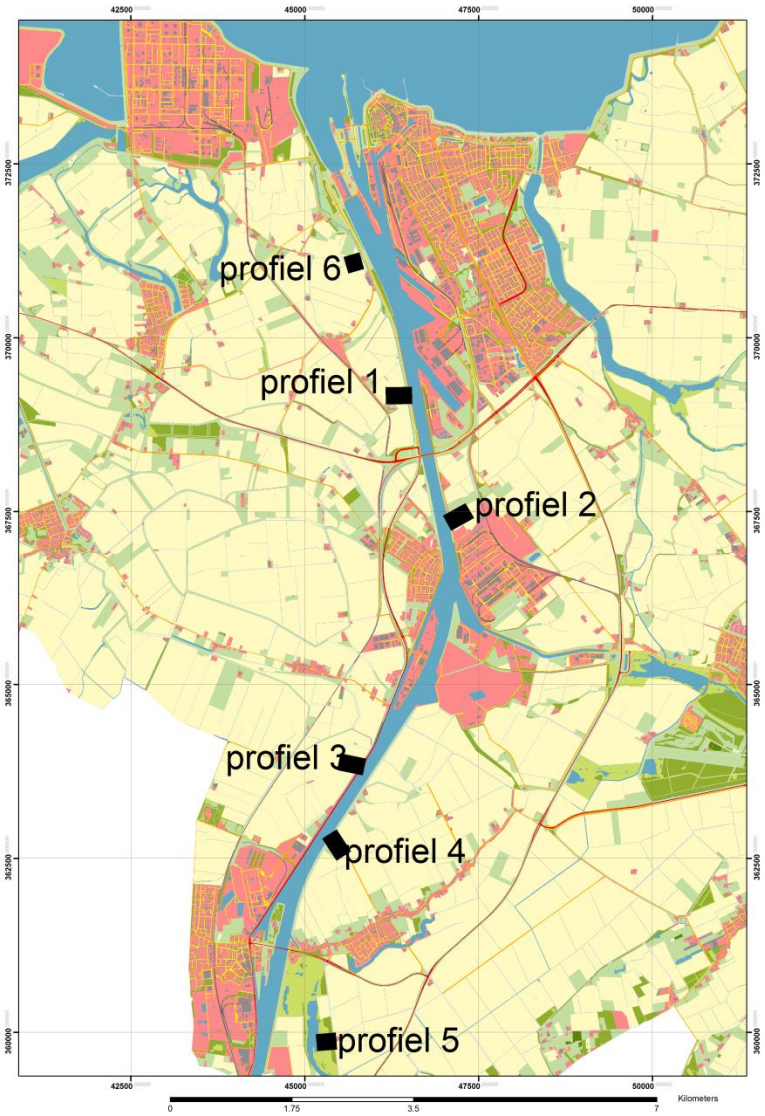
mix zone:
combinatie zout kwelwater
en zoet regenwater

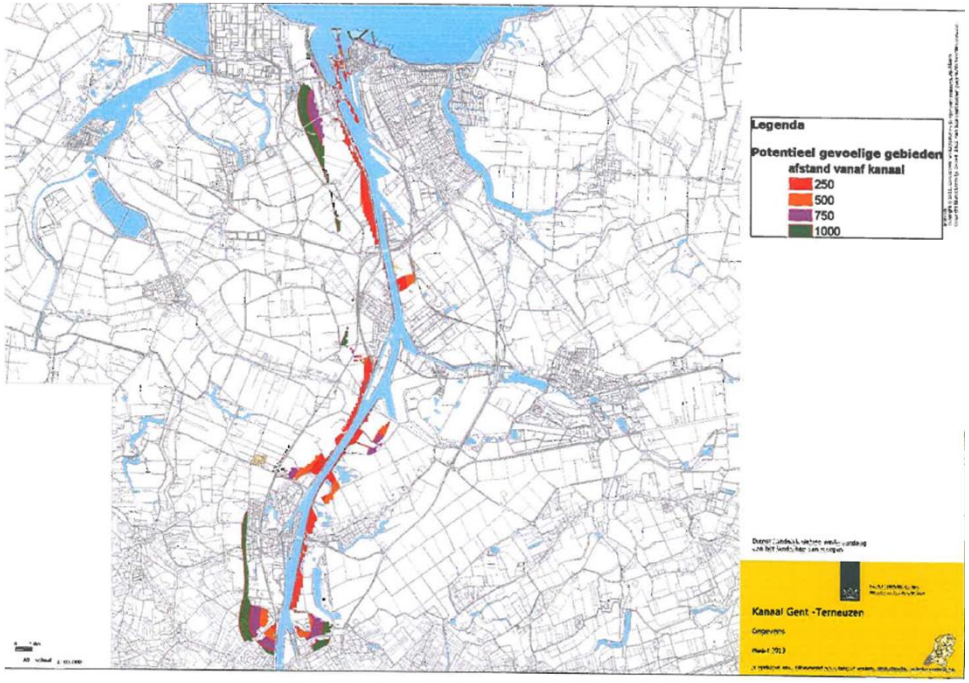


Bron: promotieonderzoek Perry de Louw

Deltares

Locaties en data prikstokmetingen





Bron: factsheet Waterhuishouding huidige situatie Grote Zeesluis Gent-Terneuzen

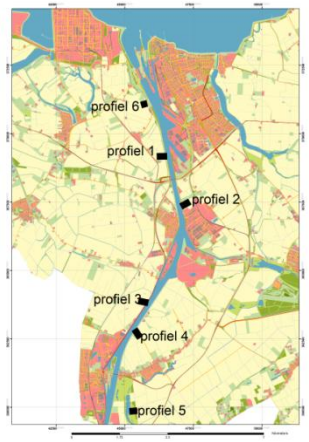
Wintermetingen: 27 t/m 31 januari 2014

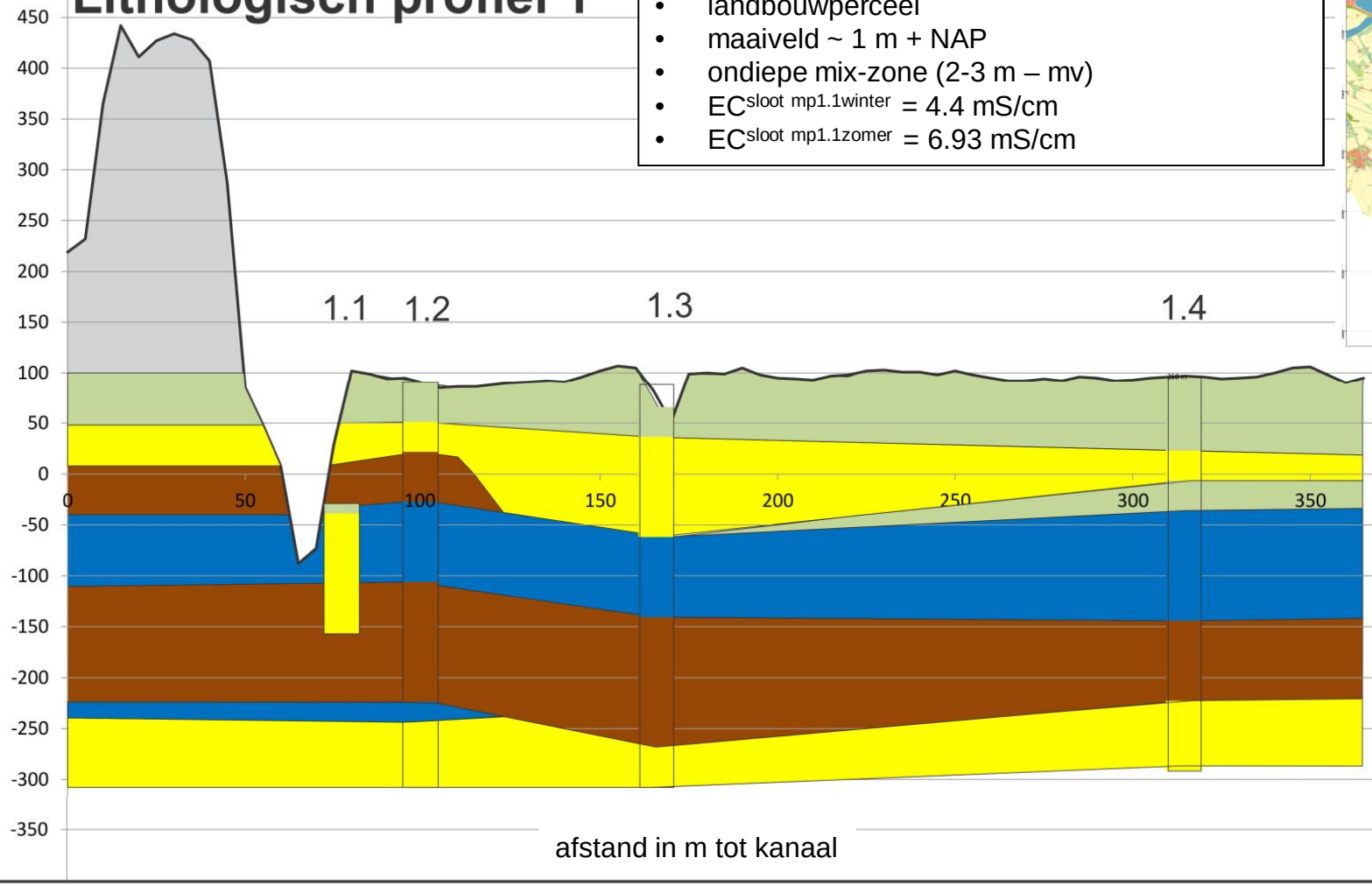
Zomermetingen: 21 t/m 24 juli 2014

Deltares

Lithologisch profiel 1

- landbouwperceel
- maaiveld ~ 1 m + NAP
- ondiepe mix-zone (2-3 m – mv)
- $EC^{sloot\ mp1.1winter}$ = 4.4 mS/cm
- $EC^{sloot\ mp1.1zomer}$ = 6.93 mS/cm



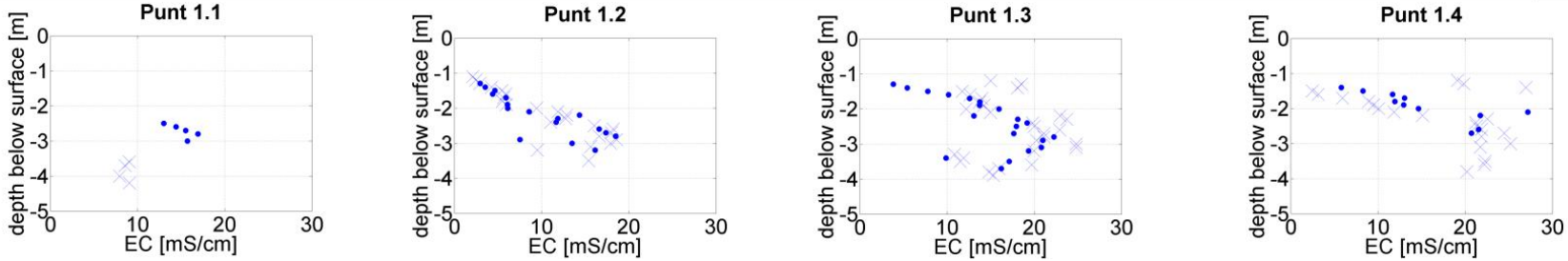


Legenda

- klei
- zavel
- fijn zand
- veen
- opgebrachte grond

EC metingen

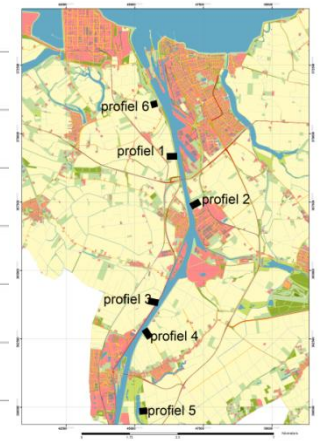
- Januari
- Juli

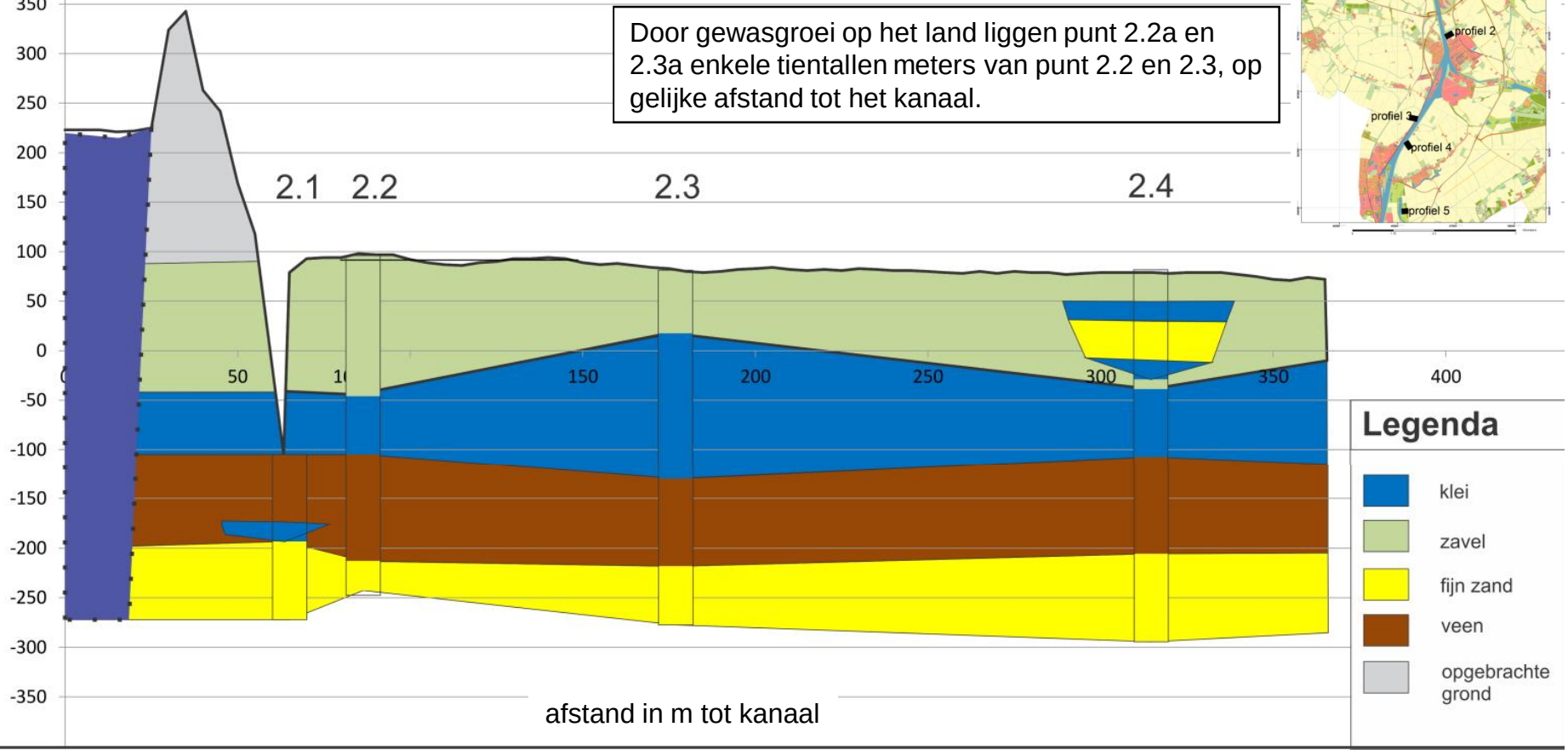


Lithologisch profiel 2

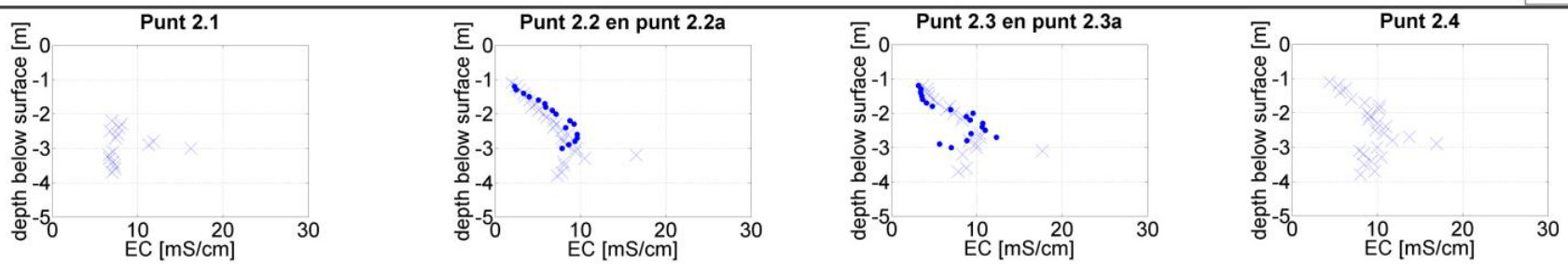
- landbouwperceel
- maaiveld ~ 1 m + NAP
- mix-zone start op 1 m - mv

Door gewasgroei op het land liggen punt 2.2a en 2.3a enkele tientallen meters van punt 2.2 en 2.3, op gelijke afstand tot het kanaal.



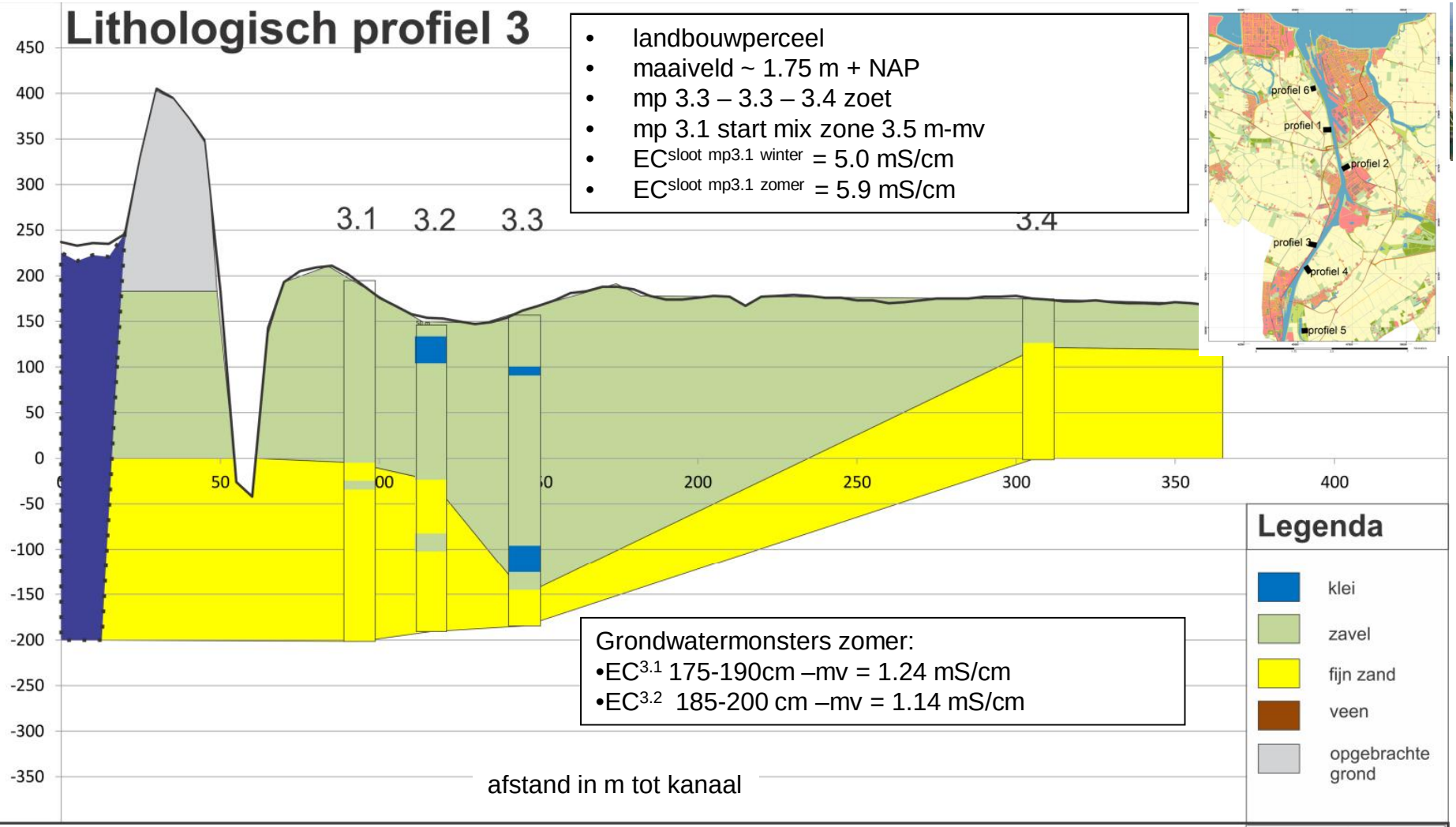


EC metingen



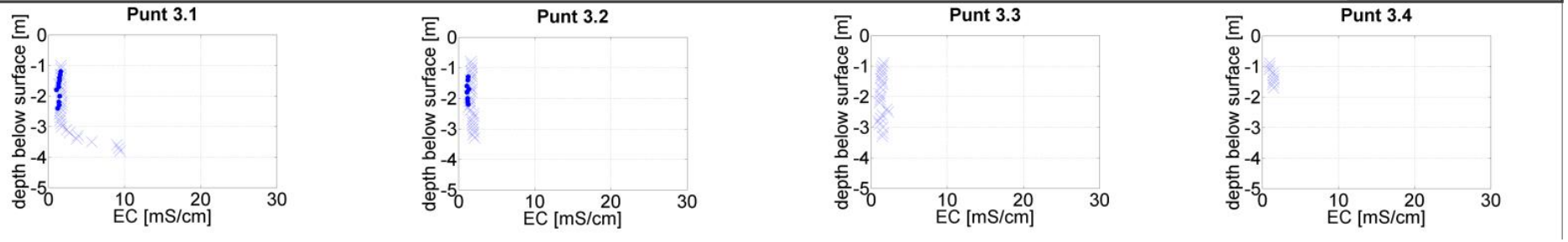
Lithologisch profiel 3

- landbouwperceel
- maaiveld ~ 1.75 m + NAP
- mp 3.3 – 3.3 – 3.4 zoet
- mp 3.1 start mix zone 3.5 m-mv
- $EC^{\text{sloot mp3.1 winter}}$ = 5.0 mS/cm
- $EC^{\text{sloot mp3.1 zomer}}$ = 5.9 mS/cm



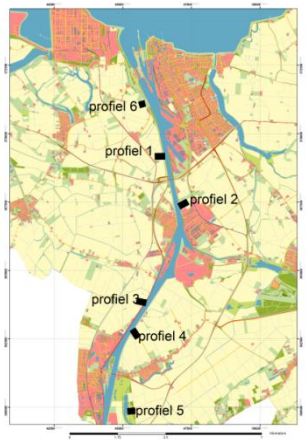
Grondwatermonsters zomer:
- $EC^{3.1}$ 175-190cm –mv = 1.24 mS/cm
- $EC^{3.2}$ 185-200 cm –mv = 1.14 mS/cm

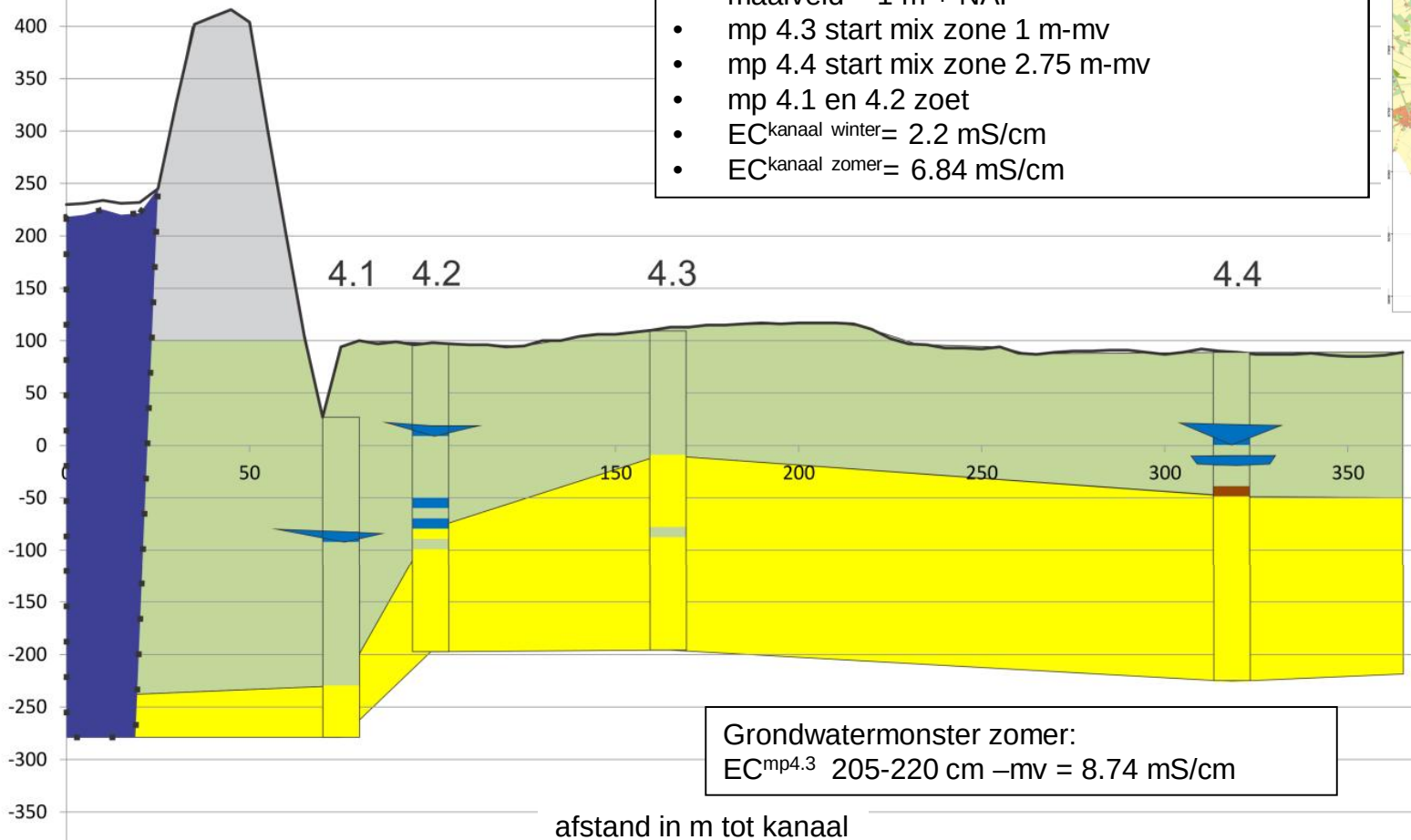
EC metingen



Lithologisch profiel 4

- landbouwperceel
- maaiveld ~ 1 m + NAP
- mp 4.3 start mix zone 1 m-mv
- mp 4.4 start mix zone 2.75 m-mv
- mp 4.1 en 4.2 zoet
- $EC^{kanaal\ winter}$= 2.2 mS/cm
- $EC^{kanaal\ zomer}$= 6.84 mS/cm

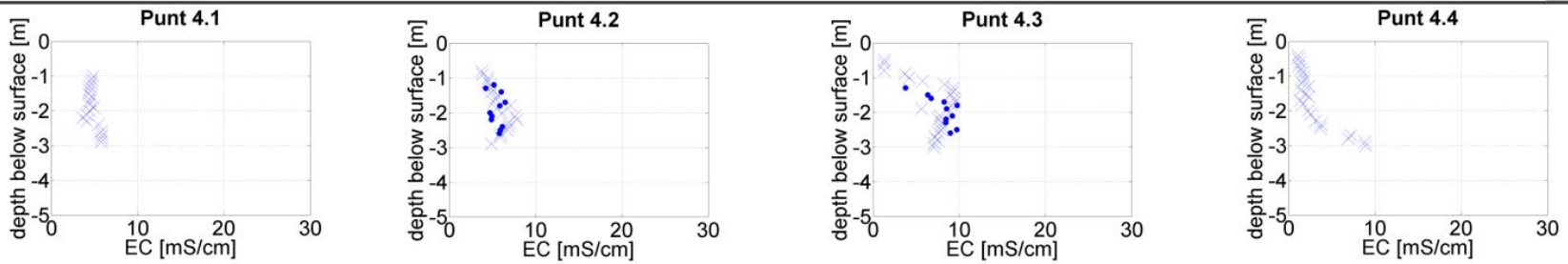




Grondwatermonster zomer:
$EC^{mp4.3}$ 205-220 cm –mv = 8.74 mS/cm

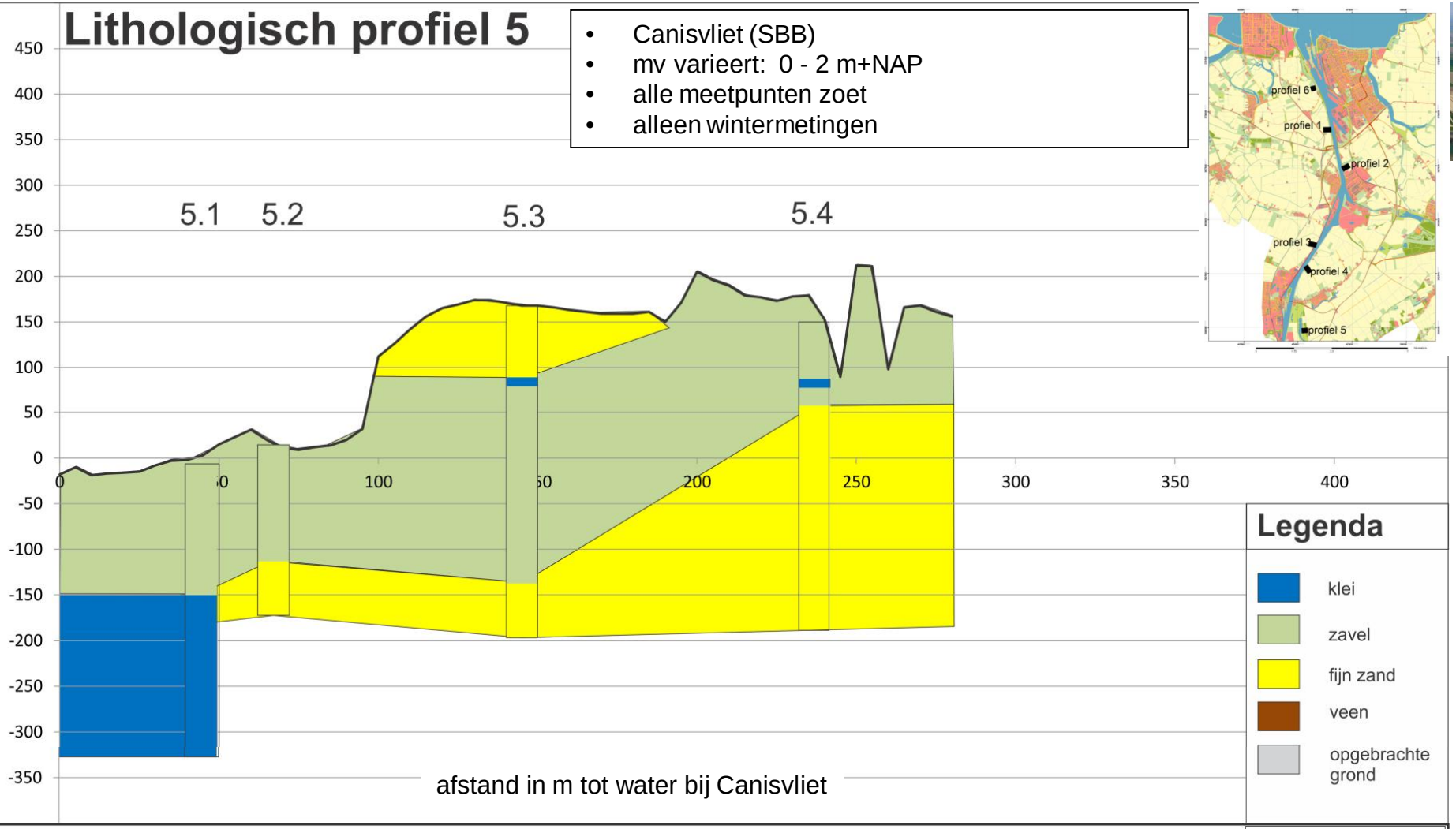
afstand in m tot kanaal

EC metingen

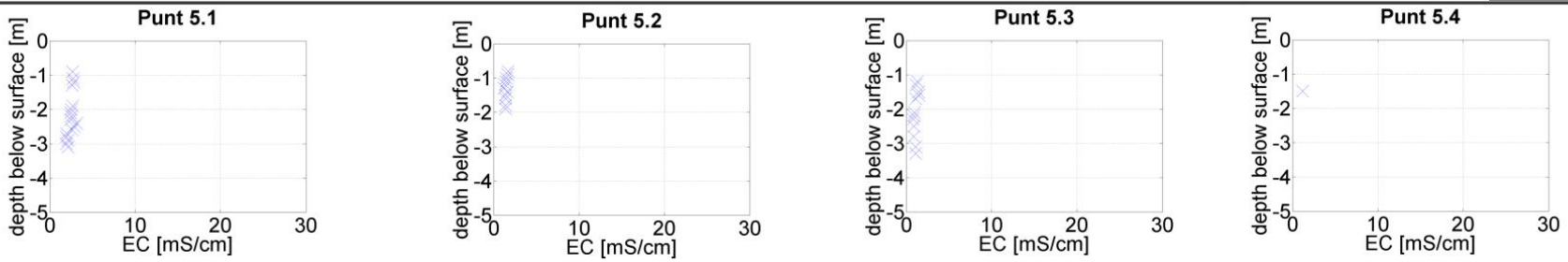


Lithologisch profiel 5

- Canisvliet (SBB)
- mv varieert: 0 - 2 m+NAP
- alle meetpunten zoet
- alleen wintermetingen



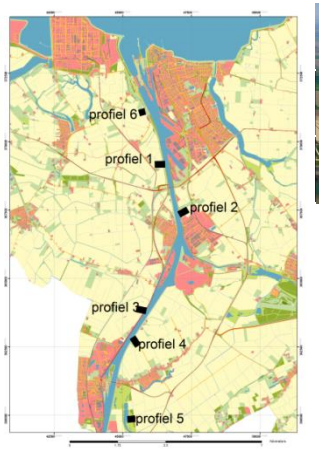
EC metingen



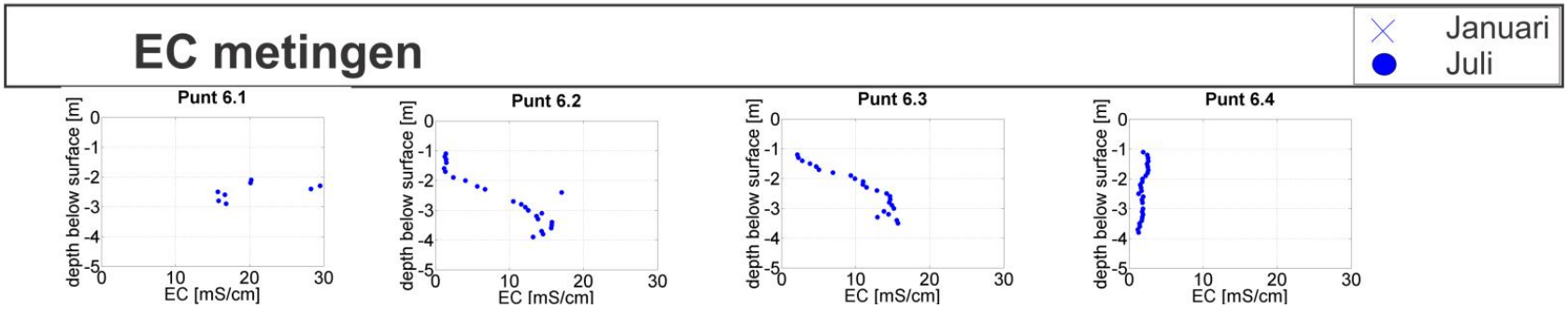
Profiel 6

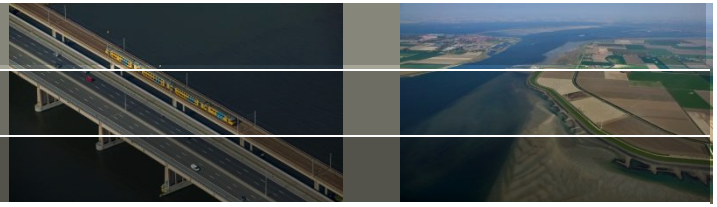
- landbouwperceel
- Alleen zomermetingen
- mp 6.2 start mix zone 1.7 m-mv
- mp 6.3 start mix zone 1.2 m-mv
- mp 6.4 zoet
- $EC^{mp6.1sloot\ zomer}$ = 6.44 mS/cm

Diepte -maaiveld [cm]	Punt 6.1	Punt 6.2	Punt 6.3	Punt 6.4
0-10		geroerd		
20		m.zavel		
30		m.zavel	m.zavel	
40		m.zavel	m.zavel	
50		m.zavel	m.zavel	m.zavel
60		m.zavel	m.zavel	m.zavel
70		zand	m.zavel	m.zavel
80		zand	m.zavel	m.zavel
90		zand	m.zavel	l.klei
100		zand	m.zavel	l.klei
110		zand	m.zavel	l.klei
120		zand	m.zavel	l.klei
130		zand	m.zavel	l.klei
140		zand	m.zavel	l.klei
150		zand	m.zavel	l.klei
160		m.zavel	m.zavel	l.klei
170	veen	m.zavel	m.zavel	l.klei
180	veen	m.zavel	m.zavel	m.zavel
190	veen	zand	m.zavel	m.zavel
200	veen	zand	m.zavel	m.zavel
210	veen	zand	m.zavel	m.zavel
220	veen	zand	m.zavel	m.zavel
230	l.klei	zand	m.zavel	m.zavel
240	zand	zand	m.zavel	m.zavel
250	zand	zand	l.klei	m.zavel
260	zand	zand	l.klei	m.zavel
270	zand	z.zavel	l.klei	l.klei
280	zand	z.zavel	l.klei	l.klei
290	zand	z.zavel	l.klei	l.klei
300		z.zavel	l.klei	l.klei
310		z.zavel	l.klei	l.klei
320		z.zavel	l.klei	l.klei
330		z.zavel	l.klei	l.klei
340			m.zavel	l.klei

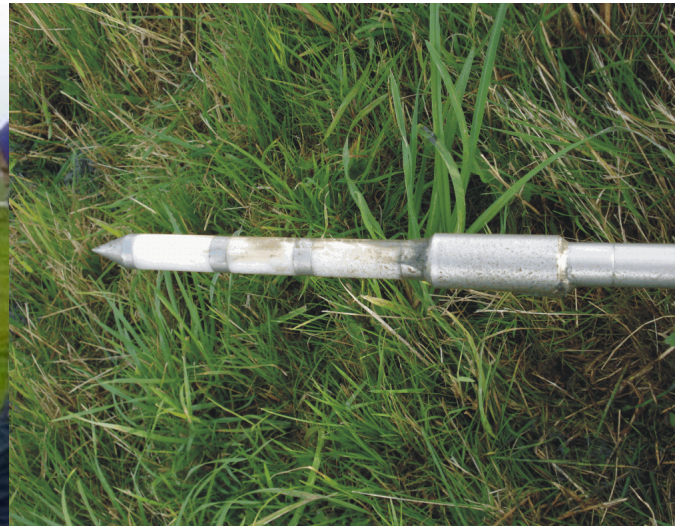


Afstand meetpunten tot kwelsloot [m]:
- 6.1 = 0
- 6.2 = 25
- 6.3 = 100
- 6.4 = 250





Vragen?

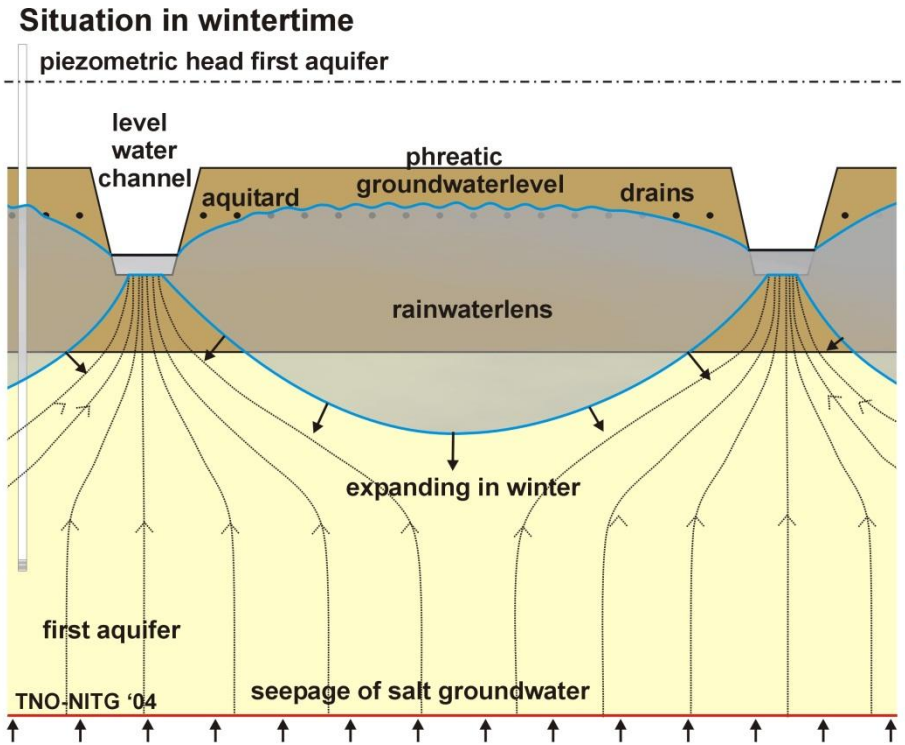


Esther van Baaren
Esther.vanBaaren@Deltares.nl

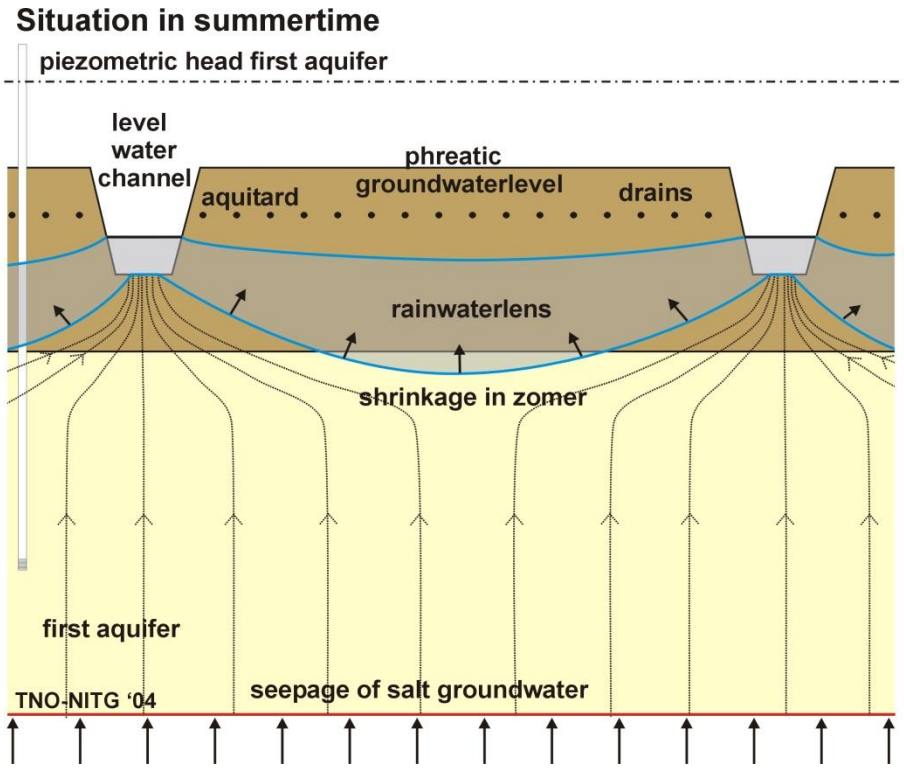
Deltares

Dikte regenwaterlens

De dikte van de lens varieert met de seizoenen



Rainy season / winter



Dry season / summer

Bron: promotieonderzoek Perry de Louw

Deltares

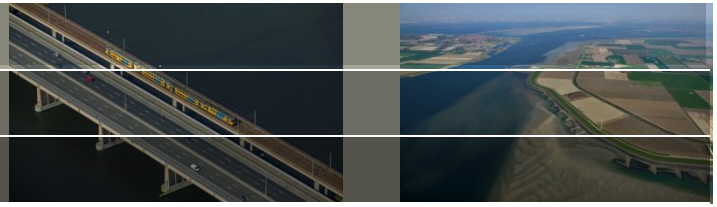
Zoet-brak-zout grenzen

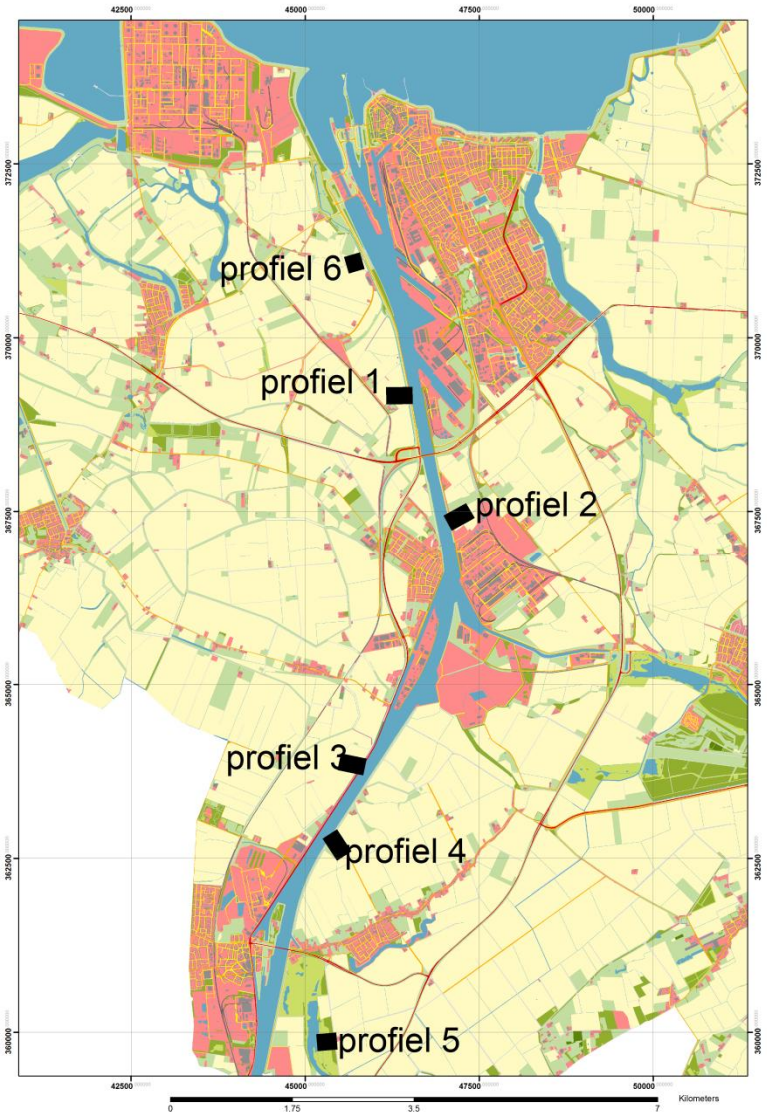
Beschrijving	EC [mS/cm]	Chlorideconcentratie [mg Cl/l]
Classificatie Stuyfzand [1986]		
zoet	< 2	150
zoet-brak	< 2	150 – 300
brak	2 – 3.2	300 – 1000
brak – zout	3.2 – 28.2	1000 – 10000
Zout	> 28.2	10000 – 20000
Zoutschadedrempelwaarden landbouw		
gevoelige gewassen	<< 2	300
matig gevoelige gewassen	2.1	600
matig tolerante gewassen	3.8	1200
tolerante gewassen	7.1	2400

Bron: Stuyfzand [1986], Maas en Hoffman [1977]

Deltares

Tabel met coördinaten





Meetpunt	x	y
1.1	46468	369164
1.2	46445	369163
1.3	46367	369163
1.4	46219	369164
2.1	47103	367364
2.2	47125	367375
2.3	47192	367409
2.4	47322	367485
3.1	45767	363838
3.2	45730	363844
3.3	45698	363846
3.4	45551	363876
4.1	45396	362789
4.2	45410	362767
4.3	45451	362705
4.4	45530	362577
5.1	45213	359855
5.2	45238	359859
5.3	45313	359863
5.4	45415	359871
6.1	45841	371108
6.2	45817	371103
6.3	45744	371085
6.4	45596	371058

Bijlage 7 Overzicht onderzochte zoutscheidingsmaatregelen en onderbouwing

Een overzicht van potentiële maatregelen op de Nieuwe Sluis, Oostsluis en Westsluis is weergegeven in Tabel B8- 1 en Tabel B8- 2. Opgemerkt moet worden dat maatregelen op de Oostsluis en de Westsluis buiten scope zijn.

Tabel B8- 1 Potentiële maatregelen Nieuwe Sluis

Maatregel	Methode	Opmerkingen	Conclusie
Spuien buitenvoorhaven via spuisluis (en gemaal)	Reduceren zoutbelasting binnenvoorhaven	■ *Maatregel is afhankelijk van voldoende aanbod van zoet water*. [Met aanvoer van zoet water uit spaarbekkens kunnen langdurige droogteperioden niet worden overbrugd.] ■ Maatregel kan leiden tot hinder voor scheepvaart door stromingen in voorhaven. ■ Maatregel kan leiden tot toename van aanslibbing in voorhaven.	Te weinig zoet water beschikbaar. Maatregel valt af.
Spuien buitenvoorhaven via deuropeningen tijdens eb, wanneer er niet geschut wordt (lekkende ebdeur).	Reduceren zoutbelasting binnenvoorhaven	■ *Maatregel is afhankelijk van voldoende aanbod van zoetwater*. ■ Maatregel kan leiden tot hinder voor scheepvaart door stromingen in voorhaven. ■ Maatregel kan leiden tot toename van aanslibbing in voorhaven.	Te weinig zoet water beschikbaar, maatregel valt af.
Niet schutten bij onvoldoende aanbod van zoetwater.	Beperken uitwisselingsvolume	■ Maatregel leidt tot hinder voor scheepvaart.	Potentiele maatregel voor VKV

Maatregel	Methode	Opmerkingen	Conclusie
Luchtbellenscherm in combinatie met zo kort mogelijk open staan van deur	Beperken uitwisselingsdebiet	■ Luchtbellenschermen worden in praktijk soms uitgeschakeld op verzoek van schippers en loodsen. ■ Effectiviteit van luchtbellenschermen op beide sluishoofden is afhankelijk van dichtheid water in kolk: lage effectiviteit bij eerste schutting na een zeer lange deuropentijd. ■ Effect op vismigratie.	Potentiele maatregel voor VKV
Tijdelijke vaste zoutdrempel bij binnendeur	Beperken uitwisselingsvolume	■ Maatregel heeft tijdelijk effect: na baggeren KGT moet drempel worden verwijderd. Niet in Westsluis, om Zeevaart in de Westsluis mogelijk te houden.	Potentiele maatregel voor VKV Niet bij de binnendeur van de Westsluis.
Terugspoelen zout water uit diepe put in binnenvoorhaven	Indirect terugspoelen van uitwisselingsvolume	■ *Maatregel is afhankelijk van voldoende aanbod van zoetwater*. ■ Maatregel vraagt extra investering in zoutput en spuimiddel.	Te weinig zoet water beschikbaar, maatregel valt af.

Maatregel	Methode	Opmerkingen	Conclusie
Deelkolk (= tussendeur)	Beperken uitwisselingsvolume	■ Maatregel vraagt extra investering in sluis en omgeving, sluis wordt langer. Omvang Nieuwe Sluis en Westsluis nodig om capaciteit te kunnen leveren in 2040 Tussendeur zal niet worden gebruikt. Alternatief: Nieuwe Sluis sluiten voor binnenvaart.	. Uit vergelijking van de resultaten van SIVAK simulaties 3 en 15 (met verkeersprognose GE2040) is gebleken dat de standaard scheepsbezettin g al redelijk groot (orde 70% kolkvulling) is. Een tussendeur zal dan niet worden gebruikt. Langere kolk leidt tot meer uitwisseling.
Afzuigen binnentredende zouttong	Direct terugspoelen van uitwisselingsvolume	■ Maatregel vraagt extra investering in afzuiginstallatie.	Potentiele maatregel voor VKV

Tabel B8- 2 Potentiële maatregelen Oostsluis en Westsluis

Maatregel	Methode	Opmerkingen	Conclusie
Verstelbare klep/drempel	Beperken uitwisselingsvolume, tegenhouden zouttong	■ Kans op falen neerlaten klep kan leiden tot aanvaring en stremming sluis leiden.	Maatregel valt af, want wordt onvoldoende betrouwbaar geacht.
Nivelleren en uitwisselen overdwars	Forceren uitwisseling	■ Ontwerp, bouw en besturing van sluis voorzien van systeem met gesloten deuren tijdens nivelleren en uitwisselen is gecompliceerd en vraagt zeer grote investering. ■ Extra tijd benodigd voor uitwisselen kolk. ■ Maatregel veroorzaakt dwarskrachten op schepen. Capaciteit sluiscomplex wordt niet gehaald.	Maatregel valt af door effect op capaciteit en nautische veiligheid
Bodem kolk verhogen	Beperken uitwisselingsvolume	Met deze optie wordt niet voldaan aan de eis dat schepen met een diepgang van 12,5 meter tijonafhankelijk moeten kunnen passeren.	Maatregel valt af door invloed op toegankelijkheid

MEMO: ONDERZOEK NAAR TECHNISCHE HAALBAARHEID REDUCTIE ZOUTUITWISSELING SLUIZEN TERNEUZEN

From	: Lynyrd de Wit (Svašek Hydraulics)
To	: LievenseCSO
Date	: 20 oktober 2014
Reference	: 1724/U14320/LdW/C
Status	: Gereed

1 INTRODUCTIE

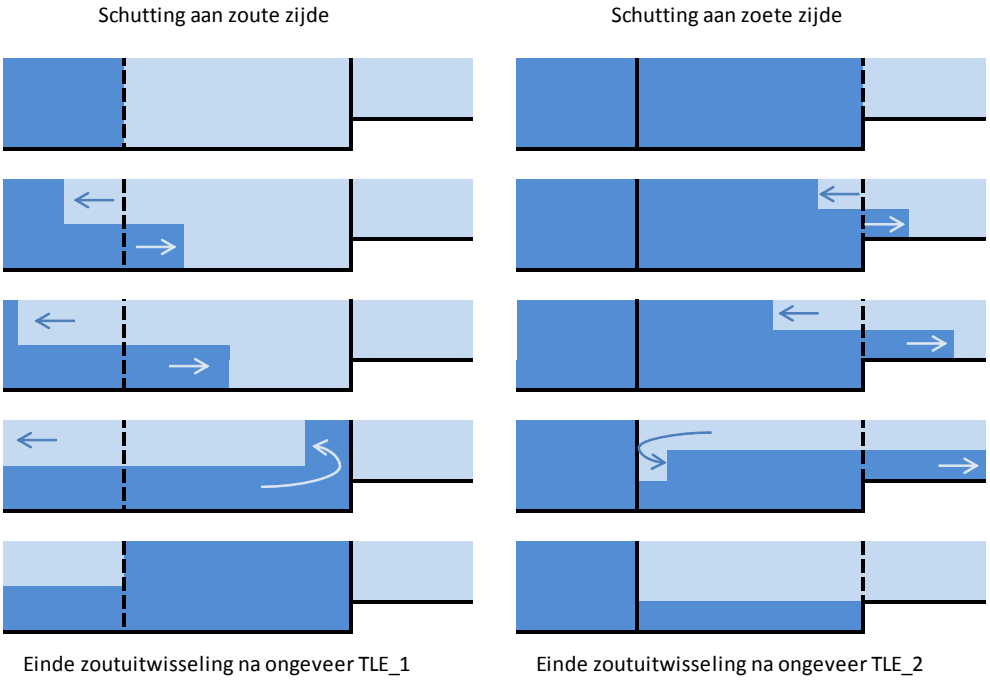
Deze memo geeft op basis van een vertaling van metingen in het verleden en extra analyses een onderbouwing van de technische haalbaarheid van reële percentages van reductie in zoutuitwisseling van de sluizen van Terneuzen en met name voor de nieuwe zeesluis van Terneuzen. Deze onderbouwing is nodig om tot een juiste afweging te komen over de invloed van extra zoutindringing op het Kanaal Gent Terneuzen (KGT) door aanleg van een nieuwe zeesluis tegenover de benodigde inspanningen om deze extra zoutindringing terug te dringen.

2 ZOUTUITWISSELING SLUIZEN TERNEUZEN ZONDER REDUCERENDE MAATREGELEN

2.1 Zoutuitwisseling Terneuzen

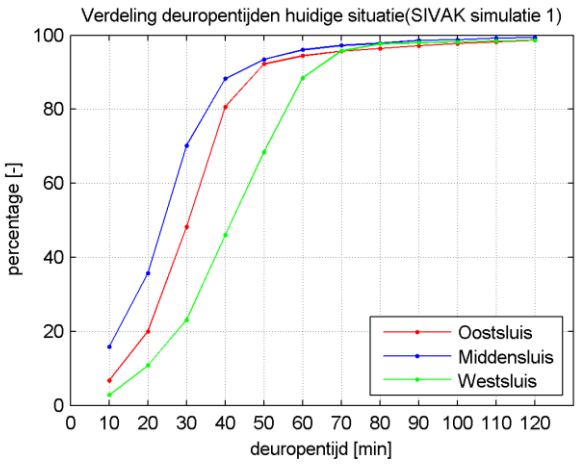
De zoutuitwisseling van een sluis vindt plaats doordat een zoute tong bij de bodem het zoete water inloopt met tegelijkertijd een zoete tong die bij het oppervlak het zoute water inloopt, zie Figuur 2.1 voor een schetsmatig verloop van de zoutuitwisseling bij de nieuwe zeesluis van Terneuzen. Bij een schutting aan zoute zijde loopt er een zouttong heen en weer door de zoete sluiskolk, bij een schutting aan zoete zijde loopt er een zoete tong heen en weer door de zoute sluiskolk. Het merendeel (80-90%) van de zoutuitwisseling vindt plaats tijdens de fase dat de zouttong (of zoettong) heen en weer door de sluiskolk gaat. Daarom is de looptijd van de zouttong (zoettong) door de kolk TLE (Tijd voor Lock Exchange) een maat voor de snelheid van uitwisselen. Als de ratio TD = deuropentijd/TLE groter dan 1 is, heeft de zoutuitwisseling (80-90%) plaatsgevonden.

Bij een schutting aan de zoete zijde blijft in geval van de grote zeesluis bij Terneuzen achter de verhoging in de bodem aan kanaalzijde een zoute laag water achter in de kolk, volledige uitwisseling bij een schutting van de grote zeesluis aan zoete zijde betreft dus alleen het zoute water dat zich in de kolk boven de drempel bevindt.

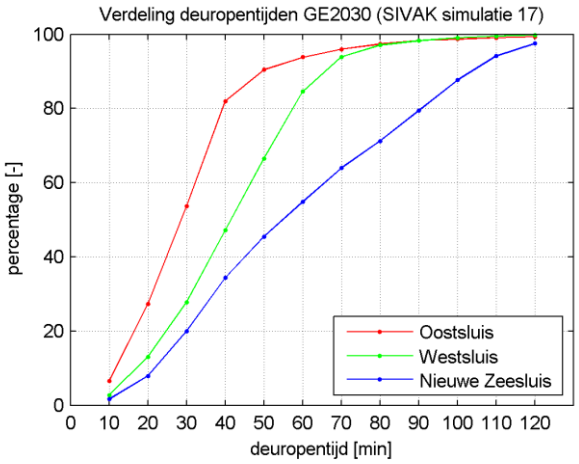


Figuur 2.1 Schematisch overzicht van de zout zoet uitwisseling van de nieuwe zeesluis Terneuzen

De verdeling van de deuropentijden uit SIVAK simulaties voor de huidige situatie is getoond in Figuur 2.2, met de verdeling van de deuropentijden na aanleg van de nieuwe sluis (GE2030) in Figuur 2.3. Tabel 2.1 vat de gemiddelde deuropentijden samen en vergelijkt deze met de zoutuitwisseltijd TLE. In praktijk is er een vrij brede verdeling in deuropentijden van de sluizen, zo blijkt uit Figuur 2.2 en Figuur 2.3.



Figuur 2.2 Verdeling deuropentijden huidige situatie



Figuur 2.3 Verdeling deuropentijden na aanleg zeesluis

Tabel 2.1 Zoutuitwisseltijd en gemiddelde deuropentijd sluizen Terneuzen

Sluis	Zoutuitwisseltijd TLE [min]	Gemiddelde deuropentijd uit SIVAK [min]	Gemiddelde TD = gem. deuropentijd/TLE
Middensluis	8	26	3
Oostsluis	16	32	2
Westsluis	13	42	3
Nieuwe zeesluis	20	60	3

2.2 Zoutuitwisseling sluizen Terneuzen zonder reducerende maatregelen

In de huidige situatie zonder reducerende maatregelen neemt de Westsluis 80% van de totale zoutuitwisseling van het complex voor zijn rekening (zie Tabellen 6-3 en 6-4 in Deelrapport water VNZT-R-127-2). Bij autonome ontwikkeling (zonder aanleg zeesluis) neemt de totale zoutuitwisseling van het complex af tot ongeveer 85% van de huidige zoutuitwisseling door minder schuttingen en blijft de Westsluis dominant voor de zoutuitwisseling. Voor de toekomstige situatie met zeesluis volgens GE2030 neemt de zoutuitwisseling toe tot 240% ten opzichte van huidig (280% van autonome ontwikkeling). In de situatie met zeesluis treedt 60% van de zoutuitwisseling op door de grote zeesluis, 35% door de Westsluis en 5% door de Oostsluis.

Om de Cl concentraties op het KGT bij aanleg van de grote zeesluis op het niveau van autonome ontwikkeling te houden moet de zoutuitwisseling met 64% gereduceerd worden totdat er 36% (100/280) zoutuitwisseling overblijft. Dat (64% reductie) is dus de opgave voor de zoutuitwisselingsbeperkende maatregelen.

3 ONDERZOCHTE ZOUTUITWISSELINGSBEPERKENDE MAATREGELEN

De volgende drie technische maatregelen worden in deze memo nader onderzocht om de Chloride concentratie op het KGT te beperken:

1. Extra debiet op KGT om Cl concentratie te verlagen
2. Luchtbellenscherm i.c.m. waterscherm of drempel
3. Afzuigen zouttong

Potentiële maatregelen als lekkende ebdeur of een zoutvang aan de kanaalzijde zijn niet nader onderzocht omdat deze maatregelen afhankelijk zijn van voldoende aanbod van water op het KGT en dit is in droge periodes, als de zoutproblematiek het grootst is, niet beschikbaar. De potentiële maatregel om een tijdelijke drempel aan de Westerscheldezijde in de sluis te plaatsen is niet onderzocht omdat deze de nautische toegankelijkheid van de sluis beperkt, waardoor de sluis niet meer tij-onafhankelijk bereikbaar is voor 12.5 m diepte schepen. Een drempel valt daarmee af als beschikbare optie. De aanwezige drempel (bodemsprong) in de overgang van de sluiskolk naar het kanaal is in alle gevallen opgenomen in de bepaling van de zoutuitwisseling.

4 REDUCTIE ZOUTCONCENTRATIE OP KGT DOOR EXTRA ZOET WATER DEBIET

Door het debiet op het KGT te verhogen kan de zoutconcentratie op het KGT na aanleg van de zeesluis verlaagd worden naar het niveau van autonome ontwikkeling. Uit de SOBEK simulaties volgt dat om bij KGTS (Sas van Gent) de Cl concentratie met zeesluis te verlagen tot autonome ontwikkeling er 6 m^3/s extra (zoet water) nodig is bij een KGT debiet van 4.4 m^3/s; 10 m^3/s extra (zoet water) is nodig bij een KGT debiet van 22 m^3/s. Het debiet op KGT varieert gedurende het jaar, met lage afvoeren in de zomer en hoge in de winter. Na KNMI W+2050 klimaatverandering is het verwachtte 2 maanden droog debiet op het KGT 4.4 m^3/s, het zomer gemiddeld debiet 10.8 m^3/s, het winter gemiddeld debiet 32 m^3/s en het jaargemiddeld debiet 21.4 m^3/s. Om de Cl concentratie jaarrond op de autonome concentratie te houden, kan met extra aanvoer van jaargemiddeld 10 m^3/s zoet water het kanaalwater verdund worden tot autonome chloride concentraties.

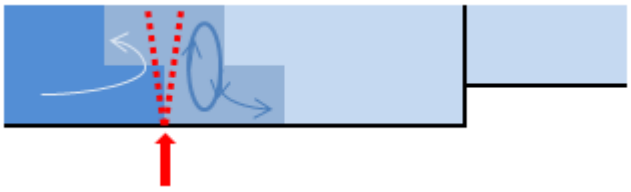
5 BELLENSCHERM BIJ SLUIZEN TERNEUZEN

5.1 Introductie bellenschermen

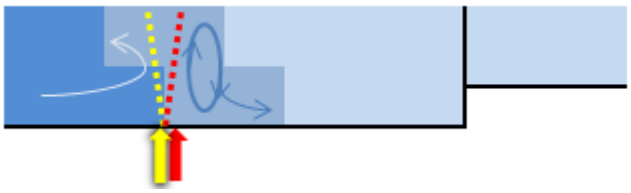
Een luchtbellenscherm stopt de zoutuitwisseling niet, maar remt de zouttong (zoettong) zoals geschetst in Figuur 2.1 af en hiermee wordt de zoutuitwisseling vertraagd. De zouttong wordt afgeremd doordat het bellenscherm de zouttong verticaal opmengt, zie Figuur 5.1. Het bellenscherm zorgt voor verticale opmenging omdat het de dichtheid van het water-lucht mengsel verlaagd. Bij meerdere sluizen in Nederland zijn er vanaf de jaren 70 bellenschermen geïnstalleerd om de zoutuitwisseling te beperken, bijvoorbeeld bij de sluizen van IJmuiden, Terneuzen, Den Oever, Kornwerderzand, Volkeraksluizen (tijdelijk voor de situatie dat het Volkerak zout was en het Haringvliet zoet).

De bellenschermen uit de jaren 70 bestaan uit een geperforeerde buis op de kolkbodem waaruit luchtbellen ontsnappen, dit wordt een S-luchtbellenscherm genoemd. Het nadeel van een S-luchtbellenscherm is dat ze een ongelijke verdeling van lucht over de breedte van de kolk kunnen geven, dit kan gaten in het bellenscherm veroorzaken. En daarmee de effectiviteit van de scheiding beperken. Rond 2010 is een nieuw type luchtbellenscherm ontwikkeld en getest, het Δ-luchtbellenscherm. Het Δ-luchtbellenscherm heeft een soort douchekoppen die het lucht

inspuiten, dit zorgt voor een betere controle over de luchtverdeling over de breedte van de kolk en voor een betere controle van de luchtbelgrootte. Ook zijn testen uitgevoerd om het Δ-luchtbellenscherm te combineren met een zoet waterscherm en/of een drempel om zo de effectiviteit te vergroten. Zie Figuur 5.2 voor een schets van een bellenscherm met waterscherm en Figuur 5.3 voor een schets van een bellenscherm met drempel. Het zwakke punt van een Δ-luchtbellenscherm (of S-luchtbellenscherm) zit namelijk bij de bodem waar de zouttong door het bellenscherm heen duwt omdat daar de verticale stroming door het bellenscherm nog niet voldoende ontwikkeld is, dit wordt door een waterscherm of drempel opgevangen.



Figuur 5.1 Schets van het stroombeeld rondom een bellenscherm met zout water links, gemengd zout-zoet water rondom het bellenscherm en zoet water in de sluiskolk waar langzaam gemengd zout-zoet water vanuit de zone bij het bellenscherm instroomt



Figuur 5.2 Schets van het stroombeeld rondom een bellenscherm(aangegeven in rood) ondersteund door waterscherm (aangegeven in geel)

Figuur 5.3 Schets van het stroombeeld rondom een bellenscherm ondersteund door een drempel

5.2 Gemeten effectiviteit bellenschermen

Er is vrij uitgebreid gemeten aan de effectiviteit van luchtbellenschermen in het reduceren van de zoutuitwisseling. Het effect van een bellenscherm bestaat uit het afremmen van de zouttong. Een bellenscherm voorkomt niet de zoutuitwisseling, maar vertraagd deze. De effectiviteit van een bellenscherm wordt vaak weergegeven in een doorlaatfractie, een doorlaatfractie is *niet* gelijk aan de uiteindelijke reductie factor op de zoutuitwisseling. Een doorlaatfractie van 0.33 geeft aan dat de zoutuitwisseling 3 keer zo langzaam gaat vergeleken met de situatie zonder bellenscherm. Een doorlaatfractie van 0.33 heeft alleen invloed op de uiteindelijke hoeveelheid zoutuitwisseling indien de deuropentijd kleiner dan 3 keer de looptijd van de zouttong is (TD<3). Als TD>3 dan verandert de uiteindelijke zoutuitwisseling niet, die is in beide gevallen volledig (80-90%). Bij TD>3 duurt het alleen 3 keer zo lang in tijd voordat een zelfde zoutuitwisseling heeft plaatsgevonden. De

uiteindelijke effectiviteit van een bellenscherm moet dus bepaald worden uit de combinatie van doorlaatfractie en deuropentijd.

Hieronder worden de belangrijkste meetresultaten van bellenschermen samengevat met de bijbehorende bronvermelding:

- Metingen S-luchtbellenschermen Terneuzen
    - Doorlaatfractie S-luchtbellenscherm Westsluis Terneuzen[1] [2] van 0.5
    - Proef in 2010[3]: uitschakelen van het S-luchtbellenscherm aan de binnenzijde van de Westsluis heeft geen significante invloed op de gemeten Cl-Q relatie bij KGTB op ongeveer 3 km van de sluis
- Metingen S-luchtbellenschermen IJmuiden jaren 70[4]
    - Doorlaatfractie S-luchtbellenscherm van 0.65-0.42 in Noordsluis (diepte 15 m)
    - Doorlaatfractie S-luchtbellenscherm van 0.6-0.25 in Zuidersluis (diepte 7.5m) en Middensluis (diepte 10 m)
    - Luchtbellenschermen uit jaren 70 aan zowel binnen als buitenzijde met een gemeten doorlaatfractie van 0.65-0.42 geven een reductie van 1 à 1.5 g/l Cl op het Amsterdam-Rijnkanaal op 3 km en 24km afstand van de sluizen
- Zoutuitwisseling Volkeraksluizen halveerde bijna door installatie van S-luchtbellenschermen in 1970[5]
- Metingen Δ-luchtbellenschermen Stevinsluis[6]
    - Bij zelfde luchtdebieten, compressorvermogen en energieverbruik is de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm ongeveer 30-50% lager dan van een ouderwets S-luchtbellenscherm (geperforeerde buis)
    - Te veel of te weinig lucht in bellenscherm verslechterd de effectiviteit van het scherm, bij Fr_lucht=0.8-1.2 is het luchtdebiet optimaal, dit moet bepaald worden a.d.h.v. momentane metingen van het dichtheidsverschil
- Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlekbeperking Volkeraksluizen, doorvertaling op basis van metingen bij de Stevinsluis[7]
    - Doorlaatfractie S-luchtbellenscherm 0.4
    - Doorlaatfractie Δ-luchtbellenscherm 0.25
    - Doorlaatfractie Δ-luchtbellenscherm + zoet waterscherm aan zoute zijde 0.15

---

[1] Bron: Svasek /Envico 2001, Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen kwantificering verzilting oppervlaktewater

[2] Bron: Rijkswaterstaat 2011, Proef dynamische sturing luchtbellenscherm kanaalzijde Westsluis Terneuzen, auteur L. Dekker

[3] Bron: Rijkswaterstaat 2011, Proef dynamische sturing luchtbellenscherm kanaalzijde Westsluis Terneuzen, auteur L. Dekker

[4] Bron: Abraham, G., P. van der Burgh, P. De Vos, 1973, Pneumatic barriers to reduce salt intrusion through locks, Rijkswaterstaat Communications No. 17

[5] Bron: Deltares, 2011, Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlekbeperking Volkeraksluizen, evaluatie maatregelen Volkeraksluizen, Rapport nr. 1201226-006, auteurs R.E. Uittenbogaard, J.M. Cornelisse, G.H. Keetels, D.R. Mastbergen

[6] Bron: Abraham, G., P. van der Burgh, P. De Vos, 1973, Pneumatic barriers to reduce salt intrusion through locks, Rijkswaterstaat Communications No. 17

[7] Bron: Deltares, 2011, Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlekbeperking Volkeraksluizen, eindrapport van het onderzoek naar mogelijkheden voor de zoutlekbeperking door de Volkeraksluizen na verzilting van het Volkerak-Zoommeer, Rapport nr. 1201226-015, auteurs: M.T. Villars, R.E. Uittenbogaard, J.M. Cornelisse, A.J. Nolte

- Doorlaatfractie Δ-luchtbellenscherm + zoet waterscherm aan zoete zijde 0.2 (door Deltares afgeschat als minimaal gelijk aan de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm + drempel)
- Doorlaatfractie Δ-luchtbellenscherm + drempel 0.2
- Invloed deuropentijd
  - TD=1.3 → zoutuitwisseling 35% met doorlaatfractie 0.4 op beide sluishoofden
  - TD=2 → zoutuitwisseling 35% met doorlaatfractie 0.23 op beide sluishoofden

In IJmuiden zijn de S-luchtbellenschermen uit de jaren 70 weer gedemonteerd. De redenen hiervoor zijn onbekend. In Terneuzen zijn de S-luchtbellenschermen na de proef in 2010, die geen significante invloed vond van de bellenschermen op de Cl concentratie op het KGT, aan de binnenzijde uitgeschakeld, aan buitenzijde staan de bellenschermen nog aan[8]. De meting bij Terneuzen wijkt af van de meting bij IJmuiden waar wel een significante verlagen in Cl concentratie is gemeten van 1-1.5 g/l door de bellenschermen. In Terneuzen staan de bellenschermen in 25-50% van de schuttingen niet aan[9] en de deuropentijden zijn fors. Het bellenscherm staat uit op verzoek van de schipper vanwege nautische redenen of omdat vergeten is om hem weer aan te zetten nadat het bellenscherm op verzoek van een schipper uitgezet was. Omdat de bellenschermen slechts werken als vertrager worden ze na 45 minuten deuropentijd sowieso uitgeschakeld omdat ze bij zo een grote deuropentijd geen effect hebben. Dit zijn mogelijke verklaringen waarom bij Terneuzen geen significante invloed van de S-luchtbellenschermen op de Cl concentratie is gevonden terwijl dit bij IJmuiden wel gevonden is.

5.3 Bepaling effectiviteit bellenscherm Terneuzen

De metingen van bellenschermen geven aan dat een nieuw Δ-luchtbellenscherm een veel lagere doorlaatfactor hebben dan een S-luchtbellenscherm, zeker in combinatie met een waterscherm of drempel. Deze Δ-luchtbellenschermen hebben dus een beter scheidingsrendement. De doorlaatfractie van Δ-luchtbellenschermen is echter alleen in schaalproeven en een relatief ondiepe kolk (Stevinsluis, diepte 5 m) bepaald. De gemeten doorlaatfractie van S-luchtbellenschermen bij IJmuiden op grote diepte (Noordsluis, diepte 15m) bleef hangen op 0.42, terwijl de doorlaatfractie van S-luchtbellenschermen bij IJmuiden op kleinere diepte (Zuidersluis en Middensluis, diepte 7.5 en 10m) bij een vergelijkbaar Fr-lucht getal (verhouding tussen kracht zouttong en kracht luchtbellenscherm) wel afnam tot 0.25. De doorlaatfractie van een S-luchtbellenscherm lijkt dus afhankelijk te zijn van de sluisdiepte, met een hogere doorlaatfractie bij grote kolkdiepte. Voor het Δ-luchtbellenscherm zijn geen metingen gedaan aan de doorlaatfractie op grote kolkdiepte van 13 en 17 m zoals bij de Westsluis en nieuwe zeesluis van Terneuzen, maar het is niet zeker dat de lage doorlaatfracties van een Δ-luchtbellenscherm (met waterscherm of drempel) zoals bepaald voor de Volkeraksluizen ook haalbaar zijn voor de Westsluis en nieuwe zeesluis van Terneuzen.

Om 100% zeker de doorlaatfractie (en dus uiteindelijke effectiviteit) van een Δ-luchtbellenscherm i.c.m. waterscherm of drempel in de sluizen van Terneuzen te bepalen zijn aanvullende metingen nodig bij een grote kolkdiepte, dit wordt ook zeker aanbevolen indien besloten wordt om een Δ-luchtbellenscherm met waterscherm of drempel aan te leggen. Om de maximaal haalbare zoutuitwisselingsbeperking te bepalen voor het maximale inspanningsniveau in de MER is nu op basis van de bestaande metingen een range van doorlaatfracties van Δ-luchtbellenscherm i.c.m.

[8] Bron: Rijkswaterstaat 2011, Proef dynamische sturing luchtbellenscherm kanaalzijde Westsluis Terneuzen, auteur L. Dekker

[9] Bron: telefonisch interview Rudi Adams, regioverkeersleider Terneuzen

waterscherm of drempel afgeschat met elk een verschillende mate van zekerheid van realiseerbaarheid:

- Doorlaatfractie = 0.4; vrij zeker haalbaar
- Doorlaatfractie = 0.3; waarschijnlijk haalbaar
- Doorlaatfractie = 0.2, hoogst onzeker haalbaar

Al deze drie doorlaatfracties horen bij het scenario maximale inspanning om zoutuitwisseling te beperken en bestaan qua technische maatregelen uit een Δ-luchtbellenscherm ondersteund door of een zout waterscherm of door een drempel. Het onderscheid tussen deze drie doorlaatfracties bestaat puur uit de zekerheid/onzekerheid van realiseerbaarheid, niet uit verschillende technische maatregelen. De keuze tussen een zout waterscherm of een drempel is op dit moment zonder aanvullende metingen onder vergelijkbare omstandigheden met Terneuzen nog niet mogelijk. Voor een zoet waterscherm aan de zoute zijde is niet voldoende zoet water beschikbaar op het KGT, daarom wordt voorzien dat als er gekozen wordt voor een waterscherm er een zout waterscherm wordt gebruikt. Voor de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm met zout waterscherm (aan zoute zijde) wordt in deze memo aangenomen dat deze gelijk is aan een Δ-luchtbellenscherm met drempel, namelijk doorlaatfractie = 0.2 onder omstandigheden vergelijkbaar met de Volkeraksluizen, de geldigheid van deze aanname zal ter zijner tijd door metingen nog aangetoond dienen te worden.

- Een doorlaatfractie van 0.4 is iets lager dan de gemeten doorlaatfractie van een oud S-luchtbellenscherm op grote diepte in IJmuiden van 0.65-0.42 of 0.5 in de Westsluis van Terneuzen. Het is vrij zeker dat met een nieuw, meer effectief, Δ-luchtbellenscherm met of een zout waterscherm of een drempel een doorlaatfractie van 0.4 te halen is in de sluizen van Terneuzen.
- Een doorlaatfractie van 0.3 is behoorlijk lager dan de gemeten doorlaatfractie met een S-luchtbellenscherm in IJmuiden en Terneuzen, maar hoger dan de gemeten doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm met drempel of Δ-luchtbellenscherm met zoet waterscherm aan zoute zijde van 0.2 in de Stevinsluis. Dit maakt een doorlaatfractie van 0.3 bij Terneuzen niet 100% zeker, maar waarschijnlijk wel haalbaar.
- Een doorlaatfractie van 0.2 is minder dan de helft van de gemeten meest optimale doorlaatfractie in IJmuiden en Terneuzen en gelijk aan de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm met drempel of Δ-luchtbellenscherm met zoet waterscherm aan zoute zijde van de Stevinsluizen. Dus alleen als een Δ-luchtbellenscherm met drempel of waterscherm bij de grote diepte van de sluizen van Terneuzen even effectief is als een Δ-luchtbellenscherm met drempel of waterscherm bij de geringere diepte van de Stevinsluizen, dan is een doorlaatfractie van 0.2 bij Terneuzen technisch haalbaar. Dit is verre van zeker en daarmee is een doorlaatfractie van 0.2 bij Terneuzen hoogst onzeker haalbaar.

Met bovengenoemde drie doorlaatfracties behorend bij het scenario maximale inspanning om de zoutuitwisseling te beperken, met elke hun eigen mate van zekerheid dat ze te realiseren zijn, is de uiteindelijke zoutuitwisselingsbeperking bepaald door een conceptueel zoutuitwisseling-model van het hele sluiscomplex van Terneuzen. In het zoutuitwisselmodel worden de door SIVAK bepaalde volgorde van schuttingen en deuropentijden gebruikt om de gemiddelde zoutuitwisseling te bepalen met of zonder zoutuitwisselingsbeperkende maatregelen. Er wordt in het zoutuitwisselmodel vanuit gegaan dat de zoutuitwisselingsbeperkende maatregelen alle schuttingen functioneren (en niet in 25-50% van de schuttingen uitstaan zoals nu het geval is op het sluiscomplex van Terneuzen). In het zoutuitwisselmodel worden zoutuitwisselingsbeperkende maatregelen met gelijke doorlaatfractie op beide sluishoofden geplaatst omdat zo met beperkte extra investering een

extra effectief zoutuitwisselingsbeperking verkregen kan worden door het zogenoemde stapeleffect:

- De zoutuitwisselingsbeperkende maatregel aan buitenzijde verlaagd de hoeveelheid zout die de kolk inloopt bij een schutting aan zoute zijde
- Door het lagere zoutgehalte in de kolk kan er minder zout het kanaal instromen bij een schutting aan zoete zijde en vanwege de lagere aandrijvende kracht van het dichtheidsverschil neemt de effectiviteit van de zoutuitwisselingsbeperkende maatregel aan de binnenzijde toe
- Met een zoutuitwisselingsbeperkende maatregel op beide sluishoofden gaat het zoutgehalte in de kolk niet tussen helemaal zout en helemaal zoet fluctueren maar blijven de fluctuaties veel kleiner ergens in de buurt van een gemiddeld zoutgehalte tussen zout en zoet in.

Een zoutuitwisselingsbeperkende maatregel als Δ-luchtbellenscherm met drempel of waterscherm op beide sluishoofden vraagt slechts een beperkte extra investering t.o.v. installatie op slechts één sluishoofd omdat dezelfde compressoren gebruikt kunnen worden voor binnen en buiten bellenscherm. De mate van dit stapeleffect hangt af van de opeenvolgende deuropentijden (een te lange deuropentijd maakt de kolk weer helemaal zout en dan begint het stapeleffect weer van voor af aan) en dit wordt in het zoutuitwisselmodel bepaald. Het zoutuitwisselmodel gaat uit van een Cl verschil over de sluis van 12 g/l (12 g/l is het maximum gemeten tweemaandsgemiddelde Chloride verschil 2009-2013 tussen meetpunt TWZZ in de voorhaven en KGTB op het KGT). In het conceptuele zoutuitwisselmodel worden de afmetingen van de drie sluizen (Oostsluis, Westsluis en nieuwe zeesluis) gebruikt en wordt uitgegaan van lineaire groei van de zoutuitwisseling van 0% bij een deuropentijd TD=0 tot maximaal 85% uitwisseling van de sluis boven een drempel bij een deuropentijd van TD>1. Bij een doorlaatfractie van bijvoorbeeld 0.4 groeit de zoutuitwisseling van 0% bij een deuropentijd TD=0 tot 34% (0.85*0.4) bij TD=1 en maximaal 85% bij TD>2.5. Het conceptuele zoutuitwisselmodel is niet gecalibreerd op de gemeten zoutuitwisseling bij Terneuzen, daarom zijn de resultaten slechts indicatief voor het verschil in zoutuitwisseling bij een verschillende doorlaatfractie.

Tabel 5.1 Zoutuitwisselingsreductie bij maximale inspanning met Δ-luchtbellenscherm met drempel of waterscherm

Doorlaatfractie Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm op beide sluishoofden	Zoutuitwisselingsreductie hele complex Terneuzen
0.4 (vrij zeker haalbaar)	23% (77% doorgelaten)
0.3 (waarschijnlijk haalbaar)	36% (64% doorgelaten)
0.2 (hoogst onzeker haalbaar)	60% (40% doorgelaten)

Tabel 5.1 toont de zoutuitwisselingsreductie van het hele complex van Terneuzen zoals bepaald met het conceptuele zoutuitwisselingsmodel op basis van de SIVAK schuttingen/deuropentijden voor GE2030 met nieuwe zeesluis bij maximale inspanning met een Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm op alle sluiskolken, voor drie niveaus van zekerheid. Vrij zeker is een zoutuitwisselingsreductie van 23% haalbaar, waarschijnlijk haalbaar is 36% zoutuitwisselingsreductie en hoogst onzeker haalbaar is 60% zoutuitwisselingsreductie.

Om de Cl concentraties op het niveau van autonome ontwikkeling te krijgen zou een zoutuitwisselingsreductie van 64% nodig zijn, dit wordt ook in het hoogst onzeker haalbaar scenario niet gehaald.

5.4 Combinatie bellenscherm Terneuzen met stremmen

Een Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm geeft niet de benodigde zoutuitwisselingsreductie van 64% om op autonome ontwikkeling uit te komen. Het is echter mogelijk om een Δ-bellenscherm met drempel of waterscherm te combineren met stremmen om zo toch tot 64% reductie te komen.

In deze memo wordt met stremmen bedoeld: het beperken van de zoutuitwisseling door minder schuttingen per dag uit te voeren. Om het gehele jaar op Cl concentraties van autonome ontwikkeling te blijven zou het hele jaar bij-gestremd moeten worden, maar het is ook mogelijk alleen bij te stremmen indien een bepaalde kritische Cl concentratie wordt overschreden. In

Tabel 5.2 staat het benodigd stremmingspercentage van de tijd om tot AO2030 concentraties te komen.
Voor het geval dat er alleen gestremd wordt indien Cl hoger is dan het AO2030 niveau bij 2 maanden laag debiet, is het percentage stremming in de tijd bepaald uit de gemeten Cl tijdreeks van 2000-2014 bij KGTB. Op basis van de gesimuleerde SOBEK Cl concentraties bij KGTB voor de verschillende zoutlast scenarios in de MER is de gemeten Cl tijdreeks bij KGTB verhoogd voor de zoutlast die hoort bij een doorlaatfractie van het bellenscherm van 0.4, 0.3 en 0.2. Vervolgens is in deze aangepaste Cl tijdreeks bepaald hoeveel procent van de tijd tussen 2000-2014 een Cl concentratie van 5512 mg/l bij KGTB wordt overschreden. Cl=5512 mg/l is de SOBEK gesimuleerde Cl concentratie met AO2030 scenario en 2 maand laag debiet. Dit percentage is gebruikt als periode van een jaar dat er bij-gestremd dient te worden om op AO2030 niveau uit te komen. Opgemerkt dient te worden dat deze bijstrem-periode langdurig achter elkaar aan kan houden (1-6 maanden) omdat de hoge Cl concentraties op het KGT deze periodes achter elkaar kunnen duren.

Tabel 5.2 Benodigd stremmingspercentage nodig bovenop maximale inspanning met bellenscherm om op autonome ontwikkeling uit te komen

Doorlaatfractie Δ-bellenscherm met evt. drempel of waterscherm op beide sluishoofden	Zoutuitwisselingsreductie hele complex Terneuzen	Stremmen om hele jaar tot 64% reductie te komen voor AO2030	Alleen stremmen bij Cl hoger dan van 5513 mg/l bij KGTB (behorend bij AO2030 2 maand laag debiet)
1 (niets doen aan zoutuitwisseling)	0% (100% doorgelaten)	64% stremming	15% stremming (23% van een jaar 64% stremming)
0.4 (vrij zeker haalbaar)	23% (77% doorgelaten)	41% stremming	7% stremming (16% van een jaar 41% stremming)
0.3 (waarschijnlijk haalbaar)	36% (64% doorgelaten)	28% stremming	3% stremming (12% van een jaar 28% stremming)
0.2 (hoogst onzeker haalbaar)	60% (40% doorgelaten)	4% stremming	0.06% stremming (1.5% van een jaar 4% stremming)

5.5 Debiet waterscherm ter ondersteuning Δ-luchtbellenscherm

Waterschermen kunnen de werking van Δ-luchtbellenscherm op drie manieren ondersteunen:

1. Bescherming teen Δ-luchtbellenscherm tegen druk zoutwaterkolom
2. Indringend zout water verdunnen met zoet water voordat luchtbellenscherm wordt bereikt
3. Zoet water drijft op in het zoutere water, dit helpt de zout-zoet scheiding

Deltares schat voor de Volkeraksluizen in dat de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm door ondersteuning met een (zoet/brak) waterscherm kan verlagen van 0.25 naar 0.15. Dit betreft de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm met waterscherm aan zoute zijde, voor de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm met waterscherm aan zoete zijde heeft Deltares nog onvoldoende vertrouwen voor een doorlaatfractie van 0.15 en wordt de doorlaatfractie ingeschat als 0.2 (gelijkwaardig aan een Δ-luchtbellenscherm met drempel) [10].

Doorvertaling van het waterscherm debiet zoals gebruikt in de Stevinsluis proef door Deltares naar de breedte/diepte van de sluizen van Terneuzen geeft de volgende benodigde waterscherm debieten.

	Instantaan debiet
Oostsluis	5 m^3/s
Westsluis	15 m^3/s
Grote zeesluis	27 m^3/s
Totaal	47 m^3/s (daggemiddeld 26 m^3/s)

Bij de Oostsluis en grote zeesluis is het kanaal aan binnenzijde minder diep dan de sluiskolk; deze bodemsprong fungeert als een drempel en daarom is hier geen waterscherm nodig. Bij de Westsluis zit aan de binnenzijde van de kolk de zoutvang en hier kan een waterscherm het Δ-luchtbellenscherm helpen. Uitgaande van een waterscherm aan de buitenzijde van de Oostsluis en grote zeesluis en waterschermen aan binnen- en buitenzijde van de Westsluis en de gemiddelde deuropentijden van elke sluis is het benodigde daggemiddelde debiet 26 m^3/s (20 m^3/s alle schermen buitenzijde en 6 m^3/s scherm Westsluis binnenzijde).

Voor optimale werking van het waterscherm worden ze bij voorkeur gevoed met zoet of brak water. De waterschermen aan de binnenzijde van de Westsluis kunnen gevoed worden met brak water vanuit het KGT zonder dat water aan het KGT wordt onttrokken. Indien de waterschermen aan de buitenzijde van de sluizen worden gevoed met brak water vanuit het KGT, zou water aan het KGT worden onttrokken. Aangezien er na klimaatverandering in droge periodes niet voldoende water is voor het schutverlies van het sluiscomplex, is er in droge periodes dus geen water beschikbaar op het KGT om de waterschermen te voeden. Juist in droge periodes is de Cl concentratie op het KGT het hoogst en is een maximale effectiviteit van zoutscheiding vereist. De waterschermen zouden gevoed kunnen worden met zout water uit de voorhaven aan de Westerschelde zijde, maar dan worden twee van de drie manieren van werking van het waterscherm niet gehaald en zal de effectiviteit afnemen. Voor de doorlaatfractie van een Δ-luchtbellenscherm met zout waterscherm (aan zoute zijde) wordt in deze memo aangenomen dat deze voor omstandigheden als de Volkeraksluizen gelijk is aan een Δ-luchtbellenscherm met drempel, namelijk doorlaatfractie = 0.2, de geldigheid van deze aanname zal ter zijner tijd door metingen nog aangetoond dienen te worden. Een andere mogelijkheid is om zoet water van elders aan te voeren voor de waterschermen. Maar gezien het feit dat het benodigde daggemiddelde

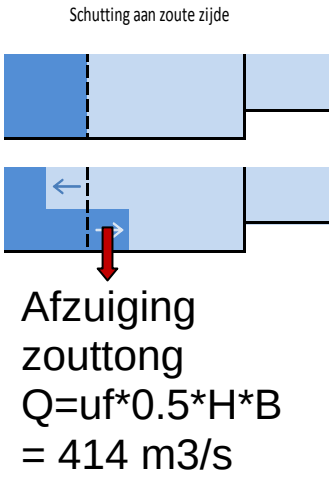
[10] Bron: Deltares, 2011, Ontwerpstudie en praktijkproef zoutlekbeperking Volkeraksluizen, eindrapport van het onderzoek naar mogelijkheden voor de zoutlekbeperking door de Volkeraksluizen na verzilting van het Volkerak-Zoommeer, Rapport nr. 1201226-015, auteurs, M.T. Villars, R.E. Uittenbogaard, J.M. Cornelisse, A.J. Nolte

debiet voor waterschermen op het sluiscomplex (buitenzijde) met 20m^3/s veel hoger is dan het jaargemiddeld benodigd debiet (10 m^3/s) om de Cl concentratie op het KGT te verlagen naar het niveau van autonome ontwikkeling, is het zinniger om het zoete water rechtstreeks naar het KGT te brengen dan om het te gebruiken om waterschermen mee te voeden.

Aangezien het zinniger is om zoet water te gebruiken om het KGT mee te verdunnen dan om er waterschermen mee te voeden, wordt in deze memo niet uitgegaan van zoete maar van zoute waterschermen of een drempel (keuze tussen waterscherm en drempel op basis van nader onderzoek nog te bepalen) die de Δ-luchtbellenschermen ondersteunen aan de zoute zijde van de Oostsluis, Westsluis en grote zeesluis. Aan de zoete zijde van Oostsluis en grote zeesluis fungeert een bodemsprong als drempel die de Δ-luchtbellenschermen ondersteund en aan de zoete zijde van de Westsluis wordt het Δ-luchtbellenscherm ondersteund door een brak waterscherm gevoed uit het KGT.

6 AFZUIGEN ZOUTTONG

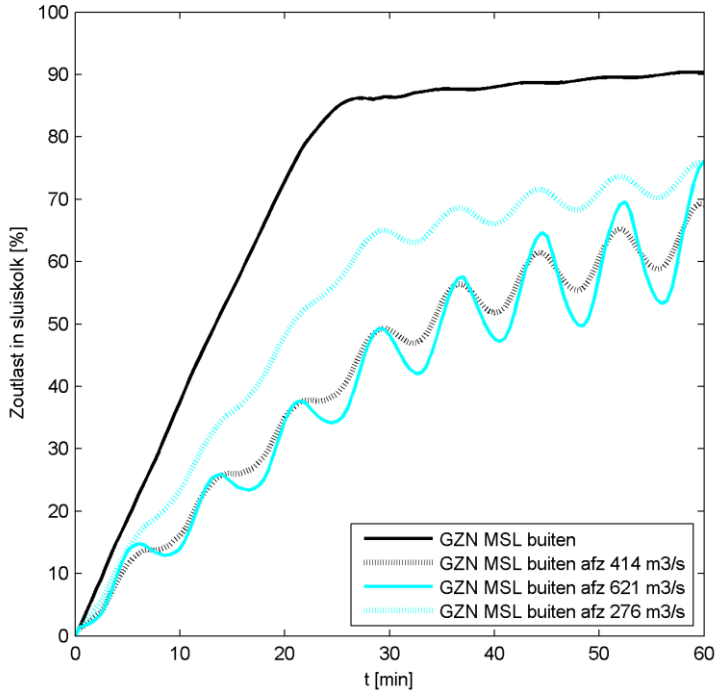
Het is mogelijk de binnentredende zouttong in de sluiskolk af te zuigen, zie Figuur 6.1. Dit zou de uitwisseling van zout en zoet water voorkomen en zo de zoutuitwisseling naar het KGT kunnen verlagen. Hiervoor is wel een zeer fors afzuigdebiet nodig, in de orde van het intredend debiet van de zouttong: Q=uf*0.5*H*B = 414 m^3/s voor de nieuwe zeesluis.



Figuur 6.1 Concept afzuiging zouttong

Voor drie verschillende afzuigdebieten (414 m3/s, 1.5 keer zo veel en 1.5 keer zo weinig) is met FINEL2Dv gesimuleerd hoe de zoutuitwisseling van de nieuwe zeesluis bij een schutting aan zoute zijde verloopt met en zonder afzuiging. Het resultaat is te zien in Figuur 6.1. Afzuiging zorgt duidelijk voor minder zoutuitwisseling, maar het voorkomt de zoutuitwisseling helaas niet. Net als een bellenscherm lijkt afzuiging vooral als vertrager van de zoutuitwisseling te werken. Bij een deuropentijd van 20 minuten (TD=1) is de doorlaatfractie van afzuigen 0.46. Daarmee is afzuigen minder effectief dan een Δ-luchtbellenscherm met een bellenscherm of drempel. Afzuiging met een 1.5 keer hoger afzuigdebiet laat niet minder zout door terwijl afzuigen met een 1.5 keer lager afzuigdebiet wel meer zout doorlaat. Aan de KGT zijde van het sluizencomplex is afzuiging niet toe te passen met deze forse debieten omdat in droge periodes als het Cl probleem het grootst is, dit debiet niet onttrokken kan worden aan het kanaal. Indien afzuiging van de zouttong met een doorlaatfractie van 0.46 alleen aan de zoute sluishoofden van alle sluizen in het complex van Terneuzen wordt toegepast, dan berekent het conceptuele zoutuitwisselingsmodel een reductie van slechts 7% in de zoutuitwisseling van het complex en er zou dan in totaal een instantaan

afzuigdebiet van ongeveer 664 m^3/s nodig zijn. Vanwege de grote benodigde inspanning en het geringe effect op de zoutuitwisseling van het complex is afzuigen van de zouttong geen effectieve maatregel om de Cl concentraties op KGT te beperken tot het niveau van autonome ontwikkeling. Vanwege de omvang van het afzuigdebiet is deze maatregel technisch niet realiseerbaar.



Figuur 6.2 Gesimuleerde zoutuitwisseling nieuwe zeesluis met en zonder afzuiging

MEMO: AANVULLENDE WATERKWANTITEITSSIMULATIES KGT

Van	: Lynyrd de Wit, Bram Bliek (Svašek Hydraulics)
Aan	: M. Pfaff, M. Mul, T. van Cuyck, F. Westebring (LievenseCSO)
Datum	: 8 januari 2014
Referentie	: 1724/U15004/LdW/A
Status	: Concept
Controle	: Anna Kroon (Svašek Hydraulics)

1. INTRODUCTIE

1.1 Aanleiding

In de m.e.r. is in eerste instantie een schematisch waterbalans model van het KGT op dagbasis gebruikt om spui/schutdebieten van het sluiscomplex te bepalen, met de bijbehorende stremmingen van de verschillende sluizen en de waterstand op het KGT. Als de verschillende sluizen gebruikt worden om te schutten zijn zij niet beschikbaar voor het schutproces, afgezien van een beperkt stremmingsvrij beschikbaar debiet. Ook wordt het schutproces stilgelegd om in droge perioden peilonderschrijdingen te voorkomen.

Hoge stremmingspercentages
De berekeningen van vooral m.e.r.-variant 3, waarbij geen apart spuimiddel wordt gebouwd, lieten vrij hoge percentages van de tijd zien dat één of meerdere sluizen niet beschikbaar zijn voor het schutproces. Dit levert een belemmering op voor de scheepvaart. De vraag rees in hoeverre deze hoge berekende stremmingspercentages reëel zijn.

Bezuinigingen
Belangrijkste aanleiding voor de noodzaak meer inzicht te verkrijgen in de stremmingspercentages was dat er bezuinigd moet worden op het uitvoeringsbudget.
Het niet opnemen van een apart spuimiddel in de voorkeursvariant levert een aanzienlijke besparing op. Of dit vanuit scheepvaartoogpunt acceptabel wordt geacht is afhankelijk van de hinder voor de scheepvaart die de beperkingen van het schutbedrijf ten behoeve van spuien opleveren.
Onderdeel van de bezuinigingen is tevens dat de bruto afmetingen van de sluiskolk met 55x427 m in plaats van 58 x443 m kleiner wordt dan in eerste instantie voorzien. De gevolgen hiervan dienden ook in beeld gebracht te worden.

Over deze bezuinigingen is inmiddels op 19 december 2014 een besluit genomen. De kleinere sluiskolk van 55x427 m is opgenomen in de voorkeursvariant en een apart spuimiddel maakt niet langer onderdeel uit van de voorkeursvariant.

Beperkingen waterbalans model op dagbasis
De uitkomsten van het waterbalans model uit de MER zijn om meerdere redenen indicatief en vooral bedoeld voor onderlinge vergelijking tussen scenario's:

- In werkelijkheid kan er geanticipeerd worden op verwachte hoge of lage debieten, in het model gebeurt dit niet.
- In werkelijkheid kan er op basis van scheepsaanbod creatief omgegaan worden met welke sluis wel en niet ingezet wordt voor spuien, in het model ligt deze volgorde vast.

- In het model wordt niet op het meest optimale moment (rond laagwater) van de dag gespuid, terwijl dit in werkelijkheid wel gebeurt. De gepresenteerde stremming is dus een conservatieve inschatting.
- De stremming die het model bepaalt is een tijdspercentage dat een sluis niet bruikbaar is voor schutten, dit hoeft niet te betekenen dat er in deze periode ook zoveel aanbod van schepen is zodat het daadwerkelijk vertraging voor scheepvaart oplevert.
- Stremming door wateroverschot valt niet tegelijk met de stremming door watertekort, dus moeten deze wat nauwkeuriger apart bekeken worden.

1.2 Doel

Het doel van het aanvullend onderzoek is meerledig:

- een realistischer beeld te krijgen van de tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn voor het schutproces;
- in beeld brengen van de effecten van de nieuwe voorkeursvariant met een kleinere kolkafmeting en zonder apart spuimiddel;
- een inschatting maken van de hinder die dit geeft voor de scheepvaart.

1.3 Aanpak

Om een realistischer beeld te krijgen van de tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn voor het schutproces is een verfijnd model op 10 minuten basis gebouwd. Met zowel het model op dagbasis als het verfijnde model is een aantal scenarioberekeningen uitgevoerd met daarin één of meerdere van de onderstaande parameters:

1. Situatie met en zonder apart spuimiddel: om informatie aan te leveren ten behoeve van het stuurgroepbesluit over het al dan niet aanleggen van een apart spuimiddel.
2. Nieuwe bruto kolkafmetingen 55x427 m: om de effecten van een kleinere kolk in beeld te brengen.
3. Verschillende stremvolgordes: om na te gaan in hoeverre de stremvolgorde van de sluizen van invloed is op de tijd dat de sluizen niet beschikbaar zijn.
4. Extra stremvrij spuidebiet: indien er geen scheepvaartaanbod is levert het stilleggen van het schutproces geen hinder op voor de scheepvaart. Op basis van een analyse van de SIVAK-simulaties is een schutdebiet van 10,9 m^3/s bepaald dat jaargemiddeld beschikbaar is om te schutten zonder dat de scheepvaart hiervan hinder ondervindt.
5. In de zomerperiode kanaalpeil laten oplopen tot NAP +2,20 m: uit een aanvullend gesprek met de waterbeheerder (RWS) is naar voren gekomen dat men in de zomerperiode het kanaalpeil laat oplopen tot NAP +2,20 m (het streefpeil is NAP + 2,13 m) alvorens te gaan spuien. De reden is dat men een buffer wil handhaven voor perioden met watertekort, terwijl in de zomer het risico voor peiloverschrijdingen klein is.
6. Alle sluizen tegelijk spuien: door met alle sluizen tegelijk te spuien rondom laagwater (grootste verhang en daardoor grootste spuicapaciteit) is vaker het hele sluizencomplex gestremd. Hiermee wordt echter inzicht verkregen of hiermee de totale tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn voor het schutproces kan worden teruggebracht.
7. Maximum aanvoerdebiet op KGT 150 m3/s: hiermee wordt inzicht verkregen of Vlaanderen kan bijdragen aan het beperken van de tijd dat sluizen niet beschikbaar zijn, door piekafvoeren te beperken.

In deze memo worden de resultaten gepresenteerd van het verfijnde model, met daarin opgenomen verschillende scenario's voor de nieuwe voorkeursvariant. Het meest waarschijnlijke scenario is opgenomen in hoofdstuk 4, de overige scenario's in bijlage 2. De resultaten dienen als input voor het MER. De scenario's die uiteindelijk niet in het MER zijn opgenomen zijn omwille van

de leesbaarheid verplaatst naar de bijlagen. Zij hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan het verkrijgen van inzicht in de factoren die bepalen hoelang het schutproces wordt beperkt.

2. BESCHRIJVING VERFIJND WATERBALANS MODEL OP 10 MINUTEN BASIS

In het verfijnde waterbalans model van het Kanaal Gent Terneuzen met het sluiscomplex wordt op 10 minuten basis bepaald of een sluis kan schutten, kan spuien of moet worden gestremd om het schutverlies te beperken bij te weinig aanvoer van water op het Kanaal Gent Terneuzen. Spuien vindt in het model plaats op de momenten rondom laagwater met het hoogste verval en het grootste spuidebiet. Per dag wordt er een waterbalans van het kanaal opgesteld met het instromende debiet als input om zo de momenten (per 10 minuten) van spuien van elke sluis op het complex te bepalen. Als een sluis niet aan het spuien is dan is hij in het model aan het schutten en treedt het schutverlies op, mits de minimale waterstand van een dag niet onder het gewenste minimum waterpeil dreigt te komen. In het laatste geval worden sluizen gestremd om het schutverlies te verkleinen. Voor zowel stremmen bij te veel water als bij te weinig water wordt een bepaalde stremvolgorde aangehouden waarin eerst de capaciteit van de eerste sluis helemaal gebruikt wordt voordat een tweede sluis bij-gestremd wordt. Per sluis wordt steeds de kortste periode per dag gebruikt (bepaald op 10 minuten basis) die voldoende spuicapaciteit of voldoende beperking van het schutverlies oplevert. Het waterbalans model stuurt op de gemiddelde waterstand op het kanaal; door het continue instromende debiet vanuit Gent en het discontinue spuien op het sluiscomplex rond laagwater zijn er gedurende een dag variaties in de waterstand op het kanaal. In het model is het dus mogelijk dat voor een korte periode per dag het maximum peil van +0.25m wordt overschreden, en daarom wordt het tijdspercentage peiloverschrijdingen getoond.

De randvoorwaarden, sluisvarianten en toetsingscriteria van het verfijnde waterbalans model staan beschreven in hoofdstuk 5 van deelrapport MER water. Het schutverlies voor het sluiscomplex met de nieuwe afmeting van de voorkeursvariant Nieuwe Sluis (427x55m) is weergegeven in Tabel 2-1 en Tabel 2-2. Er wordt in het verfijnde model per 10 minuten besloten of er bij watertekort gestremd moet worden of niet, maar het schutverlies in het model wordt als daggemiddeld verlies-debiet meegenomen. In het model is het schutverlies dus niet afhankelijk van het getij, zoals in werkelijkheid wel het geval is. Hierdoor zijn de bepaalde stremmingspercentages en het aantal stremmingsuren per dag voor watertekort conservatief (aan de hoge kant). In werkelijkheid kan er namelijk ook op een dag met watertekort rond hoogwater zonder schutverlies enkele uren geschut worden, terwijl dit in het model niet mogelijk is.

Bij peiloverschrijding wordt direct gestremd vanwege risico op overstroming en gebrek aan spuicapaciteit. Stremmen voor watertekort heeft geen risico op te veel onderschrijding omdat er altijd aanvoer van water is op het KGT en het schutverlies altijd op 0 te zetten is door alle sluizen te stremmen in het model. Daarom stremt het model voor watertekort pas bij een peil van NAP+1.89 m (1 cm boven de grens). In MER variant 1 en 2 is er een apart spuimiddel en wordt gestremd voor watertekort, in MER variant 3 is geen apart spuimiddel en wordt er niet gestremd voor watertekort, maar wordt er zout water ingelaten uit de Westerschelde.

In de voorkeursvariant is er geen apart spuimiddel, overeenkomstig met variant 3. Daarom zijn de stremmingspercentages en –uren bij wateroverschot van variant 3 van toepassing. In de voorkeursvariant worden sluizen gestremd bij dreigende peilonderschrijdingen, overeenkomstig variant 1 en 2. Daarom zijn de stremmingspercentages en –uren bij watertekort van variant 1 en 2 van toepassing.

						Huidig		GE 2030	
	B [m]	L [m]	MSL [m]	KGT [m]	Schutvol. [m3]	Schut. per dag	Q schut [m3/s]	Schut. per dag	Q schut [m3/s]
Oostsluis	24	260	0.08	2.13	12792	18.95	2.81	20.29	3.00
Middensluis	24.5	140	0.08	2.13	7032	9.73	0.79		-
Westsluis	40	290	0.08	2.13	23780	13.84	3.81	14.25	3.92
GZN	55	427	0.08	2.13	48144		-	10.37	5.78
						totaal	7.41	totaal	12.70

Tabel 2-1 Schutverlies huidig sluisschuttingsscenario en GE2030 voor huidig klimaat

						Huidig		GE 2030		AO 2030	
	B [m]	L [m]	MSL [m]	KGT [m]	Schutvol. [m3]	Schut. per dag	Q schut [m3/s]	Schut. per dag	Q schut [m3/s]	Schut. per dag	Q schut [m3/s]
Oostsluis	24	260	0.38	2.13	10920	18.95	2.40	20.29	2.56	17.21	2.18
Middensluis	24.5	140	0.38	2.13	6003	9.73	0.68		-	9.38	0.65
Westsluis	40	290	0.38	2.13	20300	13.84	3.25	14.25	3.35	10.78	2.53
GZN	55	427	0.38	2.13	41099		-	10.37	4.93		-
						totaal	6.32	totaal	10.85	totaal	5.36

Tabel 2-2 Schutverlies huidig sluisschuttingsscenario, GE2030 en AO2030 (autonome ontwikkeling) voor WB21 midden klimaatscenario

De uitkomsten van het verfijnde waterbalans model geven een minder conservatief beeld dan het daggemiddelde model uit de MER. Dit komt doordat in het verfijnde model gespuid wordt op de optimale momenten van de dag rondom laagwater en doordat per 10 minuten bekeken wordt of een sluis gestremd is in plaats van per dag. Maar ook het verfijnde model heeft zijn beperkingen:

- In werkelijkheid kan er geanticipeerd worden op verwachte hoge of lage debieten, in het model gebeurt dit niet.
- In werkelijkheid kan er op basis van scheepsaanbod creatief omgegaan worden met welke sluis wel en niet ingezet wordt voor spuien, in het model ligt deze volgorde vast.
- De stremming die het model bepaalt is een tijdspercentage dat een sluis niet bruikbaar is voor schutten, dit hoeft niet te betekenen dat er in deze periode ook zoveel aanbod van schepen is dat het daadwerkelijk vertraging voor scheepvaart oplevert. Bij een stremmingsduur van slechts enkele uren per dag is het bijvoorbeeld wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan.

Verder is niet alleen het totale stremmingspercentage per sluiskolk van belang, maar ook de verdeling daarvan over het jaar. De jaarrond percentages hebben hun waarde voor de onderlinge afweging van de varianten, maar zeggen weinig over de daadwerkelijke gevolgen van de stremmingen in de praktijk. Dat er altijd een zekere tijdsduur zit tussen een periode met watertekort en een periode met wateroverschot is triviaal. Maar ook binnen een natte periode en binnen een droge periode maakt het een groot verschil hoe de momenten van overschot, respectievelijk schaarste in de tijd verdeeld zijn. Als de omstandigheden die tot stremming leiden zich als een aaneengesloten blok aandienen zijn de gevolgen voor de scheepvaart vermoedelijk veel groter dan wanneer deze meer gespreid over het seizoen plaatsvinden. Daarom is in het verfijnde waterbalans model de verdeling van de berekende stremming over de dag nader geanalyseerd.

Bij stremming als gevolg van wateroverschot zal de neiging bestaan om zoveel mogelijk te spuien bij lage buitenwaterstanden. De stremming zal dan dus vooral rond laagwater optreden. Bij watertekort zal men de neiging hebben om te schutten bij hoge buitenwaterstanden, omdat dan de minste nivelleringsverliezen optreden. Ook dan zal de stremming dus vooral rond laagwater plaatsvinden. Voor het merendeel van de schepen is er geen getijafhankelijkheid, maar de grootste

schepen zullen op hoogwater binnenkomen en ondervinden dus geen hinder van stremming rond laagwater.

3. OBSERVATIES UITKOMSTEN ALLE SCENARIO'S

Het daggemiddeld model is vergeleken met het verfijnde model op 10 minuten basis. Dit is gedaan voor alle scenario's. Daarbij komen onderstaande verschillen naar voren.

- Het verfijnd model op 10 minuten basis geeft minder conservatieve, lagere stremmingspercentages voor zowel wateroverschot als watertekort dan het daggemiddelde model. Dit komt doordat per 10 minuten bepaald wordt of een sluis gestremd is of niet in plaats van per dag en omdat voor spuien nu eerst de piekmomenten rondom laagwater gebruikt worden.
- Extra stremvrij spuidebiet zorgt voor lagere stremming van de eerste sluis met het hoogste stremmingspercentage.
- Extra buffer op het kanaal in droge periodes zorgt voor een lagere stremming vanwege watertekort.
- Spuien met alle sluizen van het complex tegelijk zorgt voor een forse reductie van het maximum stremmingspercentage voor wateroverschot doordat de stremming gelijk verdeeld wordt over de sluizen.
- Aftoppen van het piek debiet op KGT zorgt voor lagere stremming van de tweede en derde bijgeschakelde sluis, maar nauwelijks voor lagere stremming van de eerste sluis die het hoogste stremmingspercentage heeft.
- Een hoger debiet op het Kanaal Gent Terneuzen in droge periodes of een lager schutverlies zorgen beide voor een forse verlaging van het stremmingspercentage bij watertekort. Indien het schutverlies lager is dan het gemiddelde debiet op het Kanaal Gent Terneuzen in een langdurige droge periode dan is er zelfs helemaal geen stremming vanwege watertekort, dit is bijvoorbeeld het geval voor het huidige sluiscomplex in huidige situatie en voor de autonome ontwikkeling.
- Stremming voor wateroverschot duurt vaak maar enkele uren per dag. Stremming voor watertekort voor de nieuw sluis (3^{e} gestremde sluis bij watertekort) in sluisvariant 1 en 2 is ook vaak maar enkele uren per dag, maar voor de Westsluis en Oostsluis in sluisvariant 1 en 2 (1^{e} twee gestremde sluizen bij watertekort) duurt de stremming bij watertekort in het model vaak wel een hele dag aaneengesloten. Een kanttekening hierbij is dat in het verfijnde model het schutverlies als een daggemiddeld verlies-debiet van water interpreteert; in het model is het schutverlies over de dag niet afhankelijk van het getij. In werkelijkheid kan er ook op een dag met watertekort rond hoogwater zonder schutverlies enkele uren per dag geschut worden. Het stremmingspercentage en de uren stremming per dag voor watertekort uit het model zijn aan de conservatieve, hoge kant. Verder is er bij watertekort de optie om zout water in te laten en zo stremming te minimaliseren of zelfs te elimineren zoals in MER variant 3, bij wateroverschot is deze optie om stremming te voorkomen niet beschikbaar.
- Stremming voor wateroverschot was maatgevend, nu is stremming voor watertekort voor veel gevallen maatgevend. Verfijning van het model voor stremmen bij watertekort van een daggemiddeld schutverlies naar een schutverlies dat afhankelijk is van het getij is wellicht nuttig. Verder is de waterkwantiteit steeds met klimaatscenario WB21midden gesimuleerd, maar deze heeft geen verlaging van het zomerdebiet. Indien uitgegaan zou worden van KNMI W+2050 zouden de zomerdebieten met 35% verlaagd moeten worden; dit zou een forse toename van de stremming voor watertekort opleveren.

4. RESULTATEN VERFIJND WATERBALANS MODEL OP 10 MINUTEN BASIS, NIEUWE KOLK, EXTRA STREMVRIJ SPUIDEBIET 10.9 M3/S, KANAALPEIL NAP+2.2 VOOR EXTRA BUFFER BIJ WATERTEKORT, AANGEPASTE STREMVOLGORDE 1A

Deze paragraaf beschrijft de resultaten van het model op 10 minuten basis voor de voorkeursvariant. De resultaten van de overige scenario's staan in de bijlagen.

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden per 10 minuten bepaald, waarin per gestremde sluis de meest optimale spuiperiode gebruikt wordt
- Stremvolgorde wateroverschot = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, West, Oost voor huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = Nieuw, Oost, Westsluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door water overschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.0%	0.6%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	0.2%	0.9%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	0.2%	0.9%	0.0%
huidig	GE2030	VKV	0.0%	0.3%	3.2%	0.0%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.0%	0.5%	4.1%	0.1%

			Stremming door water tekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	VKV	0.0%	4.7%	1.6%	8.0%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.0%	2.0%	0.6%	4.1%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.0%	0.6%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	0.2%	0.9%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	0.2%	0.9%	0.0%
huidig	GE2030	VKV	0.0%	5.0%	4.7%	8.0%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.0%	2.5%	4.7%	4.1%

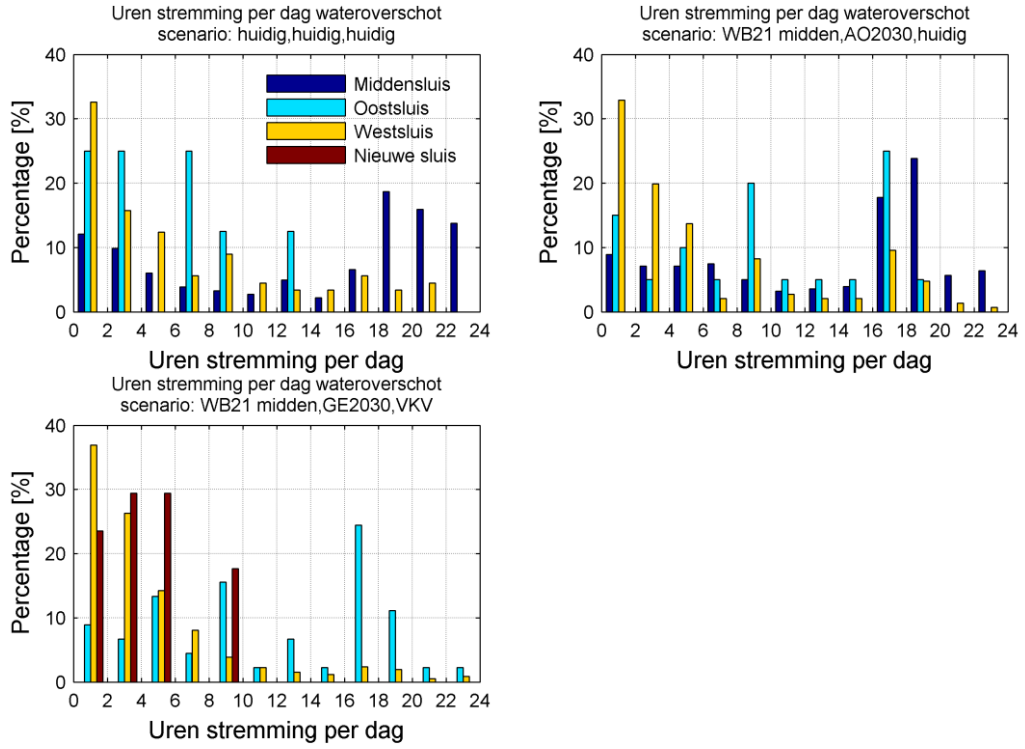
klimaat	schutting	sluis variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent Terneuzen <NAP1.88m	H Kanaal Gent Terneuzen >NAP2.38m
huidig	huidig	huidig	0.00%	0.04%
WB21 midden	huidig	huidig	0.00%	0.07%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.00%	0.07%
huidig	GE2030	VKV	0.00%	0.05%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.00%	0.05%

Uitkomsten stremming als uren per jaar:

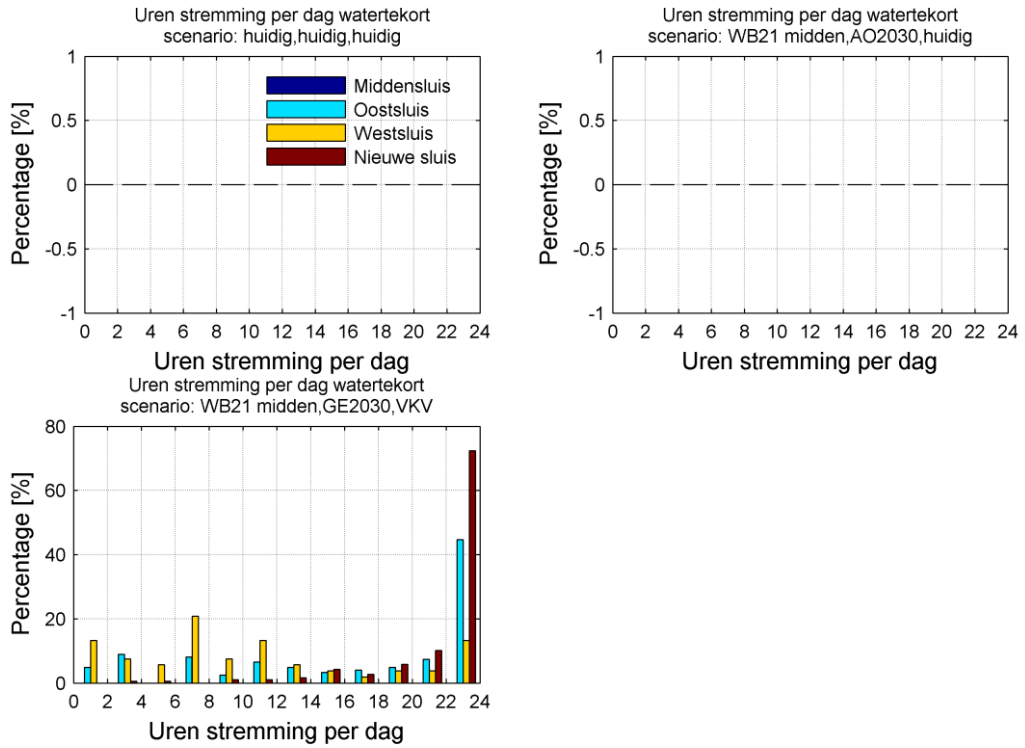
klimaat	schutting	sluis variant	Stremming door water overschot Midden	Oost	West	GZN
huidig	huidig	huidig	217	4	50	-
WB21 midden	huidig	huidig	319	17	80	-
WB21 midden	AO2030	huidig	323	17	80	-
huidig	GE2030	VKV	-	25	277	1
WB21 midden	GE2030	VKV	-	44	360	6

klimaat	schutting	sluis variant	Stremming door water tekort Midden	Oost	West	GZN
huidig	huidig	huidig	-	-	-	-
WB21 midden	huidig	huidig	-	-	-	-
WB21 midden	AO2030	huidig	-	-	-	-
huidig	GE2030	VKV	-	416	139	697
WB21 midden	GE2030	VKV	-	178	49	357

klimaat	schutting	sluis variant	Totale stremming Midden	Oost	West	GZN
huidig	huidig	huidig	217	4	50	-
WB21 midden	huidig	huidig	319	17	80	-
WB21 midden	AO2030	huidig	323	17	80	-
huidig	GE2030	VKV	-	441	415	698
WB21 midden	GE2030	VKV	-	222	409	364



Figuur 4-1 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor wateroverschot voor de dagen dat er stremming is



Figuur 4-2 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor watertekort voor de dagen dat er stremming is

De stremvolgorde heeft in enige mate invloed op de hoeveelheid stremming, maar vooral op welke sluis de meeste stremming heeft. Veel stremming voor wateroverschot duurt slechts enkele uren per dag. In dat geval is het wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er

wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan. Stremming voor watertekort in het model in de VKV voor de Nieuwe sluis en Oostsluis duurt wel vaak een hele dag, dit wordt deels echter veroorzaakt doordat in het model het schutverlies als daggemiddeld verlies-debiet wordt meegenomen. De stremmingsduur voor watertekort voor de Westsluis in de VKV is wel gelijkmatig verdeeld van 0 tot 24 uur per dag.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Oostsluis en Westsluis is minder dan 2%. In de VKV is de totale stremming van alle drie de sluizen meer dan 2% maar minder dan 5%.

Bijlagen

BIJLAGE 1 RESULTATEN WATERBALANS MODEL OP DAGBASIS

Beschrijving model

Voor de volledigheid worden de resultaten van het waterbalans model uit de MER (versie 28 november 2014) hier herhaald. De belangrijkste instellingen van dit model zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 58x443 m

De uitkomsten van het waterbalans model uit de MER zijn om meerdere redenen indicatief en vooral bedoeld voor onderlinge vergelijking tussen scenario's:

- In werkelijkheid kan er geanticipeerd worden op verwachte hoge of lage debieten, in het model gebeurt dit niet.
- In werkelijkheid kan er op basis van scheepsaanbod creatief omgegaan worden met welke sluis wel en niet ingezet wordt voor spuien, in het model ligt deze volgorde vast.
- In het model wordt niet op het meest optimale moment (rond laagwater) van de dag gespuid, terwijl dit in werkelijkheid wel gebeurt. De gepresenteerde stremming is dus een conservatieve inschatting.
- De stremming die het model bepaalt is een tijdspercentage dat een sluis niet bruikbaar is voor schutten, dit hoeft niet te betekenen dat er in deze periode ook zoveel aanbod van schepen is zodat het daadwerkelijk vertraging voor scheepvaart oplevert.
- Stremming door wateroverschot valt niet tegelijk met de stremming door watertekort, dus moeten deze wat nauwkeuriger apart bekeken worden.

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.7%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	1.1%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.7%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	1.1%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	23.5%	1.2%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	29.4%	2.2%	0.3%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	11.6%	17.2%	3.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	6.2%	9.9%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	11.6%	17.2%	3.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	6.2%	9.9%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.6%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	12.3%	17.4%	3.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	7.3%	10.2%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	12.3%	17.4%	3.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	7.3%	10.2%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	23.5%	1.2%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	29.4%	2.2%	0.3%

Resultaten waterbalans model uit MER, nieuwe kolk

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	1.1%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	1.1%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	24.6%	1.2%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	30.8%	2.2%	0.3%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.6%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	10.3%	15.2%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	5.7%	8.5%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	10.3%	15.2%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	5.7%	8.5%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	24.6%	1.2%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	30.8%	2.2%	0.3%

Het lagere schutverlies leidt tot een lagere stremming vanwege watertekort en een iets hogere stremming vanwege wateroverschot.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Oostsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is hoger dan 2%, maar lager dan 5%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten waterbalans model uit MER, nieuwe kolk, aangepaste stremvolgorde 1

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, West, Oost huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	0.1%	1.5%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	0.3%	2.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	0.3%	2.6%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.2%	1.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.2%	1.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.6%	24.6%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	1.0%	30.8%	0.3%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	0.2%	1.5%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	0.3%	2.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	0.3%	2.6%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	15.9%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.8%	9.3%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	15.9%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.8%	9.3%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.6%	24.6%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	1.0%	30.8%	0.3%

De stremvolgorde heeft in enige mate invloed op de hoeveelheid stremming, maar vooral op welke sluis de meeste stremming heeft.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Westsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Oostsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Westsluis meer dan 5% en de totale stremming van de Oostsluis is meer dan 2% maar minder dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Westsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Oostsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten waterbalans model uit MER, nieuwe kolk, aangepaste stremvolgorde 2

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = Nieuwe Sluis, Oost, West (Mid, Oost, West huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	1.1%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	1.1%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.6%	0.1%	24.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	1.0%	0.3%	30.8%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.6%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	10.3%	15.2%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	5.7%	8.5%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	10.3%	15.2%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	5.7%	8.5%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.6%	0.1%	24.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	1.0%	0.3%	30.8%

De stremvolgorde heeft in enige mate invloed op de hoeveelheid stremming, maar vooral op welke sluis de meeste stremming heeft.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Oostsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 5% en de totale stremming van de grote zeesluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis lager dan 2% en de totale stremming van de grote zeesluis is hoger dan 5%.

Resultaten waterbalans model uit MER, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet 7.9 m3/s

De belangrijkste instellingen van het model zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 7.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.9%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.9%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	18.2%	1.0%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	20.4%	1.8%	0.2%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	15.1%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.6%	8.2%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.6%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	10.1%	15.2%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	5.5%	8.5%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	10.1%	15.2%	1.7%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	5.5%	8.5%	0.5%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	18.2%	1.0%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	20.4%	1.8%	0.2%

Het extra stremvrij debiet leidt tot lagere stremmingen voor wateroverschot, vooral voor MER variant 3 (die niet over een apart spuimiddel beschikt) geeft dit fors lagere stremmingspercentages voor de Oostsluis.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Oostsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten waterbalans model uit MER, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet, kanaalpeil NAP+2.2 voor extra buffer bij watertekort

De belangrijkste instellingen van het model zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 7.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.9%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.9%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	18.2%	1.0%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	20.4%	1.8%	0.3%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.0%	14.0%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.3%	7.3%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.0%	14.0%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.3%	7.3%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	14.1%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	5.2%	7.6%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	14.1%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	5.2%	7.6%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	18.2%	1.0%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	20.4%	1.8%	0.3%

Een extra buffer van 7 cm voordat er gestremd wordt voor watertekort leidt tot enigszins lagere stremming voor watertekort.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Oostsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten waterbalans model uit MER, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet 10.9 m3/s, kanaalpeil NAP+2.2 voor extra buffer bij watertekort

De belangrijkste instellingen van het model zijn:

- Schutten en spuien worden daggemiddeld bepaald
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door wateroverschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.8%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.6%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.8%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	16.4%	0.9%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	18.5%	1.6%	0.3%

			Stremming door watertekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.0%	14.0%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.3%	7.3%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.0%	14.0%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.3%	7.3%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	3.0%	1.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	4.7%	2.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	4.8%	2.6%	0.5%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	9.5%	14.1%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	5.1%	7.5%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	9.5%	14.1%	1.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	5.1%	7.5%	0.4%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	16.4%	0.9%	0.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	18.5%	1.6%	0.3%

Een extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld i.p.v. 7.9 m^3/s leidt tot nog iets lagere stremmingen voor wateroverschot. Met name in het geval van MER variant 3 zonder apart spuimiddel leidt dit tot iets lagere stremmingspercentages voor de Oostsluis.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis en Oostsluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

BIJLAGE 2 RESULTATEN VERFIJND WATERBALANS MODEL OP 10 MINUTEN BASIS

Resultaten verfijnd waterbalans model op 10 minuten basis, nieuwe kolk

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden per 10 minuten bepaald, waarin per gestremde sluis de meest optimale spuiperiode gebruikt wordt
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m

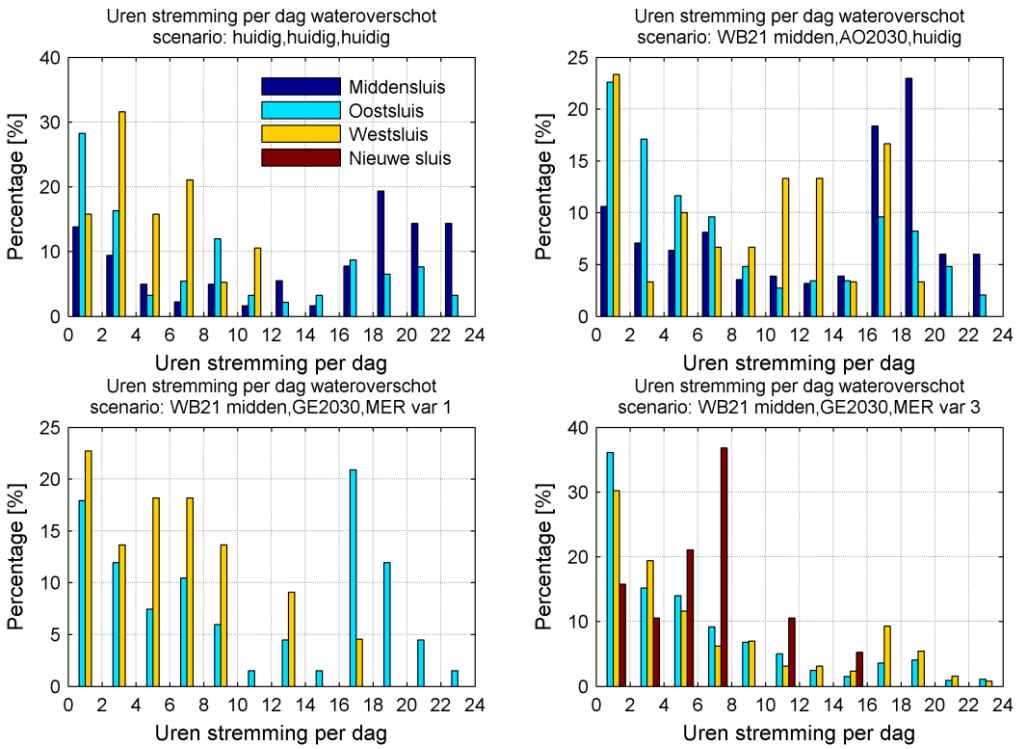
Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door water overschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	1.2%	0.3%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	1.2%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.7%	0.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.7%	0.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	6.9%	0.5%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	8.7%	0.9%	0.1%

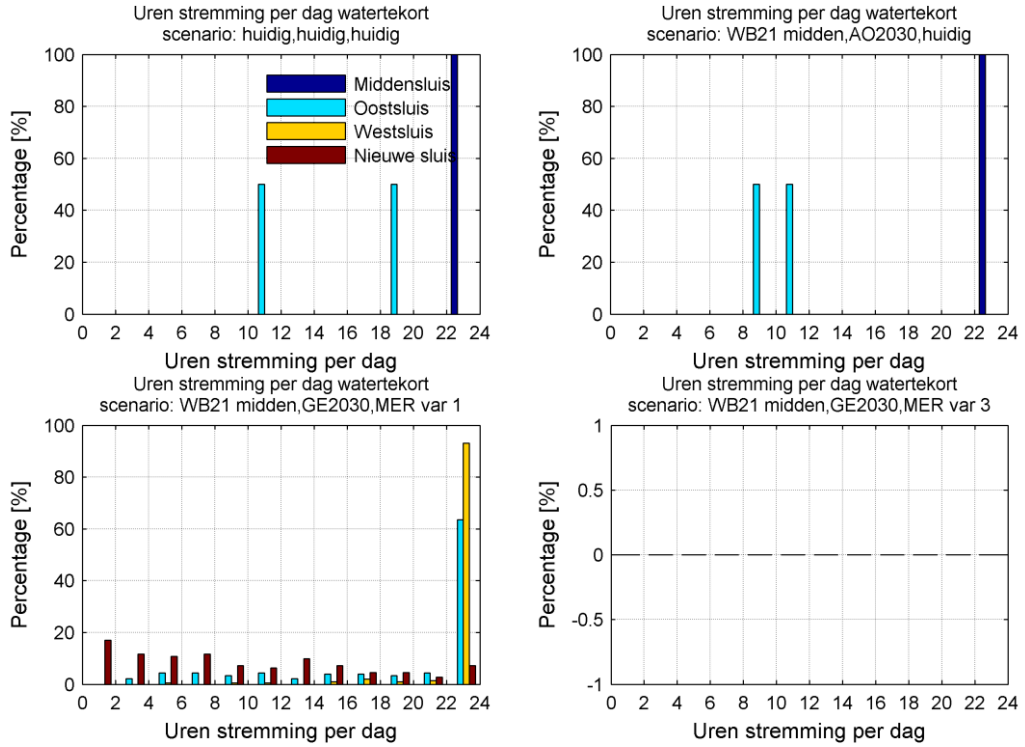
			Stremming door water tekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	7.1%	8.9%	2.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.5%	4.6%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	7.1%	8.9%	2.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.5%	4.6%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.7%	1.2%	0.3%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	1.2%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	7.5%	8.9%	2.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	4.2%	4.8%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	7.5%	8.9%	2.6%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	4.2%	4.8%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	6.9%	0.5%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	8.7%	0.9%	0.1%

klimaat	schutting	sluis variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent Terneuzen <NAP1.88m	H Kanaal Gent Terneuzen >NAP2.38m
huidig	huidig	huidig	0.00%	0.05%
WB21 midden	huidig	huidig	0.00%	0.26%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.00%	0.29%
huidig	GE2030	MER var 1	0.00%	0.08%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.00%	0.09%
huidig	GE2030	MER var 2	0.00%	0.08%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.00%	0.09%
huidig	GE2030	MER var 3	0.00%	0.05%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.00%	0.06%



Figuur 0-1 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor wateroverschot voor de dagen dat er stremming is



Figuur 0-2 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor watertekort voor de dagen dat er stremming is

Het verfijnde model op 10 min basis leidt tot lagere strempercentages voor wateroverschot dan de daggemiddelde stremming zoals bepaald met het MER waterbalans model. Ook voor watertekort worden lagere strempercentages gevonden door niet direct een hele dag te stremmen. De verdeling van het aantal uren stremming per dag voor de dagen dat er stremming is voor wateroverschot laat zien dat veel stremming slechts enkele uren per dag duurt. In dat geval is het wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan. Stremming voor watertekort in het model bij het huidig sluiscomplex voor de Middensluis en bij sluisvariant 1 (en 2) voor de Westsluis en Oostsluis duurt wel vaak een hele dag, dit wordt echter deels veroorzaakt doordat in het model het schutverlies als daggemiddeld verlies-debiet wordt meegenomen. De stremmingsduur voor watertekort voor de nieuwe sluis in sluisvariant 1 (en 2) is wel gelijkmatig verdeeld van 0 tot 24 uur per dag.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Oostsluis en Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 2% maar minder dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten verfijnd waterbalans model op 10 minuten basis, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet 10.9 m3/s, kanaalpeil NAP+2.2 voor extra buffer bij watertekort

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden per 10 minuten bepaald, waarin per gestremde sluis de meest optimale spuiperiode gebruikt wordt
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).

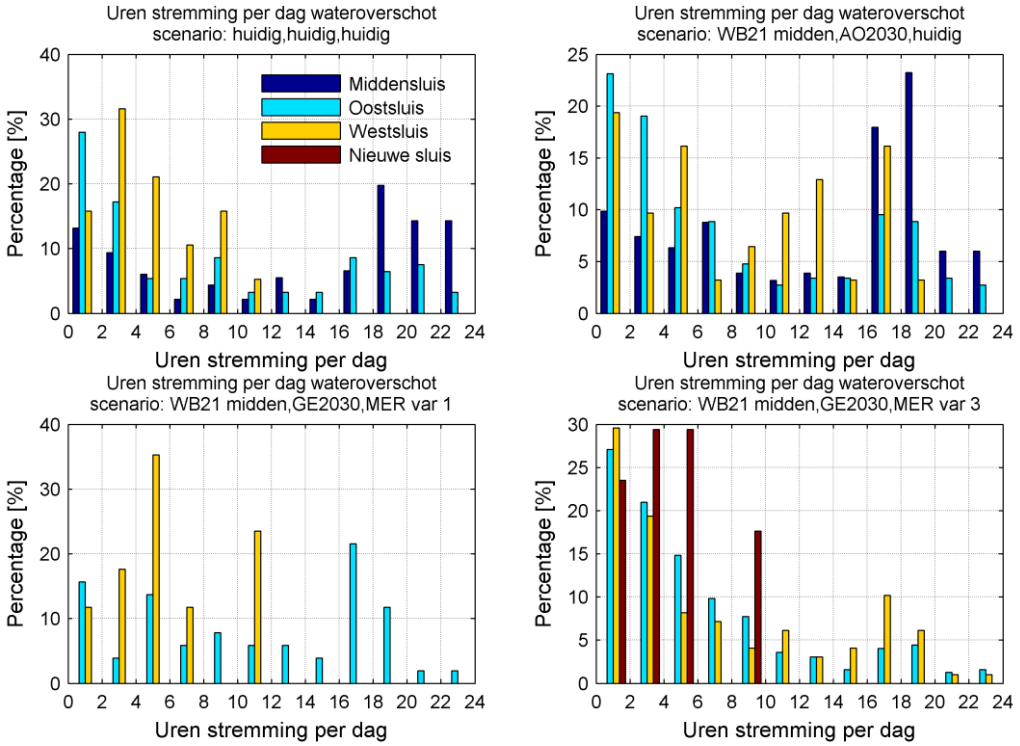
Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door water overschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	1.2%	0.3%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	1.2%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.5%	0.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.5%	0.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	4.5%	0.4%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	5.8%	0.7%	0.1%

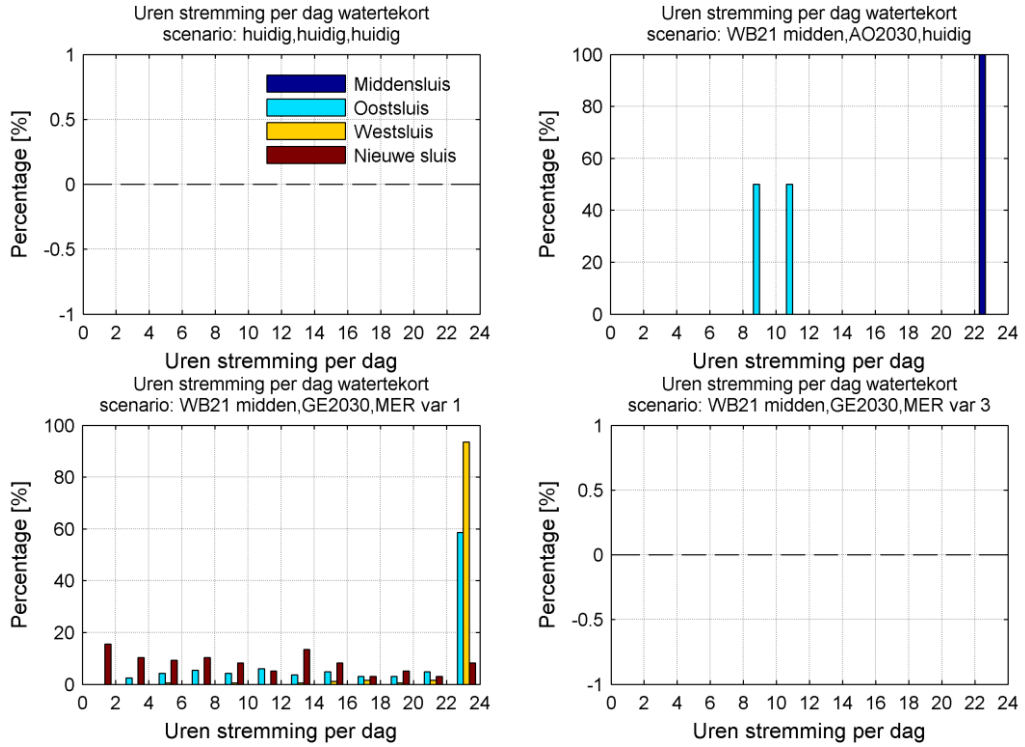
			Stremming door water tekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	6.6%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.1%	4.3%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	6.6%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.1%	4.3%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.8%	0.1%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	1.2%	0.3%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	1.2%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	7.0%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.7%	4.4%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	7.0%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.7%	4.4%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	4.5%	0.4%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	5.8%	0.7%	0.1%

klimaat	schutting	sluis variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent Terneuzen <NAP1.88m	H Kanaal Gent Terneuzen >NAP2.38m
huidig	huidig	huidig	0.00%	0.03%
WB21 midden	huidig	huidig	0.00%	0.10%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.00%	0.18%
huidig	GE2030	MER var 1	0.00%	0.08%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.00%	0.05%
huidig	GE2030	MER var 2	0.00%	0.08%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.00%	0.05%
huidig	GE2030	MER var 3	0.00%	0.06%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.00%	0.05%



Figuur 0-3 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor wateroverschot voor de dagen dat er stremming is



Figuur 0-4 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor watertekort voor de dagen dat er stremming is

Door het extra stremvrij spuidebiet van 10.9 m^3/s neemt voor MER variant 1,2,3 de stremming voor wateroverschot af en door de extra buffer van 7 cm bij watertekort neemt voor alle scenarios de stremming bij watertekort af. De verdeling van de stremmingsuren per dag wijkt nauwelijks af van de verdeling zonder extra stremvrij spuidebiet en zonder extra buffer bij watertekort. Veel stremming voor wateroverschot duurt slechts enkele uren per dag. In dat geval is het wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan. Stremming voor watertekort in het model bij het huidig sluiscomplex voor de Middensluis en bij sluisvariant 1 (en 2) voor de Westsluis en Oostsluis duurt wel vaak een hele dag, dit wordt deels veroorzaakt doordat in het model het schutverlies als daggemiddeld verlies-debiet wordt meegenomen. De stremmingsduur voor watertekort voor de nieuwe sluis in sluisvariant 1 (en 2) is wel gelijkmatig verdeeld van 0 tot 24 uur per dag.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Oostsluis en Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 2% maar minder dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten verfijnd waterbalans model op 10 minuten basis, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet 10.9 m3/s, kanaalpeil NAP+2.2 voor extra buffer bij watertekort, alle sluizen tegelijk spuien

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden per 10 minuten bepaald, waarin per dag de meest optimale spuiperiode voor het hele complex gebruikt wordt.
- Bij wateroverschot worden alle sluizen tegelijk ingezet om te spuien.
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).

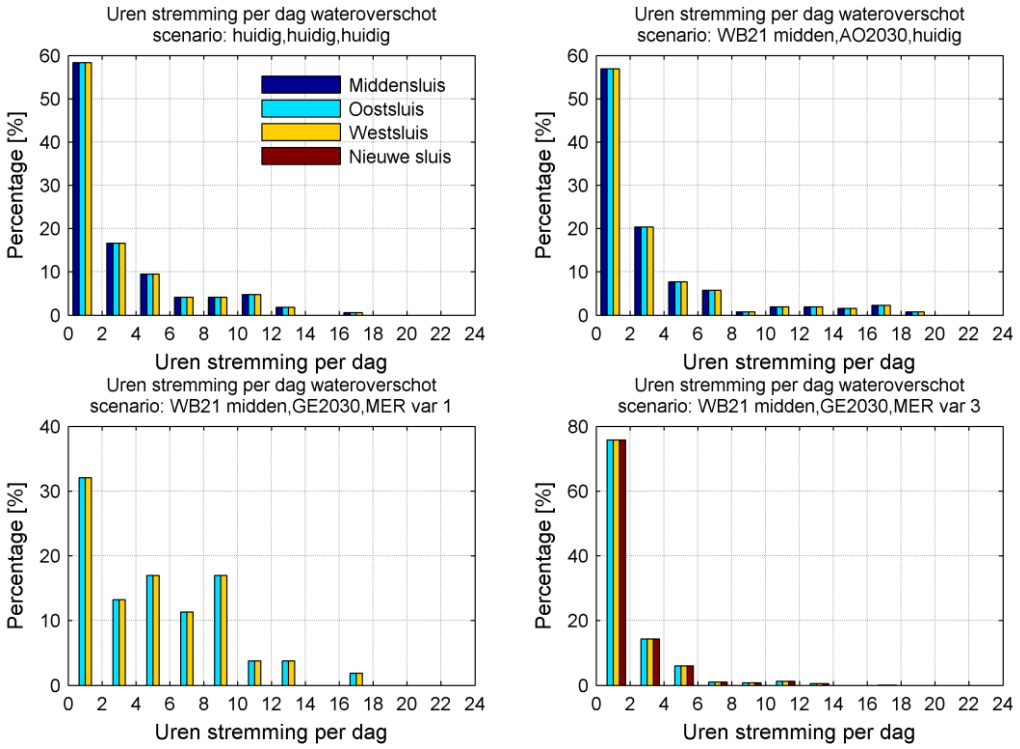
Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door water overschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.8%	0.8%	0.8%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.8%	0.8%	0.8%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	1.1%	1.1%	1.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	1.5%	1.5%	1.5%

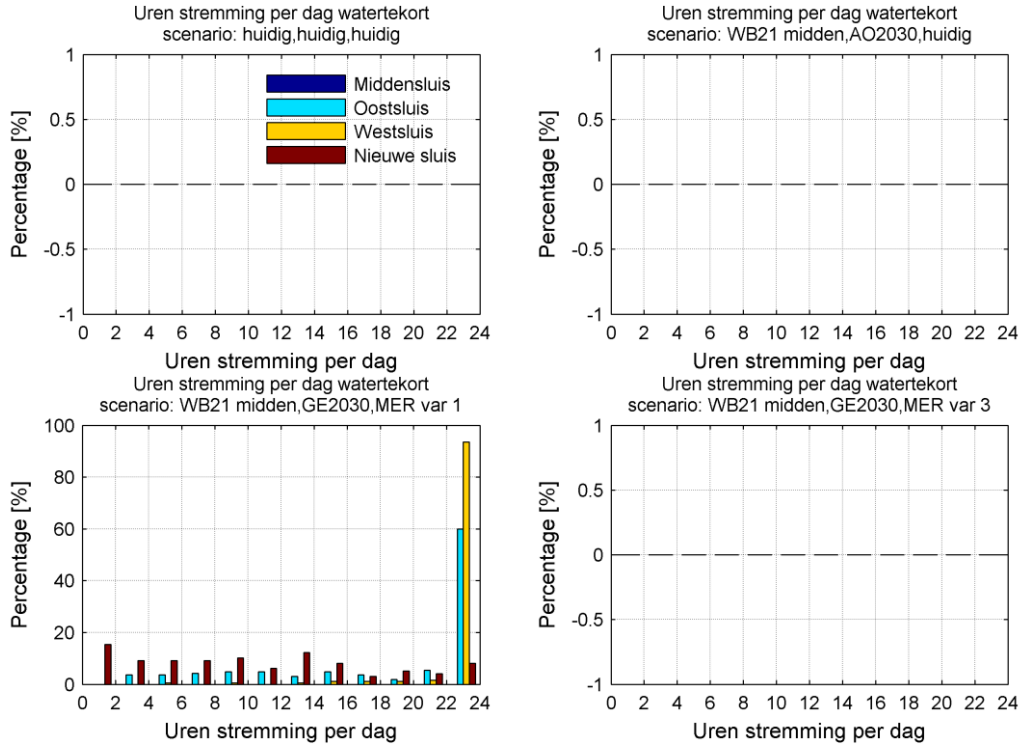
			Stremming door water tekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	6.6%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.1%	4.2%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	6.6%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.1%	4.2%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.5%	0.5%	0.5%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.8%	0.8%	0.8%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.8%	0.8%	0.8%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	6.8%	8.4%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.4%	4.5%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	6.8%	8.4%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.4%	4.5%	1.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	1.1%	1.1%	1.1%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	1.5%	1.5%	1.5%

klimaat	schutting	sluis variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent Terneuzen <NAP1.88m	H Kanaal Gent Terneuzen >NAP2.38m
huidig	huidig	huidig	0.00%	0.23%
WB21 midden	huidig	huidig	0.00%	0.36%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.00%	0.37%
huidig	GE2030	MER var 1	0.00%	0.13%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.00%	0.19%
huidig	GE2030	MER var 2	0.00%	0.13%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.00%	0.19%
huidig	GE2030	MER var 3	0.00%	0.77%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.00%	0.90%



Figuur 0-5 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor wateroverschot voor de dagen dat er stremming is



Figuur 0-6 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor watertekort voor de dagen dat er stremming is

Indien bij wateroverschot met alle sluizen tegelijk gespuid wordt op de piekmomenten van de dag rond laagwater, verdeelt de stremming door wateroverschot zich gelijkmatig over alle sluizen en hierdoor neemt het maximum stremmingspercentage door wateroverschot fors af. Deze maatregel heeft geen invloed op de stremming bij watertekort. Door met alle sluizen tegelijk te spuien neemt de nominale stremduur per dag af en de peilfluctuaties op het kanaal nemen iets toe evenals het tijdspercentage dat het streefpeil plus 25cm (NAP+2.38m) wordt overschreden. De meeste stremming voor wateroverschot duurt slechts enkele uren per dag; voor alle 3 de sluis varianten duurt de stremming voor wateroverschot nooit meer dan 17 uur per dag en duurt meer dan 60% van de stremming voor wateroverschot minder dan 6 uur per dag. In dat geval is het wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan. Stremming voor watertekort in het model bij sluisvariant 1 (en 2) voor de Westsluis en Oostsluis duurt wel vaak een hele dag, dit wordt deels echter veroorzaakt doordat in het model het schutverlies als daggemiddeld verlies-debiet wordt meegenomen. De stremmingsduur voor watertekort voor de nieuwe sluis in sluisvariant 1 (en 2) is wel gelijkmatig verdeeld van 0 tot 24 uur per dag.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis, Oostsluis en Westsluis minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 2% maar minder dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten verfijnd waterbalans model op 10 minuten basis, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet 10.9 m3/s, kanaalpeil NAP+2.2 voor extra buffer bij watertekort, maximum debiet op KGT 150 m3/s

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden per 10 minuten bepaald, waarin per gestremde sluis de meest optimale spuiperiode gebruikt wordt
- Stremvolgorde wateroverschot = Oost, West, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).
- Het maximum bovenstrooms debiet op het Kanaal Gent Terneuzen is afgetopt op 150 m^3/s.

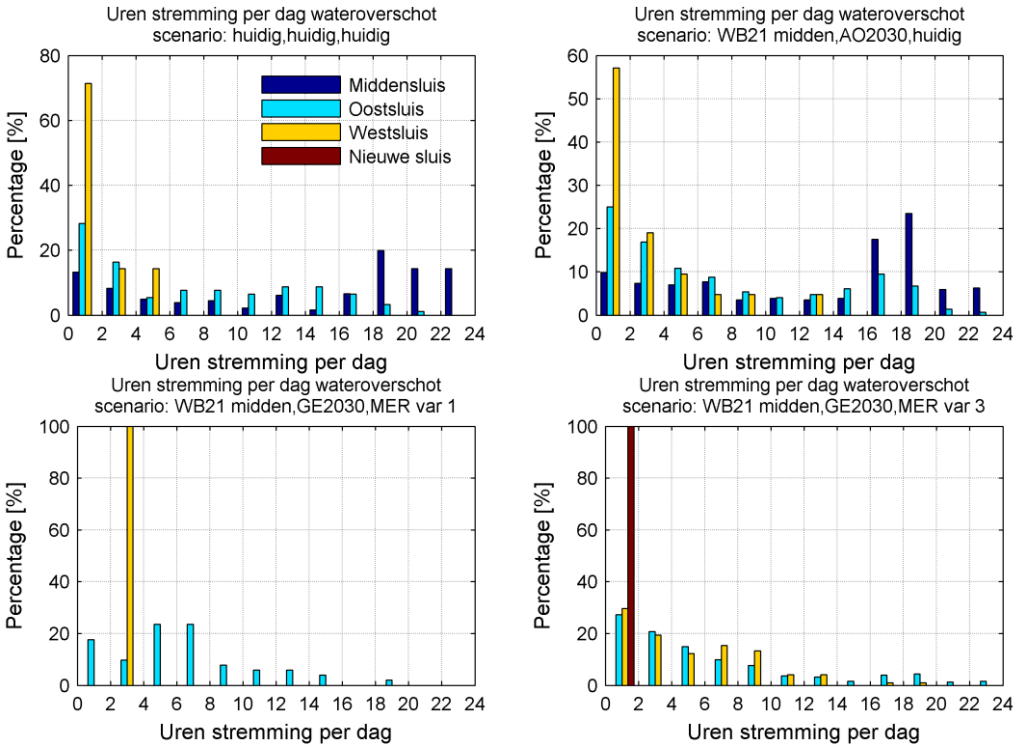
Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door water overschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.7%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.7%	1.1%	0.1%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	1.1%	0.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	4.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	5.8%	0.5%	0.0%

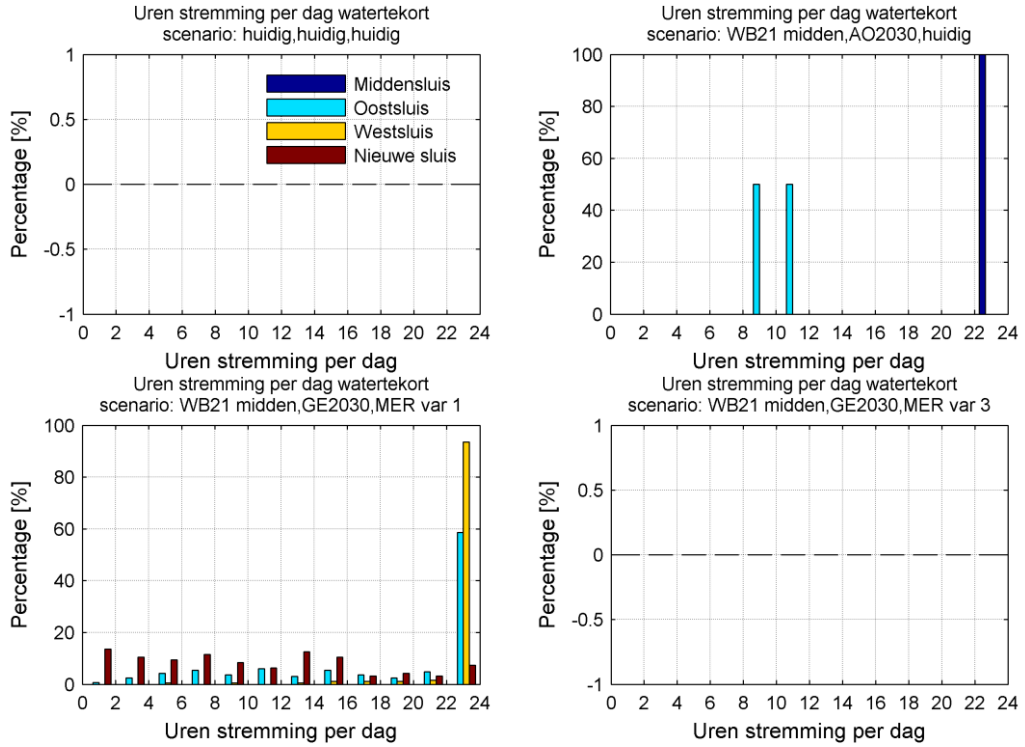
			Stremming door water tekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	6.7%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.1%	4.3%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	6.7%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.1%	4.3%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.7%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.7%	1.1%	0.1%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	1.1%	0.1%	0.0%
huidig	GE2030	MER var 1	0.0%	6.8%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.0%	3.4%	4.3%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 2	0.0%	6.8%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.0%	3.4%	4.3%	0.9%
huidig	GE2030	MER var 3	0.0%	4.5%	0.3%	0.0%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.0%	5.8%	0.5%	0.0%

klimaat	schutting	sluis variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent Terneuzen <NAP1.88m	H Kanaal Gent Terneuzen >NAP2.38m
huidig	huidig	huidig	0.00%	0.00%
WB21 midden	huidig	huidig	0.00%	0.02%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.00%	0.11%
huidig	GE2030	MER var 1	0.00%	0.04%
WB21 midden	GE2030	MER var 1	0.00%	0.01%
huidig	GE2030	MER var 2	0.00%	0.04%
WB21 midden	GE2030	MER var 2	0.00%	0.01%
huidig	GE2030	MER var 3	0.00%	0.03%
WB21 midden	GE2030	MER var 3	0.00%	0.01%



Figuur 0-7 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor wateroverschot voor de dagen dat er stremming is



Figuur 0-8 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor watertekort voor de dagen dat er stremming is

Door het aftoppen van het bovenstrooms debiet op het Kanaal Gent Terneuzen op 150 m^3/s neemt de stremming van de eerste sluis die gestremd wordt bij wateroverschot nauwelijks of niet af, maar de stremming van de tweede en derde sluis die gestremd worden bij wateroverschot neemt wel marginaal af. Het aftoppen van het debiet heeft geen invloed op de stremming bij watertekort. De verdeling van de stremmingsuren per dag wijkt voor de eerste sluis die ingeschakeld worden om te spuien bij wateroverschot nauwelijks af door het aftoppen van het debiet, maar de stremmingsuren per dag van de laatste sluis die ingeschakeld wordt worden behoorlijk gereduceerd door het aftoppen. Veel stremming voor wateroverschot duurt slechts enkele uren per dag. In dat geval is het wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan. Stremming voor watertekort in het model bij het huidig sluiscomplex voor de Middensluis en bij sluisvariant 1 (en 2) voor de Westsluis en Oostsluis duurt wel vaak een hele dag. De stremmingsduur voor watertekort voor de nieuwe sluis in sluisvariant 1 (en 2) is wel gelijkmatig verdeeld van 0 tot 24 uur per dag.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Oostsluis en Westsluis is minder dan 2%. Bij sluisvariant 1 en 2 is de totale stremming van de Oostsluis en Westsluis meer dan 2% maar minder dan 5%. Bij sluisvariant 3 is de totale stremming van de Oostsluis hoger dan 5% en de totale stremming van de Westsluis is lager dan 2%. De stremming van de grote zeesluis is bij sluisvariant 1,2 en 3 lager dan 2%.

Resultaten verfijnd waterbalans model op 10 minuten basis, nieuwe kolk, extra stremvrij spuidebiet 10.9 m3/s, kanaalpeil NAP+2.2 voor extra buffer bij watertekort, aangepaste stremvolgorde 1B

Dit scenario is gebruikt voor het MER, versie 15 januari 2014, omdat het de meest realistische inschatting geeft hoe vaak beperkingen van het schutproces hinder voor de scheepvaart opleveren.

De belangrijkste instellingen zijn:

- Schutten en spuien worden per 10 minuten bepaald, waarin per gestremde sluis de meest optimale spuiperiode gebruikt wordt
- Stremvolgorde wateroverschot = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, West, Oost voor huidig complex)
- Stremvolgorde watertekort = West, Oost, Nieuwe Sluis (Mid, Oost, West voor huidig complex)
- Kolkafmeting nieuwe sluis: 55x427 m
- Extra stremvrij debiet van 10.9 m^3/s daggemiddeld voor MER variant 1,2,3, zie memo VNZT-N-61-0b.
- Laat het kanaalpeil tot NAP+2.2m oplopen in droge periodes om zo een extra buffer van 7 cm te creëren voordat er gestremd gaat worden voor watertekort. Het model stremt bij een peil van NAP+1.89 (1 cm boven de grens).

Uitkomsten stremming als jaargemiddeld percentage van de tijd:

			Stremming door water overschot			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.0%	0.6%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	0.2%	0.9%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	0.2%	0.9%	0.0%
huidig	GE2030	VKV	0.0%	0.3%	3.2%	0.0%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.0%	0.5%	4.1%	0.1%

			Stremming door water tekort			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
huidig	GE2030	VKV	0.0%	6.6%	8.3%	2.4%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.0%	3.2%	4.3%	0.9%

			Totale stremming			
klimaat	**schutting**	**sluis variant**	**Midden**	**Oost**	**West**	**GZN**
huidig	huidig	huidig	2.5%	0.0%	0.6%	0.0%
WB21 midden	huidig	huidig	3.6%	0.2%	0.9%	0.0%
WB21 midden	AO2030	huidig	3.7%	0.2%	0.9%	0.0%
huidig	GE2030	VKV	0.0%	6.9%	11.5%	2.5%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.0%	3.7%	8.4%	1.0%

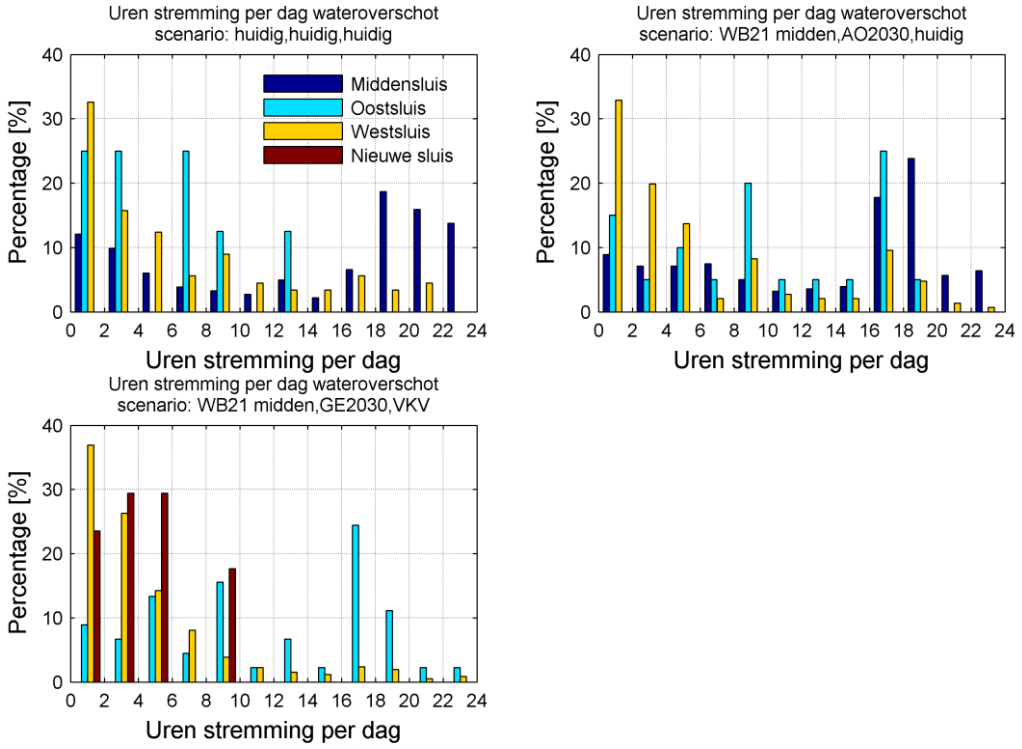
klimaat	schutting	sluis variant	Percentage tijd met peil over- en onderschrijdingen H Kanaal Gent Terneuzen <NAP1.88m	H Kanaal Gent Terneuzen >NAP2.38m
huidig	huidig	huidig	0.00%	0.04%
WB21 midden	huidig	huidig	0.00%	0.07%
WB21 midden	AO2030	huidig	0.00%	0.07%
huidig	GE2030	VKV	0.00%	0.05%
WB21 midden	GE2030	VKV	0.00%	0.05%

Uitkomsten stremming als uren per jaar:

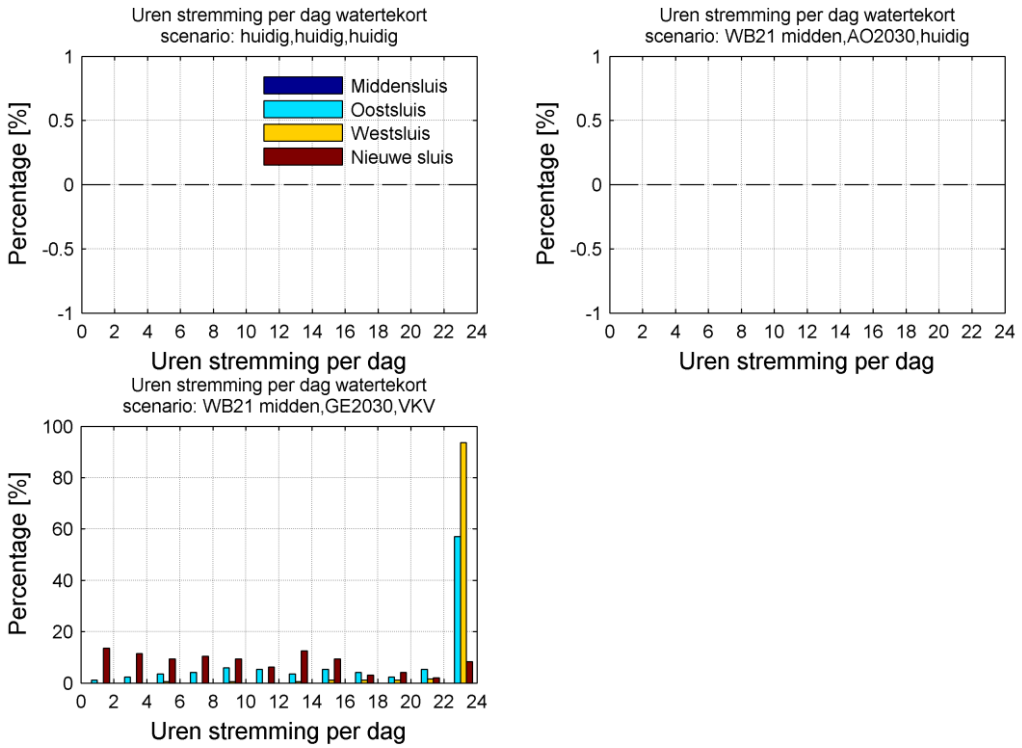
klimaat	schutting	sluis variant	Stremming door water overschot Midden	Oost	West	GZN
huidig	huidig	huidig	217	4	50	-
WB21 midden	huidig	huidig	319	17	80	-
WB21 midden	AO2030	huidig	323	17	80	-
huidig	GE2030	VKV	-	25	277	1
WB21 midden	GE2030	VKV	-	44	360	6

klimaat	schutting	sluis variant	Stremming door water tekort Midden	Oost	West	GZN
huidig	huidig	huidig	-	-	-	-
WB21 midden	huidig	huidig	-	-	-	-
WB21 midden	AO2030	huidig	-	-	-	-
huidig	GE2030	VKV	-	579	727	215
WB21 midden	GE2030	VKV	-	277	379	82

klimaat	schutting	sluis variant	Totale stremming Midden	Oost	West	GZN
huidig	huidig	huidig	217	4	50	-
WB21 midden	huidig	huidig	319	17	80	-
WB21 midden	AO2030	huidig	323	17	80	-
huidig	GE2030	VKV	-	604	1,004	216
WB21 midden	GE2030	VKV	-	321	739	88



Figuur 0-9 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor wateroverschot voor de dagen dat er stremming is



Figuur 0-10 Verdeling in aantal uren stremming per dag voor watertekort voor de dagen dat er stremming is

De stremvolgorde heeft in enige mate invloed op de hoeveelheid stremming, maar vooral op welke sluis de meeste stremming heeft. Veel stremming voor wateroverschot duurt slechts enkele uren per dag. In dat geval is het wellicht mogelijk om via planning het scheepsaanbod over de overige momenten van de dag te verspreiden of over de overige sluizen van het complex zonder dat er

wachttijden bij het sluiscomplex ontstaan. Stremming voor watertekort in het model in de VKV voor de Westsluis en Oostsluis duurt wel vaak een hele dag, dit wordt deels echter veroorzaakt doordat in het model het schutverlies als daggemiddeld verlies-debiet wordt meegenomen. De stremmingsduur voor watertekort voor de nieuwe sluis in de VKV is wel gelijkmatig verdeeld van 0 tot 24 uur per dag.

De totale stremming per sluis als gevolg van watertekort en wateroverschot wordt vergeleken met Topeis OG12 per jaar minimaal 95% beschikbaarheid, per 5 jaar minimaal 98% voor de situatie na klimaatverandering en GE2030 scheepvaart. Een belangrijke kanttekening bij deze vergelijking is dat het jaargemiddelde stremmingspercentage zoals bepaald door het model niet verdisconteerd of er daadwerkelijk vertraging optreedt voor de scheepvaart, dit hangt af van de verdeling van de stremming over het jaar en over een dag en met het aanbod van de scheepvaart. Verder gaat Topeis OG12 over de stremming voor alle oorzaken gecombineerd, niet alleen de hier beschouwde stremming als gevolg van wateroverschot en watertekort en de hier beschouwde stremming is jaargemiddeld, niet per 5 jaar zoals in de Topeis wordt gesteld. Bij autonome ontwikkeling is de totale stremming van de Middensluis meer dan 2% maar minder dan 5% en de stremming van de Oostsluis en Westsluis is minder dan 2%. In de VKV is de totale stremming van de Westsluis meer dan 5%, van de Oostsluis is de totale stremming meer dan 2% maar minder dan 5% en van de grote zeesluis is de totale stremming lager dan 2%.

MEMO: INVLOED NIEUWE VOORKEURSVARIANT OP CHLORIDE CONCENTRATIE IN KANAAL GENT - TERNEUZEN

From	: Lynyrd de Wit, Marloes van den Boomgaard (Svašek Hydraulics)
To	: M. Pfaff (LievenseCSO)
Date	: 8 januari 2015
Reference	: 1724/U15001/LdW/B
Status	: Concept

1 INTRODUCTIE

De onderzoeksresultaten van het m.e.r.-onderzoek naar de invloed van de aanleg van een nieuwe zeesluis op de Chloride concentraties op het Kanaal Gent Terneuzen staan in de toetsing op waterkwaliteit van het MER rapport (LievenseCSO 2014a). Deze memo beschrijft beknopt nieuwe berekeningen en resultaten van de Chlorideconcentratie op het Kanaal Gent Terneuzen voor een aangepaste voorkeursvariant (VKV) en enkele variaties in kanaal debiet en zoutlast van het sluiscomplex.

2 DOELSTELLING

De doestelling is het beantwoorden van de vragen met betrekking tot de nieuwe voorkeursvariant:

A Wat zijn de chlorideconcentraties in Kanaal Gent - Terneuzen als gevolg van de nieuwe voorkeursvariant voor 5 debieten (droge zomer, droge winter, twee maanden laag, gemiddelde zomer en gemiddelde winter) na klimaatverandering?

B Wat zijn de chlorideconcentraties in Kanaal Gent - Terneuzen met de nieuwe voorkeursvariant voor een debiet van 13 m^3/s na klimaatverandering?

C Is stremming nodig (en zo ja hoeveel) om bij KGTS bij het oppervlak aan de KRW toets <3000 mg/l te voldoen met de nieuwe voorkeursvariant en het volgende debiet:

1. Zomergemiddeld debiet Kanaal Gent - Terneuzen na klimaatverandering: Q=10.8 m^3/s.
2. Zomergemiddeld debiet Kanaal Gent - Terneuzen na klimaatverandering met een minimale aanvoer van water op Kanaal Gent - Terneuzen van 13 m^3/s: Q=18.7 m^3/s.
3. Zomergemiddeld debiet Kanaal Gent - Terneuzen na klimaatverandering met een minimale aanvoer van water op Kanaal Gent - Terneuzen van 7.15 m^3/s (7.15 m^3/s is gelijk aan 13 m^3/s na klimaatverandering): Q=11.5 m^3/s.

D Wat zijn de chlorideconcentraties in Kanaal Gent - Terneuzen met de nieuwe voorkeursvariant voor een zomergemiddeld debiet na klimaatverandering, rekening houdend met stremming voor watertekort ?

3 MODEL MET DE NIEUWE VOORKEURSVARIANT

3.1 Modelopzet

Het Chloridegehalte op Kanaal Gent-Terneuzen is bepaald met het in 2010 opgezette en gekalibreerde SOBEK model (Royal Haskoning & Svašek Hydraulics 2010). In LievenseCSO 2014a is het SOBEK-model geactualiseerd en geherkalibreerd. Voor de modelopzet, de herkalibratie en de uitgevoerde berekeningen wordt verwezen naar LievenseCSO 2014a. De berekeningen in de huidige memo hebben gebruik gemaakt van dit model.

3.2 Definiëring nieuwe voorkeursvariant

De volgende uitgangspunten voor de nieuwe voorkeursvariant zijn gehanteerd:

- Afmeting sluiskolk 427 x 55 x NAP-17 m
- Geen zoutuitwisselingsreductie
- Klimaatscenario W+2050
- Schuttingen volgens GE2030
- Kanaalpeil bedraagt NAP +2.13 m
- Dit geeft een zoutuitwisselingsdebiet van 12.77 m^3/s (zie Tabel 3.2) voor het sluiscomplex met nieuwe voorkeursvariant (bepaald met FINEL3d).

3.3 Randvoorwaarden

Tabel 3.1 toont de zout-zoet uitwisselvolumes per schutting voor KNMI W+2050 met de nieuwe voorkeursvariant. Tabel 3.2 laat het zout-zoet uitwisseldebiet met de nieuwe voorkeursvariant voor KNMI W+2050 klimaat in combinatie met huidig en GE2030 schuttingen zien. Het verschil in zout-zoet uitwisseling tussen de verschillende sluizen is bepaald met FINEL3D en wordt vooral veroorzaakt door de aan- of afwezigheid van een bodemsprong tussen de sluiskolk en Kanaal Gent - Terneuzen. De kleinere kolkafmetingen in de nieuwe voorkeursvariant leveren een afname van het zoutuitwisselingsdebiet op van 13.76 m^3/s naar 12.77 m^3/s. Dit is een afname van 7%.

Tabel 3.1: Zout-zoet uitwisselingsvolume per schutting KNMI W+2050 klimaat met nieuwe voorkeursvariant

	Breedte [m]	Lengte [m]	MSL [m]	Bodem sluis [m]	Zout-zoet uitwisseling FINEL3D	Calibratie	Uitwissel volume [m3]
Oostsluis	24	260	0.43	-7	0.33	0.21	3213
Middensluis	24.5	140	0.43	-7.5	0.83	0.21	4741
Westsluis	40	290	0.43	-12.82	0.94	0.21	30340
grote zeesluis	55	427	0.43	-17	0.68	0.21	58454

Tabel 3.2: Zout-zoet uitwisselingsdebiet KNMI W+2050 klimaat voor de huidige situatie en de nieuwe voorkeursvariant.

		Huidige situatie		Nieuwe voorkeursvariant	
	Uitwissel-volume [m^3]	Schuttingen per dag	Uitwissel-debiet [m^3/s]	Schuttingen per dag	Uitwissel-debiet [m^3/s]
Oostsluis	3213	18.95	0.70	20.29	0.75
Middensluis	4741	9.73	0.53		

Westsluis	30340	13.84	4.86	14.25	5.00
Nieuwe Sluis	58454			10.37	7.02
Totaal			6.10		12.77

3.4 Uitgevoerde simulaties

Om de vragen uit het vorige hoofdstuk te kunnen beantwoorden zijn 9 berekeningen uitgevoerd, deze zijn weergegeven in Tabel 3.3. De zout-zoetscheiding van simulatie 7 geeft precies de KRW toetsgrens van 3000 mg/l Cl bij KGTS oppervlak met zomer gemiddeld debiet.

In de voorkeursvariant worden één of meerdere sluizen gestremd om peilonderschreidingen van meer dan 0,25 m te voorkomen. Uit de stremmingsberekening van het verfijnde waterbalansmodel (zie bijlage 10, de simulatie in hoofdstuk 4 en de laatste simulatie van bijlage 2) is blijkt dat de stremming voor watertekort volgens stremvolgorde 1A (Nieuwe Sluis – Oostsluis – Westsluis) een reductie in zoutlast van 6% oplevert. De stremming voor watertekort volgens stremvolgorde 1B (Westsluis – Oostsluis – Nieuwe Sluis) levert een reductie in zoutlast van 5% op. Deze reductie in zoutlast is verdisconteerd in simulatie 10 en 11.

Tabel 3.3 Uitgevoerde simulaties met nieuwe voorkeursvariant

	Naam	klimaat	schutting	sluis zoet-zoutscheiding	Q_{KGT} [m^3/s]	Q_{zz} [m^3/s]
1	Zomer	W+2050	GE2030	geen	6.2	12.77
2	Winter	W+2050	GE2030	geen	26.3	12.77
3	2 maanden laag	W+2050	GE2030	geen	4.4	12.77
4	Gemiddelde zomer	W+2050	GE2030	geen	10.8	12.77
5	Gemiddelde winter	W+2050	GE2030	geen	32	12.77
6	Zomer 13	W+2050	GE2030	geen	13	12.77
7	Gem zomer 10.8 + Qzz 9	W+2050	GE2030	30% reductie alle sluizen	10.8	9
8	Zomer 18.7	W+2050	GE2030	Geen	18.7	12.77
9	Zomer11.5 + Q_{zz} 10	W+2050	GE2030	22% reductie alle sluizen	11.5	10
10	Gem zomer 10.8 + Q_{zz} 12.03	W+2050	GE2030	6% reductie zoutlast vanwege stremming watertekort volgens volgorde 1A	11.5	12.03
11	Gem zomer 10.8 + Q_{zz} 12.10	W+2050	GE2030	5% reductie zoutlast vanwege stremming watertekort volgens volgorde 1B	11.5	12.10

Q_{KGT} = debiet Kanaal Gent-Terneuzen

Q_{zz} = uitwisselingsdebiet zoet-zout

3.5 Resultaten SOBEK simulaties nieuwe voorkeursvariant

De Chloride concentraties (diepte gemiddeld, bij oppervlak, bij bodem) van de aanvullende SOBEK simulaties met nieuwe voorkeursvariant zijn samen met de oorspronkelijke resultaten in Excel tabellen opgeslagen op elke km langs de hoofdas van het kanaal en voor 4 meetpunten: traktaat, KGTS, 32000, 34100. De simulaties 6 tot en met 9 voor verschillende debieten met nieuwe voorkeursvariant laten iets lagere Chloride concentraties op het Kanaal Gent Terneuzen zien door de 7% lagere zoutbron vanaf het sluiscomplex, ten gevolge van de kleinere kolkafmetingen.

De berekende Chloride concentratie bij KGTS wateroppervlak zijn weergegeven in Tabel 3.4. De eerste 5 resultaten zijn overgenomen uit het Deelrapport MER water (VNZT-R-127-3 d.d. 28 november 2014), de laatste 7 resultaten komen uit de aanvullende simulaties van deze memo. De nieuwe voorkeursvariant geeft bij KGTS 1 m onder het wateroppervlak een iets lagere chlorideconcentratie van 3540 mg/l dan de oorspronkelijke kolkafmeting met 3650 mg/l en met verdiscontering van de reductie van de zoutlast wegens stremming voor watertekort is dit 3440 mg/l. Wanneer het aanvoerdebiet van Kanaal Gent-Terneuzen wordt vergroot naar 13 m^3/s zomergemiddeld wordt in de nieuwe voorkeursvariant de KRW toetswaarde van 3000 mg/l gerealiseerd. Bij een zomergemiddeld debiet van 10.8 m^3/s op Kanaal Gent Terneuzen moet de zoutbron met 30% worden verminderd om aan de KRW toetswaarde van 3000 mg/l te voldoen en bij een zomergemiddeld debiet van 11.5 m^3/s moet de zoutbron met 22% worden verminderd. Bij een zomergemiddeld debiet van 18.7 m^3/s blijft de Chloride concentratie bij KGTS oppervlak ruim onder de KRW toetswaarde.

	Simulatie	**Chloride concentratie mg/l**
1	Huidige situatie	1420
2	Autonome ontwikkeling	2070
3	Variant 1, 75% reductie alle sluizen	1610
4	Variant 2, 50% reductie zeesluis	3100
5	Variant 3, geen reductie	3650
6	Nieuwe VKV, geen reductie	3540
7	Nieuwe VKV met 13 m^3/s debiet KGT, geen reductie	3000
8	Nieuwe VKV met 10.8 m^3/s debiet KGT (zomer gemiddeld debiet na klimaatverandering), 30% reductie alle sluizen	2970
9	Nieuwe VKV met 18.7 m^3/s debiet KGT (zomer gemiddeld debiet na klimaatverandering met een minimale aanvoer van 13 m^3/s), geen reductie	2040
10	Nieuwe VKV met 11.5 m^3/s debiet KGT (zomer gemiddeld debiet na klimaatverandering met een minimale aanvoer van 7.15 m^3/s), 22% reductie alle sluizen	2970
11	Nieuwe VKV met 10.8 m^3/s debiet KGT (zomer gemiddeld debiet na klimaatverandering), 6% reductie zoutlast vanwege stremming watertekort volgens volgorde 1A	3440
	Nieuwe VKV met 10.8 m^3/s debiet KGT (zomer gemiddeld debiet na klimaatverandering), 5% reductie zoutlast vanwege stremming watertekort volgens volgorde 1B	3450

Tabel 3.4 Chloride concentratie bij KRW-meetpunt KGTS, 1 meter onder het wateroppervlak bij een gemiddeld zomerdebiet

3.6 Benodigde stremming om bij KGTS aan KRW toetswaarde te voldoen

Uit de resulaten in Tabel 3.4 blijkt dat met de nieuwe voorkeursvariant een zomergemiddeld debiet van 13 m^3/s de grens is om geen stremming nodig te hebben om aan de KRW toetswaarde van

3000 mg/l Cl te voldoen. Met de nieuwe voorkeursvariant en een zomergemiddeld debiet van 18.7 m^3/s is dus geen stremming nodig, maar met een zomergemiddeld debiet van 10.8 m^3/s of 11.5 m^3/s is respectievelijk 30% en 22% stremming nodig voor alle sluizen van het complex om aan de KRW toetswaarde te voldoen. In een droge periode is er al 5 à 6% stremming om peilonderschrijdingen van meer dan 0,25 m te voorkomen. Deze stremming draagt bij aan het realiseren van de KRW toetswaarde.Tabel 3.5 toont de benodigde aanvullende stremming voor stremvolgorde 1A en Tabel 3.6 toont de benodigde aanvullende stremming voor stremvolgorde 1B om met zomer gemiddeld debiet te voldoen aan de KRW toetswaarde van 3000 mg/l bij KGTS oppervlak.

In een zomer met een zomergemiddeld debiet van 10.8 m^3/s is 6 uur per dag aanvullende stremming nodig van alle sluizen in het complex om te voldoen aan de KRW toetswaarde van 3000 mg/l bij KGTS oppervlak. In een zomer met een zomergemiddeld debiet van 11.5 m^3/s is 4 uur per dag aanvullende stremming nodig van alle sluizen in het complex om te voldoen aan de KRW toetswaarde van 3000 mg/l bij KGTS oppervlak.

Tabel 3.5 Benodigde aanvullende stremming om bovenop de stremming voor watertekort volgens volgorde 1A (Nieuwe Sluis – Oostsluis – Westsluis) in de zomer aan de KRW-toetswaardevan 3000 mg/l te voldoen

Omstandigheid	Benodigde reductie zoutuitwisseling alle sluizen in de zomer	Reductie zoutuitwisseling door stremming schutverlies in de zomer	Aanvullende stremming alle sluizen in de zomer	Jaargemiddelde aanvullende stremming
Zomergemiddeld debiet 10.8 m^3/s	30%	6%	24% (6 uur per dag in de zomer)	12% (3 uur per dag)
Zomergemiddeld debiet 11.5 m^3/s	22%	5%	17% (4 uur per dag in de zomer)	8.5% (2 uur per dag)

Tabel 3.6 Benodigde aanvullende stremming om bovenop de stremming voor watertekort volgens volgorde 1B (Westsluis – Oostsluis – Nieuwe Sluis) in de zomer aan de KRW-toetswaarde van 3000 mg/l te voldoen

Omstandigheid	Benodigde reductie zoutuitwisseling alle sluizen in de zomer	Reductie zoutuitwisseling door stremming schutverlies in de zomer	Aanvullende stremming alle sluizen in de zomer	Jaargemiddelde aanvullende stremming
Zomergemiddeld debiet 10.8 m^3/s	30%	5%	25% (6 uur per dag in de zomer)	12.5% (3 uur per dag)
Zomergemiddeld debiet 11.5 m^3/s	22%	5%	17% (4 uur per dag in de zomer)	8.5% (2 uur per dag)

3.7 Conclusies

- De nieuwe kolkafmeting van de nieuwe voorkeursvariant resulteert in een 7% lagere zoutlast vanaf het sluiscomplex. De Chloride concentraties op het Kanaal Gent Terneuzen zijn daarom iets lager. De resultaten zijn opgeleverd in Excel tabellen.

- Voor de nieuwe voorkeursvariant is een zomergemiddeld debiet van 13 m^3/s nodig om zonder stremming aan de KRW toetswaarde bij KGTS oppervlak te voldoen.
- Met een zomergemiddeld debiet na klimaatverandering van 10.8 m3/s is er in de zomer 6 uur per dag extra stremming nodig voor alle sluizen bovenop de stremming vanwege watertekort om aan de KRW toetswaarde bij KGTS oppervlak te voldoen.
- Met een zomergemiddeld debiet van 18.7 m3/s (zomergemiddeld debiet na klimaatverandering bij een minimale aanvoer van 13 m^3/s) is er in de zomer geen extra stremming nodig om aan de KRW toetswaarde bij KGTS oppervlak te voldoen.
- Met een zomergemiddeld debiet van 11.5 m3/s (zomergemiddeld debiet na klimaatverandering bij een minimale aanvoer van 7.15 m^3/s) is er in de zomer 4 uur per dag extra stremming nodig voor alle sluizen bovenop de stremming vanwege watertekort om aan de KRW toetswaarde bij KGTS oppervlak te voldoen.

Referenties

LievenseCSO 2014a

Rapport Vlaams Nederlandse Scheldecommissie: Effectonderzoek water, d.d. 15 oktober 2014, ref VNZT-R-127-2.

Royal Haskoning en Svašek Hydraulics 2010

Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen, aanvullend oppervlaktewateronderzoek, eindrapport juni 2010,