



# Droogte en verzilting KGT

Verkenning van mogelijke maatregelen en thematische bundeling

Raamovereenkomst zaaknummer 31151860

Onderzoek en Monitoring VNSC: Data-analyse en data-modelleringsdiensten (perceel 2)

Nadere overeenkomst NOK-KGT5

Procesmatige en technische ondersteuning Werkgroep Droogte KGT fase 2

Zaaknummer 31186430

Voor de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie:

DMOW	Laurens Hermans, Tineke van de Walle
RWS Zee & Delta	Eric Van Zanten
Ministerie I&W	Carlijn Bus
De Vlaamse Waterweg	Stefaan Hermans

Projectmedewerkers Schelde in Beeld consortium:

HKV lijn in water	Vincent Vuik, Roy Daggenvoorde, Paula Lambregts
Antea Group	Silvy Thant, Marc Vantorre, Siebe Dorrepaal, Jan-Bert de Hoop
Waardenburg Ecology	Helga van der Jagt
Universiteit Gent	Peter Goethals

VNSC raamcontractnummer: NOK-KGT-05

HKV projectnummer: pr4728.30

Rapport versie 4, 19 januari 2024

# INHOUDSOPGAVE

<b>1.</b>	<b>Introductie .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.</b>	<b>Aanleiding .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.</b>	<b>Voornaamste bevindingen fase 1.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.</b>	<b>Doel.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4.</b>	<b>Totstandkoming en leeswijzer.....</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>Maatregelen.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1.</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.</b>	<b>Extra aanvoer zoetwater .....</b>	<b>14</b>
2.2.1.	Waternverdeling bij Gent aanpassen .....	17
2.2.2.	Bufferen op het KGT .....	20
2.2.3.	Bufferbekkens zoetwater.....	22
2.2.4.	Opzetten bovenstroomse waterlopen .....	24
2.2.5.	Aantakken watersysteem Zeeuws-Vlaanderen .....	26
2.2.6.	Winterspoelingen .....	29
2.2.7.	Zomerspoelingen .....	30
<b>2.3.</b>	<b>Beperken zout grondwater .....</b>	<b>31</b>
2.3.1.	Afdichtende laag bodem kanaal.....	32
2.3.2.	Peilverhoging Canisvliet .....	34
2.3.3.	Extra kwelsloten langs het KGT en de zijlopen .....	36
<b>2.4.</b>	<b>Schutverlies beperken .....</b>	<b>38</b>
2.4.1.	Optimaliseren sluisstremmingen .....	39
2.4.2.	Uitzakken kanaalpeil.....	41
2.4.3.	Optimaliseren geclusterd schutten.....	43
2.4.4.	BOS Sluizen Terneuzen.....	45
2.4.5.	Hevelend schutten .....	47
2.4.6.	Nivelleerwater terugpompen naar KGT.....	48
2.4.7.	Nivelleren met water uit buitenhaven .....	50
2.4.8.	Water oppompen uit de buitenhaven .....	52
2.4.9.	Nivelleerbekken met pompen .....	54
2.4.10.	Schepen op het KGT lichten .....	56
<b>2.5.</b>	<b>Zoutbeperking Terneuzen.....</b>	<b>58</b>
2.5.1.	Verhoogde zoutdrempel NST .....	58
2.5.2.	Verstelbare zoutdrempel NST .....	61
2.5.3.	Tijdelijke zoutdrempel Westsluis .....	63
2.5.4.	Luchtbellenschermen bij de sluizen.....	65
2.5.5.	Verkorten deuropentijden.....	68
2.5.6.	Buitenvoorhaven zoetspoelen .....	70
2.5.7.	Tussendeur in NST aanbrengen.....	71
2.5.8.	Afzuigen binnentredende zouttong .....	73

2.5.9.	Zoet-zoutscheiding zonder bufferbekkens.....	74
2.5.10.	Zoutvang uitbreiden naar NST en omloopriolen daarop aansluiten .....	75
2.5.11.	Balgzak onderin sluiskolk .....	78
2.5.12.	Stremmen op zout .....	80
2.5.13.	Sluisdeuren deels openen.....	82
2.5.14.	Pontons in sluiskolk invaren.....	83
<b>2.6.</b>	<b>Maatregelen in en langs het KGT .....</b>	<b>86</b>
2.6.1.	Zout NST beter naar zoutvang Westsluis leiden.....	87
2.6.2.	Getrapt profiel binnenhaven .....	89
2.6.3.	Bellenscherm(en) in kanaal .....	90
2.6.4.	Debietfluctuaties in het KGT .....	92
2.6.5.	Versmalling KGT .....	93
2.6.6.	Drempel KGT.....	95
2.6.7.	Zoutdeur in het KGT .....	96
<b>2.7.</b>	<b>Maatregelen zijtakken .....</b>	<b>97</b>
2.7.1.	Retentiegebieden in Moervaartvallei .....	98
2.7.2.	Stuw/sluis in de Moervaart bij Mendonk .....	100
2.7.3.	Bellenscherm monding Moervaart .....	101
2.7.4.	Getrapt profiel richting de Moervaart .....	102
2.7.5.	Zoutvang Moervaart .....	103
2.7.6.	Verlengen afstand tussen ecologisch waardevolle gebieden en KGT .....	104
2.7.7.	Stuw Zuidlede .....	105
2.7.8.	Captatiebeperking Moervaart.....	106
2.7.9.	Afvoeren brak water Canisvlietse Kreek .....	107
2.7.10.	Verplaatsen Spiedamgemaal in Avrijevaart.....	109
<b>2.8.</b>	<b>Overige maatregelen .....</b>	<b>111</b>
2.8.1.	Ontzilten KGT .....	112
2.8.2.	Bedrijven die capteren aanzetten en ondersteunen in aanpassing captatie .....	114
2.8.3.	Bescherming tegen corrosie .....	116
<b>2.9.</b>	<b>Effectentabel .....</b>	<b>118</b>
<b>3.</b>	<b>Maatregelpakketten.....</b>	<b>120</b>
<b>3.1.</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>120</b>
<b>3.2.</b>	<b>Hoekpuntpakketten .....</b>	<b>120</b>
<b>3.3.</b>	<b>Hoekpuntpakket 'scheepvaart' .....</b>	<b>121</b>
3.3.1.	Beschrijving pakket .....	121
3.3.2.	Technische uitwerking .....	122
3.3.3.	Effecten en neveneffecten .....	124
3.3.4.	Draagvlak .....	126
<b>3.4.</b>	<b>Hoekpuntpakket 'zoutbeperking' .....</b>	<b>127</b>
3.4.1.	Beschrijving pakket .....	127
3.4.2.	Technische uitwerking .....	127
3.4.3.	Effecten en neveneffecten .....	129
3.4.4.	Draagvlak .....	131
<b>3.5.</b>	<b>Hoekpuntpakket 'gevolgbeperking' .....</b>	<b>131</b>



3.5.1.	Beschrijving pakket .....	131
3.5.2.	Technische uitwerking .....	132
3.5.3.	Effecten en neveneffecten .....	134
3.5.4.	Draagvlak .....	135

<b>Literatuurlijst.....</b>	<b>136</b>
-----------------------------	------------

**Bijlagen 139**

# 1. Introductie

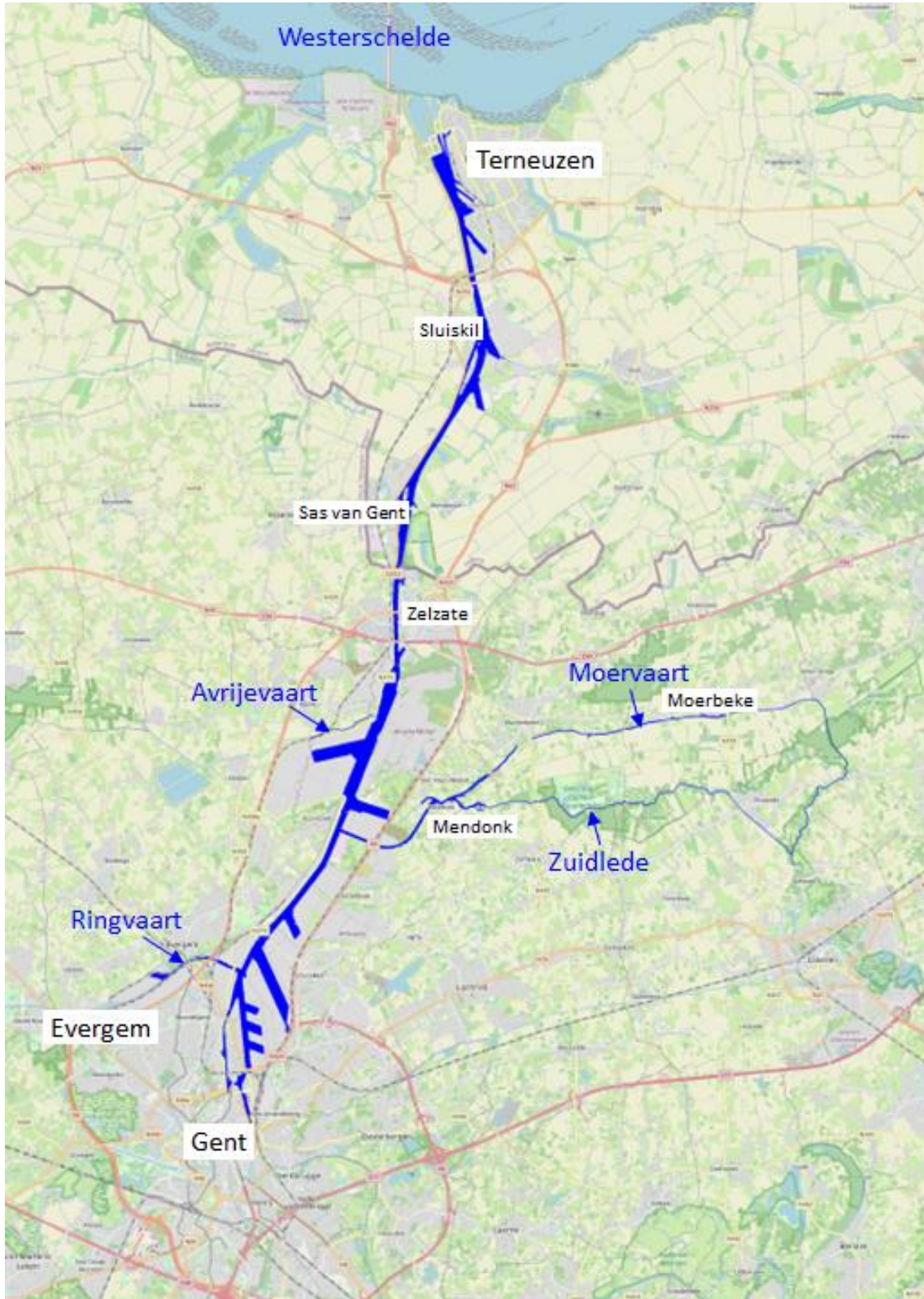
## 1.1. Aanleiding

Het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT) verbindt de stad Gent via het Sluizencomplex Terneuzen (Noordzee-sluizen) met de Westerschelde, waardoor de stad bereikbaar is voor internationale zeevaart. Een beschrijving van het kanaal is onder andere te vinden in HKV (2023a). Figuur 1-1 toont de ligging van het KGT en de belangrijkste zijtakken. Figuur 1-2 geeft een bovenaanzicht van het sluizencomplex inclusief de Nieuwe Sluis.

In het KGT zijn de afgelopen zomers hoge zoutwaardes gemeten. In droge periodes is de aanvoer van zoetwater vanuit Vlaanderen te klein om sterke zoutindringing bij het sluizencomplex van Terneuzen te voorkomen. Hierdoor is in 2019 zelfs de KRW-norm voor het zoutgehalte in het kanaal voor het eerst overschreden. De verwachting is dat de zoutwaardes in de toekomst nog hoger worden door frequentere en langere droge zomers gecombineerd met een toename van het aantal schuttingen bij Terneuzen. Het hoge zoutgehalte is onder andere schadelijk voor damwanden, kan leiden tot extra investeringen voor pompinstallaties van bedrijven die proceswater innemen uit het kanaal en maakt het moeilijker het KRW-doel voor het zoutgehalte op het Nederlandse deel van het KGT. Ook vanuit ecologie en agricultuur belangrijke zijwaterlopen van het kanaal dreigen sterker te verzilten bij droogte.

Ook peilbeheer op het kanaal wordt een steeds grotere uitdaging. Het kanaalpeil ligt ruim 2 meter hoger dan het gemiddelde peil op de Westerschelde. Hierdoor gaat er gemiddeld genomen bij elke schutting een volume water verloren, wat gelijk is aan het kolkoppervlak vermenigvuldigd met het peilverschil. Dit volume wordt aangeduid als de schutshijf of het schutverlies. In perioden met een lage bovenafvoer kan het schutverlies groter zijn dan de aanvoer van zoetwater. Het kanaalpeil dreigt dan te gaan zakken, waardoor problemen kunnen ontstaan met de beschikbare vaardiepte voor zeeschepen en stabiliteit van kades. In de afgelopen droge jaren waren reeds schutbeperkingen bij Terneuzen nodig om het kanaal op peil te houden: minder vaak schutten (geclusterd schutten) en scheepvaartstremmingen rond laagwater op de Westerschelde, als het peilverschil en daardoor het schutverlies per schutting maximaal is.

Klimaatverandering leidt naar verwachting tot frequentere en extremere droogte. Daarnaast zorgt de ingebruikname van de grotere Nieuwe Sluis Terneuzen (NST) tot een toename van schutverliezen en zoutindringing naar het KGT. De verwachting is daardoor dat de problematiek rond peilbeheer, verzilting en scheepvaartstremmingen in de toekomst nog verder toe zal nemen. In de diverse rapporten uit Fase 1 zijn deze verwachtingen nader onderbouwd en getalsmatig uitgewerkt (Schelde in Beeld, 2022 en HKV, 2023a).



Figuur 1-1: De watergangen van Kanaal Gent-Terneuzen en zijtakken (o.b.v. OpenStreetMaps)





#### **Middelensluis (1910-2021)**

Deze sluis moest plaatsmaken voor de bouw van de Nieuwe Sluis en de dienstenhaven

- 140 meter lang
- 18 meter breed
- 7,58 meter diep

Aantal scheepspassages in 2021: 5.870

#### **Oostsluis (1968)**

- 280 meter lang
- 23 meter breed
- 6,5 meter diep

Aantal scheepspassages in 2021: 30.857

#### **Westsluis (1968)**

- 290 meter lang
- 40 meter breed
- 13 meter diep

Aantal scheepspassages in 2021: 22.266

#### **Nieuwe Sluis (2023)**

- 427 meter lang
- 55 meter breed
- 16,44 meter diep

*Figuur 1-2 Bovenaanzicht met kentallen Nieuwe Sluis Terneuzen [Brochure Nieuwe Sluis Terneuzen, 2022]. Opmerking: de Westsluis is 13,5 m diep (waterdiepte boven de drempel aan de kanaalzijde).*

In 2019 is door het Ambtelijk College van de VNSC besloten om een verkennend onderzoek te starten hoe met de droogteproblematiek op het KGT om te gaan. Hierbij wordt in 2 fases gewerkt waarbij in fase 1 de focus ligt op effecten van droogte op peilbeheer en verzilting en in fase 2 op maatregelen om deze effecten te verzachten of te mitigeren.

## 1.2. Voornaamste bevindingen fase 1

Fase 1 heeft geresulteerd in een overzicht van kennisleemtes (Schelde in Beeld, 2021) en een onderzoek naar de effecten van droogte en verzilting in het KGT. De belangrijkste resultaten van het onderzoek in Fase 1 staan beschreven in het rapport 'Impact van verzilting en verminderde bovenafvoer in en rond kanaal Gent-Terneuzen' (Schelde in Beeld, 2022). Aanvullend daarop is verdiepende oppervlaktewatermodellering uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in peilbeheer, verzilting en scheepvaarstremmingen (HKV, 2023a) en is onderzoek gedaan naar het effect van sluisstremmingen op wachttijden bij het sluisencomplex van Terneuzen (Witteveen+Bos, 2023 en HKV, 2023b).

Zoals aangegeven in HKV (2023a) zullen chlorideconcentraties op het KGT significant toenemen bij ingebruikname van de NST. In de oppervlaktewatermodellering zijn gemiddelde tot extreem droge zomers gecombineerd met de scheepvaartintensiteit bij het Global Economy 2030 (GE2030) scenario, waarin scheepvaart met ongeveer 33% toeneemt ten opzichte van de huidige situatie. De KRW-norm voor het Nederlandse deel van het KGT schrijft voor dat de chlorideconcentratie bij Sas van Gent gemiddeld over drie zomers (1 april tot 1 oktober) niet hoger mag liggen dan 3000 mg/l. Uit de SOBEK-

modellering volgt dat de zomergemiddelde chlorideconcentratie bij Sas van Gent in een gemiddelde zomer ongeveer 3520 mg/l zal worden na ingebruikname van de NST. In droge zomers loopt deze waarde zelfs op tot 5500 mg/l. De verwachting is daarom dat de KRW-norm na ingebruikname van de NST niet langer gehaald kan worden zonder drastische verziltingsbeperkende maatregelen te treffen.

Kortdurende piekwaarden in chlorideconcentratie kunnen in droge zomers oplopen tot 8000 mg/l bij Gent en 10000 mg/l bij Terneuzen, en bij een extreem droge zomer inclusief klimaatveranderingseffect tot 10000 mg/l bij Gent en 12000 mg/l bij Terneuzen. Waterbesparende maatregelen zoals minder vaak schutten of stremmen rond laagwater hebben onder deze omstandigheden relatief weinig invloed op chlorideconcentraties verder bovenstrooms op het KGT. De stijging van de chlorideconcentraties kan een impact hebben op diverse functies van het kanaal.

De ingebruikname van de Nieuwe Sluis zorgt er ook voor dat het kanaalpeil moeilijker beheerst kan worden in droge perioden. De jaar-op-jaar variabiliteit in bovenafvoer is groot. Er zullen daarom jaren zijn waarin nauwelijks schutbeperkingen (geclusterd schutten of scheepvaartstremmingen) nodig zijn, maar in droge zomers zoals 2017, 2018, 2019, 2020 en 2022 is het noodzakelijk om de Nieuwe Sluis op 30 tot 50 zomerdagen rond elk laagwater gedurende ongeveer 5 tot 7 uur te stremmen (ofwel: ongeveer 12 uur per dag). Ook bij de Oostsluis en Westsluis zijn dan regelmatig stremmingen noodzakelijk. Klimaatverandering kan ervoor zorgen dat dit soort droge zomers frequenter en extremer worden.

Het kruipend moerasscherm dat voorkomt in het Natura2000 gebied Canisvliet is van nature een soort van zoete omstandigheden (hooguit zwak brak). Stijgende chlorideconcentraties (bijvoorbeeld tot rond de 5400 mg/l bij Sas van Gent in het SOBEK-model) kunnen dus een significante impact hebben op de populatie. Uit de opgestelde waterbalans en chloridebalans voor Canisvliet blijkt echter dat de aanvoer van de kwel sloten bijna de helft van de waterbalans en driekwart van de chloridebalans vormt. De impact van de kwel sloten is dan ook veel belangrijker en de mogelijke impact die een verdere verzilting van het kanaalwater zou hebben is van ondergeschikt belang. De geplande afkoppeling van de kwel sloten zou dus voldoende moeten zijn om een negatief effect door verzilting te voorkomen. Hierbij moet de invloed van deze maatregel op peilvariatie wel nauwlettend gemonitord worden.

De aanwezigheid van de waterspitsmuis kon in 2022 niet worden vastgesteld (wel records van historische waarnemingen). Er is dan ook geen kans dat het voorkomen van de waterspitsmuis negatief beïnvloed wordt door toenemende chloridegehalten in het grondwater afkomstig uit het KGT.

De Troyer et al. (2022) geeft aan dat de macroinvertebratengemeenschap in het KGT voornamelijk bestaat uit soorten die gedijen in brakwateromstandigheden, maar in de zijlopen eerder zoetwaterminnende soorten voorkomen met een lage zouttolerantie. Op enkele plekken in de zijlopen werden ook enkele brakwatersoorten waargenomen wat toch wijst op een zekere zoutindringing (zoals verwacht bij Zuidlede en Moervaart). De vissengemeenschap in het hele studiegebied, kanaal en zijlopen, betreft vooral soorten die kunnen voorkomen in brakker water. Het aandeel van vissen dat strikt gelinkt wordt aan zoetwater is beperkt. Een analyse aan de hand van waterkwaliteitsmodellen toont verder aan dat de EKR voor het kwaliteitselement van de macroinvertebraten gestuurd wordt door zoutgehalte en variabelen gelinkt aan eutrofiëring terwijl de EKR voor de vissen enkel voorspeld wordt door dit laatste. Aan de hand van het model zien we voor alle locaties over alle scenario's uit de



oppervlaktewatermodellering heen elk jaar een daling in de EKR gedurende de late lente/zomer, wanneer zoutgehaltes hoogst zijn, terwijl in de herfst/winter het omgekeerde patroon wordt geobserveerd. Bij de extreme scenario's zien we dat de dalingen in EKR frequenter, extremer en langduriger zijn terwijl het seizoenspatroon tussen de andere scenario's niet verschillend zijn. De simulaties voor de locaties op de zijlopen Moervaart en Zuidlede geven weer dat de biologische waterkwaliteit matig is gedurende het hele jaar, maar tijdens de zomerperiode evolueert dit kortstondig naar een ontoereikende biologische waterkwaliteit. Dit weerspiegelt de relatief lage kwaliteit van de biologie in het kanaal, maar tevens de extra druk die er nog bij optreedt in de zomerperiode.

Indien de chlorideconcentraties zouden stijgen, zou dit voornamelijk een impact hebben op de soortgemeenschappen in de zijlopen aangezien de soorten in het kanaal zelf wel brakwatersoorten betreft. Vooral de macroinvertebratengemeenschap zou hier dus getroffen worden. Bij een situatie gaande naar zoute omstandigheden (piekwaarden 8000 tot 10000 mg/l in droge zomers) zou de impact veel groter kunnen zijn waarbij de soortgemeenschappen gelinkt aan zoetwater omstandigheden zouden verdwijnen en zelfs de soortgemeenschappen met tolerantie voor brakwater-omstandigheden onder druk zouden kunnen komen te staan.

In Vanhooren et al. (2021a) werd vastgesteld dat het in de zomer zoute water van de Moervaart en Zuidlede mogelijk kan infiltreren in het grondwater en een effect hebben op de waterkwaliteit in dit gebied. Indien effectief infiltratie plaatsvindt zou de impact zwaarder kunnen doorwegen vanwege het sterkere zoute karakter, vanwege toenemende verzilting kanaalwater en zijlopen, van het infiltrerende water.

Zelfs in het geval van piekwaarden en/of het meest extreme scenario met een stijging in chloride-gehalte tot >5000 mg/l geen aanzienlijke wijzigingen in de grondwaterstroming noch invloed op de zoetwaterlenzen verwacht worden. Deze zijn van groot belang voor landbouw in het Nederlandse gedeelte rond het kanaal maar zouden dus niet negatief beïnvloed worden.

Ook de bedrijfswereld zal een impact ondervinden indien een verdere verzilting van het kanaalwater optreedt. Met door SOBEK berekende piekwaarden van 8000 mg/l bij Gent en 10000 mg/l bij Terneuzen in droge zomers, worden de tolerantiegrenzen van quasi alle materiaaltypen en opgelegde normen voor processen (vb. blussing cokesfabriek Arcelor Mittal) sterk overschreden. Enkel het zeer resistente Super Duplex 2507 en de zeewatermembranen zijn opgewassen tegen een dergelijke verzilting van het kanaalwater. Ook bij de seizoensgemiddelde waarden voor de verschillende scenario's, zoals hier besproken voor Sas van Gent, wordt reeds duidelijk dat de meeste materiaaltypen niet of amper resistent genoeg zullen zijn. Veel hangt echter ook af van de locatie van een bedrijf langs het kanaal. Er kan in ieder geval van uitgegaan worden dat in dergelijke scenario's significante investeringen voor onderhoud en/of vervanging van installaties nodig zal zijn in de bedrijfswereld.

Op basis van bovenstaande resultaten kan gesteld worden dat frequentere of extremere droogte vooral effecten heeft op scheepvaart, omdat dan forse stremmingen noodzakelijk zijn om het kanaalpeil te handhaven. Daarnaast zal de aanleg van de Nieuwe Sluis tot hogere zoutconcentraties op het kanaal leiden, wat een effect heeft op het ecologisch functioneren van in eerste instantie vooral de Moervaart en Zuidlede, maar bij extreme waarden op het hele kanaal en de bedrijfsactiviteiten die gebruik maken van kanaalwater.

Voor een gedetailleerd beeld van de methodiek, resultaten en aanbevelingen van elke deelstudie wordt verwezen naar de betreffende rapporten en achterliggende deelnota's.

### 1.3. Doel

Fase 2 moet leiden tot een advies aan het Ambtelijk College van de VNSC omtrent de te nemen maatregelen. Onderdelen van dit advies zijn inschattingen van de technische en juridische haalbaarheid en van het draagvlak onder de stakeholders van maatregelen. Daarnaast moet het advies schetsen welke stappen nodig zijn voor implementatie van de maatregelen. Het plan van aanpak voor fase 2 bestaat uit 7 verschillende stappen:

- Stap 1: Maatregelen en aanvullende onderzoeken
- Stap 2: Samenstellen van hoekpuntpakketten
- Stap 3: Inventarisatie van draagvlak
- Stap 4: Samenstellen van kansrijke maatregelpakketten
- Stap 5: Uitwerken kansrijke maatregelenpakketten
- Stap 6: Multicriteria analyse
- Stap 7: Advies aan het ambtelijk college

Het voorliggende rapport bevat het resultaat van stap 1 t/m 3 binnen het onderzoek van fase 2.

Het doel van deze rapportage is als volgt:

- Het creëren van een breed overzicht van mogelijke individuele maatregelen, hun effectiviteit en neveneffecten (Stap 1 van Fase 2).
- Het bundelen van kansrijke maatregelen in onderscheidende maatregelpakketten. Hierbij is een eerste bundeling gemaakt van maatregelen van een bepaald type, gericht op één doel: zogenaamde hoekpuntpakketten (Stap 2 van Fase 2). Deze pakketten zijn bedoeld om de keuzes die moeten worden gemaakt inzichtelijk te krijgen. Via een workshop met stakeholders is een eerste inventarisatie gedaan van het draagvlak van de verschillende oplossingsrichtingen (Stap 3 van Fase 2).

### 1.4. Totstandkoming en leeswijzer

De afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar droogte en verzilting in het KGT en naar mogelijkheden om de impact van droogte te beperken. Dit onderzoek heeft een plek gekregen in de zoektocht naar potentiële maatregelen en maatregelpakketten. De zoektocht is uitgevoerd door het consortium Schelde in Beeld (SiB), bestaand uit HKV IJN in water, Antea Group, Waardenburg Ecology en Universiteit Gent, in opdracht van de werkgroep Droogte van de VNSC. Daarbij is de volgende werkwijze gevolgd:

1. Opstellen literatuurlijst (bijlage 1)
2. Creëren van een maatregelenoverzicht (groslijst) o.b.v. literatuur, interviews en expertise
3. Voorleggen maatregelenoverzicht aan de Schelderaad (25 mei 2023)
4. Uitvoeren van nader onderzoek om kennisleemtes rond maatregelen in te vullen
5. Beschrijven van individuele maatregelen in het voorliggende rapport
6. Bundelen van maatregelen in drie maatregelpakketten (hoekpuntpakketten)

7. Voorleggen van hoekpuntpakketten aan stakeholders in een workshop (23 oktober 2023)
8. Beschrijven van hoekpuntpakketten in het voorliggende rapport

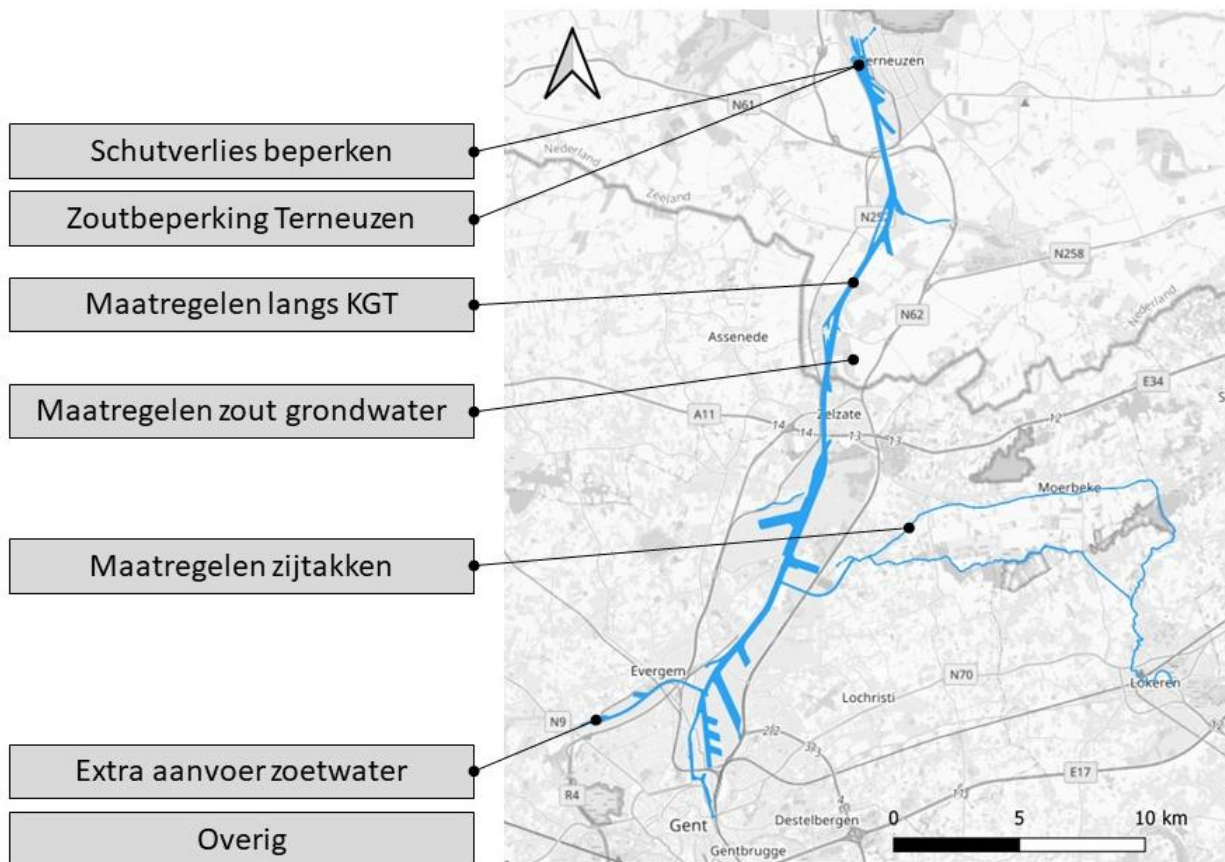
Dit rapport vormt de basis voor het vervolg van het project, waarin kosten en effectiviteit van verschillende maatregelpakketten verder worden uitgewerkt. Het rapport heeft het karakter van een levend werkdocument, waarin per maatregel een overzicht is gegeven van relevante informatie, voordelen, nadelen en een eerste beoordeling van de kansrijkheid van elke maatregel. Ook de bundeling van maatregelen in hoekpuntpakketten is nog slechts een eerste stap richting realistische maatregelpakketten. Het rapport is daarmee nadrukkelijk een tussenproduct. Dit heeft tot gevolg dat niet iedere component even goed is uitgewerkt en dat op bepaalde punten nog de nodige aanscherpingen dienen te gebeuren.

Hoofdstuk 2 beschrijft individuele maatregelen. Hoofdstuk 3 bevat combinaties van maatregelen in drie hoekpuntpakketten. Bijlage A bevat een literatuuroverzicht, Bijlage B het resultaat van verdiepend onderzoek. Bijlage C geeft detailinformatie over de werking van de Krammersluizen. Bijlage D bevat een besprekingsverslag van een workshop met stakeholders over de maatregelen en maatregelpakketten.

## 2. Maatregelen

### 2.1. Inleiding

Het sluisencomplex bij Terneuzen (Noordzeesluizen) bedient de scheepvaart tussen de Westerschelde en Gent. Bij het schutten dringt zout vanaf de Westerschelde het kanaal op en gaat water verloren richting de Westerschelde. In perioden van droogte heeft het KGT te maken met sterke verzilting. Daarnaast ontstaan in droge perioden problemen met het peilbeheer, met regulier schutten kan het peil niet worden gehandhaafd. Om het verlies van water te beperken wordt de sluis gestremd rond laagwater op de Westerschelde, wat leidt tot scheepvaartstremmingen.



Figuur 2-1: Overzicht van de typen maatregelen die op het KGT ingezet kunnen worden tegen de gevolgen van droogte.

In deze rapportage zijn de maatregelen voor de droogteproblemen op het KGT onderverdeeld in de volgende categorieën (Figuur 2-1):

- Extra aanvoer zoetwater: Een hoger debiet over het KGT geeft meer tegendruk voor het zout en vermindert de zoutindringing (paragraaf 2.2).

- Beperken zout grondwater: Beperking van infiltratie van verzilt water vanuit het KGT naar het grondwater of van zoute kwel naar omliggende gebieden. (paragraaf 2.3)
- Schutverlies beperken: Beperking van het schutverlies zorgt ervoor dat bij droogte het kanaalpeil beter op orde gehouden kan worden, waar mogelijk zonder dat er scheepvaartstremmingen nodig zijn. (paragraaf 2.4)
- Zoutbeperking Terneuzen: Het sluizencomplex bij Terneuzen is de bron van het zout op het KGT. Verlagen van de zoutlast vanuit het sluizencomplex beperkt de verzilting van het KGT. (paragraaf 2.5)
- Maatregelen zijtakken: Langs het KGT zijn een aantal zijtakken aanwezig: de Moervaart, de Zuidlede en de Avrijevaart. Deze zijtakken zijn van belang voor ecologie en zoetwatervoorziening en kunnen met aanvullende maatregelen extra beschermd worden tegen zoutindringing. (paragraaf 2.6)
- Maatregelen langs het KGT: Ook in het kanaal zelf kunnen maatregelen genomen worden om de verspreiding van het zout vanaf benedenstrooms (bij Terneuzen) richting bovenstrooms (richting Gent) te beperken. Dit kan bijvoorbeeld door de menging te verbeteren waardoor het zout makkelijker weggespoeld kan worden. (paragraaf 2.7)
- Overige maatregelen: Deze drie maatregelen vallen niet onder de hierboven genoemde categorieën. Het gaat om Ontzilten KGT, Ontzilten bekken met proceswater en bescherming tegen corrosie (paragraaf 2.8)

Elke maatregel is uitgewerkt volgens een standaard format met de volgende elementen:

- **Beschrijving van de maatregel**
- **Effecten van de maatregel**

De effecten van elke maatregelen beoordelen we met ++, +, 0, - of – op de onderstaande vier onderdelen. Bij een score van +/- zijn er zowel voor- als nadelen te noemen. Dit is een eerste globale inschatting van de effecten die de maatregel heeft.

- **Peilbeheer**

Het effect van de maatregel op het handhaven van het peil in het KGT (waterbeschikbaarheid tijdens droogte, beperken van schutverlies, etc.)

- **Verziltingsbeperking**

Het effect van de maatregel op het zoutgehalte van het kanaal, positief effect is minder zout dan in de situatie zonder maatregelen (minder zoutindringing bij de sluizen, minder zouttransport in bovenstroomse richting, effectievere afvoer van zout via spuien, etc.).

- **Scheepvaart**

Het effect van de maatregel op scheepvaart (beschikbaarheid van sluizen, wachttijden, veiligheid, etc.). Daarbij is de huidige praktijk met geclusterd schutten en scheepvaartstremmingen (zie §1.1) de referentiesituatie.

- **Impact op functies (exclusief scheepvaart)**

Het effect van de maatregelen op de functies natuur, industrie en/of assets. De score op deze maatregel zal altijd toegelicht worden bij de voor- en nadelen.

- **Voor- en nadelen**
- **Aandachtspunten en bijkomende informatie**
- **Literatuur**
- **Kennisleemtes**
- **Expertoordeel**



Het expertoordeel is een eerste inschatting van de kansrijkheid van de maatregel. Een maatregel is kansrijk als deze effectief én haalbaar is. We maken onderscheid tussen:

- *Positief*  
De maatregel is effectief en haalbaar op basis van de huidige informatie
- *Mogelijk positief*  
De maatregel lijkt effectief en haalbaar, maar aanvullende informatie is nodig
- *Twijfelachtig*  
Er zijn twijfels over de effectiviteit en/of de haalbaarheid van de maatregel
- *(Waarschijnlijk) negatief*  
De maatregel is (waarschijnlijk) onrealistisch, ineffectief, te rigoureuus en/of onhaalbaar
- *Onbekend*  
Te weinig informatie beschikbaar om te beoordelen

## 2.2. Extra aanvoer zoetwater

Extra aanvoer van zoetwater verhoogt het debiet over het KGT. Een hoger debiet geeft meer tegendruk voor het zout en vermindert de zoutindringing. Ook maakt een hogere bovenafvoer in perioden van droogte het mogelijk om langer te blijven schutten en minder te stremmen, zonder dat dit ten koste gaat van het peilbeheer. Maatregelen die leiden tot extra aanvoer op het KGT zorgen of voor meer toevoer uit omliggende watersystemen, bufferen water bovenstrooms van de sluizen of limiteren de afvoer via andere waterlopen dan het KGT.

Extra toevoer van zoetwater is ook als belangrijkste mitigerende maatregel in het Tracébesluit NST (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) opgenomen. Het vergroten van de wateraanvoer verkleint verzilting en verbetert het peilbeheer. De benodigde extra aanvoer van water verschilt voor beide functies. Waar het peilbeheer al in het gedrang kan komen bij een relatief korte periode van lage bovenafvoer (orde een week), is verzilting het gevolg van relatief langdurige lage bovenafvoer (orde maanden).

Bij een gemiddeld peilverschil is het daggemiddelde schutverlies in de situatie met NST ruim 12 m<sup>3</sup>/s bij een sterke wereldwijde economische groei (33% toename scheepvaartintensiteit) en ongeveer 11 m<sup>3</sup>/s bij een meer gematigde economische groei (10% toename, Witteveen+Bos, 2023). Dit is de minimaal benodigde bovenafvoer om te kunnen schutten zonder stremmingen. Ter vergelijking, het schutverlies zonder de NST op basis van schutdata uit 2016-2021 is 5,8 m<sup>3</sup>/s (HKV, 2023a). Het peil laten fluctueren geeft wat extra speling als de bovenafvoer korte tijd lager is, maar biedt voor langdurige droogte geen soelaas (HKV, 2023a). Zoals uitgelegd in §1.1 dient er dan te worden overgegaan op geclusterd schutten of op het stremmen van sluiscolken rond laagwater op de Westerschelde.

Om de chlorideconcentratie continu onder de Nederlandse KRW-norm van 3000 mg/l grens te houden, bij het bovenste meetpunt bij Sas van Gent (KGTS), is in de huidige situatie gemiddeld ongeveer 21 m<sup>3</sup>/s nodig (HKV, 2023a). De inschatting op basis van een modelstudie is dat de benodigde bovenafvoer stijgt met ongeveer 8 m<sup>3</sup>/s naar 29 m<sup>3</sup>/s na de realisatie van de Nieuwe Sluis Terneuzen (NST) en een scheepvaartintensiteit volgens GE2030. De benodigde afvoer neemt toe omdat het grotere kolkvolume van de NST resulteert in meer zoutindringing per schutting. De grenswaarde van 3000 mg/l uit de KRW geldt

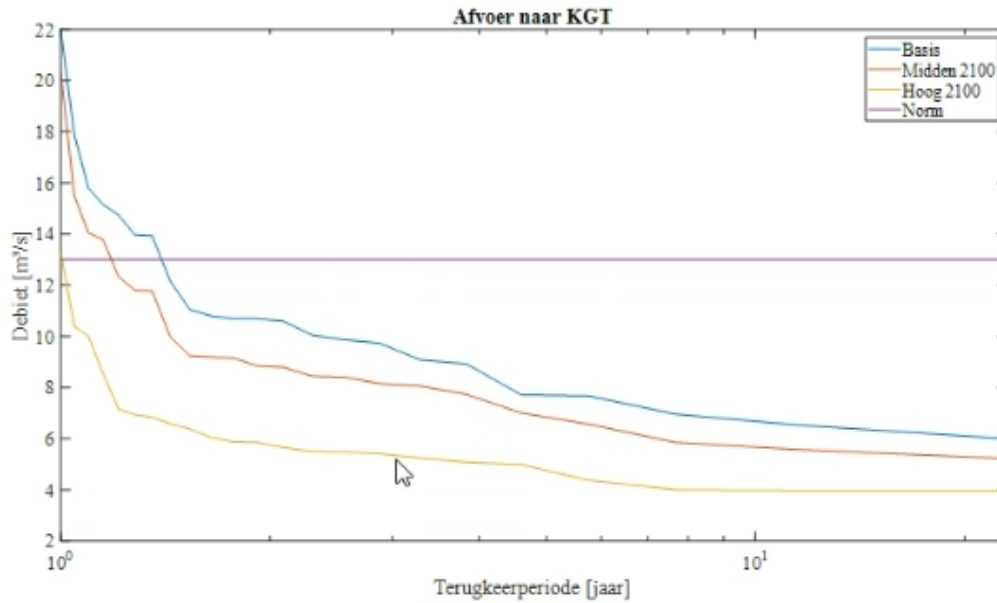
gemiddeld over 3 zomers. De 21-29 m<sup>3</sup>/s bovenafvoer is dus ook niet op elk willekeurig moment vereist, maar geeft een indicatie voor het vereiste gemiddelde debiet in de zomermaanden.

De minimale afvoer voor goed peilbeheer en ongelimiteerd schutten is dus ongeveer 11-12 m<sup>3</sup>/s (over 2 maanden gemiddeld). De minimale gemiddelde afvoer om aan de Nederlandse KRW-norm te voldoen is ongeveer 29 m<sup>3</sup>/s (met de NST en bij het GE2030-scenario, gemiddeld over de periode 1 april tot 1 oktober). Uit Tabel 2-1 (afkomstig uit HKV, 2023a) wordt duidelijk dat de Nederlandse KRW-norm in 4 van deze 9 zomers niet is gehaald. En dat nog zonder de NST. Na ingebruikname van de NST is naar verwachting een seizoensgemiddelde bovenafvoer van ongeveer 29 m<sup>3</sup>/s nodig om onder de 3000 mg/l te blijven (bij GE2030). Alleen in 2014 en 2016 kwam de afvoer daarbij in de buurt.

*Tabel 2-1: Seizoensgemiddelde waarden voor totale bovenafvoer (m<sup>3</sup>/s) en chlorideconcentratie (mg/l) op basis van metingen bij KGTS, bovenste meetpunt op 1,8 meter onder het wateroppervlak, gemiddeld over de periode 1 april tot 1 oktober voor 2014-2022. Rode waarden zijn hoger dan de KRW-norm van 3000 mg/l.*

Jaar	Afvoer	Concentratie
2014	25,6	1443
2015	20,5	2010
2016	27,4	1277
2017	12,5	4057
2018	18,3	3379
2019	13,6	3602
2020	13,1	2819
2021	18,7	2121
2022	11,0	3454

Figuur 2-2 (overgenomen uit Breugelmans et al., 2023) geeft een beeld inclusief klimaateffecten. Deze figuur laat zien dat de twee-maands gemiddelde bovenafvoer eens per anderhalf jaar lager is dan de afgesproken ondergrenswaarde van 13 m<sup>3</sup>/s in het basisscenario (huidig klimaat) en dat dit door klimaatverandering nog frequenter gaat worden (oranje en gele lijnen, zie Klimaatportaal (2023)). Figuur 2-2 helpt ons ook bij het duiden van de benodigde effectiviteit van maatregelen. De afvoeren zijn tweemaandelijks gemiddelde afvoeren, dus om de waarde 1 m<sup>3</sup>/s omhoog te krijgen is een extra watervolume gedurende twee maanden nodig. Dit komt overeen met een volume van ongeveer 20 miljoen m<sup>3</sup> (8000 olympische zwembaden).



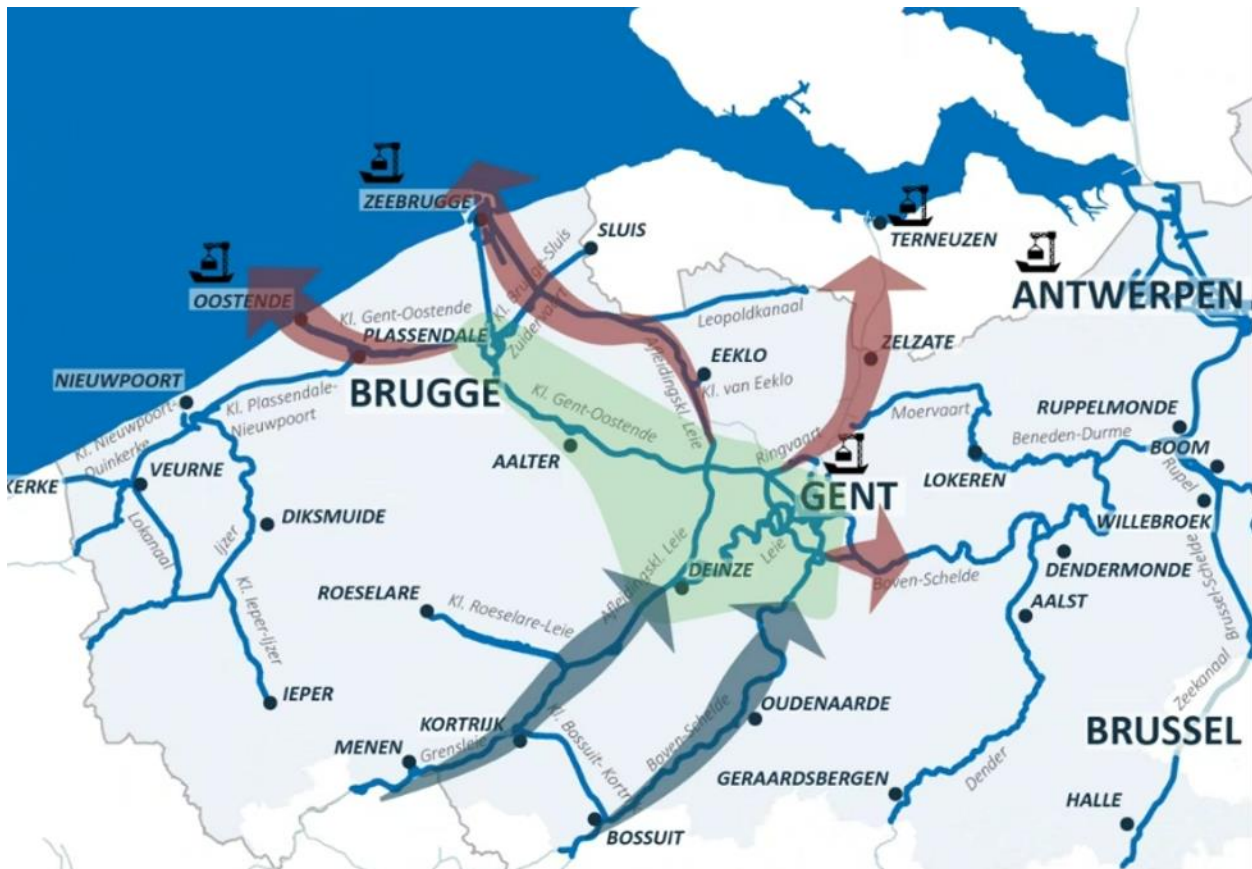
*Figuur 2-2 Minimaal 2-maandelijks gemiddeld debiet over het KGT als functie van de Terugkeertijd in jaren (Breugelmans et al., 2023). 10<sup>0</sup> of 1 jaar is daarbij de gemiddelde situatie. Waarbij 10<sup>1</sup>jaar betekent dat ieder jaar de kans 10% is dat zich een dergelijke afvoer voordoet*

### 2.2.1. Waterverdeling bij Gent aanpassen

Deze maatregel betreft het aanpassen van de waterverdeling rond Gent. Het doel van deze maatregel is extra water door het KGT te laten stromen door andere waterlopen te korten. Extra zoet water zorgt voor beter peilbeheer en minder verzilting in het KGT.

#### Waterverdeling Gent – KGT, KGO en Zeeschelde

Figuur 2-3 toont het watersysteem rondom Gent. Het watersysteem heet “het Groot Pand” en is groen gearceerd in het figuur. Water komt vanuit Frankrijk via de Leie en Bovenschelde. Bij Gent wordt het beschikbare water verdeeld over het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT), het Kanaal Gent-Oostende (KGO) en de Zeeschelde. In een verdrag is vastgelegd dat de afvoer via het KGT minimaal 13 m<sup>3</sup>/s is, gemiddeld over een periode van 2 maanden. Deze afvoer is voldoende voor het peilbeheer van het KGT, maar onvoldoende voor het beperken van de verzilting.



Figuur 2-3: Aanvoer en verdeling van water in het Groot Pand (groen gearceerd)

In de praktijk is de afvoer naar het KGT in droge zomers soms kleiner dan de afgesproken 13 m<sup>3</sup>/s. Dit komt doordat de wateraanvoer vanuit de Leie en Bovenschelde dan onvoldoende om zowel het KGT als het KGO en de Zeeschelde van voldoende water te voorzien. Het KGO en de Zeeschelde hebben ieder een minimaal debiet van 2m<sup>3</sup>/s nodig voor oeverstabiliteit, verziltingsbestrijding en/of

ecologisch functioneren. Als weinig water beschikbaar is wordt eerst aan deze watervraag van het KGO en de Zeeschelde voldaan, vervolgens wordt het restant van het water via het KGT afgevoerd.

## Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	+	+	-

### Voordelen

- Meest effectieve methode voor peilbeheer en verziltingsbeperking
- Minder scheepvaartstremmingen nodig om kanaalpeil te handhaven
- Geen infrastructurele aanpassingen nodig.

### Nadelen

- Minder zoet water voor Kanaal Gent-Oostende en de Schelde, verplaatsing van problematiek.
- In droge zomers hebben alle waterlopen rondom Gent een watertekort, waardoor er daar impact kan zijn op scheepvaart, stabiliteit van oevers en dijken en vismigratie.
- Mogelijk impact op drinkwatervoorziening Kluisen omdat er minder oppervlaktewater beschikbaar is

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Minder zoetwater voor het Kanaal Gent-Oostende (KGO) kan leiden tot problemen in dit kanaal. De stabiliteit van dijken rondom het KGO kan in het geding komen als het peil uitzakt. Daarnaast kan er verzilting optreden.
- In veel droge zomers (onder andere 2017, 2018 en 2019) is slechts het lekverlies richting de Zeeschelde gegaan, en naar het KGO slechts het debiet wat noodzakelijk is om de stabiliteit van de dijken te waarborgen. Verdere reductie van de debieten richting Zeeschelde en KGO is dan niet mogelijk.
- Lage afvoer kan op de Zeeschelde leiden tot onder andere verzilting en verhoogde sedimentconcentraties (SSC), met bijbehorende negatieve ecologische impact. Op basis van metingen en onderzoek werd door Universiteit Antwerpen in opdracht van De Vlaamse Waterweg een studie uitgevoerd waarbij een bepaald minimaal ecologisch zoetwaterdebiet werd voorgesteld, groter dan enkel het lekverlies zoals in eerdere zomers. De Zeeschelde staat momenteel al onder druk, zeker in droge perioden. Het Scheldeverdrag (VNSC, 2002) staat achteruitgang van het systeem niet toe.
- Er loopt momenteel een studie van de KU Leuven rond waterverdeling (Breugelmans et al., 2023). In deze studie is een waterbalansmodel ontwikkeld voor alle bevaarbare Vlaamse Waterlopen in beheer bij De Vlaamse Waterweg. Voor het systeem Leie/Schelde/Kust geldt dat de kustzone water vraagt, dat er een ecologisch debiet nodig is voor de Schelde, en dat er een verdrag is om zomergemiddeld 13 m<sup>3</sup>/s water over het KGT te sturen. Bij klimaatverandering is de verwachting dat het vrijwel elke zomer niet meer lukt om deze 13 m<sup>3</sup>/s te leveren aan het KGT, en dat bij sterke klimaatverandering ('hoog 2100') (zie, Klimaatportaal, 2023 voor achtergronden van de scenario's) de wateraanvoer gemiddeld eens per 10 jaar zomergemiddeld terugzakt naar 4 m<sup>3</sup>/s (zie Figuur 2-2).



### Literatuur

- *Overeenkomst tot wijziging van het verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en het Koninkrijk België betreffende de verbetering van het Kanaal van Terneuzen naar Gent* (Verdrag Kanaal Gent Terneuzen, 1985)
- Water- en zoutbalans voor het kanaal Gent – Terneuzen (Breugelmans et al., 2023).

### Kennisleemtes

- Welke verschuivingen zijn er mogelijk in het Franse bovenstrooms beheer? Frankrijk kan sturen op de waterverdeling richting Leie, Bovenschelde en de haven van Duinkerke. De verdeling die in tijden van droogte wordt toegepast is hierbij niet gekend. Een eerste inschatting is echter dat hier een slechts beperkte winst is te halen wanneer het Leie en Scheldebekken met droogte geconfronteerd worden is deze situatie meestal vergelijkbaar in Noord-Frankrijk. Echter dienen eventuele aanpassingen onderzocht te worden.

### Expertoordeel

**Negatief.** Zowel peilbeheer als zoutbestrijding vragen om een hogere afvoer door het KGT dan veelal wordt geleverd vanuit Gent. De ruimte om meer water te leveren is er echter zelden of nooit in droge zomers vanwege een te lage aanvoer vanuit de Leie en Bovenschelde. Er is daarbij ook nog een minimaal debiet nodig in het Kanaal Gent-Oostende (KGO) en de Zeeschelde vanwege stabiliteit van oevers, verziltingsbestrijding en ecologisch functioneren. Verdere reductie van de debieten richting Zeeschelde en KGO is dan niet mogelijk. Omliggende stroomgebieden kampen daarnaast met diverse problemen in perioden van droogte, waardoor weinig draagvlak verwacht wordt voor het herverdelen van de beschikbare bovenafvoer in het voordeel van het KGT.

## 2.2.2. Bufferen op het KGT

Bufferen op het KGT is het opzetten van het kanaalpeil bij hoge aanvoer. Dit geeft een extra hoeveelheid water voor momenten met een lagere afvoer.

Dit is al staande praktijk in perioden van droogte. De beheerder kan het opgezette peil benutten om zo te blijven schutten, hierdoor zakt het kanaalpeil weer.. Beheerders hebben de vrijheid om het peil te laten fluctueren tussen de grenzen van het peilbesluit. Peilopzet buiten het peilbesluit is momenteel niet mogelijk. Een variant op deze maatregel betreft het verhogen van de bovengrens in het peilbesluit voor meer buffercapaciteit.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	0	+/-	+/-

#### Voordelen

- Hoger peil is gunstig voor manoeuvreerbaarheid en controleerbaarheid van (diep stekende) schepen.
- Meer beschikbaar water voor landbouw en industrie langs het KGT.
- Minder scheepvaartstremmingen nodig bij kortdurende droogte.

#### Nadelen

- Effectiviteit afhankelijk van voorspelling.
- Doorvaarthoogte onder bruggen neemt af (binnenvaart).
- Waarschijnlijk alleen een oplossing voor een korte periode van droogte.
- Vergroot de zoute kwel naar de omgeving.
- Bij grote peilstijging: problemen met afwatering vanuit omliggende wateren, onderlopen terreinen langs het kanaal en langs de Moervaart en Zuidlede

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De buffercapaciteit is relatief klein vanwege het beperkte bergende oppervlak van het KGT (12 km<sup>2</sup>) en de kleine toegestane peilfluctuaties (25 cm boven en onder streefpeil). Met 25 cm peilopzet zou 3 miljoen m<sup>3</sup> water gebufferd kunnen worden. Dit kan de 2-maandelijks gemiddelde afvoer met 0,6m<sup>3</sup>/s verhogen. .
- De Nederlandse dijken rondom het KGT zijn beoordeeld bij een waterstand van NAP+2,75 m. Eventuele peilopzet leidt hier niet snel tot waterveiligheidsproblemen. Stabiliteit van waterkeringen in Vlaanderen en zijwaterlopen als de Moervaart en Zuidlede .dienen ook altijd beoordeeld te worden.Afwatering vanuit omliggende waterlopen (o.a. Moervaart en Zuidlede) kan bemoeilijkt worden door een peilstijging, terreinen rondom het watersysteem kunnen onderlopen en zoute kwel (bijvoorbeeld bij Sas van Gent) kan toenemen.
- De voorspelbaarheid van kortdurende hoge afvoer is beperkt, waardoor het moeilijk is om hierop te sturen.
- Een voorstel van VNSC (2015b) was om een 20 cm hoger streefpeil (dus NAP+2,30 m, TAW+4,65 m) in te stellen in de periode 1 april t/m 31 oktober, zolang hoogtebeperking bij bruggen en hinder in toevoerende waterlopen beperkt blijft. Een peilverhoging tot NAP+2,30 m heeft geen

noemenswaardige effecten op de omgeving. Pas ruim boven de bovengrens van NAP+2,35 m ontstaan er problemen.

- Peilfluctuaties buiten het peilbesluit vragen om een aanpassing van het peilbesluit met alle daaraan verbonden procedures.

### Literatuur

- Advies Water- en schutbeheer voor Kanaal Gent-Terneuzen voor de situatie na het gereed komen van de Nieuwe Sluis Terneuzen (VNSC, 2015b)

### Nader onderzoek

Bijlage B.1 beschrijft nader onderzoek naar de samenhang tussen peilopzet en scheepvaartstremmingen. Door het streefpeil in de zomer te verhogen, kan het aantal dagen met stremmingen worden gereduceerd, in een droge zomer met ongeveer 30% bij een streefpeilverhoging van 20 cm. Het bijbehorende effect op wachttijden is echter klein, omdat in een 'normale' droge zomer de stremmingen veelal beperkt blijven tot enkele uren rond laagwater bij alleen de Nieuwe Sluis. In zeer droge zomers inclusief klimaatveranderingseffect is er meer behoefte aan alternatieven voor stremming van sluiskolken, maar dan is het vanwege de lage bovenafvoer niet haalbaar om een hoger kanaalpeil te bewerkstelligen.

### Kennisleemtes

Meer gedetailleerd beeld van de gevolgen van een verhoging van het kanaalpeil voor de doorvaarthoogte en afwatering vanuit toevoerende waterlopen.

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Bij het beoordelen van deze maatregel is het nodig om verschillende situaties te onderscheiden:

- Een beperkte peilopzet bij kortdurende hoge kanaalafvoer is al de huidige praktijk, en daardoor geen maatregel.
- Een meer structurele verhoging van het streefpeil gedurende de gehele zomer heeft in een zeer droge zomer geen invloed, omdat het kanaalpeil dan al continu tussen de ondergrens en streefpeil schommelt. In minder extreem droge zomers kan een hoger streefpeil iets verschil maken in het aantal dagen met stremmingen, maar het effect op wachttijden is gering. Neveneffecten zijn beperkt, zolang de peilverhoging binnen de marges van het peilbesluit blijft.
- Het aanpassen van het peilbesluit om zo het streefpeil nog hoger op te zetten heeft oordeel negatief. Zonder grote aanpassingen rondom het kanaal en de zijtakken is dit niet mogelijk. De extra peilopzet heeft te weinig effect op stremmingen en wachttijden tegenover de negatieve neveneffecten die het met zich meebrengt.

### 2.2.3. Bufferbekkens zoetwater

Bufferbekkens met zoetwater kunnen op twee manieren werken:

- Water in natte periodes bovenstrooms opslaan om tijdens droge zomers te gebruiken om de afvoer over het KGT te vergroten;
- De zomerafvoer over het KGT gelijkmatiger verdelen door een lokaal bufferbekken te gebruiken om afvoerpieken op te slaan en weer leeg te laten stromen tijdens droge periodes.

Bufferbekkens bovenstrooms van het KGT liggen in of rond de bovenloop van de Bovenschelde of de Leie. Omdat droogte lang kan duren is een grote buffercapaciteit nodig voor een substantieel effect op de afvoer, en daarmee peilbeheer en verzilting. Potentiële locaties voor het creëren van bufferbekkens zijn de afgesneden meanders van de Leie (paragraaf 7.2.3 uit IMDC, 2009), of verder bovenstrooms in Wallonië of Frankrijk.

Het gelijkmatiger verdelen van water over de zomer met behulp van een groot bufferbekken bij het KGT heeft een klein effect op het zoutgehalte in het KGT (HKV, 2023a). In voorbeeldjaar 2016 zorgt dit voor een verlaging van 250 mg/l. Dit is het resultaat van 25 miljoen m<sup>3</sup> buffercapaciteit (een gebied van 5x5 km waar 1 m water in wordt geborgen).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	0/+	+	-

#### Voordelen

- Ook in te zetten bij wateroverlast.
- Mogelijk minder stremmen voor wateroverschot omdat water bovenstrooms opgevangen kan worden.

#### Nadelen

- Forse buffercapaciteit nodig voor voldoende aanvoer om verzilting tegen te gaan (tientallen miljoenen m<sup>3</sup>). Dit vereist veel ruimte.
- Ruimtebeslag leidt tot moeilijkheden met ruimtelijke inpasbaarheid en conflicterende andere functies van de beoogde gebieden.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Bij het creëren van bufferbekkens waar water langere tijd stilstaat is aandacht nodig voor de waterkwaliteit en ecologie (toxische algenbloei). Die moet voldoende zijn om risico's op systeemverontreiniging te voorkomen in de afgesloten systemen. Afgesneden bekkens zijn ecologisch niet interessant, open verbonden bekkens bieden een ecologische meerwaarde (zoals bij Ruimte voor de Rivier). Voor deze maatregel is de stuurbaarheid van de verbinding tussen het bekken en het open water ook van belang.
- Bij het dimensioneren van deze maatregel maakt het veel uit of het doel is om het kanaalpeil op orde te houden of om verzilting tegen te gaan. Om effectief verzilting tegen te gaan is veel meer water nodig dan om het peil op orde te houden zonder stremmingen (het debiet dat onderhouden moet worden is 12,2 m<sup>3</sup>/s).

- Door de KU Leuven (Breugelmans et al., 2023) is verkend hoeveel water nodig zou zijn geweest om in de droge zomer van 2022 het zomergemiddelde debiet van 13 m<sup>3</sup>/s uit het verdrag te kunnen leveren, waar dit in de praktijk niet is gelukt. Het benodigde buffervolume is dan ongeveer 17 miljoen m<sup>3</sup> (eerste grove inschatting), wat gelijk is aan twee maal het volume van de spaarbekkens bij Kluizen (ten westen van het KGT).
- Het hoogteverschil in het Scheldebekken is klein, hierdoor blijven bufferbekkens ondiep en is een groot oppervlak nodig om veel water op te slaan.

### Literatuur

- *Haalbaarheidsstudie Seine-Schelde West: Verkennend onderzoek over de waterbeschikbaarheid en verziltingsaspecten* (IMDC, 2009)
- Bijlage B van *Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering* (HKV, 2023a)
- Water- en zoutbalans voor het kanaal Gent – Terneuzen (Breugelmans et al., 2023).

### Kennisleemtes

- Hoe veel buffercapaciteit is nodig om het peilbeheer op orde te houden en op volle capaciteit te kunnen schutten in een droge zomer?
- Hoeveel buffercapaciteit is haalbaar, waar kan deze gerealiseerd worden, en hoe verhoudt dit zich tot de benodigde buffercapaciteit?

### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Vanwege het grote benodigde oppervlak is deze maatregel naar verwachting niet haalbaar op grote schaal. Verziltingsbestrijding vraagt om een langdurig effect op de bovenafvoer. Dit is niet haalbaar via bufferbekkens. Peilbeheer kan gebaat zijn bij extra water gedurende kortere periodes. Misschien zijn er voor peilbeheer mogelijkheden voor buffercapaciteit als deel van een groter maatregelenpakket.



## 2.2.4. Opzetten bovenstroomse waterlopen

De maatregel “Opzetten bovenstroomse waterlopen” verhoogt de peilen in bovenstroomse waterlopen van het KGT in natte periodes (bijv. Groot Pand, Leie, Schelde, Afleidingskanaal). Hiermee wordt water in natte periodes opgeslagen om in droge periodes te gebruiken. Dit kan bijna 1,5 miljoen m<sup>3</sup> extra water opleveren (IMDC, 2009). Dat staat gelijk aan verhoging van de 2-maandelijks gemiddelde afvoer van 0,3 m<sup>3</sup>/s. Opzetten en uitzakken binnen het peilbesluit is haalbaar. Variaties buiten het peilbesluit kunnen mogelijk tot omvangrijke problemen leiden.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	0/+	0/+	-

#### Voordelen

- Extra buffer voor periodes van droogte.

#### Nadelen

- Langer ophouden water kan leiden tot algenbloei met effecten op organisch materiaal, slibaccumulatie en problemen met opgeloste zuurstof.
- Tijdelijke beperking van migratie van dieren
- Bij sterke peilopzet: verminderde doorvaart-hoogte en instabiliteit kades en kunstwerken

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Op het Groot Pand zijn weinig peilfluctuaties mogelijk. Onder normale omstandigheden fluctueert het peil tussen 5,61 en 5,71 m TAW. Vanaf 5,70 m TAW ontstaat al hinder bij kunstwerken bij Brugge. Dit is vooral het geval bij lage afvoer, als er nauwelijks verhang is binnen het Groot Pand. De waterstand bij Brugge is dan nagenoeg gelijk aan de waterstand bij Gent. Bij 5,81 m TAW moeten er keersluizen in Gent worden gesloten. Bij 5,90 m TAW komt de waterveiligheid van Brugge in gevaar en ontstaan er problemen met doorvaarthoogtes. Al met al is er weinig ruimte voor peilopzet op het Groot Pand zonder negatieve neveneffecten. (Bron: persoonlijke communicatie watermanagers De Vlaamse Waterweg).
- Er zijn dus aanpassingen nodig aan het bovenstroomse watersysteem om te bergen.
- In het (vrijwel) stilstaande gebufferde water kan de waterkwaliteit mogelijk verslechteren in de periode tussen opslaan en afvoeren van het bufferwater.

### Literatuur

- Paragraaf 7.2 in Haalbaarheidsstudie Seine-Schelde West: Verkennend onderzoek over de waterbeschikbaarheid en verziltingsaspecten (IMDC, 2009)
- Lopende studie van de KU Leuven over de waterverdeling rond Gent (zie ook paragraaf 2.2.1) (Breugelmans et al., 2023).

### Kennisleemtes

- In hoeverre is het mogelijk om de bovenstroomse waterlopen in de winter verder op te zetten en bij droogte uit te laten zakken?
- Hoe veel extra bovenafvoer kan hiermee gerealiseerd worden in perioden van droogte?

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** In het Groot Pand is nauwelijks peilverhoging mogelijk zonder dat dit tot problemen leidt bij onder andere Gent en Brugge. De buffercapaciteit is hierdoor erg beperkt. De hoeveelheid extra water is op zichzelf niet voldoende om het peil op orde te houden of de verzilting voldoende tegen te houden. Voor de Leie, Bovenschelde en het afleidingskanaal is het onbekend hoeveel hoger het peil kan zonder grote problemen. Deze maatregel kan dus hooguit worden ingezet als onderdeel van een breder maatregelpakket.

## 2.2.5. Aantakken watersysteem Zeeuws-Vlaanderen

Deze maatregel heeft als doel water uit het regionale watersysteem van Zeeuws-Vlaanderen op het Kanaal af te laten stromen in plaats van op het KGT. Dit zorgt voor een toename van de afvoer op het benedenstroomse gedeelte van het kanaal.

In de nabijheid van KGT liggen de gemalen van twee regionale watersystemen. Deze gemalen pompen water vanuit de Otheense Kreek en de Braakman naar de Westerschelde (Figuur 2-4). Via een nieuw aan te leggen verbinding met een waterloop en een gemaal zou water uit deze systemen in KGT kunnen worden gepompt.



Figuur 2-4: Het regionaal watersysteem van Zeeuws Vlaanderen met de Braakman kreek en de Otheense kreek die nu afwateren op de Westerschelde.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	0/+	+	+

#### Voordelen

- Water in beide kreek wordt momenteel niet gebruikt voor andere doeleinden.
- De afvoercapaciteit van de gemalen op de Otheense Kreek naar de Westerschelde wordt uitgebreid, dit biedt mogelijkheden voor het KGT.

#### Nadelen

- Waarschijnlijk onvoldoende water beschikbaar in perioden van droogte.
- Rondom de Braakman spelen veel initiatieven om daar juist water vast te houden. Afvoeren op het KGT werkt hiervoor nadelig.

- Meer spuicapaciteit bij Terneuzen nodig als de afwatering van de Otheense Kreek (deels) afhankelijk wordt van het KGT.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Zowel de Otheense als de Braakman kreek hebben een relevante recreatie- en natuurfunctie. Afvoer van water naar KGT kan waarschijnlijk niet zonder impact hierop, wat invloed zal hebben op het draagvlak. Ook dient er bij lozen in het KGT rekening gehouden te worden met stroming die hiermee veroorzaakt wordt en mogelijk storing veroorzaakt voor de scheepvaart.
- Het zoutgehalte van de kreek is op dit moment onbekend, het heeft alleen een positief effect op de verziltingsbeperking als het zoutgehalte lager is dan het KGT.
- In het traktaat uit 1843 (SDU, 2023) staat dat polderwater niet mag afstromen naar het kanaal. Dit moet eerst worden aangepast voordat het gerealiseerd kan worden.
- Tussen afvoergebied Braakman en het KGT ligt de Westelijke Rijkswaterleiding (WRWL), afvoergebied Braakman grenst momenteel dus niet aan het KGT.
- Momenteel is de uitbreiding van gemaal Othene (meer dan verdubbeling huidige capaciteit) in voorbereiding. Deze capaciteit zou ook bereikt kunnen worden met een nieuw gemaal lozend op het KGT. Aangezien gemaal Othene in de kern van Terneuzen ligt, is de vergroting van het gemaal niet eenvoudig en kan een nieuw gemaal een eenvoudigere oplossing zijn. Dit is echter momenteel nog niet in beeld vanwege het verbod van het Traktaat. Dit zou dan eerst aangepast moeten worden. Daarnaast is een geschikte locatie voor een nieuw gemaal ook nog niet eenvoudig te vinden vanwege wegen, kabels en leidingstraten.
- In het stroomgebied van Westelijke Rijkswaterleiding is momenteel op de grens het gemaal Denderdreve in voorbereiding. Deze loost 1 m van de grens aan Belgische zijde vanwege het verbod van het traktaat. Hier worden afspraken gemaakt dat onder normale en droge omstandigheden het water niet naar het kanaal wordt afgevoerd omdat de polder in Nederland afhankelijk is van de zoetwaterstroom die onder normale omstandigheden via Sas van Gent afvoert richting WRWL. Waterschap Scheldestromen betaalt hieraan mee om de aanvoer van zoetwater te borgen voor de toekomst.
- Het verplaatsen van de uitstroom van de sluis en gemaal WRWL die vanwege het traktaat net benedenstrooms van het kanaal is aangelegd is een optie die al eens is bekeken door RWS.
- Water aanvoeren naar het kanaal vanuit de Braakman is technisch misschien mogelijk maar lijkt onwenselijk. Er zijn veel initiatieven om de zoetwater voorraad in dit systeem te vergroten vanwege de vraag naar industriewater van DOW.

### Literatuur

- Traktaat uit 1843 (SDU, 2023)

### Kennisleemtes

- Hoeveel afvoer is er beschikbaar vanuit het regionale watersysteem van Zeeuws Vlaanderen in relatief droge zomers? Is dit de moeite waard qua peilbeheer en verzilting van het KGT?
- Is het fysiek mogelijk om de watersystemen te verbinden met het KGT? Denk hierbij aan de aanwezige leidingstraten en de sterke verstedelijking in het gebied.
- Wat zijn de negatieve effecten voor de Braakman Kreek en Otheense Kreek?

- Hoe hoog is het zoutgehalte en wat is de waterkwaliteit in de Braakman Kreek en Otheense Kreek? Wat is de impact op het KGT als dit water naar het KGT wordt gevoerd?
- Is het mogelijk om de afspraak uit het traktaat aan te passen?

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Extra afvoer over het KGT zorgt voor verbetering van peilbeheer en verziltingsbestrijding. De verwachting van het Waterschap Scheldestromen is echter dat de hoeveelheden beschikbaar water in perioden van lage afvoer op het KGT zeer klein of zelfs nul zullen zijn.

## 2.2.6. Winterspoelingen

Met hoge afvoeren van zoet water kan zout uit het kanaal gespoeld worden. Deze maatregel richt zich op het vergroten van de winterafvoer om zo nog meer zout uit het kanaal te spoelen in natte winters, voor een zo zoet mogelijke start van de (mogelijk droge) zomer.

Uit modelonderzoek naar spoelingen (HKV, 2023a) blijkt dat het schoonspoelen van het kanaal slechts een kortdurend effect heeft. Ruim een maand na een verhoogde afvoer is het zoutgehalte weer in balans met de beschikbare zoetwaterhoeveelheid. Dus ongeacht de grootte van de winterspoeling zal na één maand het zoutgehalte weer op hetzelfde niveau zijn als in een situatie zonder winterspoeling.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	0	0

#### Voordelen

- Makkelijker extra bovenafvoer te realiseren in periode van wateroverschot.

#### Nadelen

- Niet effectief in perioden van droogte wanneer de meeste verzilting optreedt.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

Geen.

### Literatuur

- *Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering* (HKV, 2023a), over 1D-modellering van winterspoelingen.
- Bijlage B van *Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering* (HKV, 2023a), over 2DV-modellering van winterspoelingen.

### Kennisleemtes

Geen.

### Expertoordeel

**Negatief**, want hoewel haalbaar is de maatregel niet effectief. Door de beperkte effectiviteit bij droogte is deze maatregel minder interessant. De maatregel heeft wel een klein positief effect door de lagere zoutgehalten in de eerste maand na de winterspoeling.



### 2.2.7. Zomerspoelingen

Met hoge afvoeren van zoet water kan zout uit het kanaal gespoeld worden. Deze maatregel focust zich op het spoelen van het kanaal met water dat tijdens hevige regenval rond Gent in de zomer kan vallen. Door dit water via het KGT af te voeren kan spoelt zout uit het Kanaal.

In Bijlage B van HKV (2023a) is met een 2DV-model gerekend aan een korte intense spoeling met 75 m<sup>3</sup>/s extra water gedurende twee dagen. Deze zorgt voor een kortstondige daling van de chloride-concentraties op het gehele kanaal van ongeveer 500-1000 mg/l. De daling duurt echter nauwelijks langer dan de zoetwaterpuls zelf, en heeft geen langdurige invloed in de weken die daarop volgen.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/+	0/+	0	0

#### Voordelen

- Makkelijker extra bovenafvoer te realiseren in periode van wateroverschot rond Gent.

#### Nadelen

- Waarschijnlijk zijn hoeveelheden te klein voor een significant effect op het zoutgehalte op het KGT.
- Het KGT is mogelijk niet de enige watervrager voor doorspoeling in droge periodes.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De spuicapaciteit bij Terneuzen moet voldoende groot zijn om pulsen vanuit Gent in combinatie met de afvoer van de Moervaart weer af te kunnen voeren.
- Een tijdelijk sterk verhoogde afvoer zorgt voor stremmingen rondom het sluizencomplex van Terneuzen. Deze stremmingen moeten beperkt worden.

#### Literatuur

- *Verziltiging Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering* (HKV, 2023a), over 1D-modellering van winterspoelingen.
- Bijlage B van *Verziltiging Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering* (HKV, 2023a), over 2DV-modellering van winterspoelingen.

#### Kennisleemtes

Geen.

#### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief**, een zoetwaterpuls heeft geen langdurige invloed op verziltiging in de periode na afloop van een puls.

### 2.3. Beperken zout grondwater

Een zouter KGT leidt via kwel en het grondwater mogelijk tot verzilting van de omgeving van het KGT. Dit heeft geen effect op de zoetwaterlenzen, maar kan wel merkbaar zijn in de omgeving nabij het kanaal. Deze paragraaf bevat maatregelen die tot doel hebben het negatieve effect dat het kanaal op de omgeving heeft (toenemende verzilting/hogere chloride waarden) te beperken. Dit zijn geen maatregelen die de verzilting op het kanaal zelf tegengaan.

### 2.3.1. Afdichtende laag bodem kanaal

Met een afdichtende laag op de bodem van het kanaal kan de indringing van het kanaalwater naar het grondwater verminderd worden. Dit kan bijvoorbeeld met het aanleggen van een kleilaag of van een folie. Een voorbeeld hiervan zijn bentonietmatten, dit zijn afdichtingsmatten bestaande uit 2 lagen getextiel met daartussen een laag natriumbentoniet (soort klei). Het bentoniet zwelt zeer sterk wanneer het in contact komt met water, waardoor het een afdichtende laag vormt.

Deze zou geplaatst moeten worden over de hele sectie waar het kanaal een infiltrerende werking heeft (nagenoeg de Nederlandse kant van het kanaal, ongeveer 16 km) en eventueel delen van de zijlopen. De afdichtende laag kan op de huidige bodem gelegd worden, of aangebracht worden na afgraven van de huidige kanaalbodem.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/+	0/+	-	0/+

#### Voordelen

- Beperking van zoute kwel en verzilting van grondwater.
- Zelfherstellend vermogen van bentonietmat (bij kleine perforaties).
- De slechte waterkwaliteit op het KGT heeft minder invloed op de omliggende watersystemen

#### Nadelen

- Beperkte effectiviteit/geen garantie op succes (zie Julianakanaal).
- Zeer ingrijpende maatregel.
- (Zeer) hoge kosten.
- Verminderde diepte bij aanbrengen van de laag bovenop de huidige kanaalbodem
- Mogelijk moeilijk combineerbaar met kanaal-aanpassingen op middellange termijn.
- Onderhoud wordt mogelijk bemoeilijkt.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Verminderde diepte kanaal ordegrootte 0,5 – 1,0 m (dikte bentonietmatten = enkele cm's + de steenbestorting om de matten te stabiliseren) bij aanbrengen van de laag bovenop de huidige kanaalbodem. Voor de bulkcarriers die momenteel de Westsluis gebruiken, betekent een vermindering van de diepgang van een bulkcarrier met 0,5 m een ladingsreductie van ruim 3000 ton (grof geschat).
- Kleinere kanaalsectie en geringere diepte zullen een effect hebben op de vaarsnelheden van schepen.
- Impact op het uitvoeren van onderhoudsbaggerwerken (risico op toebrengen van schade aan de folie/bentonietmatten).
- Een mogelijke variant is om een ondoorlatende laag niet direct op de bodem maar in de omgeving van het kanaal te creëren met een verticale ondoorlatende laag. Dit kan met bentoniet, maar mogelijk ook door damwanden te verlengen of te vernieuwen.
- Een afname van de waterdiepte kan worden voorkomen door de bodem eerst af te graven.

- Momenteel lopen verkenningen of op midtermijn delen tot heel het kanaal verdiept kunnen worden. Hierdoor dienen deze werken of afgestemd te worden op de verdieping of is een huidige investering slechts tijdelijk wat dit moeielijk verantwoordbaar maakt.

### Literatuur

- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning, 2002)

### Kennisleemtes

- Duurzaamheid van de folie/bentonietmatten?
- Het mogelijk gebruik van ijzeroer i.p.v. folie/bentoniet (onduidelijkheid over de effectiviteit, duurzaamheid en het aanbrengen van een dergelijke laag (kosten/uitvoerbaarheid). De interactie tussen Ijzeroer en het kanaalwater moet hiervoor wel worden onderzocht.
- Directe (bijvoorbeeld habitatcondities door verandering van type substraat) en indirecte (chemische waterkwaliteit door verandering uitwisseling elementen tussen sediment en waterkolom) ecologische effecten zijn weinig of niet gekend.

### Expertoordeel

**Negatief** gezien de hoge kosten, dieptebeperking en de onduidelijkheid over de effectiviteit.

### 2.3.2. Peilverhoging Canisvliet

De Canisvliet Kreek ligt op Nederlands grondgebied vlak bij de Belgische grens. Op de oostoever van deze kreek groeit kruipend moerasscherm, een strikt beschermde soort van de Europese Habitatrichtlijn (Prov. Zeeland 2020). Aangezien het kanaal een ongeveer 2 m hoger waterpeil heeft dan de kreek, infiltreert er water vanuit het kanaal naar Canisvliet. Een verzilting van het kanaal heeft dus effecten op de waterkwaliteit van Canisvliet; de concentratie chloride in Canisvliet loopt de laatste jaren ook al behoorlijk op en deze toename lijkt gekoppeld aan de toename van de concentratie chloride in de kwel-sloten tussen Canisvliet en het kanaal. Aangezien kruipend moerasscherm een soort is van zoete (of hooguit zwak brakke) omstandigheden, kan dit effecten hebben op de populatie.

De Canisvlietse kreek wordt beschermd tegen verzilting door een afsluiting van de kwelsloot. Uitgangspunt voor de huidige studie is daarom dat er geen maatregelen rond de Canisvliet meer nodig zijn. Een mogelijke aanvullende maatregel om de effecten van de Nieuwe Sluis te mitigeren is een peilverhoging op Canisvliet. Een hogere waterstand in de Canisvlietse kreek geeft meer tegendruk tegen de kwel (afkomstig van het kanaal) die via het eerste watervoerende pakket via de bodem in de kreek komt. De verminderde kweltoevoer reduceert de verzilting van Canisvliet.

Berekeningen tonen aan dat 0,5 m peilverhoging de kwelvoeding met ruim 20% reduceert (Witteveen+Bos, 1994). Een verdere reductie is mogelijk bij een peilverhoging van > 0,5 m, maar dit zal aanpassingswerken vragen aan de infrastructuur (bv. Ophoging van Vissersverkortingsweg) (Royal Haskoning, 2002). Sinds de studie van Witteveen en Bos in 1994 zijn er significante aanpassingen geweest in het gebied, deze kunnen een effect hebben op de toen getrokken besluiten. Royal Haskoning (2022) maakte eerder al een ruwe schatting van de kosten voor een eenvoudige stuw (max. 0,5 m peilverhoging) en kwam daarbij op zo'n €25.000 (*Let op: het gaat hier om een bedrag geraamd in 2002, rekening houdend met de indexatie en stijgende materiaal- en productiekosten over de jaren zal dit bedrag voor een soortgelijke installatie in realiteit vandaag hoger liggen*).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	+	0	--

#### Voordelen

- Reduceert naast zout ook stikstof en fosfor op Canisvliet.
- Vrij effectieve manier.
- Relatief lage kosten van de maatregel zelf (excl. bijkomende infrastructuurwerken).

#### Nadelen

- Infrastructuurwerken (vaak kostelijk) bij een peilverhoging > 0,5 m.
- Een peilverhoging van een halve meter zal tot gevolg hebben dat de groeiplaats van kruipend moerasscherm grotendeels of geheel permanent onder water komt te staan. Hierdoor zal de soort zeer sterk afnemen en waarschijnlijk zelfs lokaal uitsterven. Zelfs bij een geleidelijke verhoging zal het kruipend moerasscherm teveel moeilijkheden ondervinden.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Studie van Witteveen+Bos dateert van 1994. Sindsdien significante veranderingen in het gebied die mogelijk een effect kunnen hebben op de besluiten van Witteveen+Bos toen.
- Kruipend Moerasscherm is beschermd en kan niet tegen een peilverhoging van 0,5 meter.

### Literatuur

- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning, 2002).
- Herstel watersysteem Canisvliet: integratie REGIWA-deelstudies (Witteveen+Bos, 1994).

### Kennisleemtes

- Effecten van een peilverhoging van Canisvliet op omliggend gebied?
- Hoe ver kan het peil worden verhoogd zonder negatieve gevolgen voor het beschermde kruipend moerasscherm.

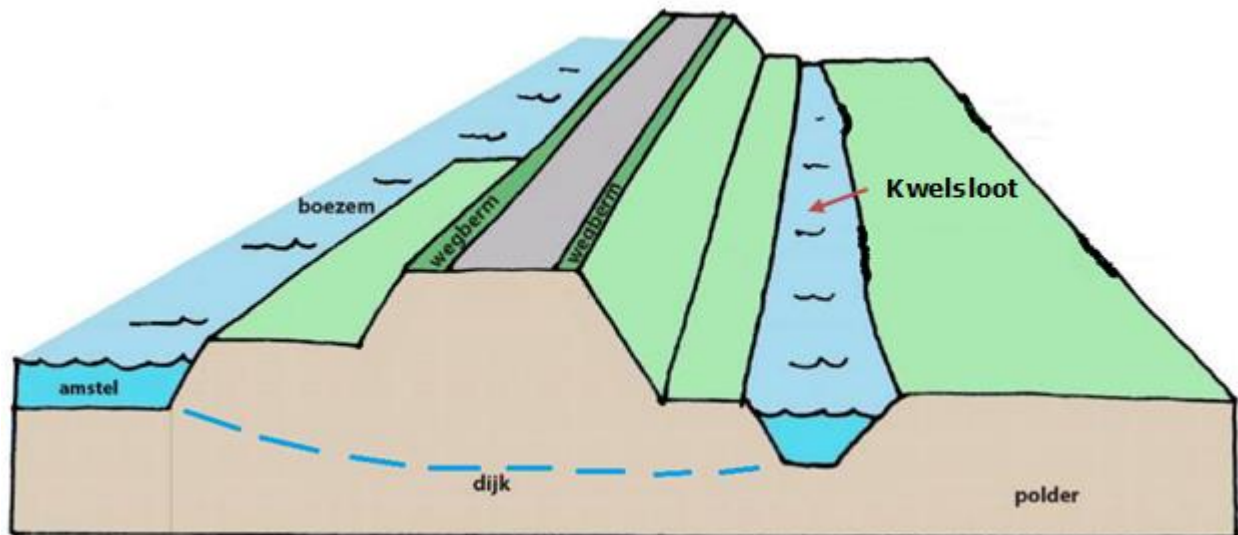
### Expertoordeel

**Negatief.** Deze maatregel geeft een vrij efficiënte reductie in kweltoevoer t.o.v. beperkte kosten van de maatregel. Het is echter zeer negatief voor het kruipend moerasscherm; dit zal waarschijnlijk uitsterven bij een peilverhoging van 0,5 m ongeacht of deze al dan niet geleidelijk wordt ingevoerd. Daarom is deze maatregel onhaalbaar.



### 2.3.3. Extra kwelsloten langs het KGT en de zijlopen

Een kwelsloot is een sloot (smalle watergang) aan de binnenzijde van de dijk die (zout) kwelwater opvangt en afvoert (Figuur 2-5). Kwelwater komt naar boven komen bij hoge waterstanden in een rivier/kanaal (hoger gelegen dan land binnenzijde dijk). Het kwelwater komt dan onder de dijken door. Op een aantal plaatsen ontbreken kwelsloten langs het kanaal en de zijlopen. Als er in het omliggende gebied hinder ondervonden wordt door (zoute) kwel vanuit het KGT, zou de aanleg van een kwelsloot deze hinder kunnen wegnemen of beperken. Dit is een maatregel voor gevolgbeperking en heeft geen impact op de verdere verzilting van het kanaalwater zelf.



Figuur 2-5: Schematische weergave kwelsloot

#### Voordelen

- De hinder van de zoute kwel op omliggend gebied wordt verlaagd en/of volledig weggenomen, effectieve manier.
- Relatief eenvoudig uit te voeren
- Relatief lage kosten van de maatregel zelf (t.o.v. andere maatregelen)
- Bewezen techniek in afvangen zout

#### Nadelen

- Onduidelijk of dit de volledige hinder zou wegnemen of slechts een deel.
- Realisatie van kwelsloten, indien deels op privéterreinen bijkomend overleg nodig.
- Ingrijpende werken nodig over grotere secties. Heeft impact op de ruimtelijke voetafdruk en de waterhuishouding van de sloten zelf dient bekeken te worden.

#### Effecten

Peilbeheer	Scheepvaart	Verziltingsbeperking	Impact op functies
0	0	0	+

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Op een aantal plaatsen ontbreken kwel sloten langs het kanaal. De vraag is of deze met reden ontbreken. Zijn er specifieke redenen dat deze in het verleden niet werden aangelegd? Dit kan worden nagevraagd.

### Literatuur

- Schelde in Beeld (2022) – Deelrapport Grondwater (Vanhooren et al. (2021))

### Kennisleemtes

- Een eventueel zoute kwel dient langs de zijlopen extra onderzocht te worden zodat ook hier gepaste maatregelen kunnen worden genomen. Gezien ook hier zoutwater zal infiltreren in het grondwater in droge periodes (Vanhooren et al., 2021 – Fase 1 Deelrapport Grondwater).

### Expertoordeel

**Mogelijk positief**, deze maatregel kan vrij eenvoudig worden toegepast indien er geen specifieke redenen waren in het verleden om geen kwel sloten aan te leggen. De effectiviteit van deze maatregel is bewezen.

## 2.4. Schutverlies beperken

Het schutverlies is het volume water dat per schutcyclus wegstroomt via een schutsluis als het kanaalpeil hoger ligt dan de waterstand op de Westerschelde. Dit is op de meeste momenten het geval vanwege het relatief hoge kanaalpeil op NAP+2,10 m. Hoe groter het peilverschil en hoe groter het kolkoppervlak, hoe hoger het schutverlies. Beperking van het schutverlies zorgt ervoor dat bij droogte het kanaalpeil beter op orde gehouden kan worden. Schutverlies beperken gaat om maatregelen die het volume water per schutting verkleinen of om maatregelen die zorgen voor minder schuttingen of de schuttechnieken aan te passen. Deze maatregelen hebben potentieel een enorme impact op scheepvaart gaande van de sluisen die voor grote delen van dag onbeschikbaar zijn tot beperkingen van dimensies van schepen die door de sluisen kunnen. Hierbij moet gestreefd worden naar een evenwicht tussen effectiviteit qua peilbeheer en minimaliseren van scheepvaarthinder bij de sluisen.

### 2.4.1. Optimaliseren sluisstremmingen

Bij dreigend watertekort wordt bij de sluisen overgegaan op waterbesparend schutten. Dit houdt in dat er scheepvaartstremmingen zijn rond laagwater op de Westerschelde wanneer het peilverschil en dus ook het schutverlies het grootst is. Dit is staande praktijk en een effectief middel om het daggemiddelde schutverlies te beperken. Wel ontstaan er wachtrijen rond laagwater, waardoor gemiddeld genomen de wachttijd voor schepen toeneemt. Mogelijk zijn optimalisaties mogelijk waarbij meer effect op het peilbeheer wordt bewerkstelligd tegen lagere impact op de scheepvaart.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	0/-	-	0

#### Voordelen

- Zeer effectieve maatregel om het kanaalpeil op orde te houden.

#### Nadelen

- Toename van wachttijden voor scheepvaart.
- Meer zoutindringing rond hoogwater dan rond laagwater.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De hinder voor scheepvaart in termen van wachttijden bij verschillende stremmingsduren is in kaart gebracht door Witteveen+Bos (2023). Hierin is aangetoond dat zelf bij forse stremmingen het sluisencomplex niet de grote bottleneck in de wachttijden hoeft te zijn (bij een scheepvaartstijging van 10% t.o.v. de huidige situatie). De capaciteit van het sluisencomplex is groot genoeg om bij efficiënt gebruik de wachtrijen weg te werken tussen de stremmingen door. Een nuance hierbij is dat momenteel onduidelijk is of ondersteunende diensten en andere cruciale punten verder op het kanaal de verhoogde piekintensiteit aankunnen.
- Schuttingen zorgen voor zouttoevoer naar het kanaal. Hierbij is de netto zoutimport groter tijdens schuttingen bij hoogwater dan bij laagwater. In perioden van droogte, als de binnenhaven bij Terneuzen al vrij zout is, kan het zelfs zo zijn dat bij een schutting rond laagwater netto zout geëxporteerd wordt. Wel wordt er overwegend over de gehele dag minder vaak geschut bij stremmingen. Overwegend leiden stremmingen echter tot wat meer netto zoutimport dan schutten over de gehele getijcyclus.
- Debietverwachtingen van Leie en Schelde zijn onzeker. Dit heeft implicaties voor de nauwkeurigheid van de verwachtingen voor de aanvoer naar het KGT. Hierdoor is er onzekerheid over de toe te passen duur en omvang van de stremmingen in de komende dagen tot weken. Bij een nauwkeurigere debietverwachting zouden mogelijk kortere stremmingen kunnen worden afgekondigd.

#### Literatuur

- Effect sluisstremmingen sluisencomplex Terneuzen (Witteveen+Bos, 2023)
- Advies Water- en schutbeheer voor Kanaal Gent-Terneuzen voor de situatie na het gereedkomen van de Nieuwe Sluis Terneuzen (VNSC, 2015b)

### Kennisleemtes

- Hoeveel hinder geeft dit daadwerkelijk voor de scheepvaart? Hiervoor kan nog gekeken worden naar statistieken van afgelopen zomer bij Terneuzen maar na opening van NST verandert de situatie. Vergelijkend onderzoek is mogelijk door te kijken naar de Noordersluis in IJmuiden.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Dit is staande praktijk (de referentiesituatie) en zeer effectief. Bij gebrek aan een alternatieve maatregel waarmee hinder voor scheepvaart vermindert is dit een goede optie die al haalbaar is gebleken. Mogelijk vallen stremmingen nog slimmer uit te voeren, met meer effect op het peilbeheer tegen minder hinder voor de scheepvaart. Daarom is het oordeel 'mogelijk positief'. Voor optimalisatie zou het BOS (§2.4.4) ingezet kunnen worden. Deze maatregel waar mogelijk zeker blijven toepassen, maar de staande praktijk moet niet opgevoerd worden als nieuwe maatregel tegen de effecten van droogte en verzilting.

## 2.4.2. Uitzakken kanaalpeil

Als de beheerders toestaan dat het kanaalpeil uitzakt, hoeft er minder snel overgegaan te worden op scheepvaartstremmingen. Hierdoor is er minder toename van wachttijden bij de sluisen. Een bijkomend voordeel is dat een lager kanaalpeil zorgt voor gemiddeld lagere schutverliezen richting de Westerschelde. Anderzijds kan het zijn dat de grootste schepen niet meer (maximaal beladen) over het KGT kunnen varen. Verder geeft een lager kanaalpeil minder tegendruk tegen de indringing van zout water bij het schutten. Uitzakken binnen het peilbesluit (tot maximaal 25 cm onder streefpeil) is staande praktijk. Voor verder uitzakken (bijvoorbeeld nog 10-20 cm) zou het peilbesluit moeten worden aangepast, en zijn zowel de effecten als de gevolgen van uitzakken groter.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
-	0/-	+/-	-

#### Voordelen

- Minder stremmingen en wachttijden nodig
- Minder schutverlies door kleiner peilverschil
- Minder zoute kwel naar omgeving

#### Nadelen

- Nadelig voor diepstekende schepen (bulk- en tankvaart).
- Bij sterk uitzakken: stabiliteit van kades.
- Minder druk tegen het zout water bij het schutten.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Door diepgangsbeperingen kan het inzetten van stremmingen tijdelijk uitgesteld worden. Dit betekent dat schepen met een beperkte diepgang langer zonder hinder door kunnen varen. Voor schepen met een grotere diepgang betekent dit dat ze of niet of minder zwaar beladen het kanaal over kunnen. Schepen moeten dan worden gelichter op de Westerschelde, in de Put (ook wel: Bocht) van Terneuzen. Dit vergt goede, tijdige communicatie met de scheepvaartsector.
- Voor scheepvaart werkt het effect aan twee kanten: Minder zwaar beladen schepen (kleinere diepgang) kunnen langer blijven varen zonder stremmingen, maar schepen met een grote diepgang kunnen helemaal niet meer varen.
- Een peilverlaging kan gevolgen hebben voor de stabiliteit van oevers en kades. Mogelijk is daarbij vooral aandacht nodig voor de haven van Gent, omdat de staat van onderhoud daar minder goed is dan rond Terneuzen.
- Deze optie kan in het bijzonder interessant zijn als op korte termijn neerslag en daardoor een verhoogde bovenafvoer wordt verwacht.

### Literatuur

Geen.

### Nader onderzoek

Bijlage B.1 beschrijft nader onderzoek naar de samenhang tussen peilopzet, peiluitzakking en scheepvaartstremmingen. Waar peilopzet slechts weinig effect heeft op scheepvaartstremmingen, leidt



peiluitzakking wel tot een duidelijke afname van het aantal dagen met stremmingen, het aantal gestremde sluiskolken en de duur van de stremmingen rond elk laagwater. In gematigd droge zomers leiden stremmingen nog niet tot een sterke toename van wachttijden. In extreem droge zomers (inclusief klimaatveranderingseffecten) lopen de wachttijden door de stremmingen wel ver op. In zulke situaties zou overwogen kunnen worden om wat minder rigoureuus te stremmen, in combinatie met uitzakken van het kanaalpeil tot bijvoorbeeld 20 cm onder de huidige ondergrens. Hierdoor kan het aantal dagen met drie gestremde sluiskolken sterk worden verlaagd, tot wel een factor 3 bij een 20 cm lagere ondergrens. Dit zorgt ervoor dat de toename van wachttijden door stremmingen gemiddeld over de hele zomer daalt van 40 naar 25 minuten voor de binnenvaart en van 55 naar 40 minuten voor de zeevaart. Het is aan te bevelen om nader onderzoek te doen naar de hinder door een verlaging van de ondergrens met 10 tot 20 cm ten opzichte van de hinder als gevolg van scheepvaartstremmingen.

### Kennisleemtes

- Een peilverlaging tot bijvoorbeeld NAP+1,65 m valt buiten het peilbesluit. Variatie in scheepstypes en tonnage per schip is hierbij belangrijk. Een Panamax schip moet dan bijvoorbeeld gelichter of minder zwaar beladen het kanaal op. Elke centimeter minder diepgang is 750 ton lichter of 750 ton minder lading naar Gent brengen. Dan wordt het economisch minder aantrekkelijk om zulke schepen via het kanaal te sturen. Hoe verhoudt zich dat tot kosten van stremmingen met bijbehorende wachttijden? Dit zou nader onderzocht moeten worden.
- Hoe stabiel zijn de kades en damwanden (o.a. bij Gent en rond de Moervaart/Zuidlede) bij lagere waterstanden?
- Wat is de impact op bevaarbaarheid van de Moervaart?
- Effect op de zijlopen
- Hoe groot is het effect voor verziltingsbeperking? Minder schutverlies, maar ook minder tegendruk tegen zout water.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Beperkt uitzakken is staande praktijk. Verder laten uitzakken van het kanaalpeil is gunstig voor het uitstellen en/of beperken van scheepvaartstremmingen, waardoor wachttijden bij extreme droogte kunnen worden verkort. Uitzakken tot (10-20 cm) onder het afgesproken minimumpeil vraagt echter wel om een aanpassing van het peilbesluit, leidt tot diepgangsbeperingen en vereist onderzoek naar de stabiliteit van kades en damwanden.

### 2.4.3. Optimaliseren geclusterd schutten

Normaal gesproken wordt ongeveer één keer per uur geschut. Bij geclusterd schutten wordt geschut met kolken die zo vol mogelijk liggen, ook als dit langere wachttijden oplevert. Er wordt dan gewacht tot de kolk vol is. Hierdoor zijn er in totaal minder schuttingen nodig om de scheepvaart te bedienen, en gaat er minder water verloren door schutverliezen. Dit wordt in de praktijk al gedaan bij watertekort. Mogelijk zijn hierin nog optimalisaties mogelijk.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	+	-	0

#### Voordelen

- Minder schutverlies vanwege minder schuttingen
- Minder zoutindringing omdat er minder vaak geschut wordt en het schutvolume kleiner is.

#### Nadelen

- Schepen moeten langer wachten, ofwel bij de sluisen, ofwel op zee om op het toegewezen passagetijdstip bij de sluisen aan te komen.
- Deuropentijden per schutting zijn wat langer bij een volle kolk, waardoor de reductie van de zoutindringing door het lagere aantal schuttingen weer iets kleiner wordt.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Om de deuropentijden te beperken wachten schepen buiten de kolk tot alle schepen die meegaan met een bepaalde schutting klaar liggen. Schepen melden zich aan voor doorgang van het sluisencomplex, minstens 3 uur van tevoren voor binnenvaart en 6 uur voor zeevaart. Vervolgens krijgen schepen via de zogenaamde GTI-tool (Gent Terneuzen Informatietool, [www.gtitool.be](http://www.gtitool.be)) een schuttijdstip toegekend. Als het schuttijdstip door geclusterd schutten relatief laat valt, wachten zeeschepen op zee zodat ze rond het schuttijdstip bij Terneuzen arriveren. Als geclusterd schutten niet wordt meegenomen in de GTI-tool, wachten schepen bij het sluisencomplex. Pas als alle ingeplande schepen aanwezig zijn, gaan de deuren open (voor zover de veiligheid dit toelaat en er voldoende ruimte is).
- Voor het beperken van schutverliezen is het raadzaam om zoveel mogelijk de kleinste sluis te gebruiken (voor zeevaart de Westsluis, voor binnenvaart de Oostsluis).

#### Literatuur

- MER deelrapport water (Lievens CSO & Svašek, 2015)
- Uit Witteveen+Bos (2023) blijkt dat geclusterd schutten meer invloed heeft op gemiddelde wachttijden dan stremmingen rond laagwater.

#### Kennisleemtes

- Hoeveel winst is nog haalbaar met meer geclusterd schutten dan in de staande praktijk?
- Hoeveel neemt de zoutlast naar en verzilting van het kanaal af als geclusterd schutten wordt toegepast?

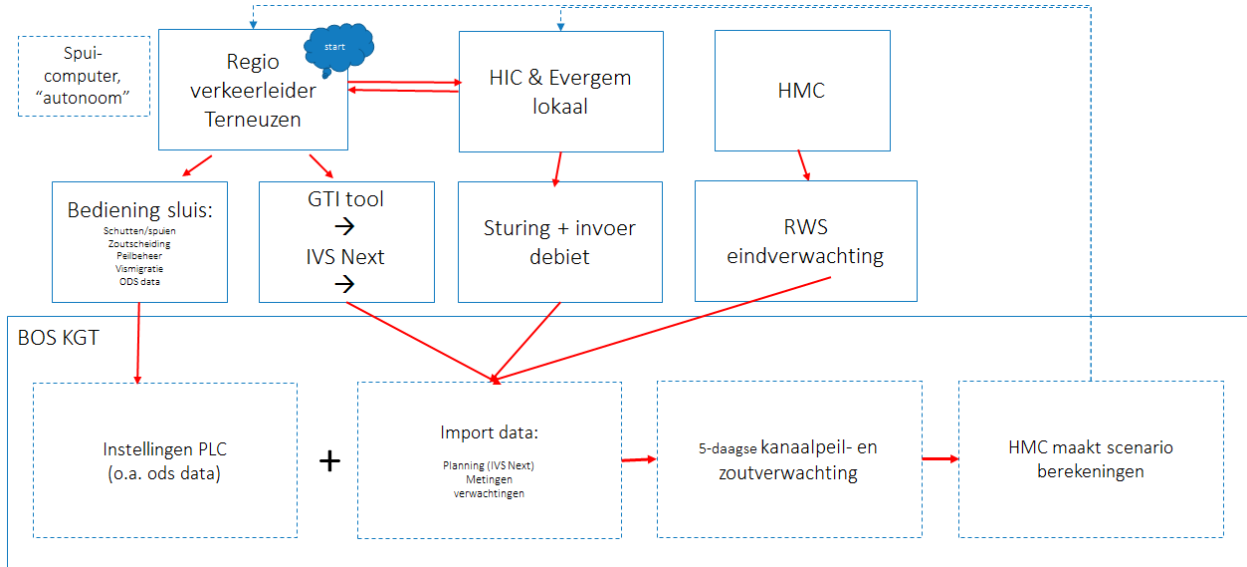


### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Dit wordt in de praktijk al gedaan (referentiesituatie) en de mogelijkheid voor verdere winst lijkt beperkt. Deze maatregel waar mogelijk zeker blijven toepassen, maar niet framen als nieuwe maatregel.

### 2.4.4. BOS Sluizen Terneuzen

Een Beslissingsondersteunend Systeem (BOS) is een systeem dat advies geeft voor een optimale schutten en spuiplanning gegeven het scheepvaartaanbod, het zoutgehalte op het KGT en de debietverwachting vanuit Evergem. Een operationeel BOS-systeem voor Kanaal Gent-Terneuzen wordt momenteel gebouwd door Deltares in opdracht van de VNSC. Figuur 2-6 toont een beslissingsboom die de basis kan dienen voor het BOS.



Figuur 2-6: Schematische weergave van de werking van het BOS flowchart (uit presentatie VNSC op Scheldesymposium, 2022)

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	0/+	+	0

#### Voordelen

- Indien er stremmingen nodig zijn wordt er gekeken naar hoe dit optimaal ingericht kan worden voor de scheepvaart.
- Maakt optimalisatie van geclusterd schutten mogelijk

#### Nadelen

- Huidige versie geeft enkel waarschuwingsschermen voor droogte en zout en geen adviezen hieromtrent. Voor hoogwater biedt het BOS uitgebreidere ondersteuning.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Debietverwachtingen van Leie en Schelde zijn onzeker, waardoor het moeilijk is om met een werkbaar tijdraam de aanvoer naar het Groot Pand en het KGT te voorspellen. Hierbij speelt mee dat het onbekend is wat bovenstrooms in Frankrijk gebeurt.
- Daarnaast is het niet eenvoudig om scheepvaartdata realtime op te nemen in het BOS. Verdere optimalisatie en toevoeging van de methode om scheepvaartdata in te lezen gaat worden toegevoegd in toekomstige systeemupdates (2x per jaar)

- In de praktijk wordt momenteel niet gestremd voor zout bij het sluizencomplex in Terneuzen.
- Mogelijk ook nuttig voor andere aspecten met betrekking tot waterkwaliteit en migratie van dieren (als hiermee ook rekening wordt gehouden in de sturing).
- Bij Sas van Gent (KGTS) geldt een zoutnorm op basis van de gemiddelde chlorideconcentraties over 3 zomers. Op basis hiervan kan berekend worden hoeveel zout nog binnen mag komen in de huidige zomer. Op basis hiervan krijgen sluisbeheerders inzicht of er marge gewonnen of verloren wordt ten opzichte van de KRW-norm van 3000 mg/l chloride.

#### Literatuur

- *Building a decision support system for the Terneuzen locks: combining optimal planning for water and shipping* (Martens et al, 2018)
- Presentatie VNSC op Scheldesymposium (2022): BOS Kanaal Gent-Terneuzen; Beslissingsondersteunend systeem. Stefan Nieuwenhuis (RWS Zee & Delta), Rutger Blok (RWS Zee & Delta), Maarten Deschamps (Vlaamse Overheid – WL), 9 Juni 2022.

#### Kennisleemtes

- Nog onduidelijk in hoeverre het BOS in de praktijk kan leiden tot optimalisatie van het schutregime.

#### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Het BOS is in ontwikkeling en zal vanaf 2024 getest worden.

### 2.4.5. Hevelend schutten

Bij hevelend schutten worden de schutkolken (sluizen) in tegenfase gebruikt, zodat het water voor het afschutten in de ene kolk direct gebruikt kan worden voor het opschutten in de andere kolk ("cross filling locks"). Hiermee kan een groot deel van het schutverlies bespaard worden. Hiervoor zijn grote riolen nodig tussen de kolken en moet het schutregime aangepast worden.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	+	-	0

#### Voordelen

- Tot 50% terugwinnen van schutverlies
- Gedeeltelijke uitwisseling tussen Nieuwe Sluis en Westsluis wellicht mogelijk.

#### Nadelen

- De indeling van het sluisencomplex laat het optimaal gebruik van hevelend schutten niet toe.
- Impact op het schutregime.
- Grote constructieve aanpassingen nodig.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Inpassing van uitwisselingssysteem tussen de kolken in het sluiscomplex.
- Vooral gericht op peilbeheer en hergebruik van zoet water. Het effect op zoutvermindering is eerder beperkt.
  - Omdat het kolkoppervlak en dus ook het spuivolume van de NST 2 keer zo groot is als dat van de Westsluis, zal dit maar maximaal 50% waterbesparing opleveren.
  - Het vraagt een ingrijpende aanpassing aan de rioolstelsels van beide sluizen en zal ook inefficiënties in het spuiproces opleveren omdat de beide kolken gelijktijdig moeten nivelleren.

#### Literatuur

- Onbekend

#### Kennisleemtes

- Percentage van schutverlies dat exact hergebruikt zou kunnen worden is onduidelijk.

#### Expertoordeel

**Negatief:** beperkt effectief zonder impact op schutregime en scheepvaart. Dit is een maatregel met hoge kosten.



## 2.4.6. Nivelleerwater terugpompen naar KGT

Bij deze maatregel wordt nivelleerwater teruggepompt naar het kanaal in plaats van dat het water onder vrij verval naar de Westerschelde wegstroomt. Hierdoor wordt het schutverlies beperkt, waardoor er minder vaak of minder intensief gestremd hoeft te worden bij de schutsluizen (de huidige praktijk bij droogte, en daarmee de referentie) en er minder lange wachttijden zijn voor de scheepvaart. Mogelijk kan er hierdoor ook meer zout water weg gespuid worden vanuit de zoutvang bij de Westsluis. Het nivelleerwater zal qua zoutgehalte tussen de concentraties in de Buitenhaven en op het KGT in liggen.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	0/+	+	0/-

#### Voordelen

- Geen/minder stremmingen nodig, daardoor positief voor scheepvaart
- Kan in perioden van droogte worden ingezet om peil in stand te houden.

#### Nadelen

- Hoge kosten voor aanleg, gebruik en onderhoud van het pompgebied.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Maatregel alleen positief voor scheepvaart indien schuttijd niet verlengd wordt. Anderzijds altijd beter dan stremmen.
- Mogelijk is deze maatregel ook positief qua zoutbalans, omdat er meer ruimte is voor het afvoeren van zout vanuit de zoutvang van de Westsluis. Daartegenover staat het terugpompen van relatief zout water uit de kolk. Onduidelijk is hoe dit netto uitpakt. De reductie van zoutuitwisseling is ca. 30% volgens Royal Haskoning (2002), waarbij wel rekening moet worden gehouden met de door hen gebruikte dimensies van de NST.
- Wat opvalt is dat bij hoge kanaalafvoeren deze maatregel contraproductief is (Royal Haskoning, 2002). Dit kan opgelost worden door enkel te pompen in perioden van droogte.
- De optie vergt een grote pompcapaciteit om dezelfde nivelleertijd te kunnen realiseren als bij het nivelleren onder vrij verval. Er zijn wel concessies mogelijk (gedeeltelijk terugpompen, langere nivelleertijd,...) waarmee het ontwerp geoptimaliseerd kan worden.
  - Grote pompcapaciteit (ca. 90m<sup>3</sup>/s, voor technische uitwerking zie §3.3.2) noodzakelijk om nivelleertijd acceptabel te houden (gelijkaardig aan de situatie met nivelleren onder vrij verval).
  - De pompcapaciteit kan verkleind worden door een nivelleerbekken te gebruiken. Hierdoor kan de pomp continu een kleiner debiet pompen in plaats van een groot debiet tijdens het schutten (§2.4.9).
- Het gebruik van een extra pomp is in conflict met de ambities rond duurzaamheid van I&W.
- De maatregel zal voor de NST de stremming van deze sluis beperken, maar het zal niet per definitie de stremming van de OS en WS voorkomen die ook nodig is bij de 1/10 jaar droogte.
- Technisch:

- Het nivelleerkanaal dat aan de westzijde langs de kolkwand loopt kan ter plaatse van het binnen- en buitenhoofd met schuiven dichtgezet worden. Op ca  $\frac{1}{4}$  en  $\frac{3}{4}$  van de kolk bevinden zich op de bodem van de kolk de vulroosters die in open verbinding staan met het nivelleerkanaal. Omdat de roosters in open verbinding staan met het nivelleerkanaal, zullen eventuele pompen in het nivelleerkanaal aan de boven- of benedenzijde van de beide roosters geplaatst moeten worden (waarbij het kanaal dan ook ter plaatse van de pomp wordt afgesloten) omdat er anders water rondgepompt wordt.
- Een aparte instroomopening voor de pompen hoger in de wand, bijvoorbeeld aan de oostkant van de kolk, lijkt vanuit oogpunt van zoutlast beter omdat de bodemroosters net het zoutste water onttrekken. Vraag is wel of dit door een hoge mate van menging in de kolk veel verschil zal maken.
- Het terugpompen van nivelleerwater zal vooral een positief effect hebben op het kanaalpeil. De keerzijde is dat doordat er minder tot geen water meer wordt uitgelaten de verwachting is dat het teruggepompte kolkwater na verloop van tijd vrijwel net zo zout zal worden als het buitenwater. Uit berekeningen zal moeten blijken hoe snel dit gaat.
- Deze maatregel zal vooral effectief zijn in combinatie met maatregelen die deze uitwisseling beperken en dan vooral in tijden van lage bovenafvoer.
- Het pompen moet visvriendelijk zijn, trekvissen moeten niet in de pomp kunnen belanden.
- Trekvissen kunnen moeilijker naar de paai/opgroei gebieden achter de sluis komen.
- Een zoetere kolk zou kunnen leiden tot grotere troskrachten, hoewel dit niet verwacht wordt aangezien de maatregel toegepast wordt bij droogte waarbij het water niet zoeter zal zijn dan momenteel het geval is bij periodes met hoge afvoer.

### Literatuur

- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning, 2002)

### Kennisleemtes

- Wat is de maximale acceptabele schuttijd?
- Kan een gemaal ingepast worden in het sluiscomplex? De eerste indruk is dat dit technisch mogelijk is, maar een grondige analyse is nog niet uitgevoerd.
- Verwachting is dat het teruggepompte kolkwater na verloop van tijd vrijwel net zo zout zal worden als het buitenwater. Berekeningen nodig om te bepalen hoe snel dit gaat en wat het effect is.
- Hoe beïnvloedt deze configuratie de migratie van dieren (invertebraten en in het bijzonder vissen)?

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Voornaamste vraag is of de kosten om een dergelijk groot gemaal te bouwen en in te passen/aan te sluiten op het nivelleersysteem van de kolk opwegen tegen de zoutwinst in vergelijking met een veel kleiner gemaal dat continu zout water oppompt (§2.4.8) en de tijdwinst voor de scheepvaart ten opzichte van de huidige maatregel (stremmen op laag water).

### 2.4.7. Nivelleren met water uit buitenhaven

Bij deze maatregel wordt water uit de Buitenhaven opgepompt richting de kolken tijdens het schutten. Tijdens het reguliere schutproces stroomt water uit het kanaal de schutkolk in onder vrij verval en stroomt dit bij het nivelleren weg richting de Westerschelde. Oppompen van water uit de Buitenhaven zorgt ervoor dat er minder zoet kanaalwater gebruikt en weggespoeld hoeft te worden tijdens het schutproces. Dit zorgt ervoor dat er meer spuiwater over is voor zoutbestrijding (Royal Haskoning, 2002) via het spuien vanuit de zoutvang bij de Westsluis. Daarnaast hoeft er minder vaak of minder intensief gestremd te worden bij de schutsluizen (de huidige praktijk bij droogte, en daarmee de referentie), waardoor er minder lange wachttijden zijn voor de scheepvaart. De inzet van een pomp, zelfs met lagere pompcapaciteit, voor het oppompen van water uit de Westerschelde heeft tot gevolg dat de wachttijden korter worden. De nivelleertijd is afhankelijk van de pompcapaciteit: hoe zwaarder de pomp, hoe korter de nivelleertijd.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	0/-	+	0/-

#### Voordelen

- Geen/minder stremmingen nodig
- Er wordt minder (relatief zoet) kanaalwater gebruikt voor het nivelleren.
- Kan ingezet worden bij specifiek droge perioden.
- Zoutere kolk: lagere troskrachten.

#### Nadelen

- Verhoging van de chloridegehalten in de sluis-kolk en (direct of indirect) op het KGT.
- Grote pompcapaciteit noodzakelijk om schuttijden acceptabel te houden, of keuze voor langere schuttijden.
- Kosten voor aanleg pompgemaal.
- Energiekosten en onderhoud pompen

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Oppompen van zout water zorgt ervoor dat er minder zoetwater gebruikt en weggespoeld wordt tijdens het schutproces. Dit zorgt ervoor dat er meer spuiwater over is voor het wegspuien van zout uit de zoutvang bij de Westsluis. Omdat de chloridegehalten in de sluis-kolk stijgen ten gevolge van het oppompen van water uit de Westerschelde is het netto-effect moeilijk te voorspellen (Royal Haskoning, 2002).
- Deze maatregel kan optioneel geoptimaliseerd worden door de aanleg van 2 opvangbekkens, een hoog en een laag bekken (Nadeel: nodige ruimte) (Royal Haskoning, 2002).
- Om het oppompen van water uit de buitenhaven in perioden van droogte te verenigen met de bestaande verdragen, moeten de bestaande verdragen aangepast/verfijnd worden.

#### Literatuur

- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning, 2002)

#### Kennisleemtes

- Wat is het effect van een zoutere kolk op het zoutgehalte van het KGT?

- Hoe beïnvloedt deze configuratie de migratie van dieren (invertebraten en in het bijzonder vissen)?
- Bepalen van de optimale pompcapaciteit.
- Bepalen van de optimale locatie voor het pompstation.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Voor peilbeheer en het voorkomen van scheepvaartstremmingen is dit een zeer goede maatregel. Mogelijk hoeft het ook niet negatief uit te pakken qua verzilting, omdat er vaker zout uit de zoutvang bij de Westsluis gepompt kan worden. Wel zijn er vraagtekens over de haalbaarheid, gezien de grote benodigde pompcapaciteit om acceptabele nivelleertijden te behalen. Daarbij komt automatisch ook hoog energieverbruik.

## 2.4.8. Water oppompen uit de buitenhaven

Ook in deze variant wordt water vanuit de buitenhaven gepompt, maar dan niet richting één of meer sluiskolken, maar rechtstreeks naar het KGT, buiten de sluiskolken om. Rechtstreeks naar het kanaal pompen maakt het mogelijk de gehele dag te pompen (in plaats van alleen tijdens het nivelleren), waardoor de benodigde pompcapaciteit lager is dan bij pompen naar de sluiskolken. Ook bij deze maatregel hoeven er minder vaak sluisen gestremd te worden om het peil te beheersen (de huidige praktijk bij droogte, en daarmee de referentie), waardoor er minder lange wachttijden zijn voor de scheepvaart.

Technisch zijn er verschillende opties mogelijk:

- Optie 1: voor tracé is over de westoever, pakweg langs het tracé van de westelijke rijkswaterleiding.
- Optie 2: Tussen de buitenhaven van de nieuwe sluis en de binnenhaven van de Oostsluis zou een korte doorsteek ook mogelijk zijn.
- Optie3: Bij hoog buitenwater kan ook gravitair (onder vrij verval) water vanuit de buitenvoorhaven via het nivelleerkanaal ingelaten worden. Dit kan al via de huidige technische voorzieningen. De tijdsduur is echter wel beperkt en dit kan alleen rondom springtij, bij doodtij komt de vloed niet boven kanaalpeil.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	-	++	0

#### Voordelen

- Peilbeheer wordt opgelost door pompen.
- Kan ingezet worden tijdens droge perioden.
- Geen of minder sluisstremmingen nodig.
- Implementatie is technisch mogelijk.

#### Nadelen

- Verhoging van de chloridegehalten op het KGT.
- Kosten voor de aanleg van een pompgemaal.
- Energie- en onderhoudskosten voor pompen.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Om dit mogelijk te maken zullen de nodige verdragen en traktaten dienen aangepast te worden.

### Literatuur

- Maatregel met oppompen van zout water is reeds meegenomen in HKV (2023a)
- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning, 2002)

### Kennisleemtes

- Bepalen van de optimale pompcapaciteit.
- Bepalen van de optimale locatie voor het pompstation.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Voor peilbeheer en het voorkomen van scheepvaartstremmingen is dit een zeer goede maatregel. Technisch lijkt de maatregel met een relatief beperkte investering haalbaar. De maatregel heeft wel negatieve effecten op het zoutgehalte op het kanaal, waardoor dit nog verder oploopt dan zonder deze maatregel.

### 2.4.9. Nivelleerbekken met pompen

Bij deze optie stroomt het nivelleerwater niet naar de buitenhaven als schutverlies, maar onder vrij verval naar een nivelleerbekken in de nabijheid van het sluisencomplex. Het nivelleerbekken wordt vervolgens bemalen, waarbij water teruggepompt wordt richting het KGT. Continue bemaling maakt het mogelijk om het relatief zoete schutwater terug te winnen zonder dat een heel groot pompvermogen nodig is, zoals wanneer het water direct uit de kolk terug gepompt zou worden (§2.4.6). Door de reductie van het schutverlies zijn er geen of minder sluisstremmingen nodig voor peilbeheer, wat resulteert in lagere wachttijden voor de scheepvaart.

Bij deze optie wordt (in geval van droogte) de kolk onder vrij verval geledigd in een nivelleerbekken met laag peil. Er wordt continu gemalen vanuit het bekken naar het kanaal waardoor het bekken weer leeg is bij de volgende afgaande schutting. Hiervoor zou een lange leiding vanuit de in- en uitstroom van het nivelleerkanaal naar een bekken aangelegd moeten worden. Doordat het bekken (in geval van droogte) continu bemalen wordt is de benodigde pompcapaciteit echter veel kleiner dan wanneer tijdens het nivelleren kolkwater direct wordt teruggepompt. De maatregel voorkomt het uitzakken van het kanaalpeil bij droogte wat gunstig is voor de scheepvaart. Aangezien er wel nog steeds een uitwisseling is zal uiteindelijk toch meer zout in het kanaal terrechtkomen dan wanneer het nivelleren gebruikt wordt om zout te kunnen spuien (maar dan bij droogte het peil uit laat zakken). Het is wel (veel) beter dan continu zout buitenwater het kanaal inpompen om het kanaal op peil te houden. Bij stremmen op laag water wordt er natuurlijk meer geschut op hoog water waardoor de zoutlast ook toeneemt.

Dergelijke nivelleerbekken zijn bijvoorbeeld uitgevoerd bij de Krammersluizen (bijlage C). De Slaak, het Laagbekken en het Hoogbekken staan in verbinding met de sluisenkolk en hebben een functie bij het schutten. Het Hoogbekken vult zich tijdens vloed met zout water. Het Laagbekken leegt zich tijdens eb. Om de bekken volledig op niveau te houden zijn pompen nodig. Merk op dat bij de Krammersluizen een volledige zoet/zout-scheiding wordt beoogd, wat duidelijk een andere situatie is dan bij Terneuzen.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
++	0/+	+	0

#### Voordelen

- 60% van het zoete water kan worden hergebruikt.
- Contact tussen zout en zoet water geminimaliseerd.
- Voorbeeld: effectief bij Krammersluizen.
- Effectief voor zowel peilbeheer als beperking zoutindringing.
- Lagere pompcapaciteit mogelijk dan bij pompend nivelleren door continue bemaling.
- Technisch uitdagend (maar niet onmogelijk).

#### Nadelen

- De ruimte nodig voor de aanleg van een nivelleerbekken bij Terneuzen (beperkt doordat het bekken binnen één schutcyclus weer op peil wordt gebracht – continue bemaling).
- Significante aanpassingen nodig aan de infrastructuur van de sluis.
- Hoge kostprijs.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Aanpassingen aan net gerealiseerde sluis zorgt voor (tijdelijke, maar waarschijnlijk ook langdurige) impact op scheepvaart.
- Inpassing nivelleerbekken nabij nieuwe sluis. Door toepassing van continu bemaling kan de omvang van het bekken beperkt blijven tot ordegrootte van éénmaal het schutvolume.
- Peil nivelleerbekken niet perse gelijk aan peil Westerschelde. Om in alle gevallen volledig terug te kunnen winnen (max. beperking van het schutverlies) zal het maximum peil in het bekken niet hoger dan het laagwater peil op de Westerschelde kunnen zijn. Door beneden een bepaald laagwater peil deels op de Westerschelde te spuien kunnen bekkenpeil en -volume geoptimaliseerd worden.
- Aantakken op het nivelleerriool is makkelijker dan nieuwe uitlaten maken.
- Het nivelleerkanaal is gesitueerd aan de westzijde en loopt over de gehele lengte van de kolk achter de wand langs. Aan de kanaalzijde is de uitstroom haaks op de frontwand, naast de doorvaartopening. Daar lijkt het wel mogelijk om zonder veel aanpassingen een koker aan vast te bouwen. Aan de Westerscheldezijde is de uitstroom in het buitenhoofd, haaks op de vaarweg. Hier zal het gecompliceerder zijn om aan te takken.
- Door de grote afmetingen van het nivelleerkanaal en de diepe ligging op de bodem zal een koker naar het spaarbekken hoe dan ook kostbaar zijn.

### Literatuur

- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen (Royal Haskoning, 2002)
- Passende beoordeling in het kader van de Wet natuurbescherming (Royal Haskoning, 2022)

### Kennisleemtes

- Inschatting benodigde (constructieve) aanpassingen aan sluis

### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** De verwachte kosten liggen hoog, vanwege de afmetingen van het nivelleerkanaal en de lengte naar een mogelijk bekken (op de oever). Aan de kanaalzijde is de uitstroom haaks op de frontwand, het lijkt wel mogelijk om daar met beperkte aanpassing aan de sluis zelf een koker op aan te sluiten.



## 2.4.10. Schepen op het KGT lichtenen

Schepen met een te grote diepgang worden momenteel gelichter op de Westerschelde. Er wordt dan lading verscheept vanuit een groot zeeschip naar meerdere binnenvaartschepen of duwbakken, afhankelijk van de beschikbaarheid van binnenvaartschepen en duwboten. Vervolgens passeren deze binnenvaartschepen en duwbakken de sluisen, terwijl het grote zeeschip aan de buitenzijde van het sluisencomplex achterblijft. Dit lichten gebeurt gemiddeld ongeveer 5 à 6 keer per maand. Om de binnenvaartschepen en duwbakken het KGT op te laten varen zijn vaak meerdere schuttingen nodig. Als er op het KGT een dieper gedeelte wordt aangelegd voor het lichten van de schepen, kan het aantal schuttingen worden verminderd. Dit diepere gedeelte zou bijvoorbeeld in de huidige zoutvang kunnen worden aangelegd.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/+	0/+	-	0

#### Voordelen

- Minder schuttingen nodig
- Comfortabeler (veiliger & efficiënter) lichten op kanaal versus Put van Terneuzen (stroming)

#### Nadelen

- Hinder voor scheepvaart op het KGT
- Mogelijk meer schuttingen via Nieuwe Sluis en Westsluis

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Het grote zeeschip en activiteiten voor het lichten kunnen andere scheepvaart hinderen.
- Lichten op de Westerschelde leidt wel tot meer schuttingen, maar dat gaat om duwbakken en binnenvaartschepen. Deze kunnen vaak ook via de Oostsluis passeren. Een groot zeeschip moet hoe dan ook via de Westsluis of Nieuwe Sluis het KGT op varen. Eén schutting via een zeevaartsluis is qua zoutvracht en schutverlies niet per definitie gunstiger dan meerdere schuttingen via een binnenvaartsluis.
  - Effectieve lichteropties hangen natuurlijk samen met de bestemming van de lading. In het geval van aanvoer van bulk (erts, steenkool) naar een industrieterrein langs het kanaal, dan moet de volledige lading het kanaal op. Kan het zeeschip gelichter worden op het kanaal, dan is er in dat geval maar één schutting nodig voor het diepere zeeschip. Moet het schip gelichter worden op de Westerschelde, dan moet niet alleen het zeeschip geschut worden, plus alle binnenschepen/duwbakken.
- Als om de zoutbelasting te beperken de zoutvang van de Westsluis wordt uitgebreid naar een zoutvang over de volle breedte van het kanaal (paragraaf 2.5.10) kan dit helpen om lichten aan de binnenzijde van het sluisencomplex te ondersteunen.
- Hinder door verstuiving tijdens het lichten van de schepen. Dit is reeds het geval bij lichten in de Westerschelde, en zou een aandachtspunt zijn bij lichten in het KGT.

### Literatuur

- Geen

### Kennisleemtes

- Hoeveel extra schuttingen zijn er gemiddeld nodig per gelichter schip, en van welke schutsluizen maken de duwbakken en binnenvaartschepen gebruik? Of hoeveel schuttingen spaar je eruit, ingeval de binnenschepen op het kanaal blijven?
- Hoeveel ruimte is er nodig voor het lichter van schepen en hoeveel hinder levert dit op voor de scheepvaart op het KGT?
- Zijn er (diepstekende) zeeschepen die gelost worden op het KGT (in Terneuzen of Gent) en waarvan de lading dan per binnenvaartschip terug de Westerschelde op moet? (niet waarschijnlijk?)

### Expertoordeel

**Twijfelachtig**, omdat er extra hinder is voor de scheepvaart tegen een beperkt effect op zoutindringing en schutverliezen. Mogelijk interessant in combinatie met het vergroten van de zoutvang (paragraaf 2.5.10).

## 2.5. Zoutbeperking Terneuzen

De bron van het zout op het KGT is het zoute Westerscheldewater dat via schuttingen met de sluizen in Terneuzen op het kanaal komt. Verlagen van de zoutlast vanuit het sluisencomplex beperkt de verzilting van het KGT. Maatregelen in deze categorie focussen zich op het beperken van de hoeveelheid zout die zich per schutting naar het KGT verplaatst. Het zijn maatregelen aan of om het sluisencomplex. De maatregelen richten zich allemaal op het beperken van de zoutlast, ofwel om het zoutgehalte op het kanaal onder een bepaalde grenswaarde te houden, ofwel om te compenseren voor andere maatregelen die leiden tot een hoger zoutgehalte, bijvoorbeeld het oppompen van water uit de buitenhaven (§2.4.8).

### 2.5.1. Verhoogde zoutdrempel NST

De waterdiepte op het KGT is ongeveer 13,7 m: tussen kanaalpeil van NAP+2,10 m en de bodemhoogte op NAP-11,6 m. Om schepen ook bij lage waterstanden in de buitenhaven toegang te geven tot het kanaal, ligt de kolkbodem van de NST duidelijk dieper dan de kanaalbodem, op NAP-16,5 m (zie Figuur 2-7). Bij het uitvaren aan de kanaalzijde is het mogelijk om een drempel te plaatsen in het binnenhoofd, zonder dat deze de maximale vaardiepte beïnvloedt. In het ontwerp van de NST is een drempel van 2,4 m hoog aangelegd, tot NAP-14,1 m. Ook bij een eventuele toekomstige verdieping van het KGT vormt deze drempel dan nog geen beperkende factor voor de vaardiepte. Bij de huidige kanaalbodem op NAP-11,6 m zou de drempel echter nog duidelijk hoger kunnen zijn: wel 4,9 m, aangegeven met 'extra zoutdrempel' in Figuur 2-7. Zolang geen sprake is van verdieping van het KGT, is dit een effectieve maatregel tegen zoutindringing. De onderste schijf water in de sluisenkolk stroomt dan niet het kanaal op. Tegelijkertijd heeft de extra hoge zoutdrempel geen negatieve impact op de scheepvaart, zolang de bodemhoogte van het KGT de beperkende factor vormt voor de waterdiepte op het traject.

De verhoogde drempel is opgenomen in het Tracébesluit voor de NST als mitigerende maatregel in het geval dat de zoutgehalten op het KGT te hoog worden na aanleg van de NST. In de "Aanvulling deelrapport MER water" (Lievense CSO & Svašek, 2015) is berekend dat een drempel bij de Nieuwe Sluis effectief is en zorgt naar verwachting voor een 15% reductie van de zoutlast.



Figuur 2-7: Hoogte zoutdrempel en eventuele extra zoutdrempel aan de kanaalzijde van de NST

## Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	-	0

### Voordelen

- Aanzienlijke reductie zoutlast NST.
- Maatregel is al inpasbaar in het ontwerp en opgenomen in het Tracébesluit als eventuele mitigerende maatregel
- Relatief lage kosten
- In de huidige situatie is de diepte van het KGT beperkend, en niet de drempelhoogte

### Nadelen

- In- en uitvaren duurt langer door retourstroming.
- Bij een eventuele toekomstige verdieping van het KGT kan een drempel leiden tot diepgangsbependingen voor scheepvaart.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Een drempel verhindert dat bij een eventuele toekomstige verdieping van het KGT grotere schepen op het kanaal kunnen. Momenteel is een eerste verkenning gestart hoe het kanaal op termijn aangepast zou kunnen worden om grotere schepen te laten varen tot Gent of specifieke industriezones langs het kanaal. Een additionele zoutdrempel lijkt moeilijk verenigbaar met deze wens. Maar zolang het KGT niet verdiept is, zijn er geen significante nadelen van een tot op kanaalbodemniveau verhoogde drempel.
- Hoe sterker de gelaagdheid in de kolk, hoe groter het effect van een drempel (Royal Haskoning & Svašek, 2010). Vaak wordt uitgegaan van nagenoeg volledige menging van zoet en zout water in de sluisolk.
- Een mogelijke variant op de maatregel is het plaatsen van een zogenaamde gel-drempel: een gelachtige laag op basis van zetmeel die op de bodem wordt aangebracht en die de uitwisseling zout/zoet beperkt. Dit is een theoretische maatregel (geen voorbeelden van een succesvolle toepassing bekend bij de expertgroep).

### Literatuur

- Hoofdstuk 3 uit *Aanvulling deelrapport MER water* (VNSC, 2015a)
- *Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen: Aanvullend oppervlakte-wateronderzoek* (Royal Haskoning & Svašek, 2010)
- *MER deelrapport water* (Lievense CSO & Svašek, 2015)

### Nader onderzoek

Bijlage B.4 beschrijft de resultaten van verkennende berekeningen met de Zeesluisformulering (ZSF) naar de zoutlastreductie door diverse maatregelen. Verhoging van de drempel van 2,4 m (de huidige drempel) naar 4,9 m (drempel tot op kanaalniveau) zorgt volgens de ZSF voor een reductie van ongeveer 13-14% voor de NST. Dit is in lijn met het getal van 15% uit Lievense CSO & Svašek (2015). Aangezien de NST verantwoordelijk is voor 60% van de totale zoutlast, leidt 13-14% reductie van de zoutlast van de NST tot ongeveer 8% reductie van de totale zoutlast voor het KGT. Dit staat gelijk aan een reductie van de chlorideconcentratie bij Sas van Gent van orde 350 mg/l.

### Kennisleemtes

- Hoe effectief is een drempel in de Nieuwe sluis precies? Speelt menging door stroming rondom de drempel bij het passeren van schepen hierin nog een rol?
- Hoeveel hinder ondervindt scheepvaart van de retourstroming veroorzaakt door de drempel?
- Bij alle maatregelen waarbij een duidelijke gelaagdheid zout/zoet water voorkomt, moet de invloed van een dergelijk lagensysteem op de scheepvaart bekeken worden. Mogelijk optreden van interne golfvorming in het scheidingsvlak zout/zoet kan de manoeuvreerbaarheid en propulsie van een schip beïnvloeden.
- Mogelijkheden voor een drempel die tijdelijk van aard is, en weer eenvoudig verwijderd kan worden mocht er besloten worden het KGT te verdiepen.

### Expertoordeel

**Positief.** De maatregel zit al optioneel in het Tracébesluit voor de aanleg van de NST, en heeft weinig negatieve effecten zolang geen sprake is van een verdieping van het KGT.

### 2.5.2. Verstelbare zoutdrempel NST

Een mogelijke variant van een drempel is een in hoogte verstelbare zoutdrempel in het binnenhoofd van de NST. De drempelhoogte is instelbaar, afhankelijk van diepgang van de schepen in de kolk. Deze maatregel is toegepast in de Bergse Diepsluis. Daar is deze gecombineerd met een pomp die het zoute water van onderaf terugpompt naar de Oosterschelde. Een flexibel drempelniveau voorkomt onnodige hinder voor de scheepvaart, zonder concessies te doen aan de effectiviteit.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0/-	0

#### Voordelen

- Aanzienlijke reductie zoutlast NST, met meer potentieel dan vaste drempel.
- Flexibele drempelhoogte voorkomt diepgangsbependingen voor scheepvaart.

#### Nadelen

- Beweegbaar object onder water. Kostbare ingreep ten opzichte van statisch object.
- Beweegbaar object vergt meer onderhoud, mogelijk meer hinder voor scheepvaart.
- Betrouwbaarheid: kans op falen en aanvaren van beweegbaar object (mogelijk te mitigeren via een slim ontwerp en/of sensoren).
- Verstellen drempel kost tijd.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De tijdschaal waarop de drempel wordt versteld is van belang. Voor een drempel die per schutting verschilt of een drempel die alleen bij lange perioden van droogte/hoge afvoer aangepast wordt gelden andere overwegingen.
- Eventueel kan het aanpassen van de drempel gesynchroniseerd worden met het openen van de sluisdeuren om tijdsverlies te beperken.
- Een dergelijke drempel moet het gewicht van het zwaardere zoute water constructief kunnen keren.
- Bij een verstelbare drempel is het altijd nog mogelijk om de Westsluis te gebruiken bij schade of onderhoud aan de NST (back-up functie).

#### Literatuur

- Bijlage 7 van *MER deelrapport water* (Lievense CSO & Svašek, 2015)
- *Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen: Aanvullend oppervlakte-wateronderzoek* (Royal Haskoning & Svašek, 2010)
- *Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen* (Royal Haskoning, 2002)

#### Kennisleemtes

- Overzicht van mogelijke varianten met hun technische en functionele complicaties.
- Hoe veel effectiever is een verstelbare drempel dan een statische drempel in termen van verziltingsbeperking? De kosten en overige complicaties moeten wel opwegen.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Door de flexibele drempelhoogte is de potentiële effectiviteit hoger dan van een vaste drempel. Daarnaast is er minder hinder voor scheepvaart, zelfs bij een eventuele verdieping van het KGT. In eerdere studies viel deze maatregel af omdat deze onvoldoende betrouwbaar werd geacht. Een nadere technische uitwerking met bijbehorend onderzoek is nodig om na te gaan hoe de betrouwbaarheid tot een acceptabel niveau kan worden gebracht.

### 2.5.3. Tijdelijke zoutdrempel Westsluis

Deze maatregel betreft een variant waarbij in droge zomers de Nieuwe Sluis de aangewezen sluis wordt voor de grootste zeeschepen en de Westsluis alleen geschikt wordt gemaakt voor binnenvaart en zeevaart met een beperkte diepgang. Dan kan bij de Westsluis een relatief hoge drempel aangelegd worden. Bij deze aanpak wordt de verstelbare drempel maar een paar keer per jaar aangepast, en alleen in droge zomers aangebracht.

Omdat er meerdere sluisen beschikbaar zijn, kan de planning aangepast worden op de scheepvaart. Dit maakt het mogelijk verkeer te scheiden naar diepgang en alleen de schepen met de grootste diepgang via de Nieuwe Sluis te laten afwikkelen. Met een drempel van ca. 6,25 m hoog in de Westsluis kan de zoutuitwisseling sterk worden gereduceerd, terwijl de Westsluis toch toegankelijk blijft voor schepen met een diepgang tot 7,4 m (bijvoorbeeld RORO-schepen). Een nog grotere variant is een drempel van 9,6 m hoog, die ervoor zorgt dat alleen binnenvaart (4 m diepgang) nog gebruik kan maken van de Westsluis.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	-	0

#### Voordelen

- Aanzienlijke reductie zoutlast Westsluis.
- Effect op wachttijden (dieper stekende zeeschepen) beperkt bij drempel Westsluis (deze varen al planmatig).
- De meeste schepen kunnen nog van beide zeesluisen gebruik maken.
- De Westsluis is nog steeds de back-up voor de NST, omdat de drempel relatief eenvoudig verwijderd kan worden.

#### Nadelen

- Voor de grootste zeeschepen is één kolk in plaats van twee kolken beschikbaar bij een drempel van 6,25 m hoog.
- Bij een drempel van 9,6 m hoog dient vrijwel alle zeevaart gebruik te maken van de NST.
- Hinder door aanbrengen en verwijderen van de tijdelijke drempel.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Bij stremming van NST vanwege lage bovenafvoer moet de Westsluis ook diep stekende schepen kunnen schutten als back-up. Op dat moment moet de drempel weer snel kunnen worden verwijderd of inklappen.
- De drempel moet relatief makkelijk verwijderd kunnen worden, omdat de Westsluis altijd als back-up moet kunnen dienen bij schade of onderhoud aan de NST.
- De tijdschaal waarop de drempel wordt versteld is van belang. Voor een drempel die per schutting verschilt of een drempel die alleen bij lange perioden van droogte/hoge afvoer aangepast wordt gelden andere overwegingen.
- Stremmingsprotocollen dienen te worden aangepast vanwege de veranderde diepgang per sluisolk.



## Literatuur

- Geen

## Nader onderzoek

Bijlage B.4 beschrijft de resultaten van verkennende berekeningen met de Zeesluisformulering (ZSF) naar de zoutlastreductie door diverse maatregelen. Het verhogen van de huidige drempel in de Westsluis van 1,45 m hoog naar een (tijdelijke) hoogte van 6,25 m zorgt voor een reductie van de zoutlast van de Westsluis met ongeveer 30-35%. Aangezien de Westsluis verantwoordelijk is voor 34% van de totale zoutlast, geeft een drempel van 6,25 m hoog een reductie van de totale zoutlast van ongeveer 10%. Dit staat gelijk aan een reductie van de chlorideconcentratie bij Sas van Gent van orde 450 mg/l. Er is ook gerekend aan een drempel van 9,6 m hoog, die de Westsluis tijdelijk verandert in een binnenvaartsluis met een maximale diepgang van 4 m. Deze zorgt voor een reductie van de totale zoutlast van 18%, ongeveer 800 mg/l bij Sas van Gent.

## Kennisleemtes

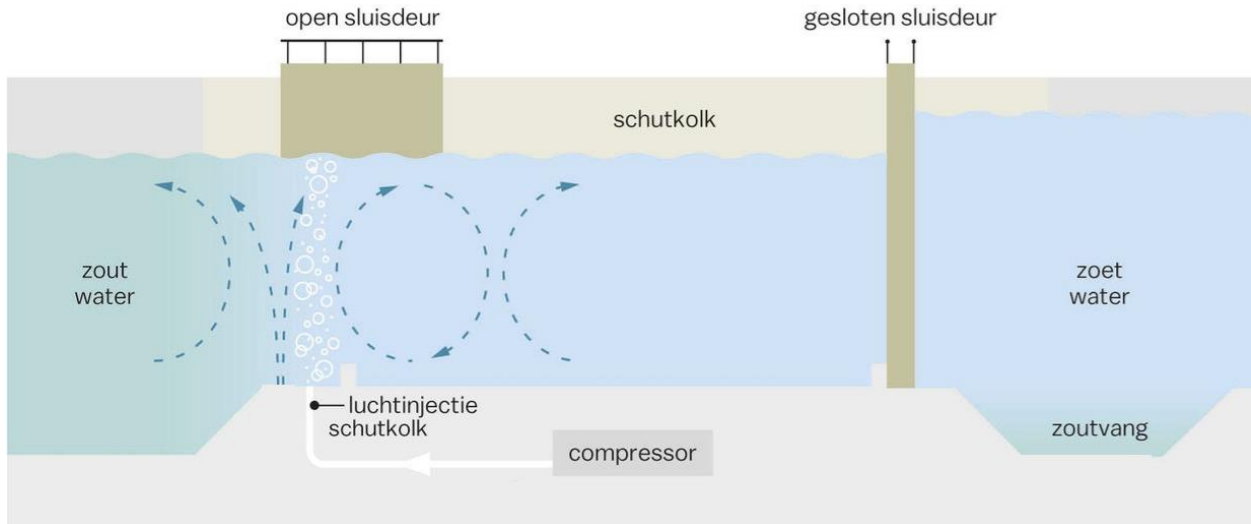
- Wat is de verdeling van schepen en hun diepgang na realisatie van de NST? Hoe vaak is de volledige kolkdiepte nodig? Is het mogelijk om binnenvaart en zeevaart verkeersstromen te scheiden of de gebruikte sluis af te stemmen op het scheepvaartverkeer?
- Invloeden op verkeersstromen en wachtrijen zijn nog onzeker. Er zijn nog geen SIVAK-berekeningen uitgevoerd met gereduceerde kolkdieptes.

## Expertoordeel

**Mogelijk positief.** De reductie van de zoutlast is aanzienlijk, en het lijkt realistisch om in tijden van droogte de Westsluis niet meer beschikbaar te maken voor een klein deel van de schepen (de schepen met de grootste diepgang), via een tijdelijke drempel van ongeveer 6,25 m hoog. Exacte effecten op wachttijden zijn nog niet onderzocht.

### 2.5.4. Luchtbellenschermen bij de sluizen

Een luchtbellenscherm genereert een luchtbellenstroom vanaf de bodem, bij het binnen- of buitenhoofd van een sluis. Deze bellenstroom wekt vervolgens weer een circulatiepatroon op (zie Figuur 2-8), waardoor de dichtheidsstroming tussen buitenhaven en kolk (buitenhoofd) en kolk en kanaal (binnenhoofd) wordt geremd. Hierdoor vertraagt een bellenscherm de zoutuitwisseling. De zoutuitwisselingstijd hangt af van het dichtheidsverschil en de kolk lengte. De werkelijke zoutuitwisseling hangt af van de verhouding tussen de zoutuitwisselingstijd en de deuropentijd.



Figuur 2-8: Werking van een luchtbellenscherm

Bij beperkte deuropentijden kan de afremmende werking van het luchtbellenscherm zorgen voor een lagere zoutlast. Er bestaan meerdere technieken voor luchtbellenschermen, zoals het S-luchtbellenscherm (een geperforeerde buis zoals nu geïnstalleerd bij de Westsluis) en het  $\Delta$ -luchtbellenscherm (vernieuwde techniek met douchekoppen). In de "Aanvulling deelrapport MER water" (Lievence CSO & Svašek, 2015) is berekend dat een bellenscherm bij alle sluizen effectief is met een 25-38% reductie van de zoutlast. Deze inschatting is echter gebaseerd op een zeer beperkte dataset van de Westsluis. Een luchtbellenscherm kan eventueel gecombineerd worden met een waterscherm, een spoeldebiet (bijvoorbeeld de Volkeraksluizen) of een drempel (bijvoorbeeld in de Westsluis). Voor optimale effectiviteit dient een bellenscherm op beide sluishoofden geïnstalleerd te worden en de bellenstroom moet zo uniform mogelijk zijn over de kolkbreedte.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	-	0/-

#### Voordelen

- Kan heel effectief zijn (bijv. Volkeraksluizen waar Hollands Diep zoet moet blijven).

#### Nadelen

- Vooral effectief in combinatie met korte deuropentijden, wat in de praktijk vaak niet haalbaar is.

- Een bellenscherm bij Terneuzen hoeft niet al het zout tegen te houden, zoals bij de Volkeraksluizen. Dit verhoogt de toepasbaarheid van een bellenscherm.
- In beide hoofden van de Nieuwe sluis zijn inkassingen aangebracht, wat het relatief eenvoudig maakt om een bellenscherm te plaatsen.
- Potentiële combinatie met verwijdering van plastics.
- Vooral effectief in combinatie met een doorspoeldebiet, wat extra zoetwater kost.
- Zowel een bellenscherm als een klein spoeldebiet kunnen hinder veroorzaken voor de scheepvaart. Bellenschermen worden in de praktijk vaak kort uitgezet voor passerende schepen.
- Hogere kosten dan voor een drempel.
- Hoog energieverbruik.
- Mogelijk negatieve invloed op migratie van dieren (functie natuur).

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Een bellenscherm zorgt voor menging, wat betekent dat dichtheidsverschillen worden verkleind. Dit betekent dat een bellenscherm maatregelen die werken op basis van een dichtheidsverschil (zoals een drempel) tegenwerkt.
- Bij installatie van een bellenscherm zijn de details belangrijk voor de effectiviteit (raakt het bellenscherm niet te snel verstopt, voldoende luchtdruk over volledige breedte, deuropentijden, etc.)
- Als gekozen wordt voor een S-scherm, dan moeten de gaatjes aan de onderkant van de buis worden geplaatst, zodat deze tot op zekere hoogte zelfreinigend is.
- Proeven zijn tot op heden vaak uitgevoerd bij ondiepe sluisen. Bij een diepere sluis zoals de Nieuwe sluis is de fysica niet anders. Wel is er veel lucht nodig en daarmee veel stroom en een hoog compressorvermogen.
- Scheepvaart ondervindt hinder van de stroming rond een bellenscherm. Bij passeren van het bellenscherm kan de stuurkracht wegvallen bij de schroef, waardoor het schip tijdelijk minder goed bestuurbaar is.
- In de periode 2012-2015 zijn proeven gedaan met het uitschakelen van bellenschermen bij de sluisen. Dit leidde niet tot duidelijke toenames van chlorideconcentraties bij Sas van Gent. Omdat de energievraag en onderhoudsbehoefte van de schermen groot zijn, zijn de bellenschermen sinds deze proeven steeds verder in onbruik geraakt. Mogelijk zijn de deuropentijden te lang om bellenschermen effectief te laten zijn. (Rijkswaterstaat, 2015)
- De ambitie van de VNSC is om de werking van de sluis energieneutraal te houden, als een bellenscherm wordt toegevoegd en deze doelstelling blijft gehandhaafd dienen extra maatregelen te worden voorzien om extra energie te leveren.

### Literatuur

- Bijlage 8 van het *MER deelrapport water* (Lievense CSO & Svašek, 2015) – Memo: Onderzoek naar technische haalbaarheid reductie zoutuitwisseling sluisen Terneuzen
- Hoofdstuk 3 uit *Aanvulling deelrapport MER water* (VNSC, 2015a)
- *Rapportage proef uitschakelen luchtbellenschermen kanaalzijde West-, Midden- en Oostsluis Terneuzen*. Leen Dekker, 16 maart 2015 (Rijkswaterstaat, 2015)
- *Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen* (Royal Haskoning, 2002)
- *Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen: Aanvullend oppervlakte-wateronderzoek* (Royal Haskoning & Svašek, 2010)

### Nader onderzoek

Bijlage B.4 beschrijft de resultaten van verkennende berekeningen met de Zeesluisformulering (ZSF) naar de zoutlastreductie door diverse maatregelen. Er is daarbij gerekend aan bellenschermen met twee doorlaatfracties: 25% en 50%. Bij 25% werkt een bellenscherm ongeveer optimaal, bij 50% suboptimaal. Een doorlaatfractie van 25% vraagt bij een grote sluis om een zeer sterke bellenstroom, sterke compressoren en een hoog energiegebruik. De resultaten van de berekeningen met de ZSF zijn:

- Bij toepassing van een bellenscherm op alleen het binnenhoofd is de berekende reductie van de zoutlast via de NST 17-19% bij een doorlaatfractie van 50% en 41-44% bij een doorlaatfractie van 25%.
- Bij toepassing van een bellenscherm op beide hoofden is de berekende reductie van de zoutlast via de NST 30-33% bij een doorlaatfractie van 50% en 63-68% bij een doorlaatfractie van 25%.

### Kennisleemtes

- Hoe effectief is een bellenscherm in combinatie met de te verwachten deuropentijden voor de Nieuwe Sluis, de Westsluis en de Oostsluis?
- Hoeveel stroom en wat voor compressorvermogen is er nodig voor een bellenscherm in een diepe sluis zoals de Nieuwe sluis?
- Hoe beïnvloedt een bellenscherm de vismigratie en is een alternatieve route mogelijk?
- Wat is de invloed van het bellenscherm op de controleerbaarheid van schepen, welke schepen ondervinden gevolgen?

### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Luchtbellenschermen zijn bewezen effectief bij andere sluiskolken. Ook theoretische berekeningen geven aan dat bellenschermen de zoutlast bij Terneuzen sterk kunnen reduceren. Een proef met in- en uitschakelen van het bellenscherm bij de Westsluis leidde echter niet tot sterke veranderingen in zoutgehalten op het KGT. De vraag is of een bellenscherm in een grote sluis effectief is in combinatie met de lange deuropentijden. Ook het hoge energiegebruik is een nadeel. Nader onderzoek naar de locatiespecifieke effectiviteit is noodzakelijk.

### 2.5.5. Verkorten deuropentijden

Het verkorten van de deuropentijden zorgt ervoor dat het proces van zoutuitwisseling vroegtijdig wordt afgebroken. Dit beperkt het uitwisselingsvolume en zorgt voor een lagere zoutlast. Dit kan mogelijk gerealiseerd worden door hier scherper op te zijn in beheer, waarbij schepen moeten wachten buiten de sluisen en de deuren pas open gaan als alle schepen voor een gegeven schutting aanwezig zijn. Andere opties zijn een detectiesysteem dat signaleert wanneer de schepen zijn uit- en ingevaren, of door het invaren en afmeren van schepen versnellen. Verder is het nuttig om deuren tussentijds te sluiten tussen uitvaren en invaren, als hier een voldoende lang interval tussen aanwezig is. Deze maatregel staat al in het protocol voor de sluisbediening, maar bij drukte rond het sluisencomplex lukt het in de praktijk niet altijd om hier voldoende aandacht aan te besteden (cf. persoonlijke communicatie operators in Terneuzen).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0/-	0/-

#### Voordelen

- Weinig ingrijpende maatregel.
- Afhankelijk van aanpak, beperkte kosten.

#### Nadelen

- Mogelijk nadelig voor migrerende soorten.
- Optimalisatie wordt begrensd door protocollen omtrent de veiligheid van in- en uitvaren

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Kan gecombineerd worden met een bellenscherm. Een bellenscherm vertraagt de zoutuitwisseling. Als dan ook de deuropentijden worden verkort, kan deze combinatie elkaar versterken.
- Op het Panamakanaal is bij de oudste sluisen daterend van 1914 (toegankelijk voor Panamax-schepen) een systeem opgezet om het sneller invaren en afmeren van schepen te faciliteren met behulp van locomotieven. Dit systeem wordt nog steeds gebruikt. Bij de nieuwe Neo-Panamaxsluisen (2016) werd dit systeem niet voorzien, en gebeurt de sluis transit met sleepboothulp. Deze keuze werd verantwoord door de flinke investering die nodig is voor het opzetten van een locomotieven-systeem, en uiteindelijk ook aanzienlijke onderhouds- en personeelskosten. Ook bij Terneuzen zouden deuropentijden verkort kunnen worden door invaren en afmeren sneller te laten verlopen.
- Er is een lange wachttijd tussen uitvaren en invaren. Het sluiten van de deur in de tussentijd geeft mogelijk nautische veiligheidsbezwaren. In de operationele praktijk moet de deur open zijn voor opvarende schepen als ze de buitenhaven van Terneuzen binnenvaren. Wanneer het openen van de deuren faalt en het schip al aan het invaren is, moet er voldoende tijd zijn om te stoppen. Daardoor wordt de periode waarin het veilig mogelijk is de deur dicht te zetten waarschijnlijk sterk verkort. Praktisch bezwaar is ook dat de loodsen de tweede deur als oriëntatie gebruiken bij het invaren maar deze zal niet zichtbaar zijn als de eerste deur gesloten is. Als deuren vaker en sneller gesloten moeten worden, vraagt dit om een aanpassing in veiligheidsprotocollen, inclusief een grondige onderbouwing van het veiligheidsniveau.

## Literatuur

- Bijlage 7 van het MER deelrapport water (Lievens CSO & Svašek, 2015) – Overzicht onderzochte zoutscheidingsmaatregelen en onderbouwing.

## Nader onderzoek

Bijlage B.4 beschrijft de resultaten van verkennende berekeningen met de Zeesluisformulering (ZSF) naar de zoutlastreductie door diverse maatregelen. Er is daarbij gerekend aan twee mogelijkheden voor de deuropentijden: de deuren staan altijd open tussen “einde uitvaren” en “begin invaren”, of de deuren worden daartussen altijd gesloten. De tijdstippen van “einde uitvaren” en “begin invaren” komen uit SIVAK-berekeningen (zie HKV, 2023c). In de huidige praktijk staan de deuren in dit interval meestal open, tenzij het (bijvoorbeeld ‘s nachts) rustig genoeg is om tussentijds sluiten mogelijk te maken. Het met de ZSF berekende verschil in zoutlast tussen deze twee uitersten bedraagt ruim 30%. Dit is een bovengrensbenadering, omdat de deuren in de praktijk om nautische redenen niet gesloten kunnen worden bij een kort interval tussen “einde uitvaren” en “begin invaren”.

## Kennisleemtes

- Zijn er effectieve methodes beschikbaar om het in- en uitvaren, en afmeren van schepen te versnellen?
  - Procedures om schepen zo efficiënt mogelijk de sluis in en uit te laten varen
  - Infrastructuur zoals evt. geleidingswand. Voordelen van dergelijke structuur kunnen zijn: gemakkelijke alignering binnenvarend schip met as van de sluis; schip kan aanleggen vlak voor de sluis nog voor de sluisdeur opengaat. Nadelen: bij verder invaren sluis staat wand soms in de weg voor de sleepboten; wand veroorzaakt asymmetrische retourstroom wat zijdelingse krachten op het schip opwekt. Deze moeten gecompenseerd worden (sleepboten, eigen middelen) of de snelheid moet gereduceerd worden. Dit kan wel (deels) verholpen worden door te opteren voor een doorlaatbare structuur. Dure ingreep.
  - afmeersystemen (magnetisch, vacuüm; wordt bv. Toegepast op sluizen van Saint-Lawrence Seaway in Canada/USA)
- Kan de invaarprocedure inclusief de wachtruimte geoptimaliseerd worden voor diverse (combinaties van) schepen?
- Vanaf welke deuropentijd is het bij de verschillende sluizen mogelijk om een aanzienlijke beperking van de zoutlast te realiseren? Is dit realistisch gezien haalbaar?
- Hoe verschuift deze deuropentijd bij combinatie met een bellenscherm?
- Hoe beïnvloedt een bellenscherm de visigratie en is een alternatieve route mogelijk?

## Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Als de processen en procedures van het in- en uitvaren en afmeren van schepen geoptimaliseerd kunnen worden, is het haalbaar. Nader onderzoek naar de locatiespecifieke effectiviteit is noodzakelijk.

### 2.5.6. Buitenvoorhaven zoetspoelen

Spuien naar de buitenvoorhaven via de nivelleerkanalen of deuropeningen tijdens eb. Dit zorgt voor een zoetere buitenvoorhaven en minder hoge zoutgehaltes bij de buitendeuren van de sluiskolken. Vervolgens komt er minder zout via de sluisen het kanaal binnen bij schutten.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
--	0/+	-	0

#### Voordelen

- Minder hoge zoutlast via de sluisen door een lager zoutgehalte bij de buitendeuren, aan de Westerscheldezijde van het sluisencomplex.

#### Nadelen

- Zoet water uit het KGT nodig voor zoet spoelen, wat vaak niet beschikbaar is vanuit peilbeheer.
- Bijna 4 m getijslag zorgt voor veel menging met het zoute Westerscheldewater. Er zijn daarom grote volumes zoet water nodig om een significante reductie van de zoutlast te realiseren.
- Stroming geeft hinder voor scheepvaart.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Het zoutgehalte aan de buitenzijde van de sluisdeuren is belangrijk voor de zoutlast richting het KGT. Als het relatief zoete water vanuit het spuien en nivelleren meer bij de deuren blijft hangen, leidt dit tot een beperktere zoutuitwisseling tijdens de daaropvolgende deuropentijd. Meer ververing en stroming in de Buitenhaven leidt dus tot een hogere zoutlast via de sluisen. Als water meer blijft hangen, is dat positief. Dit gaat om het reguliere spuien en nivelleren. Extra spuien om het water extra zoet te maken is vaak niet mogelijk vanuit peilbeheer.

#### Literatuur

- Bijlage 7 van *MER deelrapport water* (Lievens CSO & Svašek, 2015)
- *Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen* (Royal Haskoning, 2002)

#### Kennisleemtes

Niet van toepassing

#### Expertoordeel

**Negatief.** Door de grote volumes water die hiervoor nodig zijn, is deze maatregel onrealistisch. Dit komt overeen met het oordeel in het "*MER deelrapport water*" (Lievens CSO & Svašek, 2015). Wel is aandacht nodig voor de invloed van nivelleer- en spuidebieten op het zoutgehalte bij de buitendeuren van de verschillende sluiskolken.

### 2.5.7. Tussendeur in NST aanbrenge

Het plaatsen van een tussendeur in de sluis laat toe slechts een deel van de kolk te gebruiken (de sluis wordt m.a.w. in 2 delen opgedeeld, waarbij dan kan gekozen worden om slechts 1 deel van de sluis te gebruiken i.p.v. de hele sluis). Hierdoor wordt het uitwisselingsvolume en daarmee de zoutlast beperkt, het volume zout water dat binnenkomt is namelijk kleiner in het geval de tussendeur wordt ingezet en maar een deel van de sluis wordt gebruikt. Ook treedt er minder schutverlies op. Bij de Westsluis is momenteel al een tussendeur aanwezig. Vanwege het huidige intensieve gebruik van de Westsluis wordt er echter nauwelijks gebruik gemaakt van deelkolken.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	+	-	0

#### Voordelen

- Uitwisselingsvolume en dus zoutlast beperkt.
- Minder schutverlies.

#### Nadelen

- Lettend op de huidige scheepvaartprognoses zal de hele omvang van de NST nodig zijn om de nodige capaciteit te leveren (deelkolken zullen niet gebruikt worden).
- De hoge scheepvaartintensiteit laat momenteel niet toe om te schutten via deelkolken (Westsluis). Mogelijk geldt dit ook voor de NST (onduidelijk).
- Toepassing van een tussendeur heeft meerdere schutcycli nodig om effectief te zijn.
- Grote niet voorziene structurele aanpassing aan de NST nodig (zeer hoge kosten).

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De deelkolken in de Westsluis worden momenteel niet gebruikt vanwege de hoge scheepvaartintensiteit. Bij het ingebruiknemen van de NST wordt de totale capaciteit echter sterk opgedreven waardoor de deelkolken van de WS mogelijk wel nuttig kunnen worden ingezet. Hierna kan dan blijken of een tussendeur in de NST nog een optimalisatie zou kunnen geven m.b.t. beperken zoutindringing. Het is echter in de eerste fase een vraagstuk over optimaal geclusterd schutten. Er zijn verschillende trajecten mogelijk:
  - Wanneer de Nieuwe Sluis wordt gesloten voor de binnenvaart wordt mogelijk ook een ander beeld zichtbaar (de nodige capaciteit voor de NST zou hierbij verlagen, waardoor bovengenoemd nadeel i.v.m. deelkolken niet meer relevant is en de maatregel misschien wel haalbaar is).
  - Als er, na ingebruikname van de NST, meer kleine schepen door de Westsluis worden geleid zou de tussendeur daar weer zinvol gebruikt kunnen worden. Dat valt dus niet onder "tussendeur in NST aanbrenge" maar wel onder "tussendeur in Westsluis optimaal gebruiken".



- Als alleen de grootste zeeschepen gebruikmaken van de Nieuwe Sluis, zijn hier ook relatief korte deuropentijden mogelijk.

#### Literatuur

- Bijlage 7 Overzicht onderzochte zoutscheidingsmaatregelen en onderbouwing, MER Water (Lievens CSO – VNSC, 2015).

#### Kennisleemtes

- Is een tussendeur in te passen in de NST zonder grootschalige herconfiguraties?

#### Expertoordeel

**Negatief.** Er zijn bij de NST geen voorzieningen getroffen om een extra deur en deurkas aan te brengen. Na realisatie nog een tussendeur aanbrengen is een te ingrijpende aanpassing van het sluisencomplex. Bovendien is er geen garantie dat schutten met deelkolken zou werken (zie Westsluis).

### 2.5.8. Afzuigen binnentredende zouttong

Bij deze maatregel wordt binnendringend zout water afgezogen in de kolk. Dit is alleen toe te passen aan de Westerscheldezijde omdat hier forse debieten voor nodig zijn, te grote debieten om te onttrekken aan het kanaal (KGT-zijde sluizencomplex) en zeker in perioden van droogte. De afzuiging moet optimaal gepositioneerd worden gezien de verticale zoutgradiënt (zover mogelijk onder het grensvlak van het kanaalwater (minder zout) en zout water zodanig dat geen kanaalwater mee wordt afgezogen). Hierdoor kan niet het hele uitwisselingsdebiet worden afgezogen (RHDHV & Svašek, 2010). De maatregel heeft een vertragende werking op de zoutuitwisseling (net zoals een bellenscherm).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	0

#### Voordelen

- Reductie van zoutuitwisseling (beperkt)

#### Nadelen

- Enkel toepasbaar aan Westerscheldekant (Onvoldoende water om dit toe te passen aan kanaalzijde).
- Beperkte effectiviteit (geschat op 7%).
- Zeer grote en dure afzuiginstallatie nodig
- Aanpassing na aanleg NST lijkt onrealistisch.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Het is mogelijk de afzuigmethode te combineren met een zoutvang (vb. Westsluis). Het is ook mogelijk dit nog extra te combineren met het plaatsen van bellenschermen (RHDHV & Svašek, 2010). De bewezen techniek bij de Westsluis gaat wel over een kleiner afzuiggebied.

#### Literatuur

- Bijlage 7 Overzicht onderzochte zoutscheidingsmaatregelen en onderbouwing, MER Water (Lievense CSO – VNSC, 2015).
- Bijlage 8 Onderzoek naar technische haalbaarheid Reductie zoutuitwisseling sluizen Terneuzen, MER Water (Svašek, 2014).
- Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen (RHDHV & Svašek, 2010).

#### Kennisleemtes

- /

#### Expertoordeel

**Negatief.** Deze maatregel zou een zeer grote inspanning vragen om deze te implementeren voor een beperkt effect (MER Water Bijlage 8). De maatregel wordt daarom als niet kansrijk aangeduid.

### 2.5.9. Zoet-zoutscheiding zonder bufferbekkens

In de huidige situatie wordt bij inkomende schuttingen slechts een deel van de kolk gevuld met zoet water: relatief zoet kanaalwater en relatief zout water uit de kolk mengen onderling. Bij een zoet-zoutscheiding zonder bufferbekkens wordt bij inkomende schuttingen de volledige (zoute) inhoud van de sluiskolk uitgewisseld met zoet water uit het direct aansluitende kanaalpand. Het zoute water wordt onder vrij verval teruggevoerd naar de buitenhaven. Hiervoor is een extra riolenstelsel nodig maar geen bufferbekkens (zoals wel het geval bij de nivelleerbekkens). Dit is een maatregel om verzilting op het kanaal tegen te gaan maar kost veel extra zoetwater.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
--	+	-	0

#### Voordelen

- Geen verdere verzilting van het kanaalwater door binnenkomend zout water tijdens schuttingen.

#### Nadelen

- Uitgebreid riolenstelsel nodig rondom de sluis.
- Extra zoetwater nodig vanuit KGT (veel zoetwater gaat verloren tijdens uitgaande schuttingen; van kanaal naar Westerschelde) en dit in perioden dat er al schaarste is (toename stremmingen verwacht)).
- Extra tijd nodig per schutting.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Het verlies van zoet water bij uitgaande schuttingen kan gedeeltelijk worden tegengegaan door het actief terugpompen van zoet water op het kanaal tijdens het nivelleren bij uitgaande schuttingen of het tijdelijk opslaan van zoetwater in bufferbekkens. De eerste aanvulling vergt een hoge pompcapaciteit, terwijl voor de tweede een ruimtelijke reservering voor een bufferbekken noodzakelijk zou zijn (ruimte hiervoor is niet eenvoudig beschikbaar) (RHDHV & Svašek, 2010).

#### Literatuur

- Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen (RHDHV & Svašek, 2010).

#### Kennisleemtes

- Diverse leemtes, maar gezien het expertoordeel (gebaseerd op kennis die er wel reeds is) niet zinvol om verder te onderzoeken.

#### Expertoordeel

**Negatief.** Er is al een tekort aan (zoet) water op KGT, zeker tijdens de droge periodes. Deze maatregel zou nog een extra wateraanvoer vergen, wat onrealistisch is. Bovendien heeft de maatregel ook een negatief effect op de schuttingstijd.

### 2.5.10. Zoutvang uitbreiden naar NST en omloopriolen daarop aansluiten

Een zoutvang is een verdiept gedeelte in de kanaalbodem aan de kanaalzijde van de sluiskolk waar zout water uit bijvoorbeeld de kolk van de Westsluis (en later ook de NST) naar toe stroomt. Tijdens nivelleren en eventueel ook spuien via de omloopriolen wordt het zoute water uit de zoutvang terug naar de Westerschelde gespoeld. Momenteel gebeurt dit enkel nog maar bij de Westsluis. Het zoute water wordt als het ware “opgevangen” en “weggevoerd”. De maatregel betreft het uitbreiden van de zoutvang, zodat deze niet alleen bij de Westsluis ligt, maar ook bij de Nieuwe Sluis. De huidige riolen van de Nieuwe Sluis tappen water af uit het KGT op ongeveer de helft van de hoogte van de kolk. Bij deze maatregel wordt het riool verlengd, zodat deze op grotere diepte uit de zoutvang nivelleerwater aan het kanaal onttrekt. Op die manier wordt meer zout afgevoerd via het nivelleren.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	0

#### Voordelen

- Toename van de hoeveelheid zout water die via nivelleren wordt afgevoerd vanuit het KGT naar de kolk en vervolgens de buitenhaven.
- Zouter nivelleerwater resulteert in een zoutere kolk en lagere troskrachten.

#### Nadelen

- Hoge kosten indien instroom van het nivelleerkanaal van de NST moet worden aangepast.
- Een grotere zoutvang resulteert in een toename van onderhoudsbaggerwerk.
- Effectiviteit neemt af als er alleen genivelleerd wordt met water uit de zoutvang, en niet gespuid via uitwisselingsspuien en continuspuien bij de Westsluis, waarvoor voldoende bovenafvoer op het KGT nodig is.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De zoutvang moet lang en diep genoeg zijn, anders loopt deze over bij onvoldoende spuien.
- De huidige zoutvang wordt gespoeld door het nivelleren van de Westsluis en bij voldoende aanvoer ook door aanvullend te spuien via uitwisselingsspuien en continuspuien. Omdat de instroom van de riolen van de NST relatief hoog ligt (ongeveer halverwege de hoogte van de kolk) is het maar de vraag of het hiervoor voldoende zal zijn een geul van de zoutvang naar de NST te baggeren. Mogelijk is het ook nodig om de instroom van het nivelleerkanaal van de NST te verbinden met de zoutvang, zodat ook in tijden van droogte zout water selectief onttrokken kan worden uit de zoutvang bij het nivelleren van de NST. Er moet dan een aanbouw ('nozzle') aan het nivelleringskanaal van de Nieuwe Sluis worden toegevoegd om de instroomopening te verplaatsen naar grotere diepte of zelfs in de zoutvang. Er wordt bij voorkeur zo diep mogelijk afgezogen om te zorgen dat enkel zout water wordt afgezogen (zelfde principe als bij afzuigen zouttong) (RHDHV & Svašek, 2010). Vanwege de afmetingen van het kanaal en de diepte zal dit een kostbare ingreep zijn.

- Bij voldoende aanvoer zou dan theoretisch ook de Nieuwe Sluis gebruikt kunnen worden voor aanvullend spuien om water uit de zoutvang weg te spoelen. Het nivelleerkanaal moet dan dus op de zoutvang worden aangesloten en aan beide zijden worden geopend. Het nivelleerkanaal zoals in de NST is aangelegd loopt van voor naar achter door de sluis. Door aan beide zijden de schuiven te heffen, is het daardoor theoretisch mogelijk zout water uit de zoutvang te spuien naar de Westerschelde. Omdat de nivelleeropeningen in open verbinding staan met het kanaal (er zitten geen schuiven tussen de openingen en het kanaal), werkt dit alleen goed als de kolk gevuld is. Het schutbedrijf zal dan dus gestremd moeten worden tijdens het spuien. Omdat aanvullend spuien (naast het schutten) alleen mogelijk is bij voldoende bovenaanvoer en ook reeds voorzien is via de Westsluis lijkt het niet effectief dit ook voor de Nieuwe Sluis toe te passen.
- De huidige zoutvang loopt al een heel eind het kanaal op. Onduidelijk hoeveel effectiever dit wordt wanneer de zoutvang direct voor de kolk van de NST wordt aangesloten. Verder is er onduidelijkheid in hoeverre de zoutvang bij droogte nu al "overloopt" en in hoeverre een uitbreiding rond de NST het volume dan vergroot. Als er alleen maar meer zout in een nauwelijks grotere zoutvang komt, zal de oplossing inderdaad pas effectief zijn als de zoutvang ook via de NST gespoeld gaat worden (dus aansluiten nivelleerkanaal op zoutvang).
- De hoge ligging van het nivelleerkanaal houdt mogelijk ook verband met de bodembescherming. Bij een aanpassing zou mogelijk ook de bodembescherming verzaamd moeten worden.
- Ook indien enkel de zoutvang wordt vergroot is de bodembescherming rondom het binnenhoofd een punt van aandacht. Deze zal ofwel verwijderd en op de uitgediepte bodem terug aangebracht moeten worden ofwel moet de zoutvang er omheen gelegd worden.
- Bij het realiseren van een zoutvang (uitdiepen van de bodem) rondom het binnenhoofd van de Nieuwe Sluis dient de stabiliteit van de constructie gewaarborgd te blijven. De eerste verwachting is dat dit geotechnisch zou moeten kunnen (persoonlijke communicatie met projectteam NST).
- De combinatie met lichterren zou verder onderzocht moeten worden (§2.4.10).
- Mogelijke impact op grondwater dient onderzocht te worden.

### Literatuur

- Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen (RHDHV & Svašek, 2010).

### Kennisleemtes

- Kan een zoutvang met voldoende omvang worden aangesloten met de huidige ligging van de omloopriolen? (Huidige ligging: omloopriool in kolkwand westzijde)
- Kan een nieuwe geul tussen zoutvang en inlaat dezelfde functionaliteit verzorgen?
- De huidige zoutvang loopt al een heel eind het kanaal op. Onduidelijk in hoeverre het zout uit de nieuwe sluis niet sowieso al in de zoutvang belandt. De vraag is dan hoeveel effectiever dit wordt wanneer de zoutvang direct voor de kolk van de nieuwe sluis wordt aangesloten.
- In hoeverre "loopt" de zoutvang bij droogte nu al over en in hoeverre vergroot een uitbreiding rond de nieuwe sluis dan het volume. Als er alleen maar meer zout in een nauwelijks grotere zoutvang komt zal de oplossing mogelijk pas effectief zijn als de zoutvang ook via de nieuwe sluis gespoeld gaat worden. Daarvoor deint het nivelleerkanaal op de zoutvang aangesloten te worden, wat ook een constructieve aanpassing vraagt.
- Liggen er kabels en leidingen die uitbreiding van de zoutvang of het graven van geulen bemoeilijken?

- Wat zijn de gevolgen van een aanpassing van de zoutvang op de benodigde baggerhoeveelheden en baggerfrequentie?
- Is impact op grondwater te verwachten?

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Een zoutvang met voldoende volume moet inpasbaar zijn in het kanaal. Nivelleren van de NST met water uit de zoutvang is zonder meer mogelijk, maar vraagt om een relatief dure aanpassing (verlenging) van het nivelleersysteem.

### 2.5.11. Balgzak onderin sluiskolk

Een balgzak (gemaakt uit bv. Zeer zwaar rubberdoek) op de bodem van de kolk, waarbij het zoute of zoete nivelleerwater onder het doek wordt ingelaten en effectief gescheiden blijft van het kolkwater. Qua techniek zou dit lijken op de balgstuw die gebruikt wordt bij stormvloedkering in Ramspol in Noord-Nederland (ketelmeer/zwarde meer) (voor meer uitleg zie "[Stormvloedkering Ramspol | Rijkswaterstaat](#)" (RWS, 15/01/2024). Afhankelijk van de wijze waarop deze maatregel wordt uitgevoerd kan de zak gevuld worden met zoet water, zout water of lucht. Gebruik van lucht lijkt echter niet haalbaar (enorme hoeveelheid lucht verpompen voor de nodige druk te leveren).

#### Varianten

De eenvoudigste variant wordt ingezet bij hoog buitenwater waarbij zout water in de balg wordt ingelaten en naar een bekken op maaiveld wordt gespuid. Bij laag water kan het bekken dan geleegd worden (vrij verval). Hiermee wordt met name zoutindringing tegen gegaan. In deze variant waar de balgzak gevuld wordt met water is het een fysieke scheiding tussen zoet en zout. Bij enkel gebruik tijdens hoog water is er dus géén pomp nodig. Enkel bij de in/ uitstroomopeningen van de nivelleerleidingen zal een voorziening moeten worden gemaakt om afhankelijk van het getij de balgzak te kunnen vullen of ledigen. Doorvaardiepte is geen probleem wanneer de balg gevuld is aangezien het kanaalpeil mee omhoog komt.

Een tweede variant is om bij laag water de balg ofwel te vullen met kanaalwater, dat wordt geloosd in een laag gelegen bekken en vervolgens teruggepompt in het kanaal, ofwel je vult de balg vanuit een hoog gelegen zout bekken en loost op het buitenwater. Het hoge bekken kan dan bij vloed worden gevuld (vrij verval) al dan niet inclusief met (permanent) pompen.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
+	+	0/-	0

#### Voordelen

- Geen beperking in doorvaardiepte.
- Aanzienlijke beperking schutverlies.
- Beperking zoutindringing.
- Bij inzet (enkel) tijdens hoogwater zijn geen pompen nodig.

#### Nadelen

- Aanpassingen aan bestaande sluiskolken zijn noodzakelijk.
- Mogelijk regelmatige inspectie van onderhoudsgevoelige onderdelen (het doek) onder water in de sluiskolk nodig.
- Bij inzet bij laagwater zullen pompen en een hoog of laaggelegen bekken nodig zijn.
- Gebruik van lucht lijkt niet haalbaar (enorme hoeveelheid lucht verpompen voor de nodige druk te leveren)

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Bewezen techniek bij balgstuw Ramspol, maar onder een geheel andere toepassing. Nog niet eerder toegepast in een sluiskolk.

- De maximale diepgang op KGT is 12,5 m, en die wordt door bulkcarriers en tankers systematisch benut. De aankomst van deze schepen is meestal lang (dagen tot weken) op voorhand gepland. Met deze schepen kan dus rekening gehouden worden. Het vullen van de balg heeft geen effect op de diepgang, bij invaren aan de lage zijde ligt deze op de bodem, tijdens het nivelleren wordt de balg gevuld en gaan de schepen met de balg mee omhoog
- De aanwezigheid van onderhoudsgevoelige onderdelen onder water in de sluiscolk zou voor onderhoudskosten kunnen zorgen. Bij Ramspol kan worden nagegaan in hoeverre dit het geval is, voor zover geweten is het doek daar geen onderdeel dat regelmatig wordt vervangen. Wel wordt wanneer het doek "opgevouwen" wordt een inspectie uitgevoerd. Er zou moeten nagegaan worden of dit effectief noodzakelijk is (hoe vaak was er een probleem bij Ramspol? Sluisdeuren worden ook niet elke keer geïnspecteerd als ze open/dicht gaan)

### Literatuur

- Geen

### Kennisleemtes

- Welke aanpassingen vergt dit van de bestaande sluiscolken?
- Is een balgzak onder deze omstandigheden toepasbaar, onder water op diepte en onder scheepvaart?
- Kan de balgzak met een acceptabele nivelleertijd gevuld worden?

### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Dit is een innovatieve en mogelijk effectieve maatregel, maar onzeker omdat deze niet eerder is toegepast. Veel nader onderzoek is noodzakelijk.



### 2.5.12. Stremmen op zout

Bij schuttingen rond hoogwater komt het meeste zout het kanaal op. Bij schuttingen rond laagwater komt het zelfs regelmatig voor dat er netto zout geëxporteerd wordt. Door te stremmen rond hoogwater wordt de zoutlast verminderd. Op basis van modellering is aangetoond dat de seizoensgemiddelde concentratie daalt met ongeveer 100 mg/l per uur stremmen rond elk hoogwater in de zomer, 21 juni tot 21 september (HKV, 2023a).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/-	+	--	0

#### Voordelen

- Afname netto zoutlast bij Terneuzen.
- Geen infrastructurele ingreep nodig.

#### Nadelen

- Langdurig stremmen nodig voor significant effect. Stremmingen zijn hinderlijk voor scheepvaart.
- Mogelijk nadelig voor toegankelijkheid schepen met grotere diepgang, omdat er rond hoogwater niet meer geschut wordt.
- Gemiddeld genomen wordt bij stremmen rond hoogwater vrijwel onvermijdelijk bij lagere buitenwaterstanden geschut, waardoor meer waterverlies optreedt.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Stremmingen rond hoogwater kunnen nadelig zijn voor peilbeheer op het KGT. Schuttingen rond hoogwater op de Westerschelde zijn neutraal tot positief qua peilbeheer. Hiervoor in de plaats komen schuttingen bij lagere waterstanden op de Westerschelde, waarbij relatief veel water uit het KGT verloren gaat. Alleen als het lukt om de stremmingen in te richten als het 'schrappen' van schuttingen rond hoogwater, zonder het aantal schuttingen bij lagere waterstanden te laten toeneemen, kan deze maatregel neutraal uitpakken voor peilbeheer.
- Voor stremmingen rond hoogwater zijn geen SIVAK-berekeningen uitgevoerd. Uit SIVAK-berekeningen voor stremmingen rond laagwater volgt de verwachting dat de scheepvaart ondanks de opgelegde stremmingen (orde 1 tot 4 uur per hoogwater) afgewikkeld kan worden zonder dat de wachttijden oplopen over meerdere dagen (Witteveen+Bos, 2023). Dat toont dat zelf met extreme stremmingssituaties de capaciteit van het sluizencomplex nog groot genoeg is om alle schepen te schutten zonder extreme wachttijden. Wel moet opgemerkt worden dat bij stremmingen voor zoutbeheer rond hoogwater er aanvullend mogelijk ook nog stremmingen rond laagwater nodig zijn voor peilbeheer. De combinatie van deze twee typen stremmingen is nooit onderzocht, maar levert naar verwachting wel problemen op qua wachttijden voor de binnenvaart en zeevaart.
- Stremmingen rond hoogwater zouden in gang gezet kunnen worden op basis van een ecologische indicator.

### Literatuur

- Paragraaf 5.6 uit *Verziltting Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering* (HKV, 2023a)
- Tabel 4.4 uit *Effect sluisstremmingen sluizencomplex Terneuzen* (Witteveen+Bos, 2023) voor een indruk van de wachttijden voor scheepvaart.

### Aanvullend onderzoek

De beoordeling uit HKV (2023a) was gebaseerd op een grote overschrijding van de 3000 mg/l in het GE2030 scenario. Dan is stremmen op zout niet effectief genoeg. Er is inmiddels ook berekend hoe lang gestremd moet worden bij een beperkte overschrijding van de grenswaarde van 3000 mg/l, in de situatie met een relatief kleine toename van de scheepvaart, zoals gesimuleerd met SIVAK in Witteveen+Bos (2023). Bijlage B.3 beschrijft dit aanvullende onderzoek. De effecten in termen van reductie van het chloridegehalte bij Sas van Gent per stremduur zijn vergelijkbaar met de resultaten uit HKV (2023a). Twee uur stremmen op zout rond elk hoogwater gedurende de gehele zomer (21 juni tot 21 september) levert een seizoensgemiddelde reductie van ongeveer 250 mg/l chloride op bij Sas van Gent (1 april tot 1 oktober). De conclusie blijft staan dat stremmen op zout alleen geschikt is om te compenseren voor een beperkte overschrijding van de KRW-norm van 3000 mg/l.

### Kennisleemtes

Geen

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Door de beperkte effectiviteit en de aanzienlijke hinder voor scheepvaart is dit in principe geen kansrijke maatregel. Mogelijk kan het ingezet worden in een breder pakket, bij een beperkte overschrijding van de norm van 3000 mg/l.

### 2.5.13. Sluisdeuren deels openen

Als de deur niet volledig wordt opengezet dan wordt het uitwisselingsvolume beperkt. Dit kan worden toegepast bij kleine schepen.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	--	0

#### Voordelen

- Beperkte kosten. Geen grote constructieve maatregel nodig.

#### Nadelen

- Groot risico op aanvaringen en schade.
- Mogelijk stromingen in de opening die storend/gevaarlijk zijn.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

Geen.

#### Literatuur

- *Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen: Aanvullend oppervlakte-wateronderzoek* (Royal Haskoning & Svašek, 2010)

#### Kennisleemtes

Geen

#### Expertoordeel

**Negatief.** De risico's op aanvaringen en schade zijn te groot waardoor deze maatregel niet kansrijk wordt geacht.

### 2.5.14. Pontons in sluiscolk invaren

Bij een brede sluis zouden pontons geplaatst kunnen worden aan de sluiswand, zodat het kolkvolume wordt verkleind. Dit beperkt de zoutlast richting het KGT. Deze maatregel kan alleen worden toegepast bij een relatief lage sluisbezetting en als er geen zeer brede schepen gebruik willen maken van de kolk. Bij een hoge sluisbezetting of bij grote schepen moeten de pontons weer tijdelijk worden weggehaald. Een minimale variant is het inzetten van drijfrahmen die de gehele verticaal beslaan. Drijfrahmen van 1 meter breed beslaan dan  $2 \times 1/55 = 3$  à 4% van het sluisvolume.

(In een variant kan het schutwater ook worden verpompt naar de pontons, die dan als nivelleerbekken fungeren. Hiermee worden ook de schutverliezen beperkt. Deze variant beschouwen we nu niet gezien dit door grote technische complexiteit onhaalbaar lijkt.)

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/+	+	-	0

#### Voordelen

- Beperken kolkvolume en daarmee zoutvracht richting het KGT
- Bij een variant waarbij pontons worden verankerd, dan wel water naar de pontons wordt gepompt: ook beperking schutverlies.
- Beperkte kostprijs t.o.v. andere maatregelen.

#### Nadelen

- Beperking van de capaciteit van de sluiscolk
- Omvang van de operatie voor het in- en uitvaren en het aantal keren dat dit nodig zal zijn.
- Kosten (sleepboten, aan-/afmeren).
- Veel ruimte buiten sluis nodig voor de grote pontons als deze uitgevaren moeten worden
- Moeilijkere manoeuvre voor schepen, in- en uitvaren kost mogelijk meer tijd, sluisdeuren wellicht langer open.
- (In de variant met pompen: hoge pompcapaciteit nodig, pomptijd kan schuttijd beïnvloeden.)

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Er zijn meerdere mogelijkheden: continu in- en uitvaren van pontons (afhankelijk van de scheepsbezetting) of gebruik maken van semipermanente pontons, waarbij een ponton dat in de sluis ligt alleen wordt uitgevaren als een zeer groot schip moet passeren of een zeer hoge kolkbezetting wordt verwacht.
- Als de sluis een groot deel van het jaar groter is dan nodig, kan gewerkt worden met semipermanente pontons.
- Direct na in gebruik name van de Nieuwe sluis, is het plan om bulkcarriers van 38 m breed in te zetten op het KGT. Onderzoeken van het Waterbouwkundig Laboratorium concluderen dat 45 m brede schepen zonder aanpassingen aan het kanaal toegelaten kunnen worden. Het voornemen is om de toelaatbare scheepsbreedte geleidelijk op te laten lopen tot 45m.

- Drijvende oplossingen werken niet, je zou deze moeten afzinken of verankeren om te voorkomen dat ze tijdens het nivelleren mee omhoog drijven.
- De werking van de bodemroosters dient geveiligd te worden.
- De belasting op de schepen (troskrachten) in de kolk is een punt van aandacht bij een asymmetrische kolk.
- Een smallere kolk betekent meer in- en uitvaartijd. Tenzij je aan weerszijden pontons legt, vaart het schip excentrisch binnen, wat grotere zijdelingse krachten teweegbrengt, die op hun beurt enkel gereduceerd kunnen worden door een snelheidsreductie (dus langere in- en uitvaartijden).
- In een smallere kolk zijn meer sleepboten nodig om een groot schip binnen te krijgen. Momenteel moet een schip van 37 m breed 3 tot 4 sleepboten verplicht nemen om de Westsluis binnen te varen (40 m breed, 38 m vrije breedte). Men is van plan om 38 m brede bulkcarriers in te zetten meteen na ingebruikname Nieuwe Sluis. In een 55 m brede sluis is dit mogelijk met minimale sleepboot-hulp (waarschijnlijk 2). Beperkt men de vrije breedte door pontons, dan zal de benodigde sleepboot-hulp opnieuw 3 à 4 bedragen.
- Ruimte nodig om de pontons te stallen wanneer deze niet worden gebruikt. Momenteel is hiervoor geen vrije locatie voorhanden.
- De pontons moeten waarschijnlijk worden verwijderd als overgegaan wordt op geclusterd schutten ten behoeve van peilbeheer. In zeer droge zomers, met uitdagingen voor zowel zoutbeheer als peilbeheer, ligt de inzet van pontons daardoor minder voor de hand.

#### Literatuur

- Geen

#### Nader onderzoek

In bijlage B.2 is onderzoek gedaan naar de sluisbezetting op basis van SIVAK-berekeningen. In die SIVAK-berekeningen was de bezetting van de NST vrij laag. Het kolkvolume is dan onnodig groot ten opzichte van het aantal schepen dat daar gebruik van maakt. Geclusterd schutten is een optie, maar leidt tot lange wachttijden. Pontons zouden een alternatief kunnen vormen in tijden van droogte. De studie is wel een versimpelde weergave, omdat het uitgaat van eenvoudige beslisregels voor de verdeling tussen Westsluis en Nieuwe Sluis, en omdat er geen rekening gehouden is met het feit dat na realisatie van de Nieuwe Sluis bredere schepen (tot 38 m breed direct na realisatie) gebruik kunnen gaan maken van het kanaal.

Bijlage B.4 beschrijft de resultaten van verkennende berekeningen met de Zeesluisformulering (ZSF) naar de zoutlastreductie door diverse maatregelen. Daarbij is ook de effectiviteit van pontons onderzocht. Bij een 55 m brede sluis en 38 m maximale scheepsbreedte is ongeveer 15 m vrije ruimte beschikbaar voor pontons. Dit is de bovengrens. Deze maximale pontons kunnen de zoutlast vanuit de Nieuwe Sluis met 30% reduceren. Dit komt overeen met een reductie van 18% voor het totale sluisencomplex en een verlaging van de chlorideconcentratie bij Sas van Gent met orde 800 mg/l. Smallere pontons, of diep stekende drijframen, hebben een lagere effectiviteit. De reductie van de zoutlast is recht evenredig met het volume van de pontons.

### Kennisleemtes

- Praktische zaken zoals: hoe blijven pontons op hun plaats, hoe afmeren, waar kunnen pontons blijven als ze niet worden gebruikt, hoe beïnvloeden pontons het manoeuvreren in de kolk?

### Expertoordeel

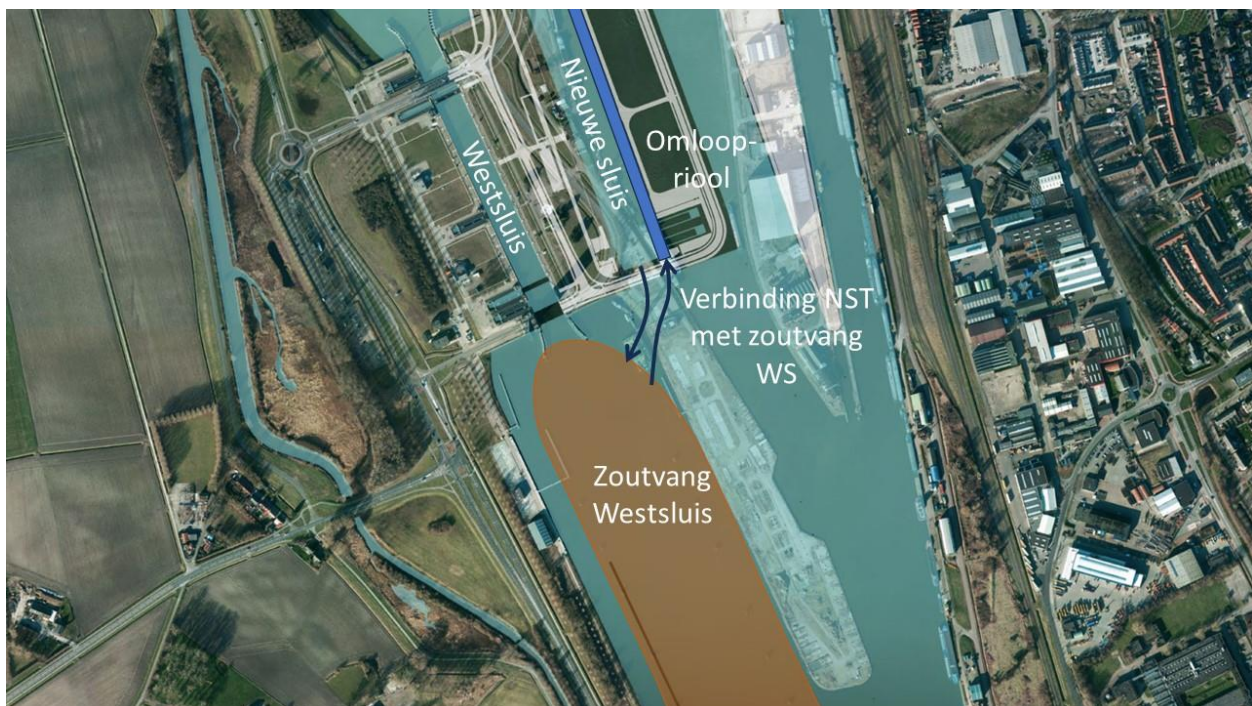
**Twijfelachtig.** De maatregel lijkt effectief. Een variant met continu in- en uitvaren lijkt logistiek onhaalbaar, maar als de sluiskolk in de meeste gevallen groter is dan nodig, zijn semi-permanente pontons mogelijk wel haalbaar. De enorme dimensies van deze pontons zijn complicerend. Het is bijvoorbeeld onduidelijk waar deze kunnen worden geplaatst als ze niet in gebruik zijn, en hoe ze het manoeuvreergedrag in de kolk beïnvloeden. Een minimale variant met diep stekende drijfrahmen is wellicht wél kansrijk.

## 2.6. Maatregelen in en langs het KGT

In het kanaal zelf kunnen maatregelen genomen worden om de verspreiding van het zout vanaf benedenstrooms (bij Terneuzen) richting bovenstrooms (richting Gent) te beperken. Dit kan bijvoorbeeld door de menging te verbeteren waardoor het zout makkelijker weggespoeld kan worden of de voortschrijding van de zouttong vertragen.

### 2.6.1. Zout NST beter naar zoutvang Westsluis leiden

Aan de kanaalzijde van de Westsluis ligt reeds een zoutvang waar zout water wordt opgevangen en waar mogelijk terug gespuid via de omloopriolen van de Westsluis richting de Westerschelde. De zoutvang van de Westsluis kan met de Nieuwe sluis worden verbonden (Figuur 2-9). De zoutvang die langs de bodem het kanaal in beweegt bij het openen van de sluisdeuren van de Nieuwe sluis kan richting de zoutvang geleid worden door middel van bijvoorbeeld een geul. Andersom kan het zoute water uit de zoutvang mogelijk ook gebruikt worden voor het nivelleren van de Nieuwe sluis. Hiervoor zullen de riolen van de Nieuwe sluis aan de zoutvang verbonden moeten worden (paragraaf 2.5.10). Een andere optie is om de zoutvang van de Westsluis uit te breiden zodat het gebied voor beide sluisen verdiept is en fungeert als zoutvang.



Figuur 2-9: De huidige zoutvang van de Westsluis en de mogelijkheden om deze te verbinden met de Nieuwe sluis (achtergrondkaart: <https://niewesluissterneuzen.eu/>).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	0

#### Voordelen

- Zout uit NST wordt beter opgevangen in de zoutvang, waardoor deze bij nivelleren en spuien bij de Westsluis beter selectief kan worden afgevoerd.
- Kost geen extra zoetwater

#### Nadelen

- Vergt een aanpassing aan de bodemligging aan de binnenzijde van de Nieuwe Sluis
- Vergt mogelijk extra onderhoud om een (aangepaste) zoutvang op diepte te houden,



hoewel dit meegenomen kan worden bij het onderhoud van de bestaande zoutvang.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Een mogelijke variant is een rioolafvoer vanaf de NST naar de bodem van de zoutvang. Dit maakt nivelleren met water uit de zoutvang mogelijk. Zie hiervoor §2.5.10.
- Bij het verdiepen van de nabij het binnenhoofd van de Nieuwe Sluis dient de stabiliteit van de constructie gewaarborgd te blijven. De eerste verwachting is dat dit geotechnisch zou moeten kunnen (persoonlijke communicatie met projectteam NST).
- Mogelijke impact op grondwater dient onderzocht te worden.

### Literatuur

- Onderzoek door VNSC

### Kennisleemtes

- Stroomt zout water vanuit de NST al gravitair richting de huidige zoutvang van de Westsluis, of kan dit nog worden verbeterd door de bathymetrie van de zoutvang aan te passen, bijvoorbeeld door het uitbaggeren van een geul van de NST naar de zoutvang?
- Liggen er kabels en leidingen die uitbreiding van de zoutvang of het graven van geulen bemoeilijken?
- Wat zijn de gevolgen van een aanpassing van de zoutvang op de benodigde baggerhoeveelheden en baggerfrequentie?

### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** De zoutvang ligt al in het sluisencomplex. Als de capaciteit voldoende is en de verbinding tussen zoutvang en Nieuwe sluis leidt tot een verbetering van het opvangen van zout water uit de NST, is dit een effectieve maatregel zonder grote nadelen.

## 2.6.2. Getrapt profiel binnenhaven

Een getrapt profiel met steile treden vormt een obstakel voor de indringende zouttong (net zoals een drempel). De zouttong is dichter dan het zoetere kanaalwater en beweegt zich met name voort over de bodem van het kanaal. Door een tredenprofiel wordt de verspreiding van de zouttong vanuit de binnenhaven richting het kanaal bemoeilijkt.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	0	0

#### Voordelen

- Belemmering voor de naar binnen bewegende zouttong bij de bodem
- Weinig/geen hinder voor scheepvaart

#### Nadelen

- Mogelijk grootschalige baggerwerkzaamheden nodig om een getrapt profiel te realiseren (aanleg).
- Onderhoudsbaggerwerkzaamheden om het getrapte profiel in stand te houden.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- In een estuarium zorgt een getrapt profiel voor versterkte menging aangedreven door het getij, waardoor de dichtheid-gedreven stroming afneemt en het zoute water makkelijker afgevoerd kan worden. In de Nieuwe Waterweg en Nieuw Maas is een trapjeslijn effectief gebleken, ook al is het onderhoud naar loop van tijd verwaarloosd. In tegenstelling tot een estuarium is het KGT laag-dynamisch. Echter kan scheepvaart in combinatie met obstakels ook zorgen voor menging.

### Literatuur

- Hoofdstuk 3.5 over modellering van een trapjeslijn op het NZK/ARK – *Verziltiging monding Amsterdam-Rijnkanaal – Fase 2: onderzoek naar maatregelen* (HKV & Royal Haskoning DHV, 2023)

### Kennisleemtes

- Hoe effectief is een getrapt profiel in het tegengaan van verziltiging?
- Op wat voor schaal moet een getrapt profiel uitgevoerd worden om effectief te zijn (orde kilometers of honderden meters)?

### Expertoordeel

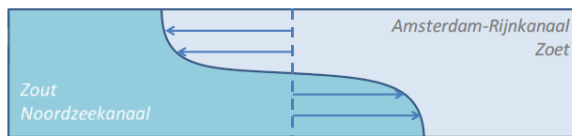
**Waarschijnlijk negatief.** Vergt een aanpassing aan de kanaalbodem en mogelijk extra onderhoud, tegen naar verwachting beperkte invloed op de zoutindringing naar het KGT.

### 2.6.3. Bellenscherm(en) in kanaal

Op het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) is een bellenscherm aanwezig om menging te bevorderen en daardoor effectiever het zout terug te spoelen richting het Noordzeekanaal (NZK) met het beschikbare debiet op het ARK (zie Figuur 2-10). Ook op het KGT zouden een of meer van zulke bellenschermen gerealiseerd kunnen worden. Deze kunnen de indringing van een zouttong langs de bodem beperken en het terugspoelen van zout water richting Terneuzen kunnen bevorderen.

#### Huidige situatie

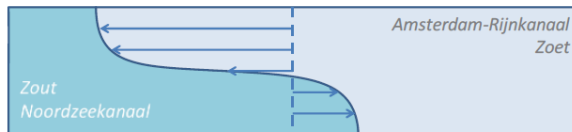
Het zoete water van het Amsterdam-Rijnkanaal drijft op het zwaardere water van het Noordzeekanaal en stroomt richting IJmuiden. Daaronder stroomt zouter water naar het Amsterdam-Rijnkanaal.



Door de lage afvoer over de rivier is er maar een beperkte afvoer van zoet water mogelijk over het Amsterdam-Rijnkanaal.

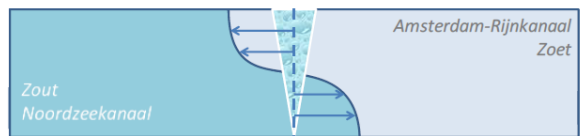


Deze beperkte afvoer remt de stroming van zout water wel af, maar kan die niet tot staan brengen.



#### Nieuwe situatie met bellenscherm

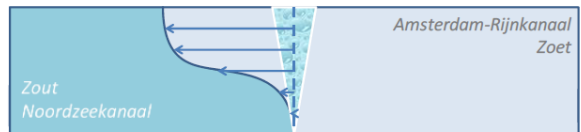
Door inzet van een bellenschermen worden de tegengestelde stromingen van zoet en zout water afgeremd.



Dezelfde beperkte afvoer over het Amsterdam-Rijnkanaal ....



... is nu wel in staat om het indringen van zout water tot staan te brengen.



Figuur 2-10: Voorbeeld van de werking van een bellenscherm in combinatie met een klein spoeldebiet op het ARK.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	-	-

#### Voordelen

- Hindert stroomopwaartse beweging van zout langs de bodem van het kanaal
- Kost geen extra water

#### Nadelen

- Effectiviteit op ARK moeilijk aan te tonen
- Hinder voor scheepvaart
- Invloed op vismigratie
- Hoge energievraag
- Vraagt regelmatig onderhoud

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Bellenscherm(en) plaatsen op een plek waar hinder voor schepen minimaal is, bij voorkeur in een recht gedeelte zonder overgangen.
- Er is nog altijd veel discussie over de effectiviteit van bellenschermen in het tegengaan van verzilting. Dit komt deels doordat de interactie tussen de dichtheidsstroming en het bellenscherm nog niet volledig begrepen wordt. Sommige experts pleiten voor een gedetailleerde analyse van de dominante processen door middel van hypothesen in combinatie met metingen.
- Begin 2023 heeft Rijkswaterstaat WNN samen met Waternet metingen op het ARK uitgevoerd om de effectiviteit van het bellenscherm in het ARK scherper in beeld te krijgen. Tussentijdse monitoringsbevindingen van RWS (26-9-2023) tonen dat de effectiviteit van het bellenscherm moeilijk vast te stellen is. Dit wordt deels verklaard door de complexiteit van het systeem. Daarnaast speelt een rol dat het bellenscherm niet over de volledige breedte van het kanaal een bellenstroom kon genereren tijdens de meetcampagne.
- Bellenschermen op een kanaal zijn voornamelijk effectief in combinatie met een significant doorspoeldebiet. In vergelijking met het ARK is het debiet in het KGT gemiddeld genomen lager en het kanaal breder en dieper. Naar verwachting is (bij een gelijke intensiteit van de bellenstroom) de effectiviteit van een bellenscherm op het KGT daarom lager dan op het ARK, waar de effectiviteit op het ARK al niet duidelijk aantoonbaar lijkt te zijn.

### Literatuur

- Presentatie (26 september 2023) over metingen rond het bellenscherm in het Amsterdam-Rijnkanaal, projectleiders Waternet en RWS van bellenscherm ARK.
- Deltares (2018). Bellenscherm monding ARK. Deltares memo 11203093-000-HYE-0001, Otto Weiler, 25 juli 2018.

### Kennisleemtes

- Bellenschermen maken schepen minder navigeerbaar, welke schepen ondervinden hier last van? En hoeveel problemen geeft dat?
- Wat is het effect van het uitschakelen van het bellenscherm bij scheepspassages?
- Hoe verhouden de (energie)kosten van een bellenscherm zich tot de baten?

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Een bellenscherm is naar verwachting minder effectief op het relatief diepe en zeer zwak stromende Kanaal Gent-Terneuzen dan op het ondiepere en iets sterker stromende Amsterdam-Rijnkanaal, terwijl op het Amsterdam-Rijnkanaal al moeite gedaan moet worden om significante effecten te meten.

#### 2.6.4. Debietfluctuaties in het KGT

Op het KGT kunnen debietfluctuaties gegenereerd worden, door niet langer de timing van het spuien bij Evergem en bij Terneuzen nauwkeurig op elkaar af te stemmen. Mogelijk kunnen zelfs versterkte fluctuaties worden gegenereerd door het debiet bij Evergem niet geleidelijk over de dag te laten stromen, maar met sterke fluctuaties door de week en/of door de dag. Deze fluctuaties zorgen netto voor meer menging in het gehele KGT waardoor de stratificatie afneemt en het zout makkelijker afgevoerd kan worden.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	0/-	0

#### Voordelen

- Toename menging, minder zoutindringing
- Beperkte kosten

#### Nadelen

- Mogelijk enige hinder voor scheepvaart
- Onzekerheid over effectiviteit
- Mogelijk hinder in andere waterlopen rond Gent
- Zeer nauwgezet waterbeheer vereist

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Fluctuaties in peil kunnen leiden tot fluctuaties kielspeling. Dit kan manoeuvreergedrag en controleerbaarheid van (diepstekende) schepen beïnvloeden.
- Peilveranderingen kunnen stuwgolven in het kanaal veroorzaken die hinderlijk kunnen zijn voor de scheepvaart.
- In HKV & Royal HaskoningDHV (2023) is onderzoek gedaan naar de effectiviteit van verhoogde debietfluctuaties op het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK). Deze zorgden voor een afname van het zoutgehalte in het meest bovenstroomse deel van het ARK. Op grote afstand van het bovenstroomse inlaatpunt waren de effecten gering. Het KGT is echter dieper en breder dan het ARK, waardoor stroomsnelheden nog minder groot zijn en debietfluctuaties relatief minder invloed hebben.

#### Literatuur

- Hoofdstuk 3.7 over modellering van het vergroten van debietfluctuaties op het NZK/ARK – *Verziltiging monding Amsterdam-Rijnkanaal – Fase 2: onderzoek naar maatregelen* (HKV & Royal HaskoningDHV, 2023)

#### Kennisleemtes

- Hoe effectief zijn debietfluctuaties voor het tegengaan van verzilting?

#### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Op basis van modelstudies voor het Amsterdam-Rijnkanaal lijken debietfluctuaties enig zoutverlagend effect te hebben, maar alleen zeer dicht bij de bron van bovenaanvoer.

### 2.6.5. Versmalling KGT

Een versmalling zorgt voor een verhoging van de stroomsnelheid waarmee de dichtheidsstroming langs de bodem wordt tegengegaan. Ook kan een versmalling lokaal de menging bevorderen waardoor het zoute water makkelijker afgevoerd kan worden. Een breedtereductie van ongeveer 40% op het Amsterdam-Rijnkanaal zorgt volgens berekeningen voor een reductie van de chlorideconcentraties van 20-30% (HKV, 2022). Een versmalling kan permanent zijn, maar ook tijdelijk worden aangebracht door middel van pontons of zinkstukken.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	--	0

#### Voordelen

- Kost geen extra water.

#### Nadelen

- Zeer negatief effect op scheepvaart.
- Verhoogd risico op ongevallen en mogelijk niet haalbaar om schepen toe te laten om op veilige manier elkaar te passeren.
- Voor grote schepen is er nu al éénrichtingsverkeer, dit zal voor meer scheepsklassen gaan gelden.
- Toelaatbare snelheid voor schepen zal afnemen.
- De lage stroomsnelheid op het KGT beperkt de effectiviteit van deze maatregel.
- Mogelijk extra druk op biologie in het systeem, gezien op residuele habitats de druk van scheepvaart hoger wordt (en minder 'schuilhabitats' beschikbaar zijn)

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De versmalling die voor het ARK werd bestudeerd (HKV, 2022) gaat uit van een breedtereductie van 80 m tot 46 m (dus een reductie met meer dan 40%). Een soortgelijke reductie van de dwarssectie van het KGT zou de scheepvaart op het kanaal compleet op de helling zetten, zowel voor de zeeschepen als voor de binnenschepen. Wellicht zullen de grootste schepen ook sleepbootassistentie behoeven om dit obstakel veilig te passeren.
- De scheepvaart geeft aan minder hinder te ondervinden van drempels dan van versmallingen.
- Momenteel worden reeds testvaarten gedaan met bredere schepen op het KGT. NSP verkent momenteel welke punten mogelijk op termijn aanpassingen vragen om met grotere schepen eenvoudig op het kanaal te varen. Een versmalling van het KGT past niet in deze ontwikkelingen.
- Mogelijk een bodembescherming rond een versmalling nodig.

### Literatuur

- *Effectiviteit versmalling Amsterdam-Rijnkanaal* (HKV, 2022)

### Kennisleemtes

Geen.

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Een versmalling geeft grote hinder voor scheepvaart. Daarnaast past een versmalling niet in ontwikkelingen om het KGT op termijn mogelijk te verbreden, waardoor een versmalling hooguit tijdelijk van aard kan zijn. Dat maakt het investeren in deze maatregel onlogisch.

### 2.6.6. Drempel KGT

Een drempel zorgt voor een verhoging van de stroomsnelheid en een fysiek obstakel voor de indringende zouttong. Bij het passeren van schepen kan de verminderde diepte boven een drempel ook zorgen voor meer menging waardoor het zout makkelijker afgevoerd kan worden. Op het Antwerps kanaalpand (het kanaal tussen het Volkerak-Zoommeer en de havendokken van Antwerpen) is menging door scheepvaart voldoende om met een klein debiet zout weg te houden.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	-	0

#### Voordelen

- Barrière voor zoutindringing door lokaal hogere stromingsdruk
- Dieptebeperking minder hinderlijk dan een versmalling voor de scheepvaart

#### Nadelen

- Kleinere vaardiepte beschikbaar
- Complicerend voor onderhoudsbaggerwerk

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Strijdig met ambities voor een grotere diepgang van het kanaal na realisatie van de NST.
- Mogelijk een bodembescherming rond een drempel nodig om deze stabiel te houden.

#### Literatuur

- Hoofdstuk 3.3 over modellering van een drempel op het ARK – *Verzilting monding Amsterdam-Rijnkanaal – Fase 2: onderzoek naar maatregelen* (HKV & Royal Haskoning DHV, 2023)

#### Kennisleemtes

- Hoe effectief is het plaatsen van drempels over de lengte van het KGT in het tegengaan van verzilting?
- Hoe hoog kan een drempel / kunnen drempels worden aangelegd lettend op behoeften van de scheepvaart?
- Er bestaat geen formulering voor drempels in D-Hydro waarbij het effect van extra menging door scheepvaart wordt meegenomen. Nader onderzoek naar de effectiviteit is daardoor nodig.

#### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Conflicterend met wensen over een dieper kanaal. De toegestane hoogte van drempel i.c.m. scheepvaart is onbekend. De effectiviteit is afhankelijk van deze hoogte.



### 2.6.7. Zoutdeur in het KGT

Een deur of stuw in het KGT die bij sterke verzilting de bovenste helft van de waterkolom afsluit en het debiet langs de bodem perst om de zouttong terug te dringen. Scheepvaart wordt tijdelijk gestremd als de zoutdeur gesloten is. Het sluiten van de zoutdeur kan in de nachtelijke uren, of volgens een bepaald schema gedurende de dag. Eventueel kan de zoutdeur worden gecombineerd met een sluis, zodat het kanaal tijdens sluiting van de zoutdeur nog steeds passeerbaar is.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	--	0

#### Voordelen

- Beperking van de zoutindringing zonder behoefte aan extra doorspoeling

#### Nadelen

- Extra wachttijden scheepvaart
- Eventuele extra sleepbootkosten
- Aanmeervoorzieningen scheepvaart nodig
- Grote constructie met navenant hoge realisatie- en onderhoudskosten
- Bedrijfsvoering nodig
- Bedrijfszekerheid nodig, ook bij calamiteiten

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Deze constructie is onderzocht als variant in HKV en Royal HaskoningDHV (2023) voor het Amsterdam-Rijnkanaal. De invloed op zoutindringing is groot. De kosten en impact op scheepvaart echter ook.

#### Literatuur

- Hoofdstuk 3.4 over modellering van een zoutdeur op het ARK – *Verziltiging monding Amsterdam-Rijnkanaal – Fase 2: onderzoek naar maatregelen* (HKV & Royal Haskoning DHV, 2023)

#### Kennisleemtes

- Impact op scheepvaart bij intensief scheepvaartverkeer. Hoeveel scheepvaartverkeer is er halverwege het KGT tijdens de nachtelijke uren?
- Te verwachten reductie van verzilting bovenstrooms van de zoutdeur

#### Expertoordeel

**Negatief**, vanwege hoge investeringskosten en impact op scheepvaartfunctie.

## 2.7. Maatregelen zijtakken

Langs het KGT zijn een aantal zijtakken aanwezig die deels of volledig in open verbinding staan met het kanaal: de Moervaart, de Zuidlede en de Avrijevaart. Deze hebben een hogere ecologische waarde dan het kanaal zelf, onder andere doordat ze een belangrijke schuilplaats vormen voor zoetwatersoorten tijdens zoute periodes op het KGT. Daarnaast is de Moervaart een belangrijke bron van zoetwater voor de landbouw bij droogte. Tot slot dragen deze zijtakken ook bij aan de aanvoer van het kanaal en het peilbeheer en heeft vice versa het peilbeheer op het kanaal een grote invloed op deze takken. Gezien hun functies is het van belang om zeker voor deze waterlopen de zoutconcentraties te beperken en te beschermen tegen de peilfluctuaties.

De zijwaterlopen kunnen verzilten als er langdurig (nagenoeg) geen bovenstrooms debiet beschikbaar is in de zijtakken. Peilfluctuaties op het KGT leiden dan tot een wisselende stroomrichting, en een steeds verder stroomopwaarts bewegende zoet/zout-overgang. Ook captaties (onttrekkingen van water ten behoeve van irrigatie) kunnen leiden tot versnelde zoutindringing op specifiek de Moervaart. Als captaties groter zijn dan de bovenafvoer, resulteert dit in een omgekeerde stroomrichting en verzilting tot aan de captatielocaties. Meer details zijn te vinden in HKV (2023a).

### 2.7.1. Retentiegebieden in Moervaartvallei

De Moervaart heeft geen bron, maar zorgt voor de afwatering van de Moervaartvallei. Daarmee is de afvoer door de Moervaart rechtstreeks gekoppeld aan de neerslag in de betreffende periode. Creëren van een zoetwaterbuffer door de ontwikkeling van natte natuur en bekkens langs de Moervaart en de Zuidlede kan mogelijk zorgen voor een basisdebiet in de zomer tijdens droogte.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	-

#### Voordelen

- Beperking verzilting op Moervaart en Zuidlede.
- Er zijn reeds herinrichtingsplannen voor de omgeving van Moervaart en Zuidlede (incl. vernatting gebieden en aanleg waterbergingsbekkens, bv. Oostdonk (Zuidlede) en Kalvekant-Zuid (Moervaart)).
- Kan ook een opportuniteit zijn voor landbouw en waterveiligheid.

#### Nadelen

- Risico op toename nutriënten
- Natte natuurgebieden moeten nat blijven in droge zomers, en kunnen maar moeilijk fungeren als bron voor het creëren van debiet door de Moervaart en Zuidlede.
- Mogelijk onteigeningen nodig voor aanleg dergelijke gebieden.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- De bovengenoemde herinrichtingsplannen zijn al uitgewerkt en werken worden of zijn gestart. Aanpassing zal op verzet stuiten. Indien deze maatregel verder wordt meegenomen zal er eventueel in gesprek moeten gegaan worden met de Vlaamse Landmaatschappij (VLM).
- Risico op toename van de nutriënten fosfor en stikstof in de gebieden. Dit kan deels worden gemitigeerd worden door bijvoorbeeld grasbuffers. Dit wordt onder andere onderzocht in het recent opgestarte Interreg project Aquatuur.
- Het doel van deze maatregel is het creëren van een (klein) debiet door de zijwaterlopen in tijden van droogte. De bijdrage is veel te klein om bij te dragen aan peilbeheer op het KGT tijdens droogte.

#### Literatuur

- Landinrichting Moervaartvallei Kalvekant – Reepkens – Oostdonk – Maaibos. Ontwerp landinrichtingsplan (VLM, 2022).

#### Kennisleemtes

- Hoe groot moeten deze bekkens en gebieden zijn om een significante beperking in verdere verzilting te geven?
- Waar kunnen deze retentiegebieden gerealiseerd worden? De huidige natte natuur is uitonderhandeld als invulling van de natuurcompensatie voor de uitbreiding van de havens van Gent. Plekken voor extra natte natuur lijken niet voorhanden.

- Welk effect zullen dergelijke bekkens hebben op de natuur in de omgeving? Bijvoorbeeld in het vooropgestelde noodbekken (waterberging) in Kalvekant-Zuid mag vanuit ecologisch standpunt maximaal 1 tot 2 weken aaneensluitend water gebufferd worden.

### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** In potentie effectief, maar waarschijnlijk moeilijk inpasbaar in de huidige herinrichtingsplannen. Natte natuur moet daarnaast nat blijven, en voor zover mogelijk niet uitdrogen in droge zomers. Onttrekken van debiet uit deze natuurgebieden is dan niet kansrijk.

## 2.7.2. Stuw/sluis in de Moervaart bij Mendonk

Een stuw vormt een barrière tussen het zoutere water op KGT en het zoetere water op de Moervaart en de Zuidlede waar het zoute water maar zeer beperkt langs komt. Hiermee wordt de zoutindringing in de zomer grotendeels voorkomen. De stuw kan permanent zijn, maar ook beweegbaar, waarbij de stuw slechts wordt gesloten bij droogte. Eventueel kunnen een schutsluis en/of spuimiddel worden toegevoegd aan de constructie. Een andere optie is het toevoegen van een pomp om zo het peilbeheer op de Moervaart te verbeteren en sturingsmogelijkheden in tijden van droogte te hebben.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	-	0/-

#### Voordelen

- Voorkomt zoutindringing in de zomer.
- Peilbeheer Moervaart is met pomp en stuw eenvoudiger.
- Sturingsmogelijkheden door de aanwezigheid van een pomp.

#### Nadelen

- Negatief effect op de scheepvaart van de Moervaart
- Waarschijnlijk een negatief effect op vismigratie van (zoutmijdende) vissen en invertebraten, die bij een hoog zoutgehalte op het KGT de zijtakken gebruiken als vluchtgebied.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Eventueel is een schutsluis in combinatie met een vismigratierivier een oplossing (zie Afsluitdijk). Dit vergt een hogere investering dan alleen een spuisluis. En mogelijk is het beschikbare debiet op de Moervaart onvoldoende voor het genereren van een lokstroom.
- Een horizontaal beweegbare stuw lijkt een interessante en flexibel in te zetten technische variant van deze maatregel.
- Het meest benedenstroomse deel van de Moervaart ontvangt grotere binnenvaartschepen. Als deze schepen niet langs de sluis of stuw hoeven blijft de hinder beperkt tot schepen klasse I en pleziervaart.
- Er is een voorziening voor vismigratie nodig, omdat is aangetoond dat zoetwatervissen moeten kunnen vluchten uit het KGT naar zoete zijlopen bij verzilting van het KGT in de zomer.

### Literatuur

- Geen

### Kennisleemtes

- Effecten op vismigratie
- Effecten op de scheepvaart op de Moervaart en Zuidlede
- Effect van een pomp op de robuustheid en natuurwaarden in het systeem.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief**, maar vergt een relatief grote investering tegenover een deeloplossing. Daarnaast hinderlijk voor scheepvaart, zeker in vaste vorm.

### 2.7.3. Bellenscherm monding Moervaart

Een bellenscherm bevordert menging, en verhindert indringing van de zouttong langs de bodem.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	0/-	-

#### Voordelen

- Hiermee wordt de verzilting op de Moervaart deels losgekoppeld van de verzilting op het hoofdkanaal.

#### Nadelen

- Nadelig voor migratie van dieren.
- Mogelijk hinder voor scheepvaart
- Grote energievraag

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Een bellenscherm is alleen effectief als dichtheidsstroming een belangrijke rol speelt. Omdat de Moervaart relatief ondiep is (ongeveer 2-3m) is het vermoeden dat het een goed gemengd systeem is en dat er nauwelijks spraken is van gelaagdheid. Dit is niet bevestigd door metingen.

#### Literatuur

Geen.

#### Kennisleemtes

- Hoe belangrijk is dichtheidsstroming in de aansluiting tussen Moervaart en KGT? Wat betekent dit voor de effectiviteit van een bellenscherm?

#### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Een bellenscherm zorgt voor menging van zoet en zout water. De Moervaart is ondiep en daardoor waarschijnlijk al goed gemengd. Een bellenscherm heeft dan geen toegevoegde waarde.

#### 2.7.4. Getrapt profiel richting de Moervaart

Treden in de bodem hinderen de verspreiding van de zouttong langs de bodem. Dit kan op twee manieren werken. De treden vormen een obstakel voor een zouttong waardoor de minder makkelijk binnendringt. Anderzijds kan het tredenprofiel in combinatie met de overvarende scheepvaart zorgen voor meer menging waardoor het zouter makkelijker afgevoerd kan worden.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	0	0

#### Voordelen

- Geen hinder scheepvaart.
- Kost geen extra water.

#### Nadelen

- Onzekerheid over effectiviteit
- Onderhoud nodig

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Momenteel bestaat er al een soort drempel in de Moervaart door het verschil in waterdiepte tussen de benedenloop (industrieel gebied) en bovenloop.
- Een getrapt profiel is vooral effectief in een gelaagd systeem. Aangezien de Moervaart relatief ondiep is (ongeveer 2-3m), is het vermoeden dat het een goed gemengd systeem is en dat er nauwelijks sprake is van gelaagdheid. Het al dan niet ontbreken van gelaagdheid speelt dus een belangrijke rol voor de effectiviteit van de maatregel. Hoewel het vermoeden uitgaat naar een gemengd systeem is dit niet bevestigd door onderzoekswaarden, dit blijft bijgevolg een onzekerheid.
- De Moervaart is veel minder druk bevaren dan het hoofdkanaal waardoor er minder menging wordt veroorzaakt door scheepvaart.

#### Literatuur

- Hoofdstuk 3.5 over modellering van een trapjeslijn op het NZK/ARK – *Verziltiging monding Amsterdam-Rijnkanaal – Fase 2: onderzoek naar maatregelen* (HKV & Royal Haskoning DHV, 2023)

#### Kennisleemtes

- Kunnen deze treden gemaakt worden middels baggeren/bodembescherming of dient het een 'scherpe' rand te zijn? Dat betreft een andere orde investeringskosten.
- Hoe belangrijk is dichtheidsstroming in de aansluiting tussen Moervaart en KGT? Wat betekent dit voor de effectiviteit van een getrapt profiel?

#### Expertoordeel

**Negatief.** De maatregel is uitvoerbaar, maar de effectiviteit op het gebied van verziltiging is waarschijnlijk beperkt.

### 2.7.5. Zoutvang Moervaart

Een zoutvang is een dieper gelegen deel van de bodem voor/in de ingang van de Moervaart waar het zoutere water uit het KGT in blijft hangen. Dit creëert een tijdelijke buffercapaciteit voor zout bij kortdurende zoutindringing vanuit KGT naar Moervaart

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0/+	0	0

#### Voordelen

- Beperkte impact op scheepvaart en natuur

#### Nadelen

- Onzekerheid over effectiviteit.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Een zoutvang is alleen effectief bij dichtheidsverschillen over de waterkolom.
- Een grotere diepte in de zoutvang kan zoutindringing makkelijker maken.
- Mogelijk kan een zoutvang in combinatie met een stuw effectief zijn.

#### Literatuur

Geen.

#### Kennisleemtes

- Hoe belangrijk is dichtheidsstroming in de aansluiting tussen Moervaart en KGT? Wat betekent dit voor de effectiviteit van een zoutvang?

#### Expertoordeel

**Waarschijnlijk negatief.** Technisch haalbaar, maar waarschijnlijk beperkte effectiviteit.



### 2.7.6. Verlengen afstand tussen ecologisch waardevolle gebieden en KGT

De ecologisch meest waardevolle gebieden liggen niet aan het hoofdkanaal maar aan zijwateren zoals de Moervaart. Stroomopwaartse ecologisch waardevolle gebieden kunnen beschermd worden door de afstand die het zoute water moet afleggen te vergroten. Als zout een grotere afstand moet afleggen duurt het langer voordat het zout daar komt. Een voorbeeld is de vismigratierivier die momenteel wordt aangelegd bij de Afsluitdijk. Dit kan geïmplementeerd worden als Nature-Based Solution, waarbij de Moervaart via een sterk meanderend tracé verbonden wordt aan het KGT.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	-	+

#### Voordelen

- Grote meekoppelkans voor natuur.

#### Nadelen

- Sterke hinder voor schepen richting de Moervaart.
- Mogelijk onvoldoende debiet door de Moervaart voor een significante lokstroom.
- Grote ruimtevraag, mogelijk ruimtelijk moeilijk inpasbaar.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen terrestrische en aquatische ecologie.
- Het benedenstroomse deel van de Moervaart is en moet toegankelijk blijven voor grote binnenschepen.
- Mogelijk is het beschikbare debiet op de Moervaart onvoldoende voor het genereren van een lokstroom.

#### Literatuur

- *Vismigratie Afsluitdijk: Hydraulische en ecologische toetsing van het ontwerp* (Arcadis, 2018)

#### Kennisleemtes

- Welke concepten kunnen toegepast worden om de afstand naar ecologisch waardevolle gebieden te verlengen?
- Een dergelijke maatregel neemt veel ruimte in beslag. Is deze ruimte beschikbaar in het beoogde gebied?

#### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** De maatregel is effectief tegen verzilting en werkt positief voor de natuur. Scheepvaart ondervindt nadelen en de beschikbare ruimte is mogelijk niet beschikbaar. Onderzoek nodig naar een inpasbare, acceptabele variant.

### 2.7.7. Stuw Zuidlede

Met een stuw is de Zuidlede afgesloten voor stroming vanuit het KGT in bovenstroomse richting en dus ook voor verzilt oppervlaktewater dat via deze route binnendringt. Daarmee is er alleen nog uitstroom van water vanuit de Zuidlede. Deze maatregel kan gecombineerd worden met een pomp om zo het peilbeheer van de Zuidlede te verbeteren en de bovenafvoer van het KGT beter te kunnen sturen.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/+	+	0	+/-

#### Voordelen

- Beperking zoutindringing in de zomer
- Verwacht positief effect op natuur
- Beperkte investering
- Makkelijker peilbeheer op de Zuidlede
- Sturingsmogelijkheden door de aanwezigheid van een pomp.

#### Nadelen

- Mogelijk een negatief effect op niet-gemotoriseerde pleziervaart
- Verwacht negatief effect op migratie van vissen en andere dieren

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Eventueel kan een vismigratietrap/rivier worden ingepast, maar de effectiviteit hiervan voor verschillende soorten blijft een hekel punt met diverse kennisleemtes.
- Onzekerheid over effecten op waterkwaliteit op de Zuidlede.

#### Literatuur

- Geen

#### Kennisleemtes

- Effect op vismigratie in het bijzonder, en dierenmigratie in het algemeen. Mitigerende maatregelen zoals vistrappen hebben vaak een beperkt compenserend effect en zijn meestal soortspecifiek.
- Effect van een pomp op de robuustheid en natuurwaarden in het systeem.

#### Expertoordeel

**Mogelijk positief.** Dit kan een effectieve en haalbare maatregel zijn tegen een beperkte investering. Vismigratie is een belangrijk aandachtspunt.

## 2.7.8. Captatiebeperking Moervaart

Landbouwers (uit de wijde omgeving) mogen zoet water capteren (onttrekken) uit de Moervaart in tijden van droogte. Dit veroorzaakt ongewenst opdringen van de zouttong uit KGT op momenten met een lage bovenafvoer in de Moervaart. Zie HKV (2023a) voor een onderbouwing. Een captatiebeperking of zelfs -verbod kan dan nodig zijn. In de praktijk wordt dit al toegepast in tijden van droogte.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0/+	+	0/+	-

#### Voordelen

- Beperking zoutindringing op de Moervaart vanuit KGT.
- Heeft een positief effect op het peilbeheer (en bijgevolg ook scheepvaart), maar waarschijnlijk is dit slechts in de marge.
- Landbouwers hebben zoeter water beschikbaar.

#### Nadelen

- Landbouwers hebben minder water beschikbaar (mogelijk schade aan gewassen).
- Soms moeilijk te controleren (handhaving verbod).

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Er is momenteel geen zicht op hoeveelheden gecapteerd water.
- Meer controle op gecapteerde hoeveelheden zou hier bij kunnen helpen (bv waterbeheerder zorgt zelf voor pompinstallatie met teller)
- Handhaving van een captatieverbod vergt veel inspanning.
- Er is ook onttrekking van zoet grondwater, dit werkt ook nadelig op de waterbeschikbaarheid voor Moervaart en KGT.

### Literatuur

- Geen

### Kennisleemtes

- Volumes water die onttrokken worden door landbouwers zijn onduidelijk.
- Hoe moet het watertekort in de landbouw worden opgevangen? Zijn er alternatieve captatielocaties of alternatieve waterbronnen beschikbaar als de locaties in de Moervaart niet beschikbaar zijn?

### Expertoordeel

**Positief**, dit wordt reeds gedaan. Bij een vaste invoer van de maatregel moeten wel alternatieve opties voor bijvoorbeeld landbouwers worden nagegaan.

### 2.7.9. Afvoeren brak water Canisvlietse Kreek

Brak water afvoeren uit de Canisvlietse kreek om verzilting te voorkomen. Afvoer vanuit de Canisvlietse kreek gebeurt momenteel via Sloot Noord en via stuw Vissersverkorting (verdamping wordt hier niet verder opgenomen gezien het doel van de maatregel de afvoer van zout is). Afvoer via Sloot Noord gebeurt zeer uitzonderlijk (enkel bij zeer hoge waterstanden), de stuw zou in de nabije toekomst ook worden afgesloten met een dam (van de Haterd & Doef, 2022). De stuw Vissersverkorting is een klep-stuw met automatische peilregistratie aan de oostkant van de kreek.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	+/-

#### Voordelen

- Beperking van de chloridegehalten is positief voor bepaalde soorten zoals het kruipend moerasscherm.

#### Nadelen

- Lagere waterpeilen kunnen tot droogtestress leiden bij fauna/flora.
- Het afvoeren van brak water uit de kreek is minder effectief dan het afkoppelen van de zijsloten met kanaalkwel en leidt dus tot meer verdroging of tot minder ontzilting.

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Voor de Canisvlietse Kreek is het afkoppelen van de kwelsloot de geselecteerde mitigerende maatregel voor de aanleg van de NST. Aanvullende maatregelen komen pas in beeld als het afkoppelen niet het gewenste effect blijkt te sorteren.
- Het Kruipend Moerasscherm moet niet worden geraakt door een peilverlaging.
- Het afvoeren van brak water en daarbij het verlagen van het peil in de Canisvlietse Kreek is enkel nuttig in combinatie met andere maatregelen (bv. Bentonietmat). De lagere peilen betekenen immers ook bijvoorbeeld minder tegendruk tegen de kwel uit de ondergrond.
- Nog meer aanpassingen aan een reeds onder druk staand systeem zijn mogelijk onwenselijk.

#### Literatuur

- Impact van verzilting en verminderde bovenafvoer in en rond kanaal Gent-Terneuzen, Deelrapport Water- en chloridebalans Canisvlietse kreek (van de Haterd & Doef (Bureau Waardenburg), 2022).

#### Kennisleemtes

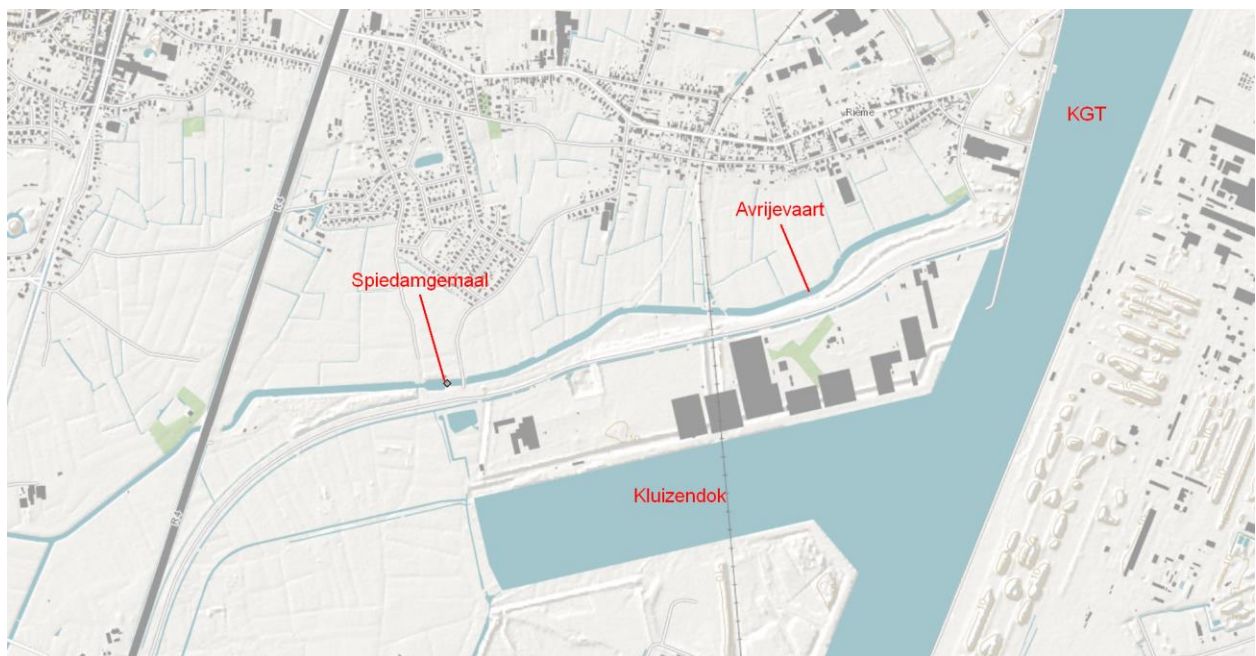
- Alternatieve afvoerroutes en/of manieren?
- Volume van een dergelijke afvoer (en peilverlaging) is onduidelijk
- Het is onduidelijk of er stratificatie optreedt in de kreek of niet. Dit kan een effect hebben op de effectiviteit van de maatregel en hoe deze technisch uit te voeren.

### Expertoordeel

**Twijfelachtig en buiten de scope.** Verschillende onzekerheden moeten nog worden weggewerkt met aanvullend onderzoek. Daarnaast geldt dat het ontkoppelen van de kwelsloot de aangewezen compenserende maatregel is voor de aanleg van de NST. Andere maatregelen vallen buiten de scope, tenzij aangetoond wordt dat het afkoppelen van de kwelsloot onvoldoende effectief is.

### 2.7.10. Verplaatsen Spiedamgemaal in Avrijevaart

Het stroomafwaartse deel van de Avrijevaart staat via een duiker in verbinding met het KGT. Dit stroomafwaartse deel is ongeveer 2 km lang en bevindt zich tussen het Spiedamgemaal en het KGT. Verzilting van dit ecologisch waardevolle deel van de Avrijevaart kan worden voorkomen door het bestaande en verouderde Spiedamgemaal te vervangen door een meer stroomafwaarts gelegen gemaal.





## Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	0/-

### Voordelen

- Beperking van de chloridegehalten is positief voor bepaalde ecologie.

### Nadelen

- Effecten op vismigratie

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Het huidige relatief verouderde Spiedamgemaal veroorzaakt een relatief hoge vissterfte (INBO, 2010).

### Literatuur

- INBO (2010). Onderzoek naar de verwondingen bij vissen veroorzaakt door een gemaal met schroefpompen. Spiedamgemaal (Rieme). David Buysse, Maarten Stevens, Ans Mouton, Emilie Gelaude, Raf Baeyens, Seth Martens, Yves Jacobs & Johan Coeck. INBO.R.2010.44.

### Kennisleemtes

- Alternatieve afvoerroutes en/of manieren?
- Volume van een dergelijke afvoer (en peilverlaging) is onduidelijk
- Het is onduidelijk of er stratificatie optreedt in de kreek of niet. Dit kan een effect hebben op de effectiviteit van de maatregel en hoe deze technisch uit te voeren.

### Expertoordeel

**Mogelijk positief**, mits bepaalde onzekerheden worden weggewerkt met aanvullend onderzoek. Daarnaast zijn de kosten relatief hoog ten opzichte van de baten voor een 2 km lang deel van een waterloop. Mogelijk is een meekoppelkans mogelijk, aangezien het Spiedamgemaal verouderd is en op termijn toch vervangen moet worden.

## 2.8. Overige maatregelen

De overige maatregelen zijn maatregelen die niet of niet duidelijk onder de eerste 6 categorieën vallen (§2.2-§2.7). Onder overig vallen de volgende 3 maatregelen:

1. Ontziltten KGT
2. Bedrijven die capteren aanzetten en ondersteunen
3. Bescherming tegen corrosie

De laatste twee maatregelen vallen niet (of slechts gedeeltelijk) onder de verantwoordelijkheid van de waterwegbeheerder. Ze zijn echter voor de volledigheid mee opgenomen in het overzicht aan maatregelen aangezien ze wel kunnen gebruikt worden voor het aanzetten van de industrie tot actie.



### 2.8.1. Ontzilten KGT

Met behulp van een ontziltingsinstallatie het kanaalwater (deels) ontzilten. De ontzilting kan gebeuren met bijvoorbeeld behulp van brakwater membranen of zeewatermembranen (Omgekeerde Osmose membraantechnologie). Deze laatste heeft hoge energie- en personeelskosten. Mogelijk kan dit gecombineerd worden met zoutwaterbatterijen voor circulair water- en energiegebruik.

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	+	0	0/+

#### Voordelen

- Gedeeltelijke ontzilting lijkt realistisch.
- In nood kan enkel bij zoutpieken ontzilt worden, om deze af te vlakken.
- Laat toe op specifieke momenten en locaties in te grijpen.
- Het energieverbruik bij ontziltingstechnieken kunnen geoptimaliseerd worden.

#### Nadelen

- Hoge energie- en personeelskosten.
- Zoute afvalstroom moet verwerkt worden
- Dure installaties

#### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Gebruik van brakwater of zeewatermembranen afhankelijk van de zoutgehalten van het kanaalwater.
- Andere ontziltingstechnieken zijn destillatie (meertrapsverdamping- en dampcompressiedestillatie) en Memstill techniek (combinatie membraan-destillatie; in ontwikkeling). Een andere techniek in ontwikkeling (wordt o.a. bekeken in het Midden-Oosten) is Concentrating Solar Power (CSP).
  - Memstill techniek zou eventueel gebruik kunnen maken van industriële restwarmte (in ontwikkeling).
- Waarschijnlijk grote volumes om te ontzilten, waardoor er een hoge energiekost is.
- Onduidelijk of de investeringskost opweegt t.o.v. de effectieve vraag die er zal zijn vanuit de industrie.
- De duurzaamheid van de maatregel gezien de hoge energiekost.

#### Literatuur

- TNO 2007, Nieuwe technologie Memstill belooft ongekend economisch potentieel voor waterzuivering, Rijswijk.

#### Nader onderzoek

Voor een gedetailleerder overzicht van de beschikbare technologieën, energiekost en productieprijs wordt verwezen naar de bijkomende literatuurstudie in Bijlage B.5.

### Kennisleemtes

- Mobiele installaties mogelijk? Hoeveel installaties mogelijk?
- Afvoer van brijnwater naar Westerschelde. Verder onderzoek of afvoer naar Westerschelde nodig en mogelijk is en/of welke verdunning nodig is om dit mogelijk te maken.
- Het effect van de innamepunten op het ecologisch systeem.
- Realistische hoeveelheid om te ontzilten?
- Kan dit gekoppeld worden aan zoutwaterbatterijen?

### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Gedeeltelijke ontzilting lijkt mogelijk haalbaar, maar significante ontzilting van het complete kanaal lijkt moeilijk haalbaar qua hoeveelheden en energievraag. De te ontzilten hoeveelheden zijn afhankelijk van de gekozen strategie, waardoor het moeilijk blijft een inschatting te maken van de haalbaarheid.

## 2.8.2. Bedrijven die capteren aanzetten en ondersteunen in aanpassing captatie

Om de impact van een verdere verzilting te beperken moeten capteerders mogelijk ook hun installaties aanpassen of mogelijks zelfs gericht het kanaalwater ontzilten voor de industrie tot een acceptabel zoutgehalte. Mogelijks kan dit onder gezamenlijke projecten van verschillende bedrijven die gescheiden bekkens kunnen aanleggen waar het water ontzilt kan worden. De ontzilting kan gebeuren met bijvoorbeeld behulp van een ontziltingsinstallatie met brakwater membranen of zeewatermembranen (Omgekeerde Osmose membraantechnologie). Daarnaast kunnen bijvoorbeeld gezamenlijke bufferbekkens gebouwd worden.

### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0	0	+

#### Voordelen

- Oplossing voor de industrie. Bedrijven moeten indien mogelijk niet afzonderlijk gaan investeren in oplossingen
- Graad van ontzilting of grootte van de bekkens kan afgestemd worden op de noden van de industrie.
- Kan ingeschakeld worden tijdens de specifieke momenten van droogte of doorheen heel het jaar

#### Nadelen

- Het kanaal zelf zal verder blijven verzilten.
- Ruimtebeslag van een ontziltingsbekken
- Mogelijke slechte waterkwaliteit in bekkens
- Hoge watertemperatuur in het bekken

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- Het bekken biedt ook mogelijkheden voor gerichte waterzuivering of energie/warmtewinning met TEO/TEA-systemen.
- Onduidelijk of de investeringskost opweegt t.o.v. de effectieve vraag die er zal zijn vanuit de industrie.

### Literatuur

- /

### Nader onderzoek

Voor een gedetailleerder overzicht van de beschikbare technologieën, energiekost en productieprijs wordt verwezen naar de bijkomende literatuurstudie in Bijlage B.5.

### Kennisleemtes

- Indien 1 bekken, wat is het max. chloridegehalte (tot welke graad ontzilten) voor industrie?
- Capaciteit van dergelijk bekkens?
- Hoe zal de verdeling/verkoop van gedeeltelijk ontzilt water tussen de bedrijven verlopen?



### **Expertoordeel**

**Mogelijk positief**, mits verdere uitwerkingen ruimtelijke inpassing mogelijk is. Is op initiatief van de bedrijvensector zelf.

### 2.8.3. Bescherming tegen corrosie

Een stijging van de chlorideconcentratie van het kanaalwater heeft mogelijk ook effect op de kanaalinfrastuctuur. Kanaalgebonden constructies zoals damwanden zijn dan vaker en langer blootgesteld aan chlorideconcentraties die boven de huidige en autonome chlorideconcentratie liggen. Dit kan leiden tot versnelde corrosie van stalen onderdelen en afname van de levensduur van stalen constructies. Optimaal zou zijn voor de waterwegbeheerder om de onderhouds- en renovatiemomenten aan te grijpen als opportuniteit om de kanaalinfrastuctuur aan te passen.

Bedrijven die capteren aanzetten om de materialen of installaties die door hen gebruikt worden te beschermen tegen corrosie zodat deze bestand zijn tegen hogere zoutconcentraties. Uitgaande van de voorspelde berekende piekwaarden in chloridegehalten zullen de tolerantiegrenzen van quasi alle materiaaltypen en opgelegde normen voor processen sterk overschreden worden. Het beschermen tegen corrosie staat gelijk aan investeren in resistentere materialen (Super Duplex 2507) of omschakelen naar zeewatermembranen (voor ontziltingsinstallaties) of ontziltingsinstallaties inschakelen (voor bedrijven die er nog geen hebben). Het aanbrengen van specifieke beschermingslagen (bv. Speciale verf/lak) of kathodische bescherming op kanaalinfrastuctuur kan ook beschermen tegen corrosie (Antea Group, 2022).

Langs de ene kant zijn er dus de algemene investeringen door de waterwegbeheerder, deze hebben betrekking op de algemene kanaalinfrastuctuur (bv. Damwanden). Langs de andere kant is er de privé infrastuctuur van de bedrijven (industrie) zelf (initiatief ligt bij de bedrijven).

#### Effecten

Peilbeheer	Verziltingsbeperking	Scheepvaart	Impact op functies
0	0	0	0/+

#### Voordelen

- Industrie kan zelf maatregelen nemen, gebaseerd op de specifieke noden van het bedrijf en hun bedrijfsvisie.
- Geen impact op peilbeheer of scheepvaart.

#### Nadelen

- Investeringskosten zeer bedrijfsspecifiek.
- Vaak zeer hoge investeringskosten voor een bedrijf.
- Hoge kosten voor bescherming algemene kanaalinfrastuctuur.
- Geen duurzame oplossing (bv. Houdbaarheid van een beschermingslaag, 30 jaar?)
- Geen oplossing voor de verzilting van het kanaal en peilbeheer.
- Mogelijk negatieve effecten op de chemische waterkwaliteit als de stoffen van de corrosiebescherming in het water terechtkomen.

### Aandachtspunten en bijkomende informatie

- In het Tracébesluit Nieuwe Sluis Terneuzen is het volgende opgenomen: "Op stalen kanaalinfrastuctuur kunnen anodes geplaatst worden om het corrosieproces te vertragen. Bedrijven kunnen lokaal maatregelen treffen (bijvoorbeeld door een reverse-osmose installatie) om het proceswater dat zij innemen van voldoende kwaliteit te maken voor het productieproces. Via de nadeelcompensatieregeling kan een vergoeding van de geleden schade of de teruggave van investeringskosten om schade te voorkomen, worden gevraagd."
- Onderhouds- en renovatiemomenten gebruiken als opportuniteit voor het aanpassen van de kanaalinfrastuctuur.

### Literatuur

- Impact van verzilting en verminderde bovenafvoer in en rond kanaal Gent-Terneuzen, Deelrapport Onttrekkingen (Antea Group, 2022).
- Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen. In opdracht van AWZ Afdeling Bovenschelde Locatie Gent. Referentie: 1139/Rxxx/BL/Rott2b (Royal Haskoning, 2002).

### Kennisleemtes

- Financiële ondersteuning van de industrie?

### Expertoordeel

**Twijfelachtig.** Enkel het aanpassen van de kanaalinfrastuctuur zoals damwanden valt onder de verantwoordelijkheid van de waterwegbeheerder. Voor de industrie hangt echter alles af van de mate waarin bedrijven willen (en kunnen) investeren in resistentere materialen en installaties.

## 2.9. Effectentabel

Alle maatregelen uit dit hoofdstuk staan in onderstaande Tabel 2-2. De tabel bevat een samenvatting van de maatregelen, het expertoordeel over de kansrijkheid en de eerste beoordeling op de vier criteria.

Tabel 2-2 Overzichtstabel effecten en kansrijkheid van maatregelen, waarbij de paragraafnummers in de eerste kolom linken naar de bijbehorende paragraaf.

Par.	Naam	Kansrijkheid	Peil beheer	Verzil- ting	Scheep- vaart	Funcies
2.2.1	Waterverdeling bij Gent aanpassen	Negatief	++	+	+	-
2.2.2	Bufferen op het KGT	Waarschijnlijk negatief	+	0	+/-	+/-
2.2.3	Bufferbekkens zoetwater	Twijfelachtig	+	0/+	+	-
2.2.4	Opzetten bovenstroomse waterlopen	Waarschijnlijk negatief	+	0/+	0/+	-
2.2.5	Aantakken watersysteem Zeeuws-Vlaanderen	Waarschijnlijk negatief	+	0/+	+	+
2.2.6	Winterspoelingen	Negatief	0	0/+	0	0
2.2.7	Zomerspoelingen	Waarschijnlijk negatief	0/+	0/+	0	0
2.3.1	Afdichtende laag bodem kanaal	Negatief	0/+	0/+	-	0/+
2.3.2	Peilverhoging Canisvliet	Negatief	++	+	0	--
2.3.2	Extra kwelsloten langs het KGT	Mogelijk positief	0	0	0	+
2.4.1	Optimaliseren sluisstremmingen	Mogelijk positief	++	0/-	-	0
2.4.2	Uitzakken kanaalpeil	Mogelijk positief	-	0/-	+/-	-
2.4.3	Optimaliseren geclusterd schutten	Twijfelachtig	+	+	-	0
2.4.4	BOS Sluizen Terneuzen	Mogelijk positief	+	0/+	+	0
2.4.5	Hevelend schutten	Negatief	+	+	-	0
2.4.6	Nivelleerwater terugpompen naar KGT	Mogelijk positief	++	0/+	+	0/-
2.4.7	Nivelleren met water uit buitenhaven	Mogelijk positief	++	0/-	+	0/-
2.4.8	Water oppompen uit de buitenhaven	Mogelijk positief	++	-	++	0
2.4.9	Nivelleerbekken met pompen	Twijfelachtig	++	0/+	+	0
2.4.10	Schepen op het KGT lichter	Twijfelachtig	0/+	0/+	-	0
2.5.1	Verhoogde zoutdrempel NST	Positief	0	+	-	0
2.5.2	Verstelbare zoutdrempel NST	Mogelijk positief	0	+	0/-	0
2.5.3	Tijdelijke zoutdrempel Westsluis	Mogelijk positief	0	+	-	0
2.5.4	Luchtbellenschermen bij de sluisen	Twijfelachtig	0	+	-	0/-
2.5.5	Verkorten deuropentijden	Mogelijk positief	0	+	0/-	0/-
2.5.6	Buitenvoorhaven zoetspoelen	Negatief	--	0/+	-	0
2.5.7	Tussendeur in NST aanbrengen	Negatief	+	+	-	0
2.5.8	Afzuigen binnentredende zouttong	Negatief	0	+	0	0

2.5.9	Zoet-zoutscheiding zonder bufferbekkens	Negatief	--	+	-	0
2.5.10	Zoutvang uitbreiden naar NST en omloopriolen daarop aansluiten	Mogelijk positief	0	+	0	0
2.5.11	Balgzak onderin sluiskolk	Twijfelachtig	+	+	0/-	0
2.5.12	Stremmen op zout	Waarschijnlijk negatief	0/-	+	--	0
2.5.13	Sluisdeuren deels openen	Negatief	0	+	--	0
2.5.14	Pontons in sluiskolk invaren	Twijfelachtig	0/+	+	-	0
2.6.1	Zout NST beter naar zoutvang Westsluis leiden	Mogelijk positief	0	+	0	0
2.6.2	Getrapt profiel binnenhaven	Waarschijnlijk negatief	0	0/+	0	0
2.6.3	Bellenscherm(en) in kanaal	Waarschijnlijk negatief	0	0/+	-	-
2.6.4	Debietfluctuaties	Twijfelachtig	0	0/+	0/-	0
2.6.5	Versmalling KGT	Waarschijnlijk negatief	0	+	--	0
2.6.6	Drempel KGT	Twijfelachtig	0	+	-	0
2.6.7	Zoutdeur in het KGT	Negatief	0	+	--	0
2.7.1	Retentiegebieden in Moervaartvallei	Waarschijnlijk negatief	0	+	0	-
<b>Error! Reference source not found .</b>	<b>Error! Reference source not found.</b>	Mogelijk positief	0	+	-	0/-
2.7.3	Bellenscherm monding Moervaart	Waarschijnlijk negatief	0	0/+	0/-	-
2.7.4	Getrapt profiel richting de Moervaart	Negatief	0	0/+	0	0
2.7.5	Zoutvang Moervaart	Waarschijnlijk negatief	0	0/+	0	0
2.7.6	Verlengen afstand tussen ecologisch waardevolle gebieden en KGT	Twijfelachtig	0	+	-	+
2.7.7	Stuw Zuidlede	Mogelijk positief	0/+	+/+ +	0	+/-
2.7.8	Captatiebeperking Moervaart	Positief	0/+	+	0/+	-
2.7.9	Afvoeren brak water Canisvlietse Kreek	Buiten de scope	0	+	0	+/-
2.7.10	Verplaatsen Spiedamgemaal in Avrijevaart	Mogelijk positief	0	+	0	0/-
2.8.1	Ontzilten KGT	Twijfelachtig	0	+	0	0/+
2.8.2	Bedrijven die capteren aanzetten en ondersteunen in aanpassing captatie	Mogelijk positief	0	0	0	+
2.8.3	Bescherming tegen corrosie	Twijfelachtig	0	0	0	0/+



## 3. Maatregelpakketten

### 3.1. Inleiding

In het vorige hoofdstuk is een breed overzicht neergezet van mogelijke maatregelen voor het omgaan met droogte en verzilting in en rond het KGT. Voor al deze maatregelen is een eerste beoordeling gedaan van de kansrijkheid, waarbij een maatregel als kansrijk is aangemerkt als deze effectief én haalbaar is. Alleen maatregelen die als (mogelijk) kansrijk zijn beoordeeld, worden meegenomen bij het samenstellen van maatregelpakketten. In dit hoofdstuk staan deze maatregelpakketten centraal.

Eerst zijn drie zogenaamde hoekpuntpakketten samengesteld, sterk gericht op één zoekrichting binnen het totale palet aan mogelijke maatregelen. Deze hoekpuntpakketten zijn op hoofdlijnen uitgewerkt. Vervolgens zijn de hoekpuntpakketten voorgelegd aan een groep stakeholders om een beeld te krijgen van de behoeften van stakeholders en het draagvlak voor de verschillende maatregelpakketten. De resultaten van deze werkzaamheden zijn vastgelegd in dit hoofdstuk.

### 3.2. Hoekpuntpakketten

Om de breedte van de mogelijke oplossingsrichtingen te verkennen, is gestart met de volgende drie hoekpuntpakketten:

1. Een pakket 'scheepvaart'
2. Een pakket 'zoutbeperking'
3. Een pakket 'gevolgbeperking'

In het pakket 'scheepvaart' ligt de focus volledig op het voorkomen van diepgangsbeperingen en scheepvaartstremmingen bij de sluisen van Terneuzen. Het pakket 'zoutbeperking' richt zich op het reduceren van de zoutindringing bij de sluisen van Terneuzen via diverse maatregelen. In het pakket 'gevolgbeperking' worden geen nieuwe maatregelen getroffen bij Terneuzen, maar wordt gefocust op maatregelen die de impact op functies (exclusief scheepvaart) van hoofdzakelijk het verzilten van het KGT zoveel mogelijk mitigeren. De drie hoekpuntpakketten worden in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.

Alle drie deze pakketten zijn hoekpuntpakketten, waarbij hoofdzakelijk op een deel van de droogteproblematiek wordt gefocust. In dit rapport wordt ernaar gestreefd om voor deze hoekpunten onderzoek te doen naar effectiviteit, neveneffecten en draagvlak. Vervolgens zal de stap gezet worden naar meer genuanceerde pakketten, waarin mogelijk gekozen zal worden voor een mengvorm van de bovenstaande hoekpuntpakketten.

### 3.3. Hoekpuntpakket 'scheepvaart'

#### 3.3.1. Beschrijving pakket

Scheepvaart is de primaire functie van het kanaal. In het pakket 'scheepvaart' ligt de focus volledig op het voorkomen van diepgangsbepalingen en scheepvaartstremmingen bij de sluisen van Terneuzen. Om dit te bereiken, kunnen pompen worden ingezet om het peil te beheersen, waarbij water vanuit de sluiscolken of buitenhaven richting het kanaal wordt gepompt in perioden met onvoldoende bovenaanvoer vanuit Gent. Het gevolg van dat pompen is dat het kanaal zouter wordt dan in de huidige situatie, zoals reeds verkennend in beeld gebracht in HKV (2023a). In dit hoekpuntpakket zijn geen aanvullende maatregelen getroffen om de zoutlast of gevolgen van verzilting te beperken.

In HKV (2023a) is onderzocht hoe vaak en hoe lang gestremd moet worden voor peilbeheer in een situatie na realisatie van de NST en bij een sterke wereldwijde economische groei, het GE2030-scenario, leidend tot ongeveer 30% toename van de scheepvaartintensiteit. Dit GE2030-scenario is gebruikt om zicht te krijgen op de maximale omvang van de effecten op middellange termijn. Tabel 3-2 laat zien hoeveel stremmingen nodig zouden zijn in die situatie, als de bovenafvoer in de jaren 2010-2021 dan zouden optreden. In de meeste jaren zijn er nauwelijks tot geen stremmingen nodig, maar in de jaren 2017-2020 is berekend dat het gaat om 27-53 dagen per 92 dagen zomer voor de Nieuwe Sluis, 7-36 dagen voor de Oostsluis en 0-5 dagen voor de Westsluis.

*Tabel 3-1: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met stremmingen bij de Nieuwe Sluis (NS), Oostsluis (OS) en Westsluis (WS), met de gemiddelde tijdsduur (uren per getij-cyclus) van het stremmen voor de dagen waarop gestremd wordt, bij een strategie met stremmingen van maximaal 8 uur per getijperiode.*

Jaar	Q <sub>bov</sub> m <sup>3</sup> /s	Dagen met stremmingen			Gem duur per getij		
		NS	OS	WS	NS	OS	WS
2010	12,7	5	1	0	4,7	0,5	-
2011	14,8	6	3	0	4,9	3,4	-
2012	21,3	3	0	0	1,0	-	-
2013	17,4	0	0	0	-	-	-
2014	25,1	0	0	0	-	-	-
2015	19,2	0	0	0	-	-	-
2016	22,5	0	0	0	-	-	-
2017	10,1	31	15	5	5,4	5,3	1,4
2018	10,4	35	7	0	4,9	3,0	-
2019	7,9	53	36	5	6,7	3,7	0,8
2020	9,6	27	10	1	5,1	2,7	2,2
2021	18,8	0	0	0	-	-	-
Gemiddeld	15,8	13	6	1	5,5	3,8	1,2

Als de bovenaanvoer vanuit Gent nog verder afneemt, zoals in sommige klimaatscenario's aan de orde is (zie paragraaf 2.2.1), kunnen de schutsluizen nog maar beperkt worden gebruikt, om het kanaalpeil niet ver onder de ondergrens te laten zakken. Het wordt dan vrijwel onmogelijk om de scheepvaart af te wikkelen zonder lange wachttijden. In die situatie kan het oppompen van water vanuit de buitenhaven of vanuit de kolken een oplossing zijn.

### 3.3.2. Technische uitwerking

In het vorige hoofdstuk zijn vier opties benoemd voor het pompen. Deze zijn opgenomen in de onderstaande tabel. In het vervolg op dit onderzoek dient een keuze te worden gemaakt op basis van de verwachte effectiviteit, neveneffecten, draagvlak en kosten.

Tabel 3-2: Geselecteerde maatregelen in het hoekpuntpakket 'scheepvaart'

N°	Naam	Kansrijkheid	Peil beheer	Verzil- ting	Scheep- vaart	Functies
2.4.6	Nivelleerwater terugpompen naar KGT	Mogelijk positief	++	0/+	+	0/-
2.4.7	Nivelleren met water uit buitenhaven	Mogelijk positief	++	0/-	+	0/-
2.4.8	Water oppompen uit de buitenhaven	Mogelijk positief	++	-	++	0
2.4.9	Nivelleerbekken met pompen	Twijfelachtig	++	0/+	+	0



Figuur 3-1: Drie opties voor het oppompen van water

De inzet van pompen is primair bedoeld om bij droogte het kanaal op peil te houden.

De meest eenvoudige oplossing is het oppompen van water uit de Westerschelde direct naar het kanaal. Het peilbeheer staat daarmee los van het schutbedrijf en kan zo nodig continu plaats vinden.

In de huidige situatie bedraagt de daggemiddelde waterbehoefte vanuit het schutbedrijf ca.  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Met de ingebruikname van de Nieuwe Sluis zal dit toenemen tot  $12\text{-}13 \text{ m}^3/\text{s}$  ook afhankelijk van de toename van de scheepvaart. De benodigde pompcapaciteit wordt bepaald aan de hand van de mate van extremeiteit waarbij het peil nog gehandhaafd dient te worden. Daarbij kan het kanaalpeil ook maximaal 25 cm uitzakken. Omdat het kanaal een oppervlak heeft van ca. 340 ha. Daalt de waterspiegel per  $\text{m}^3/\text{s}$  watertekort met 2,5 cm/dag. Rekening houdend met enige bovenafvoer zal een gemaal met een capaciteit  $5\text{-}10 \text{ m}^3/\text{s}$  benodigd zijn.

Voor een route om het sluiscomplex heen kan gedacht worden aan een tracé over de westoever (eventueel, indien mogelijk te combineren met de westelijke rijkswaterleiding en/of het bestaande poldergemaal) (optie 2a) of een doorsteek tussen de Nieuwe Sluis en de Oostsluis (optie 2b)

Als alternatief voor het verpompen van het zoute buitenwater kan ervoor gekozen worden om schutwater op te pompen waarbij gebruik wordt gemaakt van het nivelleerkanaal (optie 1). Hierdoor zal de zoutlast op het kanaal minder zijn dan wanneer het zoute buitenwater in het kanaal wordt gepompt.

Het pompbedrijf wordt gekoppeld aan het schutbedrijf en omdat de pompen alleen tijdens het nivelleren in bedrijf zijn zal de benodigde pompcapaciteit wel sterk toenemen. De kolk heeft een oppervlak van 23.485m<sup>2</sup>. Bij een pompcapaciteit van 156 m<sup>3</sup>/s bedraagt de nivelleertijd 2,5 minuut per meter verval. Bij een lagere capaciteit van 90 m<sup>3</sup>/s is dit 4,3 minuten per meter verval. Naast verlenging van de nivelleertijd is het ook mogelijk om te optimaliseren door deels te pompen en deels te spuien. De benodigde pompcapaciteit is vergelijkbaar met de grootste gemalen die in Nederland gebouwd zijn. Qua ruimtebeslag zal dan gedacht moeten worden aan 1500-3000m<sup>2</sup> (vgl gemaal Ijmuiden, pompgroep Afsluitdijk). Deze ruimte lijkt op het terrein tussen de Westsluis en de Nieuwe sluis ruimschoots aanwezig.

Idealiter worden de pompen verbonden met het nivelleerkanaal omdat daarmee de belastingen op de schepen niet veranderen en omdat dit de kleinste constructieve aanpassingen aan de sluis vergt. Omdat de vulroosters op de bodem van de kolk in open verbinding staan met het nivelleerkanaal dient er bij inzet van de pompen een extra afsluiter in het kanaal geplaatst te worden ofwel dienen de pompen direct met het kanaal (uitstroomzijde van de pomp) of de buitenhaven (instroomzijde van de pomp) verbonden te worden. Er zou ook gedacht kunnen worden aan een schroefpomp, die in geval van droogte in het nivelleerkanaal kan worden neergelaten (dit pomptype is ook in gemaal Ijmuiden toegepast). De kolk kan ofwel bij het neerwaarts schutten leeggepompt worden richting het kanaal ofwel bij het opwaarts schutten gevuld worden met buitenwater. Deze opties kunnen worden afgewogen waarbij de zoutlast en de inpassing wellicht onderscheidend zullen zijn.

De derde mogelijkheid (optie 3) is feitelijk een combinatie van de eerste twee waarbij de kolk in tijden van droogte wordt gelegegd in een laag gelegen bekken. Het water uit dit bekken wordt dan permanent teruggepompt naar het kanaal, waardoor de afmeting van het bekken beperkt kan worden tot het schutvolume (94.000 m<sup>3</sup> bij maximaal 4m verval). Ter indicatie, het omliggende gebied op de westoever is ca. 4.5 ha. Hier zou dus een berging van 2m diepte volstaan. Om het volledig volume te kunnen bergen zou de bodem dus ca 2m beneden laagwater moeten liggen dus op ca. NAP -4m. Om het bekken te kunnen vullen zal er een verbinding met het nivelleerkanaal gemaakt moeten worden, de afmetingen hiervan zijn, om de nivelleertijden niet op te laten lopen, gelijk aan die van het nivelleerkanaal. Het is duidelijk dat deze verlenging van het nivelleerkanaal onder de vaarweg ook een grote kostenpost zal zijn. Omdat er echter een veel kleiner gemaal benodigd is kan dit worden afgewogen tegen optie 1 en 2.

De optimalisatiemogelijkheden voor variant 3 zijn een combinatie van pompen en spuien, waarbij een kleiner gemaal en een kleinere leiding benodigd zijn. Daarnaast kan ook de bodemhoogte gevarieerd worden, waarbij in geval van te laag water het laatste deel gespuid kan worden. Voor zowel optie 1 en 3 geldt dat deze opties mogelijk efficiënter kunnen worden wanneer de pompen ook voor de Westsluis ingezet kunnen worden. Of dit technisch mogelijk is, is nu nog niet beschouwd.

### 3.3.3. Effecten en neveneffecten

In HKV (2023a) is reeds gerekend aan een variant waarbij water vanuit de Buitenhaven werd opgepompt in tijden van droogte, als vervanging van het stromen van sluzen rond laagwater. Daaruit blijkt dat dit leidt tot een stijging van chlorideconcentraties bij Sas van Gent. In een gemiddelde zomer zijn er

niet of nauwelijks maatregelen nodig voor peilbeheer. Er zijn daarom ook geen verschillen in chlorideconcentraties als gevolg van pompen. In een droge zomer leidt pompen zomergemiddeld tot een stijging van 160 mg/l in het huidige klimaat ten opzichte van stremmen (3% stijging, zie Tabel 3-3). In een scenario met verlaagde bovenafvoer door klimaatverandering conform W+ 2050 kan deze stijging oplopen tot 600 mg/l (11%). Piekwaarden (de zoutste dag in een zomer) kunnen sterker stijgen (Tabel 3-4).

Deze getallen gelden voor de situatie waarbij het opgepompte water de concentratie uit de buitenhaven heeft. Als nivelleerwater opgepompt wordt vanuit de buitenhaven of naar het kanaal, is de verwachting dat de stijging van chlorideconcentraties op het KGT lager ligt.

*Tabel 3-3: Zomergemiddelde chlorideconcentraties (mg/l) bij Sas van Gent op 1 m waterdiepte (1 april tot 1 oktober) in de situatie met NST i.c.m. sterke wereldwijde economische groei (GE2030-scenario)*

Methode voor peilbeheer →	Stremmingen (max 8u/getij)	Pompen vanuit buitenhaven	Vershil
Gemiddelde zomer, huidig klimaat	3520	3540	20
Droge zomer, huidig klimaat	5370	5530	160
Droge zomer met W+ 2050 klimaatverandering	5410	6010	600



Tabel 3-4: Maximale dieptegemiddelde chlorideconcentraties (mg/l) op het KGT (de zoutste dag van de zomer) in de situatie met NST i.c.m. sterke wereldwijde economische groei (GE2030-scenario). De range toont de waarde bij Gent tot de waarde bij Terneuzen.

Methode voor peilbeheer →	Effecten op chlorideconcentratie bij Terneuzen (mg/l)			Effecten op chlorideconcentratie bij Gent (mg/l)		
	Stremmingen (max 8u/getij)	Pompen vanuit buitenhaven	Verschil	Stremmingen (max 8u/getij)	Pompen vanuit buitenhaven	Verschil
Gemiddelde zomer, huidig klimaat	8000	8000	0	5000	5000	0
Droge zomer, huidig klimaat	10100	10800	700	7600	8200	600
Droge zomer met W+ 2050 klimaatverandering	11500	12900	1400	9800	11300	1500

Als de bovenaanvoer vanuit Gent nog verder afneemt, zoals in sommige klimaatscenario's aan de orde is (zie paragraaf 2.2.1), zal vaker en meer gepompt moeten worden, met bijbehorende gevolgen voor de verzilting van het kanaal.

De volgende neveneffecten zijn voorzien:

- Vissterfte is een aandachtspunt bij pompen. Door innovaties komen steeds visvriendelijker pompen beschikbaar. Omdat de pompen maar beperkt worden ingezet (alleen bij droogte) zal dit effect gering zijn.
- De uitstroom van de pompen heeft mogelijk een effect op de scheepvaart. Middels een goed ontwerp moeten hinderlijke stromingen in de vaarweg voorkomen worden. Wanneer gebruik wordt gemaakt van het bestaande nivelleersysteem is er geen scheepvaart effect in de kolk, worden er nieuwe spuiopeningen in de kolk gemaakt dan dienen ook de troskrachten herberekend te worden.
- Een bergingsgebied vergt ruimte en geeft een nieuwe inrichting van bestaand land. Hier zijn ook meekoppelkansen, aangezien in Zeeland nog een opgave ligt voor natte natuurontwikkeling t.b.v. vogels.
- De afweging voor de wijze waarop je pompen inzet hangt in uiteindelijke gebalanceerde maatregel-pakketten ook samen met de eventueel te nemen zoutreducerende maatregelen. Wanneer gekozen wordt voor een sterke zoutreductie, dan wordt het ook zinvoller om nivelleerwater terug te winnen.

### 3.3.4. Draagvlak

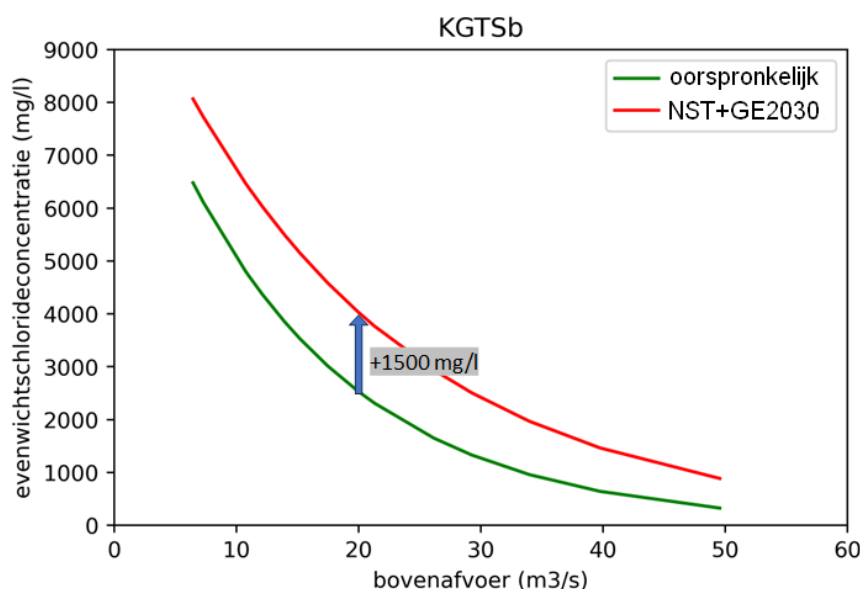
De volgende aspecten zijn van belang met betrekking tot het draagvlak voor pompen voor peilbeheer en het verlagen van de frequentie en duur van sluisstremmingen:

## 3.4. Hoekpuntpakket 'zoutbeperking'

### 3.4.1. Beschrijving pakket

Zonder maatregelen is de verwachting dat de realisatie van de NST in combinatie van een toename van de scheepvaartintensiteit zal leiden tot een zouter KGT. In HKV (2023a) is gerekend aan het GE2030-scenario met een sterke wereldwijde economische groei, leidend tot ongeveer 30% toename van de scheepvaartintensiteit. De berekende bijbehorende toename van de chlorideconcentraties op het kanaal is ongeveer 1500 mg/l (gemeten op 1 m onder het wateroppervlak bij Sas van Gent, nabij de grens, zie Figuur 3-2).

In het pakket 'zoutbeperking' is de ambitie om de zoutindringing bij de sluisen van Terneuzen sterk te reduceren via diverse maatregelen. Mogelijk heeft een deel van deze maatregelen ook negatieve neveneffecten voor peilbeheer en/of scheepvaart. Voor peilbeheer worden nog steeds sluisen gestremd, zoals ook in de huidige situatie de praktijk is (zie Tabel 3-1). Vanwege de zoutbeperking bij de bron zijn in dit pakket geen aanvullende mitigerende maatregelen rond het kanaal voorzien.



Figuur 3-2: Toename van chlorideconcentraties bij Sas van Gent van de oorspronkelijke situatie (groene lijn) naar de situatie na realisatie van de NST i.c.m. sterke wereldwijde economische groei (GE2030-scenario) (rode lijn).

### 3.4.2. Technische uitwerking

In het vorige hoofdstuk zijn diverse opties benoemd voor zoutbeperking bij Terneuzen. De (mogelijk) kansrijke maatregelen zijn opgenomen in de onderstaande tabel. Een pakket kan bestaan uit een stapeling van een deel van deze maatregelen, lettend op de balans tussen verwachte effecten en kosten. Zoutbeperkende maatregelen op het KGT zijn buiten beschouwing gelaten, aangezien meer wordt verwacht van zoutbeperking bij de bron.



Tabel 3-5: Geselecteerde maatregelen in het hoekpuntpakket 'zoutbeperking'

N°	Naam	Kansrijkheid	Peil beheer	Verzil- ting	Scheep- vaart	Funcies
2.5.1	Verhoogde zoutdrempel NST	Positief	0	+	-	0
2.5.2	Verstelbare zoutdrempel NST	Mogelijk positief	0	+	0/-	0
2.5.3	Tijdelijke zoutdrempel Westsluis	Mogelijk positief	0	+	-	0
2.5.5	Verkorten deuropentijden	Mogelijk positief	0	+	0/-	0/-
2.6.1	Zout NST beter naar zoutvang Westsluis leiden	Mogelijk positief	0	+	0	0
2.5.10	Zoutvang uitbreiden naar NST en omloopriolen daarop aansluiten	Mogelijk positief	0	+	0	0
2.5.4	Luchtbellenschermen bij de sluisen	Twijfelachtig	0	+	-	0/-
2.4.10	Schepen op het KGT lichter en	Twijfelachtig	0/+	0/+	-	0
2.5.11	Balgzak onderin sluiskolk	Twijfelachtig	+	+	0/-	0
2.5.14	Pontons in sluiskolk invaren	Twijfelachtig	0/+	+	-	0

Beschrijving van deze maatregelen:

- Zoutdrempel Nieuwe Sluis: een permanente drempel van 4,9 m hoog in het binnenhoofd van de sluiskolk, tot het niveau van de huidige kanaaldiepte (van NAP-16,5 naar NAP-11,6 m).
- Tijdelijke drempel in de Westsluis: een demonteerbare drempel die in droge zomers in de Westsluis aangebracht kan worden om zoutindringing te beperken. Twee opties zijn in beeld: een drempel van 6,27 m hoog, waardoor de Westsluis geschikt blijft voor (RORO-)schepen met een diepgang tot 7,4 m, of een drempel van 9,67 m hoog, waardoor alleen (binnenvaart)schepen met een diepgang tot 4,0 m gebruik kunnen maken van de Westsluis. Bij de dimensionering van drempels is aandacht nodig voor de verwachte schaalvergroting binnen de levensduur van het kunstwerk.
- Verstelbare drempels in de Nieuwe Sluis en/of de Westsluis kunnen een flexibele technische uitwerking vormen, waarbij per schutting of per periode een optimaal drempelniveau kan worden ingesteld.
- Verkorten deuropentijden, waarbij de deuren vaker gesloten worden tussen het uitvaren en invaren van schepen.
- Een luchtbellenscherm in beide hoofden van de Nieuwe Sluis en/of de Westsluis voor het vertragen van de zoutuitwisseling tussen buitenhaven, kolk en kanaal. Deze maatregel is met name interessant als ook gewerkt kan worden aan het verkorten van deuropentijden.
- Aanpassingen aan de zoutvang op het KGT, die nu alleen bij de Westsluis ligt. Een optie is een relatief kleine uitbreiding die de dichtheidsstroming van water vanuit de NST richting de Westsluis bevordert. Een andere optie is een grootschalige uitbreiding van de zoutvang over de hele kanaalbreedte, waardoor ook capaciteit beschikbaar komt voor zout vanuit de NST.
- Het aansluiten van het omloopriool van de NST op de zoutvang via een verlenging van het omloopriool, wat nu aansluit op het kanaal op ongeveer de helft van de waterdiepte in de sluiskolk.

- Bij grootschalige uitbreiding van de zoutvang ontstaat mogelijk ruimte om zeeschepen met een grote diepgang in de zoutvang te lichter en in plaats van op de Westerschelde. Dit resulteert in minder schuttingen, dus minder zoutindringing.
- Een balgzak onderin de sluiscolk kan het kolkvolume verkleinen en daarmee de zoutlast verminderen. Effectief is dit hetzelfde als het verhogen van de colk, of wanneer alleen bij beide hoofden toegepast, als het toepassen van zoutdrempels.
- Pontons zouden ingevaren kunnen worden om in tijden van droogte het kolkvolume te verkleinen. De sluisbezetting van de Nieuwe Sluis lijkt hier mogelijkheden voor te bieden. De logistiek rond de pontons is een aandachtspunt. Een mogelijk meer realistische en kleinschalige variant is het aanbrenge van drijfrahmen die de hele waterdiepte beslaan. Deze leiden dan tot een kleine, maar permanente reductie van het kolkvolume.
- Een maatregel die niet expliciet benoemd is, is het vaker gebruiken van de reeds aanwezige tussendeur van de Westsluis. Er zijn dan drie opties voor de zeevaart: de zeer grote Nieuwe Sluis, de grote gehele Westsluis of de kleine halve Westsluis. Door continu slim gebruik te maken van de juiste kolken, kunnen het schutverlies en de zoutindringing gereduceerd worden.

### 3.4.3. Effecten en neveneffecten

In het nader onderzoek, beschreven in Bijlage B.4, is reeds verkennend gerekend aan de reductie van de zoutlast voor een aantal maatregelen. Tabel 3-6 geeft een overzicht van de berekende reductie van de totale zoutlast (van de drie sluisen tezamen) en een grove schatting van het bijbehorende reductie van de zomergemiddelde chlorideconcentratie bij Sas van Gent.

- Drempels zijn een relatief eenvoudige maatregel met een significant effect op de zoutlast, zowel wanneer toegepast bij de Nieuwe Sluis als bij de Westsluis.
- Ook bellenschermen zijn effectief, hoewel de inschattingen nog sterk uiteenlopen, afhankelijk van de gekozen doorlaatfractie (die op zijn beurt weer afhangt van de intensiteit van de bellenstroom).
- Ook pontons hebben een invloed, maar komen pas in de buurt van een drempel als ze over een redelijk grote breedte worden toegepast. De variant van 5 m breed is al breder dan twee diep stekende drijfrahmen van 1 m breed. Aangezien de reductie lineair verloopt met de kolkbreedte, is van diep stekende drijfrahmen een reductie van de zoutlast van 2,5% (100 mg/l bij Sas van Gent) te verwachten.
- De inschatting van de effectiviteit van het reduceren van de deuropentijden is relatief hoog, maar daarvoor geldt ook dat dit om een bovengrens gaat: de deuren worden altijd gesloten tussen uitvaren en invaren. Dit is vanwege operationele en veiligheidsredenen geen realistisch scenario.
- In de verkennende berekeningen is nog geen aandacht besteed aan de effectiviteit van een verstelbare drempel, een balgzak of maatregelen waarbij interactie optreedt met de zoutvang.

Hoewel deze set aan maatregelen tot een significante reductie in zoutindringing kan leiden, worden ook verschillende neveneffecten voorzien. Een algemeen overzicht hiervan wordt gegeven in Tabel 3-7, specifieke neveneffecten per maatregel kunnen worden teruggevonden in de desbetreffende sectie in hoofdstuk 2.

Tabel 3-6: Een overzicht van de verschillende maatregelen die getoetst zijn met de zeesluisformulering, de reductie van de totale zoutlast per maatregel (som van de zoutlast van alle sluisen), en een schatting van de reductie van de chlorideconcentratie bij meetpunt Sas van Gent (KGTS).

Maatregel	Reductie totale zoutlast [%]	Schatting reductie chlorideconcentraties [mg/l]
<i>Zoutdrempels</i>		
Zoutdrempel NST 4,9 m	-8%	-350
Zoutdrempel WS 6,25 m	-10%	-450
Zoutdrempel WS 9,60 m	-18%	-800
<i>Bellenschermen</i>		
Bellenscherm NST kanaalzijde, doorlaatfractie 0,50	-10%	-450
Bellenscherm NST kanaalzijde, doorlaatfractie 0,25	-26%	-1150
Bellenscherm NST beide zijden, doorlaatfractie 0,50	-18%	-800
Bellenscherm NST beide zijden, doorlaatfractie 0,25	-39%	-1750
<i>Pontons</i>		
Pontons 5 m NST	-6%	-250
Pontons 10 m NST	-12%	-550
Pontons 15 m NST	-18%	-800
<i>Deuropentijden</i>		
Minimale deuropentijden alle sluisen (sluiten deuren tussen in- en uitvaren)	-31%	-1350

Tabel 3-7: Overzicht van de algemene neveneffecten te verwachten bij het hoekpuntpakket "Zoutbeperking".

Constructief	Er dienen constructieve veranderingen te gebeuren aan het sluiscomplex bij het merendeel van de maatregelen van het pakket. Hoewel deze haalbaar worden geacht zullen deze een aanzienlijke kost met zich meebrengen afhankelijk van het type maatregel (vb. aanleg/aanpassing van omloopriolen is doorgaans een zeer dure maatregel).
Onderhoud	Bij verschillende maatregelen uit het pakket moet rekening worden gehouden met additionele onderhoudskosten en de aanwezigheid van onderhoudsgevoelige onderdelen (te weinig onderhoud kan leiden tot schade en/of uitval).
Ecologie	Maatregelen zoals het plaatsen van bellenschermen en het verkorten van deuropeningstijden zullen in meer of mindere mate een nefaste impact hebben op migrerende soorten.
Scheepvaart	De scheepvaart kan hinder ondervinden bij een aantal van de maatregelen. Dit op het vlak van wachttijden, diepgang en manoeuvreerbaarheid. De hinder kan echter, mits goede afstemming, beperkt worden gehouden.

#### 3.4.4. Draagvlak

De volgende aspecten zijn van belang met betrekking tot het draagvlak voor mitigerende maatregelen tegen zoutindringing bij de sluisen van Terneuzen:

- Voorgestelde maatregelen moeten verenigbaar zijn met lopende en/of geplande natuurprojecten;
- Impact op scheepvaart is bij veel maatregelen nog niet (voldoende) duidelijk en vereist nader onderzoek;
- Praktische implementatie in het beheer van de sluisen vraagt meer aandacht;
- Maatregelen moeten passen binnen de tendens van schaalvergroting in de kanaalzone.

Een meer gedetailleerde weergave van een discussie rond draagvlak is te vinden in het verslag van de workshop met stakeholders, opgenomen in Bijlage D.

### 3.5. Hoekpuntpakket 'gevolgbeperking'

#### 3.5.1. Beschrijving pakket

In het pakket 'gevolgbeperking' worden geen nieuwe maatregelen getroffen bij Terneuzen. Het peilbeheer vindt op dezelfde manier plaats als in de huidige situatie. Zoals aangetoond in HKV (2023a) leidt dit bij droogte en na realisatie van de NST tot een zouter KGT dan in de huidige situatie. In dit maatregelenpakket worden diverse maatregelen getroffen om de impact op de omgeving van het verzilten van het KGT zoveel mogelijk te mitigeren, bijvoorbeeld door het afschermen van zijwaterlopen van het kanaal (de Moervaart, Zuidlede en Avrijevaart).

### 3.5.2. Technische uitwerking

In het vorige hoofdstuk zijn diverse opties benoemd voor gevolgbeperking op en rond het kanaal. De (mogelijk) kansrijke maatregelen zijn opgenomen in de onderstaande tabel. Een pakket kan bestaan uit een stapeling van een deel van deze maatregelen.

Tabel 3-8: Geselecteerde maatregelen in het hoekpuntpakket 'gevolgbeperking'

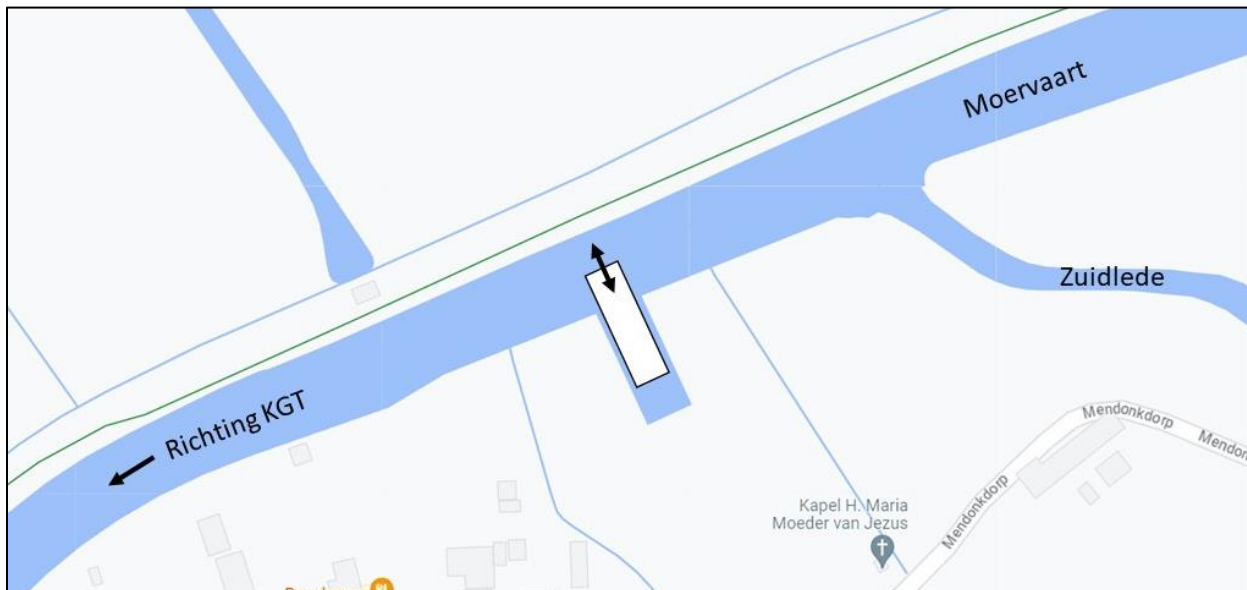
N°	Naam	Kansrijkheid	Peil beheer	Verzilt- ting	Scheep- vaart	Functionies
<b>Error! Reference source not found .</b>	<b>Error! Reference source not found.</b>	Mogelijk positief	0	+	-	0/-
2.7.6	Verlengen afstand tussen ecologisch waardevolle gebieden en KGT	Twijfelachtig	0	+	-	+
2.7.7	Stuw Zuidlede	Mogelijk positief	0/+	+/++	0	+/-
2.7.8	Captatiebeperking Moervaart	Positief	0/+	+	0/+	-
2.7.10	Verplaatsen Spiedamgemaal in Avrijevaart	Mogelijk positief	0	+	0	0/-
2.8.2	Bedrijven die capteren aanzetten en ondersteunen in aanpassing captatie	Mogelijk positief	0	0	0	+
2.3.2	Extra kwelsloten langs het KGT	Mogelijk positief	0	0	0	+

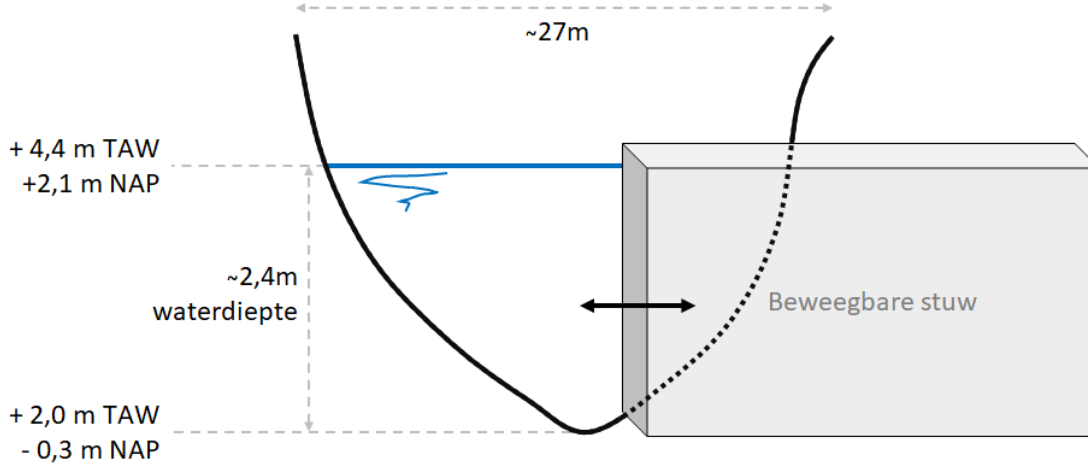
Beschrijving van deze maatregelen:

- Stuw in de Moervaart bij Mendonk: een beweegbaar object wat in tijden van lage afvoer en dreigende verzilting op de Moervaart en Zuidlede de zijtak kan afsluiten. Hierdoor wordt deze afgeschermd van de invloed van het optrekkende zout. Figuur 3-3 toont mogelijke locaties van deze stuw, Figuur 3-4 een mogelijke technische uitwerking.



*Figuur 3-3: Indicatie van mogelijke locaties voor een stuw in de Moervaart*





Figuur 3-4: Een mogelijk principe en de dimensies van een beweegbare stuw in de Moervaart

- Stuw in de Zuidlede: als een stuw in de Moervaart te veel negatieve impact heeft op bijvoorbeeld scheepvaart, is een stuw in de Zuidlede een terugvaloptie. Hier is geen noemenswaardige scheepvaart actief. Wel is vispasseerbaarheid een aandachtspunt.
- Captatiebeperking Moervaart: als bij lage bovenafvoer te veel wordt gecapteerd uit de Moervaart, zorgt dit voor het naar binnen zuigen van zout water uit het KGT. Als dit langdurig gebeurt, verzilten uiteindelijk ook de captatielocaties.
- Afscherming Avrijevaart: het huidige Spiedamgemaal is verouderd en toe aan vervanging. Als een nieuw gemaal dicht bij het KGT wordt verplaatst, wordt het tussenliggende deel van de Avrijevaart afgeschermd van de invloed van het zoute KGT.
- Afvoeren brak water Canisvlietse Kreek: brak water afvoeren uit de Canisvlietse kreek om verzilting te voorkomen. Afvoer vanuit de Canisvlietse kreek gebeurt momenteel via Sloot Noord en via stuw Vissersverkorting.
- Ontziltingstechnieken toepassen, waarbij kanaalwater gedeeltelijk wordt ontzilt (minder voor de hand liggend), of een bekken met proceswater wordt aangelegd als compenserende maatregel.

### 3.5.3. Effecten en neveneffecten

De hierboven beschreven maatregelen beperken de gevolgen van een zouter wordend kanaal voor het omliggende gebied en/of de bedrijven gevestigd langs het kanaal.

- Het inplannen van een (beweegbare) stuw op de Moervaart en/of Zuidlede of het stroomafwaarts verplaatsen van het pompgemaal op de Avrijevaart voorkomen beide een verdere zoutindringing op de Moervaart en/of Zuidlede respectievelijk Avrijevaart en de bijkomende schade aan waardevolle natuur, evenals de negatieve impact op de fauna (vissen).
- De aanleg van extra kwel sloten zorgt voor een extra afvoer van zout kwelwater, welke anders een negatief effect zou kunnen hebben op omliggend agrarisch gebied.
- Het inschakelen van ontziltingsinstallaties voor het gedeeltelijk ontzilten van het kanaalwater kan zorgen voor een verlaging in piekconcentraties in chloridegehalten in de zomer waardoor de ecologie (vissen) minder onder stress komt te staan en de zoutbelasting op de materialen van installaties van bedrijven onder vastgelegde grenzen voor die materialen kan blijven. Het aanleggen van een



bekken om kanaalwater te ontzilten kan een oplossing bieden voor bedrijven die zelf niet over een ontziltingsinstallatie beschikken (opgelet: het gaat om het ontzilten van water tot op het niveau dat het gebruikt kan worden als vb. koelwater, het produceren van proceswater is geen doel dat hier wordt nagestreefd).

Negatieve effecten van deze maatregelen worden vooral verwacht op vlak van ecologie en scheepvaart, zoals weergegeven in onderstaande tabel (Tabel 3-9).

*Tabel 3-9: Overzicht van de algemene neveneffecten te verwachten bij het hoekpuntpakket "Gevolgbeperving".*

Ecologie	Maatregelen zoals het plaatsen van stuwen en pompgemalen hebben doorgaans een negatief effect op de vismigratie en migratie van invertebraten (tenzij hiervoor speciale voorzieningen worden getroffen in het ontwerp).
Scheepvaart	Bij de aanleg van een stuw op de Moervaart wordt een negatief effect verwacht op de scheepvaart klasse I en de pleziervaart.

#### 3.5.4. Draagvlak

De volgende aspecten zijn van belang met betrekking tot het draagvlak voor gevolgbeperkende maatregelen:

- De focus zou eerst moeten liggen op het beperken van verzilting zelf, en pas daarna op het beperken van de gevolgen van verzilting.
- Het gevoel leeft bij veel stakeholders dat fundamentele wijzigingen in de zoet/zoutproblematiek worden verwacht (van zoet naar zout), terwijl wijzigingen veelal meer gradueel van aard zijn (langdurigere en hogere zoutgehaltenes).
- In gebieden waar het te laat is, biedt gevolgbeperving mogelijk uitkomst, maar niet in gebieden waar nog weinig tot geen verzilting heeft plaatsgevonden. Daar dient verzilting te worden voorkomen.
- De gevolgen van verzilting verschillen per natuurgebied. Sommige natuurgebieden zijn zoet, maar andere gebieden hebben juist baat bij een hoger zoutgehalte. Dit geldt bijvoorbeeld voor de natuurontwikkelingsgebieden in de Autrichepolder en Molenpolder.
- Behalve waterkwaliteit is er ook aandacht nodig voor waterkwantiteit: beschikbaarheid van water voor de landbouw.
- Er bestaan zorgen over de cumulatieve effecten van een verhoogd zoutgehalte door de aanleg van de NST en vervolgens een verhoogde impact op zoute kwel bij een verbreding van het KGT.

Een meer gedetailleerde weergave van een discussie rond draagvlak is te vinden in het verslag van de workshop met stakeholders, opgenomen in Bijlage D.



# Literatuurlijst

## **Arcadis, 2018**

Vismigratie Afsluitdijk: Hydraulische en ecologische toetsing van het ontwerp. Auteurs: Gijs van Banning, Jos van der Baan, en Wilco de Bruijne. In opdracht van Provincie Fryslân.

## **Breugelmans et al., 2023**

Water- en zoutbalans voor het kanaal Gent – Terneuzen – Opbouw en scenario-analyse. Laurens Breugelmans, Daan Bertels en Patrick Willems. KU Leuven, afdeling hydraulica. In opdracht van North Sea Ports en de VNSC. Getoonde grafieken en getallen zijn afkomstig uit een presentatie d.d. 17 oktober 2023 en zijn actuelere resultaten.

## **Brochure Nieuwe Sluis Terneuzen, 2022**

Brochure Nieuwe Sluis Terneuzen. Zandbeek juni 2022. url: <https://nieuwesluisterneuzen.eu/sites/default/files/2022-06/Brochure%20Nieuwe%20Sluis%20Terneuzen%20juni%202022.pdf>

## **Deltares, 2018**

Bellenscherm monding ARK. Deltares memo 11203093-000-HYE-0001. Otto Weiler, 25 juli 2018.

## **Van de Haterd & Doef, 2022**

Impact van verzilting en verminderde bovenafvoer in en rond kanaal Gent-Terneuzen, Deelrapport Water- en chloridebalans Canisvlietse kreek. Van de Haterd & Doef, Bureau Waardenburg, 2022.

## **HKV, 2022**

Effectiviteit versmalling Amsterdam-Rijnkanaal. HKV rapport PR4772.10, Vincent Vuik, Joost Pol en Jan-Willem van Lente, definitief rapport, 28 september 2022.

## **HKV, 2023a**

Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering. In opdracht van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). Projectnummers: PR4146.12, PR4728.10.

## **HKV, 2023b**

Oppervlaktewatermodellering op basis van SIVAK-simulaties (memo). In opdracht van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie (VNSC). Projectnummers: PR4728.11.

## **HKV & Royal Haskoning DHV, 2023**

Verzilting monding Amsterdam-Rijnkanaal – Fase 2: onderzoek naar maatregelen (concept rapport). Auteurs: Vincent Vuik en Jan-Willem van Lente. In opdracht van Rijkswaterstaat WVL en WNN. Projectnummers: PR4773.10.

## **IMDC, 2009**

Haalbaarheidsstudie Seine-Schelde West: Verkennend onderzoek over de waterbeschikbaarheid en verziltingsaspecten. In opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV. Documentreferentie: 8101-5191-153-05 I/RA/14112/08.103/RAD.

## **Klimaatportaal, 2023**

Klimaatportaal Vlaanderen. Website van de Vlaamse overheid. <https://klimaat.vmm.be/>

### **Lievensse CSO & Svašek, 2015**

MER deelrapport water. Auteurs: Marieke Pfaff-Wagenaar (Lievensse CSO) & Lynyrd de Wit (Svašek Hydraulics). In opdracht van de Vlaams Nederlands Scheldecommissie. Documentnummer: VNZT-R-127-7.

### **Martens et al., 2018**

Martens C, Like G, Maes D, Haas H, Deschamps M, Dekker L, van 't Westeinde H, Vermeirs-sen M, Verbeek H & Storm K, 2018 Building a decision support system for the Terneuzen locks: combining optimal planning for water and shipping. PIANC-World Congress Panama City, Panama 2018.

### **Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016)**

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). Tracébesluit Nieuwe Sluis Terneuzen. 15 februari 2016.

### **Provincie Zeeland, 2020**

Beheerplan Nature 2000-gebied – Canisvliet, Grootte Gat en Vogelkreek (2017-2023). Provincie Zeeland, 2020.

### **Rijkswaterstaat, 2015**

Rapportage proef uitschakelen luchtbellenschermen kanaalzijde West-, Midden- en Oostsluis Terneuzen. Leen Dekker, 16 maart 2015.

### **Royal Haskoning, 2002**

Verziltingsstudie Kanaal Gent-Terneuzen. In opdracht van AWZ Afdeling Bovenschelde Locatie Gent. Referentie: 1139/Rxxx/BL/Rott2b.

### **Royal Haskoning & Svašek, 2010**

Verkenning maritieme toegankelijkheid Kanaal Gent-Terneuzen: Aanvullend oppervlakte-wateronderzoek. In opdracht van de Vlaams Nederlands Scheldecommissie. Referentie: 9V4098.A0/R0009/411700/ABRON/Nijm.

### **Schelde in Beeld, 2022**

Impact van verzilting en verminderde bovenafvoer in en rond kanaal Gent-Terneuzen. NOK-KGT2 Verkennende inschatting effecten van verzilting KGT. Vincent Vuik, Paula Lambregts, Ton Botterhuis, Niels de Troyer, Koen Lock en Peter Goethals, Rob van de Haterd, Jelle Doef, Theo Boudewijn, Ivo van de Moortel, Silvy Thant, Stef Michielsen, Philippe Hyde. Opdrachtgever VNSC zaaknummer 31170651. 4 november 2022.

### **SDU, 2023**

Overeenkomst tussen Nederland en België tot regeling van de afwatering van Vlaanderen, Gent, 20-05-1843. <https://www.sdu.nl/content/overeenkomst-tussen-nederland-en-belgie-tot-regeling-van-de-afwatering-van-vlaanderen-gent-20-05>. Geraadpleegd op 19 december, 2023.

### **TNO 2007**

Nieuwe technologie Memstill belooft ongekend economisch potentieel voor waterzuivering, Rijswijk 2007. URL: <https://eduweb.eeni.tbm.tudelft.nl/TB141E/?drinkwater-uit-zeewater>

### **Verdrag Kanaal Gent Terneuzen, 1985**

Overeenkomst tot wijziging van het verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en het Koninkrijk België betreffende de verbetering van het Kanaal van Terneuzen naar Gent.

**VLM, 2022**

Landinrichting Moervaartvallei. Kalvekant – Reepkens – Oostdonk – Maaibos Ontwerp landinrichtingsplan. Vlaamse Landmaatschappij Regio West, augustus 2022

**VNSC, 2015a**

Aanvulling deelrapport MER water. Auteur: Vlaams Nederlandse Scheldecommissie. Rapportnummer: VNZT-R-404-3.

**VNSC, 2015b**

Advies Water- en schutbeheer voor Kanaal Gent-Terneuzen voor de situatie na het gereed komen van de Nieuwe Sluis Terneuzen. Concept eindadvies 16 december 2015. Auteur: Werkgroep Schutten, Spuien en Verzilting VNSC Nieuwe Sluis Terneuzen.

**VNSC (2002)**

Scheldeverdrag, Gent, 2002. <https://wetten.overheid.nl/BWBV0001712/2005-12-01>

**Witteveen+Bos, 2023**

Effect sluisstremmingen sluizencomplex Terneuzen. Auteurs: I. Koevoets, L. de Boom, en L. Elzinga. In opdracht van de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie. Referentie: 133870/23-003.446

# Bijlagen

## A. Literatuuroverzicht

Nr	Literatuur	Inhoud	Door
1	1. Verdragen 1960 en 1985\	Tekst van de verdragen rond het KGT	x
2	2. Haskoning 2002\	Verziltingsstudie KGT	Royal Haskoning
3	3. 2014-094milieutoets_1	Milieutoets maritieme toegankelijkheid	Arcadis
4	4. 8101-5191-153-05-waterbeschikbaarheid-en-verzilting-def	Waterbeschikbaarheid en verziltingsaspecten Gentse kanalen	IMDC
5	5. aanvullend-oppervlaktewateronderzoek	Maritieme toegankelijkheid KGT, oppervlaktewateronderzoek	Royal Haskoning
6	6. 20110810_visbestand Gent_eindrapport NL	Onderzoek visstand KGT	Tauw
7	7. 2875-012brondocument-waterlichaam	Brondocument waterlichaam KGT, o.a. i.r.t. KRW en waterkwaliteit	Rijkswaterstaat
8	11. 20171120 Onderzoek corrosie van haveninfrastructuur_v0.1	Corrosie van haveninfrastructuur i.r.t. saliniteit	Port of Rotterdam
9	12. concept eindadvies werkgroep SSV 16dec15 definitief	Advies Water- en schutbeheer KGT na realisatie NST	VNSC
10	13. Schuttingen KGT	Data schuttingen	x
11	14. KGT_CL_v3jr-zmr-gem_20200101-20201231	Plaatje chlorideconcentratieverloop 2020	x
12	14. KGT_Qaanvoer_v7D-gem_20160101-20201231	Plaatje wateraanvoer 2020	x
13	15. NOVI gebied Zeeuws Vlaanderen -2	Presentatie NOVI gebied maken van kanaalzone	Provincie Zeeland
14	16. WL_memo_watervedeling-Gent	Waterbeschikbaarheid rond Gent	WL
15	17. Rapportage aanvullende grondwatermodellering	Grondwatermodellering, Canisvliet	VNSC
16	18. Tracebesluit Nieuwe Sluis Terneuzen-	Tracébesluit NST, verantwoording keuze voor NST o.b.v. de MER	Rijkswaterstaat
17	19. 20181123 Monitoringsplan NST	Monitoringsplan evaluatie effecten NST	VNSC / NST
18	22. VNZT-R-101-0 Kwaliteitstoets grondwatermodel Deltares	3D-model grondwater KGT	Deltares
19	23. VNZT-V-106-0a verslag prikstokmetingen grondwatermodel	Bespreking prikstokmetingen en grondwatermodel	VNSC
20	bodem\	Deelrapport bodem	Lievensse / Svašek
21	duurzaamheid en klimaat\	Deelrapport duurzaamheid en klimaat	Lievensse CSO
22	hoogwaterveiligheid\	Deelrapport hoogwaterveiligheid	Lievensse CSO
23	natuur\	Deelrapport natuur + aanvulling daarop	Lievensse / BuWa

24	verkeer en vervoer\	Deelrapport verkeer en vervoer + aanvulling + achtergrondrapporten	Lieveense / Marin
25	water\	Deelrapport water	Lieveense / Svašek
26	VNZT-R-404-3 Aanvulling deelrapport MER water	Aanvulling deelrapport Water	VNSC
27	Bijlage 1 VNZT-R-127-7	Hercalibratie SOBEK Kanaal Gent-Terneuzen model	Svašek
28	Bijlage 2- VNZT-R-127-7	Technische onderbouwing spuien en schutverlies	Svašek
29	Bijlage 3- VNZT-R-127-7	Alle Chloride simulatie resultaten Kanaal Gent-Terneuzen	Svašek
30	Bijlage 4-Technische rapportage grondwatermodel	grondwatermodel kanaal Gent-Terneuzen	Lieveense CSO
31	Bijlage 5- Memo effect van ingrepen op zoetwaterlenzen	effect van ingrepen aan Grote Zeesluis Terneuzen op zoetwaterlenzen	Goswater
32	Bijlage 6a- Vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater	Vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater	?
33	Bijlage 6b- Tweede fase prikstofmetingen	Tweede fase prikstofmetingen grondwater	?
34	Bijlage 7- VNZT-R-127-7	onderzochte zoutscheidingsmaatregelen	?
35	Bijlage 8- Memo technische haalbaarheid reductie zoutuitwisseling	technische haalbaarheid reductie zoutuitwisseling	Svašek
36	Bijlage 9- memo verfijning waterkwantiteit stremmen	Aanvullende waterkwantiteitsberekeningen (waterverlies, stremmingen)	Svašek
37	Bijlage 10- 1724U15001BLdW_Involed_chloride_nieuweVKV	Invloed nieuw VKA op chloride KGT	Svašek
38	2.2.4 KGT2008-Onderzoekspakket 1 Technische studie	KGT: technische studie, kostentoets, nautische studie	Arcadis
39	2.2.8 KGT2008-Onderzoekspakket 4 Milieutoets	milieutoets	Arcadis
40	2.2.9 KGT2008-Onderzoekspakket 4 Bijlagen Milieutoets	milieutoets	Arcadis
41	2.2.10 KGT2008-Onderzoekspakket 4 Samenvatting Milieutoets	milieutoets	Arcadis
42	2.2.19 KGT2008-Onderzoekspakket 7 Maatschappelijke Kosten-batenanalyse	MKBA oplossingsrichtingen KGT	Ecorys
43	3.1.4 No-Regret Economie en Financien MKBA Oplossingsrichtingen	MKBA oplossingsrichtingen KGT	Ecorys
44	3.2.1 No-Regret Milieu en Veiligheid Aanvullend oppervlaktewateronderzoek	Aanvullend oppervlaktewateronderzoek	Haskoning / Svašek
45	2014-094milieutoets_1	Milieutoets maritieme toegankelijkheid KGT	Arcadis
46	directe transporteffecten TNO	Transporteffecten van diverse varianten sluizencomplex	TNO

47	over passen en meten	Secretariaat Stakeholders Advies Forum van het project KGT2008	SAF
48	diverse rapporten over SOBEK en zoutmodellering	diverse rapporten over SOBEK en zoutmodellering	o.a. Deltares
49	deelrapport 1 inventarisatie	modelbouw	WL
50	deelrapport 4 modellering huidige toestand	modelbouw	WL
51	deelrapport 5 zoutintrusie-kanaal-gent-terneuzen	zoutintrusie KGT, onderdeel waterbeschikbaarheid Scheldestroomgebied	WL
52	Rapport Chlorideconcentratie KGT	statistische formule voor zoutconcentraties Sas van Gent	RWS?
53	20190426 POF aanpassen hardwaren software waterbeheer west- en oostsluis	Aanpassen hardwaren software waterbeheer West- en Oostsluis	Rijkswaterstaat
54	Aanleiding is andere instelling van type zoutspuien Westsluis	Andere instelling zoutspuien Westsluis	Rijkswaterstaat
55	C6201 onderzoek naar systeem Terneuzen	Systeem Terneuzen met spuien zoutwater, o.a. rekenmodel	Rijkswaterstaat
56	MSc Thesis 2005Bonnes	MSC onderzoek naar de mogelijkheid en de haalbaarheid van een NST	TU Delft
57	qgewenst	berekening gewenst spuidebiet	Rijkswaterstaat
58	Svašek rapport Spuien Nieuwe Sluis Terneuzen	Onderzoek stremming scheepvaart bij gelijktijdig schutten en spuien NST	Svašek
59	Voorschriften en regelingen bij schutten en spuien 741429	Voorschriften en regelingen bij schutten en spuien	?
60	Presentatie optimalisatie schutbedrijf KGT_9 september 2015.ppt	Presentatie optimalisatie schutbedrijf	Leen Dekker
61	Rapportage proef uitschakelen LBS-KGT	Rapportage proef uitschakelen luchtbelenschermen	Rijkswaterstaat
62	schipdonk20080315	Persoonlijke notitie over onmogelijkheid verbreding schipdonkkanaal	Paul Vansteelandt
63	Definitieve versie scriptie IRJ Mast	MSc. Thesis over verzilting KGT	Ivory Mast
64	INBO 2006 Verkennende ecologische gebiedsvisie Moervaart en Durmekanaal	Verkennende ecologische gebiedsvisie voor Moervaart en Durmekanaal	INBO
65	ondertekende memo eindadvies omrekenfactor NAP-TAW	Doorwerking NAP-aanpassing	Rijkswaterstaat
66	rws_wvl_watersystemen-kanaal_gent-terneuzen	Factsheet over Kanaal Gent-Terneuzen	Rijkswaterstaat
67	VNSC rapport systeemanalyse Toegankelijkheid	Systeemanalyse toegankelijkheid Schelde-estuarium en Scheldehavens	VNSC

## B. Aanvullend onderzoek maatregelen

Deze bijlage bevat de resultaten van nader onderzoek naar de effectiviteit van enkele maatregelen. Het gaat om:

- B.1 De invloed van het uitzakken en opzetten van het kanaalpeil op de benodigde frequentie en duur van scheepvaartstremmingen;
- B.2 Onderzoek naar de sluisbezetting op basis van SIVAK scheepvaartsimulaties;
- B.3 Onderzoek naar de effecten van stremmen op zout op chlorideconcentraties op het KGT;
- B.4 Onderzoek met de ZSF naar de zoutlastreductie door verschillende maatregelen;
- B.5 Literatuuronderzoek naar ontziltingstechnieken

Bij het beoordelen van een aantal maatregelen is de vergelijking gemaakt met de seizoensgemiddelde chlorideconcentraties zonder aanvullende maatregelen (HKV, 2023b). Deze seizoensgemiddelde chlorideconcentraties zijn bepaald bij meetpunt KGTS en gemiddeld over de periode van 1 april tot 1 oktober (Tabel B-1). Dit is de locatie en de periode waarvoor de KRW-norm van 3000 mg/l geldt.

*Tabel B-1: Inschatting op basis van SOBEK van de seizoensgemiddelde chlorideconcentratie (mg/l) bij KGTS, 1,8 meter onder het wateroppervlak, gemiddeld over de periode 1 april tot 1 oktober voor de simulaties o.b.v. SIVAK en drie afvoerscenario's (HKV, 2023c).*

Scenario	Chlorideconcentratie KGTS [mg/l]
Q1: gemiddelde zomer, huidig klimaat	2950
Q2: droge zomer met W+ 2050 klimaatverandering	4940
Q3: droge zomer, huidig klimaat	4730

### B.1. Peilvariëaties op het KGT

#### B.1.1. Inleiding

Binnen het huidige peilbesluit is vastgelegd dat het kanaalpeil mag variëren binnen een marge van 25 cm onder tot 25 cm boven het streefpeil van NAP+2,10 m (TAW+4,45 m). Door een hoger streefpeil te kiezen of door meer peilvariëaties toe te staan op het KGT (binnen of eventueel zelfs buiten het peilbesluit), hoeft minder snel overgegaan te worden op scheepvaartstremmingen. Voorafgaand aan droge perioden en bij tijdelijke hogere afvoer door het kanaal kan ernaar gestreefd worden om het kanaalpeil op te zetten. Dit buffervolume kan ingezet worden om schutverliezen te compenseren. Het gevolg is dat er minder snel overgegaan hoeft te worden op scheepvaartstremmingen rond laagwater. Aan de andere



kant van het peilbeheer zou ook overwogen kunnen worden om het kanaalpeil verder uit te laten zakken, als alternatief voor scheepvaartstremmingen.

Het doel van dit nader onderzoek is om meer inzicht te krijgen in het effect van opzetten en uitzakken van het kanaalpeil op het verminderen van het aantal dagen met scheepvaartstremmingen. Daarnaast is meer overzicht nodig van de neveneffecten van peilvariaties op en rond het kanaal.

### B.1.2. Werkwijze

Voor het inschatten van het effect van peilvariaties op scheepvaartstremmingen is gebruik gemaakt van het waterbalansscript zoals ontwikkeld in HKV (2023a) en verder doorontwikkeld in HKV (2023b).

Uitgangspunten zijn:

- Bovenafvoer: een droge zomer of een zeer droge zomer met klimaatveranderingseffecten (respectievelijk Q3 en Q2 uit HKV, 2023a).
- Scheepvaart: de scheepvaart zoals gesimuleerd met SIVAK (Witteveen+Bos, 2023) en waarvan statistieken voor scheepvaartstremmingen berekend zijn (HKV, 2023b). Dit zijn berekeningen met een scheepvaartintensiteit die 10% hoger is dan de huidige intensiteit.
- Stremmingen bij watertekort: op volgorde stremmen van de Nieuwe Sluis (0, 2, 4, 6 of 8 uur rond elk laagwater), daarna ook de Oostsluis (4, 6 of 8 uur), daarna tenslotte ook de Westsluis (4, 6 of 8 uur).

Voor elk stremmingsscenario is een daggemiddeld schutverlies (in  $m^3/s$ ) bekend vanuit SIVAK. In het waterbalansscript wordt op basis van de bovenafvoer van het KGT en de hoeveelheid beschikbaar buffervolume een keuze gemaakt voor een stremmingsscenario waarbij de schutverliezen klein genoeg zijn om het kanaalpeil niet onder de ondergrens van NAP+1,85 m te laten zakken. Per 3 dagen wordt hetzelfde stremmingsscenario aangehouden. Als er voldoende water beschikbaar is, wordt het kanaalpeil in het waterbalansscript weer richting streefpeil gebracht. Pas als het waterpeil hoger wordt dan het streefpeil, wordt gestart met continuspuien en uitwisselingsspuien vanuit de zoutvang, via de riolen van de Westsluis. Als het waterpeil hoger dreigt te raken dan de bovengrens van NAP+2,35 m, wordt in het script daarnaast ook nog overgegaan op oppervlaktewaterspuien via gestremde kolken. Meer details over de werkwijze zijn te vinden in HKV (2023b).

In dit nader onderzoek zijn twee variaties toegepast:

- Een 10 of 20 cm hoger streefpeil (NAP+2,20 of +2,30 m) in het zomerhalfjaar (1 april tot 1 oktober).
- Een 10 of 20 cm lagere ondergrens (NAP+1,75 m of +1,65 m)
- En combinaties van deze twee aanpassingen

Bij een hoger streefpeil wordt minder snel overgegaan op continuspuien en uitwisselingsspuien. Water wordt zoveel mogelijk vastgehouden in het kanaal in de zomerperiode. Bij een lagere ondergrens wordt sterker uitzakken van het kanaalpeil toegelaten. De eerste aanpassing is binnen het peilbesluit uit te voeren, de laatste aanpassing niet.

### B.1.3. Resultaten

Stremmingen voor watertekort vinden hoofdzakelijk plaats in de zomer (21 juni tot 21 september). Onderstaande tabellen en grafieken betreffen daarom statistieken voor de zomer, zoals ook het geval is in paragraaf 6.1 uit HKV (2023a) en paragraaf 4.4 uit HKV (2023b).

Onderstaande tabellen geven statistieken voor scheepvaartstremmingen voor de twee afvoerscenario's Q2 en Q3. Afvoerscenario Q1 met een gemiddelde zomer is niet weergegeven, omdat dan niet of nauwelijks wordt gestremd. De tabellen laten zien hoe vaak de stremmingsscenario's uit de SIVAK-simulaties worden toegepast binnen de drie zomermaanden. In de tabel zijn ook de bijbehorende gemiddelde en maximale wachttijden weergegeven per stremmingsscenario zoals bepaald met SIVAK (Witteveen+ Bos, 2023). Tabel B-2 toont de effecten van een verhoogd streefpeil, Tabel B-3 van een verlaagde ondergrens en Tabel B-4 van de combinatie van deze twee wijzigingen.

*Tabel B-2: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met stremmingen bij de Nieuwe Sluis (NS), Oostsluis (OS) en Westsluis (WS), met de tijdsduur (uren per getijcyclus) van het stremmen, het aantal dagen per zomer met een gegeven stremmingsscenario, en de wachttijden uit de SIVAK-simulaties die bij de stremmingsscenario's horen. Statistieken zijn gepresenteerd voor de afvoerscenario's Q2 en Q3 en streefpeil (SP) van NAP+2,10 m, NAP+2,20 m en NAP+2,30 m.*

Stremmings-scenario	Stremduur per sluis [uur/getij]			Frequentie scenario, Q2 [dgn/zomer]			Frequentie scenario, Q3 [dgn/zomer]			Wachttijd binnenvaart [min]		Wachttijd zeevaart [min]	
	OS	WS	NS	SP 210	SP 220	SP 230	SP 210	SP 220	SP 230	Gem.	Max. (99%)	Gem.	Max. (99%)
S00	0	0	0	6	6	9	63	69	72	27	116	27	123
S01	0	0	2	3	6	0	9	6	6	28	114	30	144
S02	0	0	4	6	3	9	6	6	6	30	125	38	186
S03	0	0	6	6	6	3	9	6	3	32	134	47	240
S04	0	0	8	6	6	6	6	6	6	35	141	55	127
S11	4	0	8	24	27	24	0	0	0	51	212	70	329
S12	6	0	8	12	9	15	0	0	0	62	259	78	337
S13	8	0	8	6	6	6	0	0	0	72	286	87	347
S34	8	4	8	24	24	21	0	0	0	131	410	149	471
S37	8	6	8	0	0	0	0	0	0	174	475	193	528
S40	8	8	8	0	0	0	0	0	0	216	538	247	675

Tabel B-3: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met stremmingen bij de Nieuwe Sluis (NS), Oostsluis (OS) en Westsluis (WS), met de tijdsduur (uren per getijdscyclus) van het stremmen, het aantal dagen per zomer met een gegeven stremmingsscenario, en de wachttijden uit de SIVAK-simulaties die bij de stremmingsscenario's horen. Statistieken zijn gepresenteerd voor de afvoerscenario's Q2 en Q3 en een ondergrens (OG) van NAP+1,85 m, NAP+1,75 m en NAP+1,65 m.

Stremmings-scenario	Stremduur per sluis [uur/getij]			Frequentie scenario, Q2 [dgn/zomer]			Frequentie scenario, Q3 [dgn/zomer]			Wachttijd binnenvaart [min]		Wachttijd zeevaart [min]	
	OS	WS	NS	OG	OG	OG	OG	OG	OG	Gem.	Max. (99%)	Gem.	Max. (99%)
S00	0	0	0	185	175	165	185	175	165	27	116	27	123
S01	0	0	2	3	0	6	9	6	6	28	114	30	144
S02	0	0	4	6	12	6	6	3	3	30	125	38	186
S03	0	0	6	6	6	6	9	12	6	32	134	47	240
S04	0	0	8	6	3	12	6	0	0	35	141	55	127
S11	4	0	8	24	33	27	0	0	0	51	212	70	329
S12	6	0	8	12	3	9	0	0	0	62	259	78	337
S13	8	0	8	6	9	6	0	0	0	72	286	87	347
S34	8	4	8	24	18	12	0	0	0	131	410	149	471
S37	8	6	8	0	0	0	0	0	0	174	475	193	528
S40	8	8	8	0	0	0	0	0	0	216	538	247	675

Tabel B-4: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met stremmingen bij de Nieuwe Sluis (NS), Oostsluis (OS) en Westsluis (WS), met de tijdsduur (uren per getijcyclus) van het stremmen, het aantal dagen per zomer met een gegeven stremmingsscenario, en de wachttijden uit de SIVAK-simulaties die bij de stremmingsscenario's horen. Statistieken zijn gepresenteerd voor de afvoerscenario's Q2 en Q3 en een combinatie van een streefpeil (SP) van NAP+2,10 m, NAP+2,20 m en NAP+2,30 m en een ondergrens (OG) van NAP+1,85 m, NAP+1,75 m en NAP+1,65 m (de rood weergegeven getallen).

Stremmings-scenario	Stremduur per sluis [uur/getij]			Frequentie scenario, Q2 [dgn/zomer]			Frequentie scenario, Q3 [dgn/zomer]			Wachttijd binnenvaart [min]		Wachttijd zeevaart [min]	
	OS	WS	NS	SP	SP	SP	SP	SP	SP	Gem.	Max. (99%)	Gem.	Max. (99%)
				OG	OG	OG	OG	OG	OG				
				210	220	230	210	220	230				
				185	175	165	185	175	165				
S00	0	0	0	6	9	9	63	75	84	27	116	27	123
S01	0	0	2	3	0	6	9	3	0	28	114	30	144
S02	0	0	4	6	12	9	6	6	3	30	125	38	186
S03	0	0	6	6	6	3	9	9	6	32	134	47	240
S04	0	0	8	6	6	15	6	0	0	35	141	55	127
S11	4	0	8	24	30	24	0	0	0	51	212	70	329
S12	6	0	8	12	3	9	0	0	0	62	259	78	337
S13	8	0	8	6	9	6	0	0	0	72	286	87	347
S34	8	4	8	24	18	12	0	0	0	131	410	149	471
S37	8	6	8	0	0	0	0	0	0	174	475	193	528
S40	8	8	8	0	0	0	0	0	0	216	538	247	675

Deze tabellen bevatten veel getallen. Daarom zijn de getallen nog geclusterd naar situaties zonder stremmingen (S00), met alleen een stremming bij de Nieuwe Sluis (S01 t/m S04), met stremming van de Oostsluis en de Nieuwe Sluis (S11 t/m S13) en met stremmingen bij alle drie de sluiscolken (S34, S37, S40). Daarnaast zijn voor de binnenvaart en zeevaart gemiddelde wachttijden uitgerekend voor de gehele zomer. Tabel B-5 toont de effecten van een verhoogd streefpeil, Tabel B-6 van een verlaagde ondergrens en Tabel B-7 van de combinatie van deze twee wijzigingen.

Tabel B-5: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met 0, 1 (NST), 2 (NST & OS) en 3 (NST & OS & WS) gestremde kolken en de over de gehele zomer gemiddelde wachttijden uit de SIVAK-simulaties voor binnenvaart en zeevaart. Statistieken zijn gepresenteerd voor de afvoerscenario's Q2 en Q3 en streefpeil (SP) van NAP+2,10 m, NAP+2,20 m en NAP+2,30 m.

Streefpeil	Afvoerscenario Q2			Afvoerscenario Q3		
	SP 210	SP 220	SP 230	SP 210	SP 220	SP 230
Dagen met 0 gestremde kolken	6	6	9	63	69	72
Dagen met 1 gestremde kolk	21	21	18	30	24	21
Dagen met 2 gestremde kolken	42	42	45	0	0	0
Dagen met 3 gestremde kolken	24	24	21	0	0	0
Gem. wachttijd binnenvaart (min)	69	68	66	28	28	28
Gem. wachttijd zeevaart (min)	84	83	81	32	31	30

Tabel B-6: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met 0, 1 (NST), 2 (NST & OS) en 3 (NST & OS & WS) gestremde kolken en de over de gehele zomer gemiddelde wachttijden uit de SIVAK-simulaties voor binnenvaart en zeevaart. Statistieken zijn gepresenteerd voor de afvoerscenario's Q2 en Q3 en een ondergrens (OG) van NAP+1,85 m, NAP+1,75 m en NAP+1,65 m.

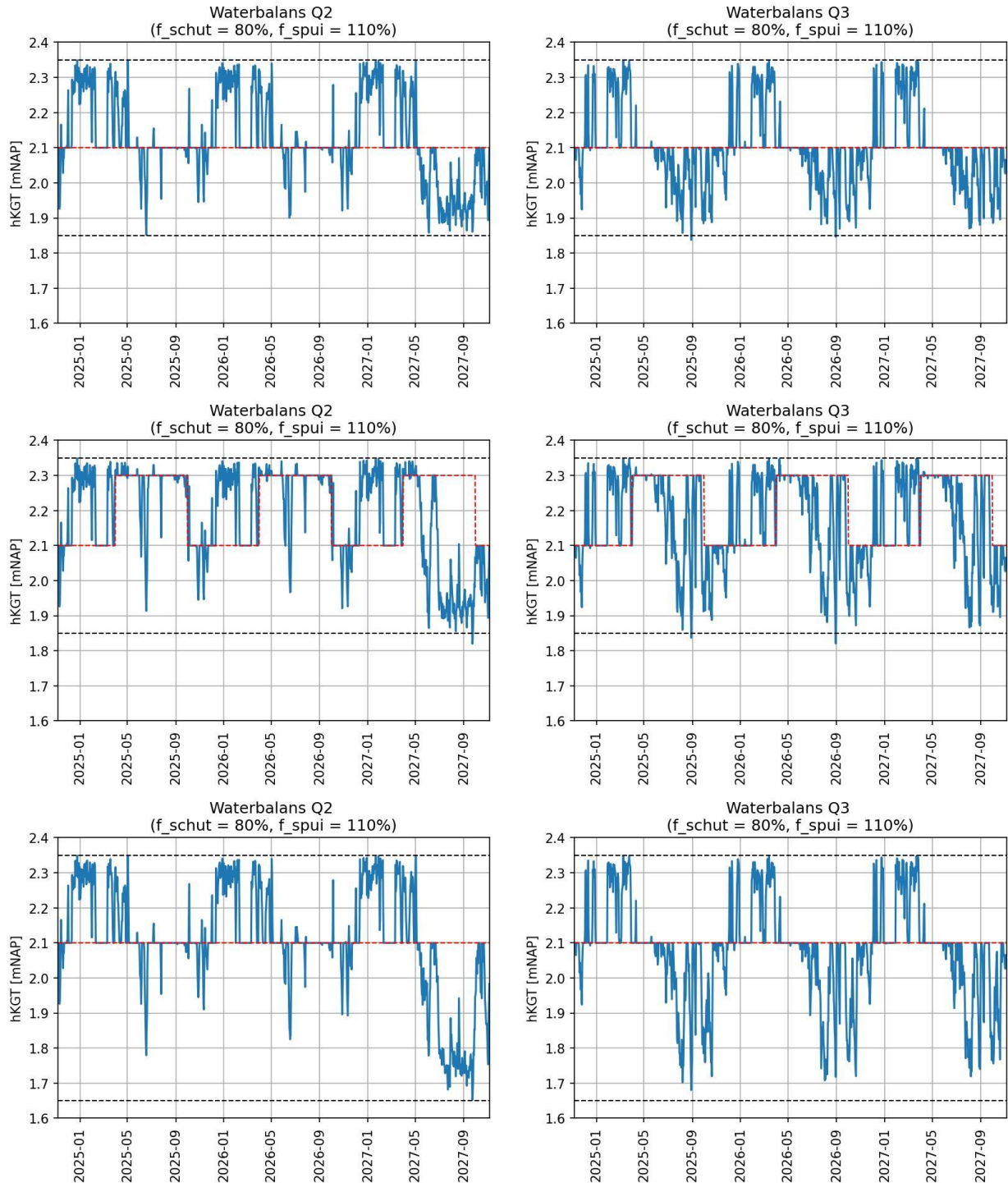
Streefpeil	Afvoerscenario Q2			Afvoerscenario Q3		
	OG 185	OG 175	OG 165	OG 185	OG 175	OG 165
Dagen met 0 gestremde kolken	6	9	9	63	72	78
Dagen met 1 gestremde kolk	21	21	30	30	21	15
Dagen met 2 gestremde kolken	42	45	42	0	0	0
Dagen met 3 gestremde kolken	24	18	12	0	0	0
Gem. wachttijd binnenvaart (min)	69	62	55	28	28	27
Gem. wachttijd zeevaart (min)	84	77	70	32	30	29

Tabel B-7: Statistieken voor stremmen bij watertekort: dagen per zomer (21 juni tot 21 september) met 0, 1 (NST), 2 (NST & OS) en 3 (NST & OS & WS) gestremde kolken en de over de gehele zomer gemiddelde wachttijden uit de SIVAK-simulaties voor binnenvaart en zeevaart. Statistieken zijn gepresenteerd voor de afvoerscenario's Q2 en Q3 en een combinatie van een streefpeil (SP) van NAP+2,10 m, NAP+2,20 m en NAP+2,30 m en een ondergrens (OG) van NAP+1,85 m, NAP+1,75 m en NAP+1,65 m (de rood weergegeven getallen).

Streefpeil	Afvoerscenario Q2			Afvoerscenario Q3		
	SP 210 OG 185	SP 220 OG 175	SP 230 OG 165	SP 210 OG 185	SP 220 OG 175	SP 230 OG 165
Dagen met 0 gestremde kolken	6	9	9	63	75	84
Dagen met 1 gestremde kolk	21	24	33	30	18	9
Dagen met 2 gestremde kolken	42	42	39	0	0	0
Dagen met 3 gestremde kolken	24	18	12	0	0	0
Gem. wachttijd binnenvaart (min)	69	62	55	28	28	27
Gem. wachttijd zeevaart (min)	84	76	69	32	30	29

Uit de getallen volgt:

- Verhoging van het streefpeil heeft in een extreem droge zomer met klimaatverandering (scenario Q2) geen noemenswaardige invloed op het aantal dagen met stremmingen en de daarbij behorende gemiddelde wachttijden, zo blijkt uit Tabel B-5. Dit komt doordat het niet lukt om het verhoogde streefpeil te bereiken in een zomer met zo weinig bovenafvoer. Zie de derde zomer in de middelste van de linker drie subplots uit Figuur B-1.
- In een iets meer gematigde droge zomer (scenario Q3) zien we dat het aantal dagen met stremmingen van de Nieuwe Sluis met ongeveer 1/3 verminderd kan worden van 30 naar 21. Dit heeft echter niet bijzonder veel invloed op de gemiddelde wachttijden, omdat de wachttijden nog niet veel langer worden als alleen de Nieuwe Sluis enkele uren rond laagwater wordt gestremd (zie Tabel B-2).
- Verlagen van de ondergrens heeft duidelijk meer invloed op stremmingen. Dit komt doordat verlagings van de ondergrens er ook voor zorgt dat het peilverschil tussen kanaal en gemiddelde waterstand op de Westerschelde afneemt. Er wordt dus niet alleen extra bufferruimte gecreëerd, ook het schutverlies per schutting wordt kleiner. Uit Tabel B-6 blijkt dat in de extreem droge zomer met klimaatveranderingseffect (Q2) het aantal dagen met drie gestremde sluiscolken gehalveerd wordt (van 24 naar 12) als de ondergrens met 20 cm wordt verlaagd. Juist het stremmen van alle drie de kolken leidt tot lange wachttijden. Een verlaging van de ondergrens met 20 cm zorgt ervoor dat de gemiddelde wachttijd daalt van 69 naar 55 minuten voor de binnenvaart en van 84 naar 69 minuten voor de zeevaart, gemiddeld over de gehele zomer (3 maanden). Effecten van 10 cm verlaging van de ondergrens zijn ongeveer de helft van de effecten van 20 cm verlaging. Ter referentie: zonder stremmingen zijn de gemiddelde wachttijden ongeveer 30 minuten voor zowel binnenvaart als zeevaart.
- In een droge zomer zonder klimaatveranderingseffect (Q3) wordt met de standaard ondergrens van NAP+1,85 m maximaal één sluiscolk gestremd. Het effect daarvan op zomergemiddelde wachttijden is slechts enkele minuten. Het verlagen van de ondergrens resulteert wel in een reductie van het aantal dagen met stremmingen met een factor 3 (van 30 naar 9 dagen per zomer), maar het bijbehorende effect op zomergemiddelde wachttijden is niet erg groot.
- Het combineren van een verhoogd streefpeil met een verlaagde ondergrens biedt nog meer bufferruimte, maar heeft weinig toegevoegde waarde ten opzichte van alleen het verlagen van de ondergrens. Getallen in Tabel B-6 en Tabel B-7 lijken erg sterk op elkaar.
- Figuur B-1 laat zien dat verlaging van de ondergrens van NAP+1,85 m naar NAP+1,65 m (onderste subplots) ervoor zorgt dat het werkelijke kanaalpeil in een droge zomer (scenario Q3) schommelt tussen ongeveer NAP+1,75 m en NAP+2,10 m. Bij een extreem droge zomer inclusief klimaatveranderingseffect (Q2) ligt het kanaalpeil vaker tussen NAP+1,65 m en NAP+1,85 m.



Figuur B-1: Verloop van het kanaalpeil in scenario Q2 (links) en scenario Q3 (rechts) bij het standaard streefpeil van NAP+2,10 m en ondergrens van 1,85 m (boven), bij een met 20 cm verhoogd streefpeil in de zomer (midden) en bij een met 20 cm verlaagde ondergrens (onder).



#### B.1.4. Conclusies en aanbevelingen

- Door het streefpeil in de zomer te verhogen, kan het aantal dagen met stremmingen worden gereduceerd, in een droge zomer met ongeveer 1/3 bij een streefpeilverhoging van 20 cm. Het bijbehorende effect op wachttijden is beperkt. In een extreem droge zomer inclusief klimaatveranderingseffect is het verhogen van het streefpeil niet haalbaar.
- Verlagen van de ondergrens voor het kanaalpeil met 10 tot 20 cm heeft meer effect op het aantal dagen met stremmingen en wachttijden. Voornamelijk in een extreem droge zomer inclusief klimaatveranderingseffect kan het aantal dagen met drie gestremde sluisgolven sterk worden verlaagd, tot wel een factor 3 bij een 20 cm lagere ondergrens. Dit zorgt ervoor dat de toename van wachttijden door stremmingen gemiddeld over de hele zomer daalt van 40 naar 25 minuten voor de binnenvaart en van 55 naar 40 minuten voor de zeevaart.
- We bevelen aan om te onderzoeken hoe de hinder door een verlaging van de ondergrens met 10 tot 20 cm zich verhoudt tot de hinder als gevolg van scheepvaartstremmingen.

#### B.1.5. Neveneffecten van peilvariaties

Op 5 september 2023 heeft overleg plaatsgevonden met twee operationeel adviseurs van Rijkswaterstaat VWM, afdeling Zuid-West. Zij gaven vanuit hun perspectief de volgende informatie met betrekking tot peilvariaties op het kanaal:

- Een peilverhoging tot NAP+2,30 m heeft geen noemenswaardige effecten op de omgeving. Pas ruim boven de bovengrens van NAP+2,35 m ontstaan er problemen.
- Een peilverlaging tot bijvoorbeeld NAP+1,65 m valt buiten het peilbesluit. Een Panamax schip moet dan bijvoorbeeld gelichter of minder zwaar beladen het kanaal op. Elke centimeter minder diepgang is 750 ton lichter of 750 ton minder lading naar Gent brengen. Dan wordt het economisch minder aantrekkelijk om zulke schepen via het kanaal te sturen. Hoe verhoudt zich dat tot kosten van stremmingen met bijbehorende wachttijden? Dit zou nader onderzocht moeten worden.
- Een peilverlaging kan gevolgen hebben voor de stabiliteit van oevers en kades. Mogelijk is daarbij vooral aandacht nodig voor de haven van Gent, omdat de staat van onderhoud daar minder goed is dan rond Terneuzen.

### B.2. Onderzoek sluisbezetting

#### B.2.1. Inleiding

Bij het schutten varieert de bezetting van de drie sluisen. Een beter beeld van de sluisbezetting geeft inzicht in de potentie van maatregelen zoals geclusterd schutten, en het plaatsen van pontons of een balgzak. Bij beperkte sluisbezetting kan je kiezen om te clusteren (minder vaak te schutten met vollere kolken). Anderzijds kan je het kolkvolume verminderen met pontons of een balgzak.

#### B.2.2. Werkwijze

Om inzicht te krijgen in de sluisbezetting van het nieuwe sluisen complex is een analyse gedaan van de scheepvaartberekeningen uitgevoerd met SIVAK (HKV, 2023c). Voor verschillende stremmingsscenario's zijn de scheepsbewegingen bij het passeren van sluisencomplex Terneuzen doorgerekend



gedurende 28 dagen, startend vanaf 26 juli 2021 en eindigend op 23 augustus 2021 (2 volledige doortij-springtij-doodtij cycli). Daarbij is de bezetting van de kolk per schutting geregistreerd. De scheepvaartberekeningen maken gebruik van een verbeterde prognose voor het scheepvaartaanbod. In deze geactualiseerde scheepvaartprognose is de verwachting dat het aantal schepen met 10% toeneemt ten opzichte van de situatie in 2021 (Tabel B-8). Voor de zeevaart komt de toename van 10% volledig voor de rekening van de grootste scheepvaartklasse, de klasse 'overm zeeschip Z6 'Terneuzen max'. Opmerking: de verwachting is dat de aanleg van de NST ook een scheepvaartcategorie aan gaat trekken die nu nog geen gebruik maakt van het kanaal (schepen van 38 tot 45 m breed). In de SIVAK-berekeningen (Witteveen+Bos, 2023) is deze nieuwe categorie schepen niet meegenomen.

Tabel B-8: Zeevaart classificatie zoals aangehouden bij de SIVAK analyse (Tabel 2.5 uit hun rapport), met aantal inkomende en uitgaande schepen per week in de dataperiode 2021.

Scheepsklasse	Inkomend [aan- tal/week]	Uitgaand [aan- tal/week]	Lengte [m]	Breedte [m]	Diep- gang* [m]
zeeschip Z1	17,3	17,6	< 90		
zeeschip Z2	32,0	33,4	90 - 130		
overm zeeschip Z3	8,0	7,9	130 - 180		
overm zeeschip Z4 'handysize'	0,8	0,9	180 - 225	< 26	≤ 10
overm zeeschip Z5 'handymax'	7,6	7,3	180 - 225	≥ 26	≤ 12,5
overm zeeschip Z' 'Terneuzen m'x' **	6,0	5,5	22- - 294	≤ 37	≤ 12,5

\* diepgang van <https://bulkcarrierguide.com/size-range.html>

De analyse van de sluisbezetting is uitgevoerd voor vier verschillende stremmingsscenario's. Voor ieder stremmingsscenario is de scheepsbezetting per kolk richting het KGT en richting de Westerschelde in kaart gebracht. De gebruikte stremmingsscenario's zijn:

- S00: geen stremmingen
- S04: Nieuwe sluis 8 uur gestremd
- S13: Nieuwe sluis en Westsluis 8 uur gestremd
- S40: Alle drie de sluizen 8 uur gestremd

### B.2.3. Resultaten

Het vrije kolkoppervlak<sup>1</sup> als percentage van het totale kolkoppervlak is weergegeven in Figuur B-2 voor de Nieuwe sluis en in Figuur B-3 voor de Oostsluis en Westsluis. Daarbij is het vrije kolkoppervlak voor schuttingen richting het KGT of richting de Westerschelde vergelijkbaar voor alle drie de sluizen. Over het algemeen is de bezetting van de Westsluis en de Oostsluis hoger dan voor de Nieuwe sluis. In de situatie zonder stremmingen (S00, paars) is het gemiddelde vrije kolk oppervlak van de Nieuwe sluis 82% ten opzichten van 69% bij de Westsluis en 64% bij de Oostsluis. Voor alle sluizen bestaan ook uitschieters waar de kolk grotendeels gevuld is.

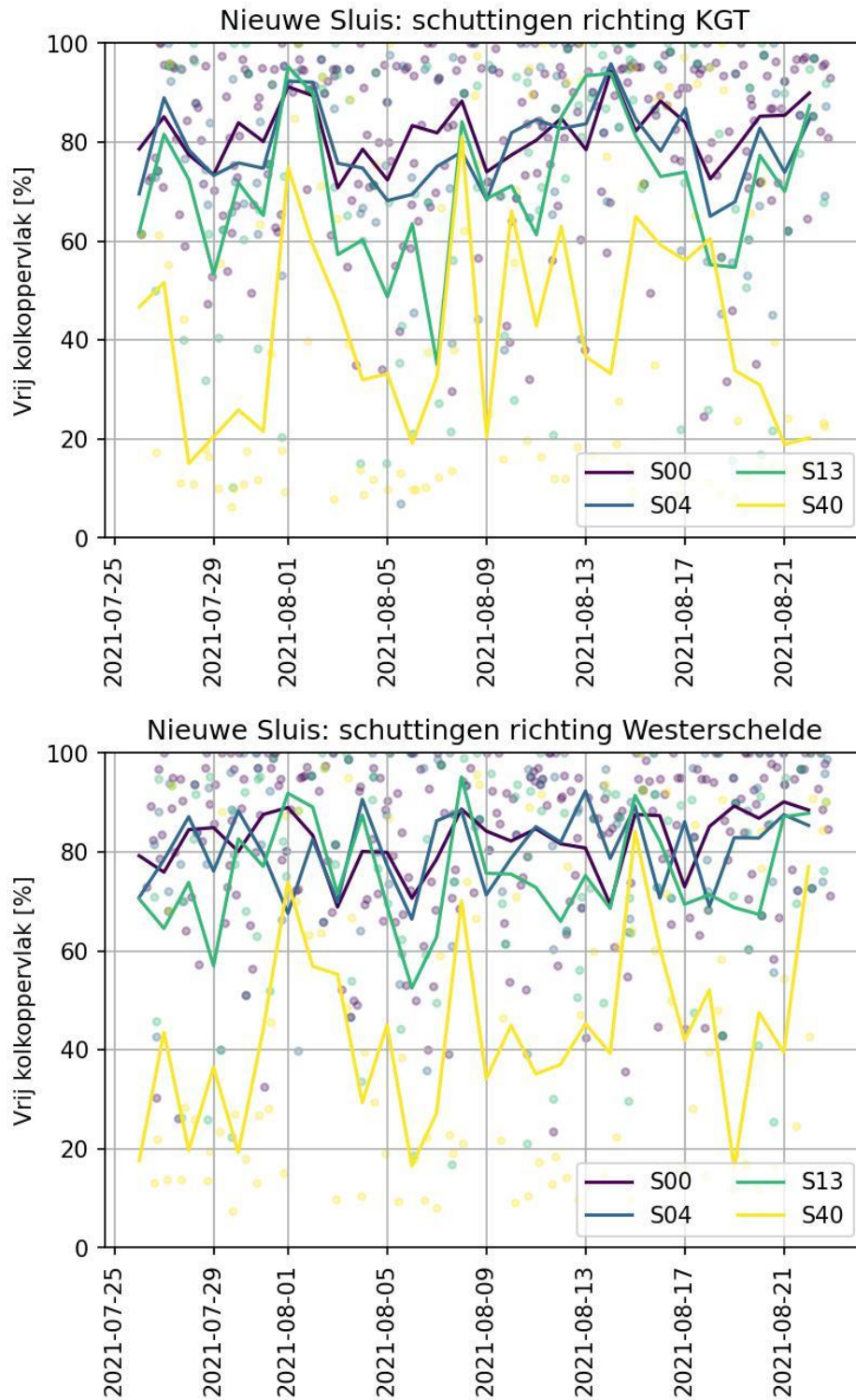
<sup>1</sup> 100% min de sluisbezetting.

Bij stremmingen neemt het vrije kolk oppervlak voor alle drie de sluizen af (Tabel B-9). Er liggen in tijden van stremmen dus meer schepen in de kolk per schutting. Bij de Nieuwe sluis neemt het gemiddelde vrije kolk oppervlak beperkt af bij het stremmen van de Westsluis en/of de Nieuwe sluis (S04, blauw en S13, groen). In deze situatie zijn de schepen dus op te vangen met extra schuttingen buiten de stremmingen om, of bij andere sluizen. Het stremmen van alle drie de sluizen (S40, geel) zorgt met een gemiddeld vrij kolkoppervlak van 44% bijna voor een halvering van het vrije kolkoppervlak in de Nieuwe sluis. Daarbij zijn er ook veel schuttingen met de Nieuwe sluis die maximaal benut worden met een vrij oppervlak van maar orde 10%. Ook de Westsluis en de Oostsluis zijn in dit geval goed gevuld.

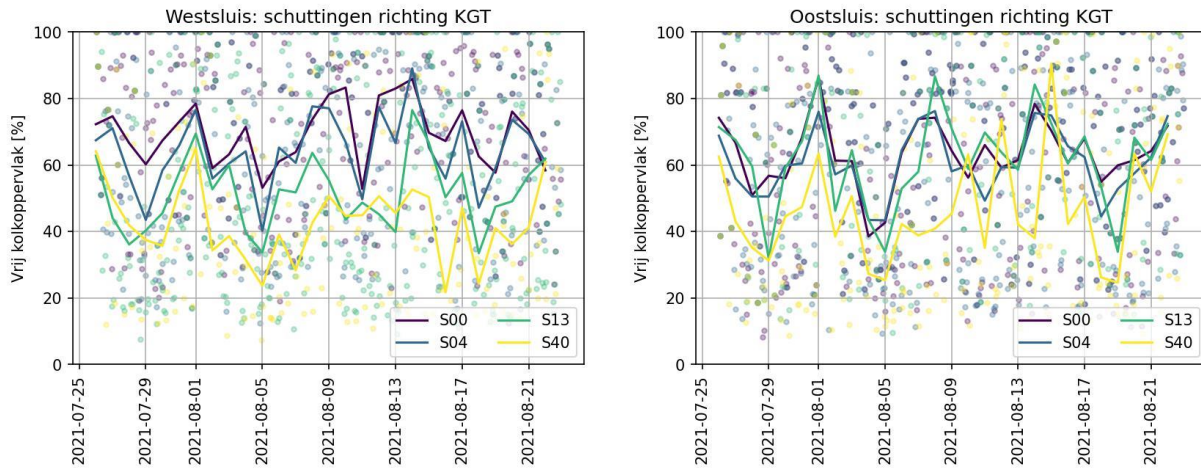
Het vrije kolkoppervlak in de Westsluis neemt geleidelijk af naarmate de stremmingen toenemen. Bij de Oostsluis is het effect van de stremmingen op het vrije kolkoppervlak pas duidelijk merkbaar als alle drie de sluizen gestremd zijn (S40, geel).

*Tabel B-9: Het gemiddelde vrije kolkoppervlak voor de drie sluizen bij verschillende stremmingsscenario's.*

Stremmingsscenario	Nieuwe sluis	Westsluis	Oostsluis
S00: geen stremmingen	82%	69%	64%
S04: Nieuwe sluis 8 uur gestremd	79%	63%	62%
S13: Nieuwe sluis en Westsluis 8 uur gestremd	73%	51%	64%
S40: Alle drie de sluizen 8 uur gestremd	44%	43%	46%



Figuur B-2: Het vrije kolkoppervlak in de sluiscolk van de Nieuwe sluis bij schutting richting het KGT (boven) en richting de Westerschelde (onder) voor verschillende SIVAK simulaties. De lijnen geven het daggemiddelde vrije kolkoppervlak weer, en de bolletjes de individuele schuttingen.



Figuur B-3: Het vrije kolkoppervlak in de sluisolk bij schuttingen richting het KGT voor de Westsluis (links) en voor de Oostsluis (rechts) voor verschillende stremmingsscenario's. De lijnen geven het daggemiddelde vrije kolkoppervlak weer, en de bolletjes de individuele schuttingen.

#### B.2.4. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de resultaten hierboven komen wij tot de volgende conclusies:

- In perioden met weinig stremmingen wordt de ruimte in de sluisen niet maximaal benut, zoals aangetoond door de hoge vrije kolk oppervlakken. Dit geldt met name voor Nieuwe sluis. Dit betekent dat er ruimte is om de bezetting van de kolken verder te optimaliseren.
- In de Nieuwe sluis is meer vrij kolkoppervlak dan in de Westsluis en in de Oostsluis. Als er maatregelen worden genomen zoals clusteren of het plaatsen van pontons ligt het dus voor de hand om eerst te focussen op de Nieuwe sluis.
- Bij het stremmen van alle drie de sluisen (S40) is de kolk vaak volledig gevuld (~10% vrij kolk oppervlak). Het stremmen van alle drie de sluisen, vanwege extreme droogte, komt in de bestudeerde afvoerscenario's niet tot nauwelijks voor. Dit betekent dat een maatregel die het kolkoppervlak beperkt bijna altijd in te passen is. Er kan dus gedacht worden aan een maatregel die ongeveer één keer per jaar gedemonteerd moet worden.
- In deze analyse is veel gekeken naar de gemiddelde kolkbezetting. Onder alle omstandigheden bestaan uitschieters waarbij de kolken wel volledig gevuld zijn. Bij het nemen van maatregelen is aandacht nodig voor het herverdelen van schepen in volle schuttingen.

Hierbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Een hogere kolkbezetting zorgt voor langere deuropentijden door de langere in- en uitvaartijden (zie ook Figuur B-8) en daarmee een hogere zoutlast. Houd hier rekening mee bij het bepalen van de effectiviteit.
- Beperking van het kolkoppervlak maakt manoeuvreren moeilijker voor de scheepvaart. Zie paragraaf 2.4.3 (geclusterd schutten), 2.5.11 (balgzak onderin sluisolk), en 2.5.14 (pontons) voor meer details over de gevolgen van deze maatregelen voor de scheepvaart.

- In de situatie zonder Nieuwe sluis is 37 m de maximale scheepsbreedte die door het sluisencomplex in Terneuzen bediend kan worden. Deze schepen maakten gebruik van de 38 m brede Westsluis. Onderzoek van het Waterbouwkundig Laboratorium toont aan dat 45 m brede schepen zonder aanpassingen aan het kanaal toegelaten kunnen worden. Bij ingebruikname van de Nieuwe sluis is het voornemen om de maximaal toelaatbare breedte van schepen geleidelijk op te laten lopen van 37m tot 45m. Direct na opening van de Nieuwe sluis zal het schip AM Ghent (38 m breed) op het kanaal ingezet worden. Deze bredere scheepstypes zijn niet meegenomen in de SIVAK simulaties, alleen de aantallen schepen volgens de huidige vlootsamenstelling (met name in de grootste huidige klasse) zijn verhoogd.

## B.3. Stremmen op zout

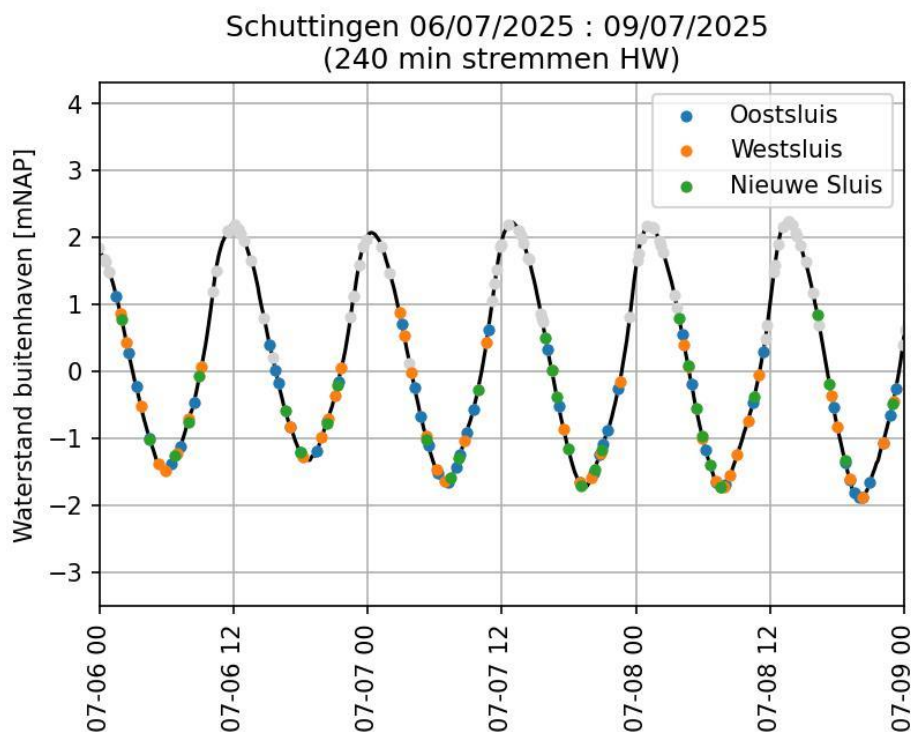
### B.3.1. Inleiding

In de huidige operationele praktijk zijn de sluisen bij Terneuzen alleen gestremd om het kanaalpeil in stand te houden. Er is nog nooit gepoogd om via stremmingen de zoutindringing te beperken en daarmee te voldoen aan de KRW-norm van 3000 mg/l. Met het voormalige sluisencomplex werd de norm in droge zomers al regelmatig overschreden. De verwachting is dat dit na ingebruikname van de Nieuwe Sluis ook in gemiddelde zomers zal gaan gebeuren.

Stremmingen voor peilbeheer vinden plaats rond laagwater op de Westerschelde, omdat het schutverlies dan het grootst is. Echter is rond hoogwater de zoutindringing bij Terneuzen maximaal. De maatregelen voor peilbeheersing zijn daarom niet optimaal voor zoutbeheersing. In eerdere berekeningen met een scheepvaartintensiteit conform het GE2030 scenario is aangetoond dat stremmen rondom hoogwater voor maximaal 4 uur onvoldoende is om de seizoensgemiddelde chlorideconcentratie onder de KRW-norm te houden (§5.6 uit HKV, 2023). In een aanvullende onderzoek van Witteveen+Bos zijn scheepvaartbewegingen en de bijhorende wachttijden rondom het nieuwe sluisencomplex in beeld gebracht voor verschillende stremmingssituaties (Witteveen+Bos, 2023). Deze studie geeft een realistisch schutpatroon op basis van een geactualiseerde prognose van het scheepvaartaanbod na ingebruikname van de NST. Dit geactualiseerde schutpatroon leidt tot lagere chlorideconcentraties op het KGT, met in een gemiddelde zomer een seizoensgemiddelde chlorideconcentratie van 2950 mg/l. Vanwege de lagere verwachte zoutlast en de mogelijkheid om individuele schutbewegingen mee te nemen door gebruik van de SIVAK simulaties is gekozen om de effectiviteit van het stremmen rond hoogwater als maatregel tegen zoutindringing te her-evalueren.

### B.3.2. Werkwijze

Om de effecten van stremmen rondom hoogwater opnieuw te evalueren is gebruik gemaakt van de SIVAK scenarioberekening voor een gemiddelde zomer (HKV, 2023c). Het schutpatroon is hierbij aangepast door schuttingen te schrappen in een periode van 1, 2, 3 of 4 uur rondom hoogwater in de 3 zomermaanden (Figuur B-4). Omdat de waterstandsverschillen tussen de kolk en het kanaal rondom hoogwater klein zijn is het effect van het schrappen van schuttingen op de waterbalans beperkt. Met kleine aanpassingen van de spuidebieten is het verschil opgevangen zonder dat de ondergrens of bovengrenzen van het kanaalpeil overschreden is.



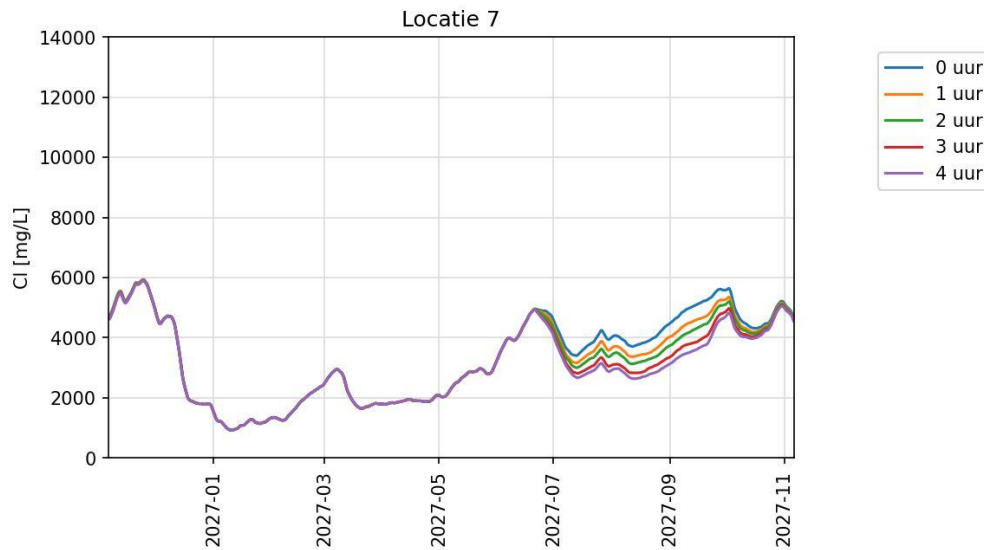
*Figuur B-4: Voorbeeld van het schrappen van schuttingen (grijs) in de 4 uur rondom hoogwater voor de Oostsluis, Westsluis en Nieuwe sluis in een gemiddelde zomer (Q1).*

De zoutlast als gevolg van het aangepaste schutpatroon is fasegewijs bepaald met de zeesluisformulering en gebruikt als randvoorwaarde voor het 1D-SOBEK model (HKV, 2023a). Hiermee zijn de chlorideconcentraties op het kanaal als gevolg van het stremmen rondom hoogwater bepaald.

### B.3.3. Resultaten

Figuur B-5 laat zien hoe stremmingen rond hoogwater de chlorideconcentratie halverwege het kanaal beïnvloeden (bij TSO-locatie 7, nabij Sas van Gent). Zoals ook het geval was bij de eerdere berekening voor het stremmen op zout (HKV, 2023a), is de invloed van de stremmingen vooral zichtbaar in de periode van de stremmingen. Daarbuiten is de invloed van de stremmingen als snel verwaarloosbaar klein.





Figuur B-5: Invloed van stremmingen rond hoogwater van 0 tot 4 uur gedurende de periode van 21 juni tot 21 september op de chlorideconcentraties bij TSO-locatie 7 (nabij Sas van Gent)

Tabel B-10 toont de reductie van de seizoensgemiddelde chlorideconcentratie bij meetpunt Sas van Gent (1,8m onder wateroppervlak). De seizoensgemiddelde chlorideconcentratie voor het Q1 SIVAK scenario daalt met ongeveer 120 mg/l per uur stremmen rond elk hoogwater in de zomer. De reductie is net iets hoger dan bij de GE2030 berekeningen, en is deels te verklaren door de extra schuttingen die geschrappt zijn om te zorgen voor kloppende opéénvolgende schutrichtingen. In een gemiddelde zomer is deze reductie van de chlorideconcentratie voldoende om te voldoen aan de KRW-norm van 3000 mg/l. Dit komt echter met name door de lagere scheepvaartintensiteit die is aangenomen in de SIVAK scenario's (HKV, 2023c) ten opzichten van het GE2030 scenario en in mindere mate door een toename in de effectiviteit van het stremmen op zout.

Tabel B-10: Inschatting op basis van SOBEK van de seizoensgemiddelde reductie in chlorideconcentratie (mg/l) bij KGTS, 1,8 meter onder het wateroppervlak, gemiddeld over de periode 1 april tot 1 oktober, voor een gemiddelde zomer (Q1) met een bepaalde stremmingsduur (in minuten) rond elk hoogwater in de periode van 21 juni tot 21 september.

Stremmingsduur	Reductie concentratie GE2030 scenario's	Reductie concentratie SIVAK scenario's
0	0	0
60	-80	-160
120	-170	-250
180	-280	-380
240 min	-400 mg/l	-460 mg/l

#### B.3.4. Conclusies en aanbevelingen

- Stremmen rondom hoogwater zorgt voor een reductie van de chlorideconcentratie op het kanaal van ongeveer 120 mg/l per uur stremmen rondom hoogwater. Hiermee is de effectiviteit van stremmen op zout op basis van SIVAK scenar'o's vergelijkbaar met eerdere berekeningen die uitgaan van

intensievere scheepvaart (GE2030). De lagere absolute chlorideconcentraties zijn vooral het gevolg van een verminderd aantal schuttingen.

- In gemiddelde zomers is stromen rondom hoogwater voldoende effectief om te voldoen aan de KRW-norm van 3000 mg/l bij Sas van Gent. In (zeer) droge zomers lopen de seizoensgemiddelde chlorideconcentraties op tot boven de 4500 mg/l en is alleen stromen rond water onvoldoende om te voldoen aan de norm. In dit geval zijn aanvullende maatregelen nodig.
- Wij bevelen aan om in beeld te brengen hoe veel hinder het stromen rond hoogwater veroorzaakt voor de scheepvaart.

## B.4. Berekeningen met de zeesluisformulering

### B.4.1. Inleiding

In recente droge zomers was de zomergemiddelde chlorideconcentratie op het KGT, gemeten bij het bovenste meetpunt bij Sas van Gent, hoger dan de KRW-norm van 3000 mg/l. Bij ingebruikname van de NST zal de chlorideconcentratie met ongeveer 1500 mg/l toenemen zonder aanvullende maatregelen, zo blijkt uit het onderzoek uit Fase 1 (Schelde in Beeld, 2022). Om die reden worden diverse maatregelen overwogen die kunnen helpen bij het reduceren van de zoutindringing bij het sluisencomplex van Terneuzen.

Deze paragraaf beschrijft onderzoek naar de effectiviteit van de volgende maatregelen:

- Zoutdrempel in NST, aan de kanaalzijde
- Zoutdrempel in de Westsluis, aan de kanaalzijde
- Bellenschermen aan de kanaalzijde en zeezijde van de NST
- Pontons ter reductie van het kolkvolume van de NST
- Beperken van deuropentijden

### B.4.2. Werkwijze

Om meer zicht te krijgen op de effectiviteit van deze maatregelen, zijn oriënterende berekeningen uitgevoerd met de Zeesluisformulering (ZSF). Deze berekeningen zijn niet gekoppeld aan een SOBEK-berekening voor het modelleren van zoutgehalten op het KGT. Op basis van de berekeningen met stromen op zout is echter de volgende informatie beschikbaar:

- Verdeling totale zoutlast over de drie sluisen: Nieuwe sluis: 61%, Westsluis: 34%, Oostsluis: 5%
- 4 uur stromen op zout leverde 9% reductie van de totale zoutlast en 400 mg/l reductie van de chlorideconcentratie bij Sas van Gent (ofwel 44 mg/l per 1%) in een gemiddelde zomer (scenario Q1). Deze getallen gelden gemiddeld over de periode 1 april tot 1 oktober.

Met deze gegevens zijn ruwe inschattingen te doen van de effecten van maatregelen op de chlorideconcentratie bij Sas van Gent.

Voor iedere maatregel is een berekening gedaan met de zeesluisformulering om de zoutlast te bepalen. Hiervoor zijn de maatregelen toegevoegd aan de SIVAK-scenarioberekeningen, die uitgaan van de huidige scheepvaartintensiteit +10% (HKV, 2023c). De resulterende zoutlast is vergeleken met de zoutlast zonder maatregelen om zo de reductie van de zoutlast als gevolg van de gekozen maatregel



te bepalen. Met de vuistregel van 44 mg/l per 1% (paragraaf B.4.1) kan een schatting gemaakt worden van de reductie in chlorideconcentratie op het kanaal. Voor alle berekeningen is de maatregel jaarrond toegepast. De reductie in zoutlast is bepaald voor het zomerhalfjaar.

### B.4.3. Zoutdrempel in de NST

Bij het onderzoek naar de effectiviteit van een zoutdrempel in de NST is in de ZSF onderscheid gemaakt tussen twee varianten (zie Figuur B-6):

- De huidige aanleghoogte voor de drempel: 2,4 m (NAP-16,5 naar NAP-14,1 m)
- Extra zoutdrempel tot op het niveau van de kanaalbodem: 4,9 m (NAP-16,5 naar NAP-11,6 m)

De tweede optie is te zien als variant ten opzichte van het ontwerp.



Figuur B-6: Hoogte zoutdrempel en eventuele extra zoutdrempel aan de kanaalzijde van de NST

De resultaten van de berekeningen met de ZSF staan in Tabel B-11. De aanleg van een extra hoge drempel zorgt voor een extra reductie van de zoutlast van de Nieuwe sluis van -13 tot -14%. De effectiviteit is vergelijkbaar voor de verschillende afvoerscenario's.

Tabel B-11: De reductie van de zoutlast van de Nieuwe sluis voor de drie afvoerscenario's bij het plaatsen van de ontworpen extra drempel aan de binnenzijde voor 6 maanden zomer.

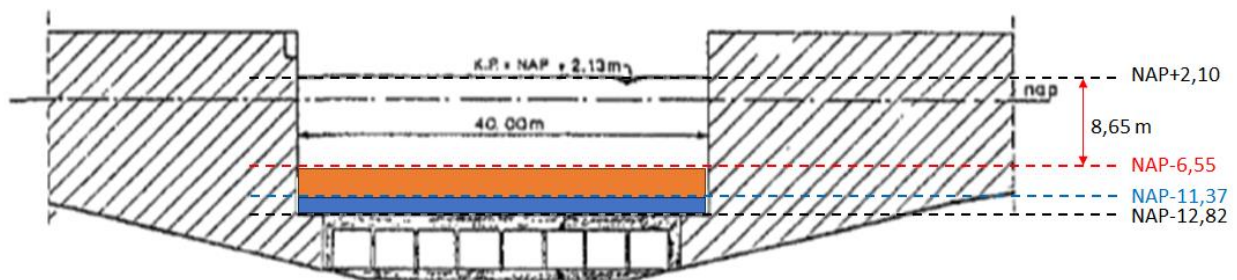
Afvoerscenario	Zoutlast		
	Referentie: huidige drempel 2,4m [kg/s]	Extra hoge drempel 4,9m [kg/s]	Reductie zoutlast [%]
Q1	347	301	-13,3
Q2	225	194	-13,5
Q3	284	244	-14,2

Aangezien de Nieuwe sluis verantwoordelijk is voor 60% van de totale zoutlast, geeft dit een reductie van de totale zoutlast van ongeveer 8%. Dit staat gelijk aan een reductie van de chlorideconcentratie bij Sas van Gent van orde 350 mg/l, waarmee je in een gemiddelde zomer voldoet aan de KRW-norm van 3000 mg/l.

#### B.4.4. Zoutdrempel in de Westsluis

Met het aanleggen van de Nieuwe sluis komt een tweede sluis beschikbaar voor de zeevaart. Hiermee is gezorgd voor redundantie, wat betekent dat bij stremmingen en onderhoud bij de Westsluis of de Nieuwe sluis grote schepen alsnog het sluisencomplex Terneuzen kunnen passeren. De huidige Westsluis heeft een drempel van 1,45 m hoog. In perioden dat beide sluisen normaal opereren kan een verhoogde demontabele drempel geplaatst worden aan de binnenzijde van de Westsluis, waardoor een kleiner of groter deel van de schepen alleen via de Nieuwe sluis het KGT op kan varen. Hiervoor zijn een aantal varianten meegenomen:

- Een drempel van 1,45 m hoog aan de kanaalzijde (NAP-12,82 naar NAP-11,37 m). Dit is de huidige situatie.
- Een zoutdrempel van 6,25 m hoog aan de kanaalzijde (NAP-12,82 naar NAP-6,55 m, zie Figuur B-7). Een belangrijke scheepsklasse betreft RORO-schepen, die meerdere malen per week Gent aandoen en varen met een strak vaarschema. Deze schepen hebben een maximale diepgang van 7,4 m. Met een drempelhoogte van 6,25 m in de Westsluis kunnen zeevaartschepen met een diepgang tot 7,4 m nog steeds gebruik maken van zowel de Nieuwe sluis als de Westsluis. Daarbij is rekening gehouden met 0,25 m peiluitzakking en 1,0 m kielspeling. Schepen met een grotere diepgang komen duidelijk minder vaak voor. Hiervoor is ook lang van tevoren bekend wanneer het schip de sluisen wil passeren (dagen tot weken) en kan vooraf gekozen worden om de drempel te demonteer of het schip via de Nieuwe sluis te laten varen.
- Een zoutdrempel van 9,60 m hoog (NAP-12,82 tot NAP-3,22). Hiermee is de Westsluis enkel te gebruiken door binnenvaartschepen, die een maximale diepgang van 4,0m hebben<sup>2</sup> (kanaalpeil minus 0,25 m peiluitzakking minus 4,0 m diepgang minus 1,0 m kielspeling). Veel zeeschepen zijn dan volledig op de Nieuwe Sluis aangewezen. Bij problemen met of onderhoud aan de Nieuwe Sluis kan de drempel in de Westsluis echter nog steeds eenvoudig gedemonteerd worden.



Figuur B-7: Huidige zoutdrempel in de Westsluis (blauw) en verhoogde zoutdrempel (oranje)

Het plaatsen van een drempel aan de binnenzijde van de Westsluis zorgt voor een aanzienlijke reductie van de zoutlast (Tabel B-12). Een drempel van 6,25 m hoog zorgt voor een reductie van de zoutlast van de Westsluis van 30-33%. Een hogere drempel van 9,6 m zorgt voor een reductie van de zoutlast van de Westsluis van 50-55%. De effectiviteit van de maatregel neemt toe onder drogere omstandigheden.

<sup>2</sup> Richtlijn Vaarwegen 2020 - <https://standaarden.rws.nl/index.html>

Tabel B-12: De reductie van de zoutlast van de Westsluis voor de drie afvoerscenario's bij het plaatsen van een drempel aan de binnenzijde.

Afvoerscenario	Zoutlast [kg/s]				
	Drempel 1,45m	Drempel 6,25m	Reductie zoutlast [%]	Drempel 9,60m	Reductie zoutlast [%]
Q1	176	123	-30%	87	-51%
Q2	135	91	-33%	60	-56%
Q3	148	100	-33%	66	-56%

Aangezien de Westsluis verantwoordelijk is voor 34% van de totale zoutlast, geeft een drempel van 6,25 m hoog een reductie van de totale zoutlast van ongeveer 10%. Dit staat gelijk aan een reductie van de chlorideconcentratie bij Sas van Gent van orde 450 mg/l. Een drempel van 9,6 m zorgt voor een reductie van de totale zoutlast van 18%, ongeveer 800 mg/l.

Deze getallen geven aan dat een drempel in de Westsluis effectief is tegen zoutindringing. Wel spelen nog vragen rondom de uitvoerbaarheid van een demontabele drempel. Hierbij zal een ontwerp heel anders zijn als een drempel meerdere keren per week geïnstalleerd en gedemonteerd moet worden ten opzichten van een paar keer per jaar. De keuze hierin hangt samen met de verdeling van diepgang van zeevaart op het kanaal. Ook is nu uitgegaan van een kielspeling van 1,0 m. Als blijkt dat een flexibele of beweegbare drempel niet op zijn plaats blijft bij het overvaren van een schip met een kielspeling van 1m, dan moet de kielspeling verhoogd worden.

#### B.4.5. Bellenschermen NST

Hier zijn een aantal verkennende berekeningen uitgevoerd om een inschatting te maken van de effectiviteit van bellenschermen tegen zoutindringing in de Nieuwe sluis. Daarbij is gebruik gemaakt van de parametrisering van bellenschermen binnen de zeesluisformulering. Voor de discussie over de effectiviteit van bellenschermen en de verschillen tussen theorie en praktijk, zie paragraaf 2.5.4.

Een bellenscherm werkt door de snelheid van zoutuitwisseling tussen de sluiscolk en de zee- of kanaalzijde te reduceren. Dit betekent dat het ook belangrijk is om de deuropentijden zo veel mogelijk te beperken. Ook hangt de effectiviteit sterk samen met details in het ontwerp en het onderhoud van het bellenscherm.

In het huidige ontwerp voor de Nieuwe sluis is geen bellenscherm voorzien. Wel is rekening gehouden met het aanleggen van een bellenscherm in een later stadium. Voor het aanleggen van een bellenscherm bestaan een aantal opties:

- Alleen aan de binnenzijde van de sluiscolk, of aan zowel de binnen- als de buitenzijde van de sluiscolk.
- De doorlaatfractie van het bellenscherm bepaalt hoe sterk de binnendringende zouttong wordt afgeremd. Een doorlaatfractie van 0,50 correspondeert aan het minimaal benodigde luchtdebiet voor een stabiel bellenscherm. Bij minder lucht (een hogere doorlaatfractie) gaat het bellenscherm 'zwabberen' met vervelende gevolgen voor onder andere de scheepvaart. Een optimaal werkend bellenscherm heeft een doorlaatfractie van ongeveer 0,25.

Het plaatsen van een bellenscherm aan de binnenzijde van de Nieuwe sluis zorgt voor een reductie van de zoutlast van deze sluis van tussen de 17 en 44% afhankelijk van de doorlaatfractie (Tabel B-13). Dit zorgt voor een reductie van de totale zoutlast van 10 tot 26%, wat correspondeert aan 450 tot 1150 mg/l reductie in chlorideconcentratie bij Sas van Gent.

*Tabel B-13: De reductie van de zoutlast van de Nieuwe sluis voor de drie afvoerscenario's bij het plaatsen van een bellenscherm aan alleen de binnenzijde voor doorlaatfractie 0,50 en 0,25.*

Afvoerscenario	Zoutlast				
	Geen bellenscherm [kg/s]	Bellenscherm 50% [kg/s]	Reductie zoutlast [%]	Bellenscherm 25% [kg/s]	Reductie zoutlast [%]
Q1	347	288	-17.1	205	-40.9
Q2	225	186	-17.2	133	-40.7
Q3	284	231	-18.7	160	-43.6

Het plaatsen van een bellenscherm aan zowel de binnen- als de buitenzijde van de Nieuwe sluis zorgt voor bijna een verdubbeling van de effectiviteit (Tabel B-14). Afhankelijk van de doorlaatfractie zorgt het dubbele bellenscherm voor een reductie van de zoutlast van de Nieuwe sluis van tussen de 30 en 68%. Dit zorgt voor een reductie van de totale zoutlast van 18 tot 39%, wat correspondeert aan 800 tot 1730 mg/l reductie in chlorideconcentratie bij Sas van Gent. Dit is zelfs onder extreem droge omstandigheden bijna voldoende om te voldoen aan de KRW-norm van 3000 mg/l.

*Tabel B-14: De reductie van de zoutlast van de Nieuwe sluis voor de drie afvoerscenario's bij het plaatsen van een bellenscherm aan zowel de binnen- als de buitenzijde van de Nieuwe sluis voor doorlaatfractie 0,50 en 0,25.*

Afvoerscenario	Zoutlast				
	Geen bellenscherm [kg/s]	Bellenscherm 50% [kg/s]	Reductie zoutlast [%]	Bellenscherm 25% [kg/s]	Reductie zoutlast [%]
Q1	347	241	-30.5	123	-64.6
Q2	225	157	-30.2	83	-62.9
Q3	284	191	-32.8	90	-68.3

#### B.4.6. Pontons in de NST

De kolk van de Nieuwe sluis is 55m breed. Direct na in gebruik name van de Nieuwe sluis, is het plan om bulkcarriers van 38m breed in te zetten op het KGT. Onderzoeken van het Waterbouwkundig Lab concluderen dat 45 m brede schepen zonder aanpassingen aan het kanaal toegelaten kunnen worden. Het voornemen is om de toelaatbare scheepsbreedte geleidelijk aan te vermeerderen naar 45m. Dit betekent dat de volledige breedte van de Nieuwe sluis vooralsnog niet benut wordt.

Door pontons te plaatsen is de kolk (tijdelijk) smaller. Dit zorgt voor kleinere uitwisselingsvolumes en daarmee een lagere zoutlast. Om de effectiviteit van het plaatsen van pontons te toetsen, is de breedte van de Nieuwe sluis gereduceerd bij het bepalen van de zoutlast. Hierbij zijn de volgende opties meegenomen:

- Geen pontons (huidige situatie).
- Pontons van 5m breed (50m brede Nieuwe sluis)
- Pontons van 10m breed (45m brede Nieuwe sluis)
- Pontons van 15m breed (40m brede Nieuwe sluis)

Afhankelijk van de breedte van de pontons, zorgt het versmallen van de Nieuwe sluis voor een reductie van de zoutlast van 10-30% (Tabel B-15). Dit komt overeen met een reductie van 6 tot 18% van de totale zoutlast en een reductie van de chlorideconcentratie bij KGTS van 260 tot 800 mg/l.

*Tabel B-15: De reductie van de zoutlast van de Nieuwe sluis voor de drie afvoerscenar'io's bij het plaatsen van pontons om de kolk van de Nieuwe sluis smaller te maken.*

Afvoerscenario	Zoutlast						
	Geen pontons [kg/s]	Pontons 5m [kg/s]	Reductie zoutlast [%]	Pontons 10m [kg/s]	Reductie zoutlast [%]	Pontons 15m [kg/s]	Reductie zoutlast [%]
Q1	347	313	-9.7	280	-19.4	246	-29.1
Q2	225	203	-9.8	181	-19.7	158	-29.5
Q3	284	256	-9.8	228	-19.6	200	-29.4

Wel heeft het versmallen van de kolk met pontons gevolgen voor het gemak waarmee schepen in en uitvaren. Dit zal bijna altijd leiden tot langere in- en uitvaartijden. Denk daarbij aan:

- Grotere zijdelingse krachten. Tenzij je aan weerszijden pontons legt, vaart het schip excentrisch binnen, wat grotere zijdelingse krachten teweegbrengt, die op hun beurt enkel gereduceerd kunnen worden door een snelheidsreductie (dus langere in- en uitvaartijden).
- Meer sleepboten om een groot schip binnen te krijgen. Momenteel moet een schip van 37 m breed 3 tot 4 sleepboten verplicht nemen om de Westsluis binnen te varen (40 m breed, 38 m vrije breedte). Men is van plan om 38 m brede bulkcarriers in te zetten meteen na ingebruikname Nieuwe Sluis. In een 55 m brede sluis is dit mogelijk met minimale sleepboothulp (waarschijnlijk 2). Beperkt men de vrije breedte door pontons, dan zal de benodigde sleepboothulp opnieuw 3 à 4 bedragen.

#### B.4.7. Reductie deuropentijden

Het verkorten van de deuropentijden (DOT) zorgt ervoor dat het proces van zoutuitwisseling vroegtijdig wordt afgebroken. Het effect hiervan is dubbelop. Niet alleen zijn de deuren korter open waardoor er minder tijd is voor het uitwisselen van zout. Ook fluctueert het zoutgehalte van de kolk minder. Dit betekent dat de dichtheidsverschillen tussen de kolk en de kanaal- of Westerschelde zijde zijn ook kleiner waardoor de snelheid van het uitwisselen lager ligt. Beiden zorgen voor een lagere totale zoutlast.

In de praktijk worden deuren vaak open gelaten tussen schuttingen omdat dit operationeel gezien makkelijker is. Ook maakt de manier waarop schuttingen geregistreerd worden het lastig om te achterhalen of de deuren tussentijds gesloten zijn of niet.

In de SIVAK simulaties (HKV, 2023c) zijn fictieve schutpatronen gegenereerd waar onderscheid is gemaakt tussen de tijdstippen van het openen en sluiten van sluisdeuren, en de begin- en eindtijden van het in- en uitvaren van schepen. Deze details zijn niet beschikbaar voor historische schutreeksen. Op basis van de SIVAK simulaties is de zoutlast bepaald voor de volgende deuropentijden:

- De maximale deuropentijd. Hierbij is aangenomen dat de sluisdeuren altijd openstaan tussen schuttingen.
- De minimale deuropentijd. Hierbij is aangenomen dat de sluisdeuren sluiten na het uitvaren van het laatste schip en weer opengaan bij het invaren van het eerste schip. Deuren sluiten alleen als het tijdsverschil tussen in- en uitvaren groter is dan 3 minuten.

De werkelijkheid zal ergens tussen de twee opties in liggen.

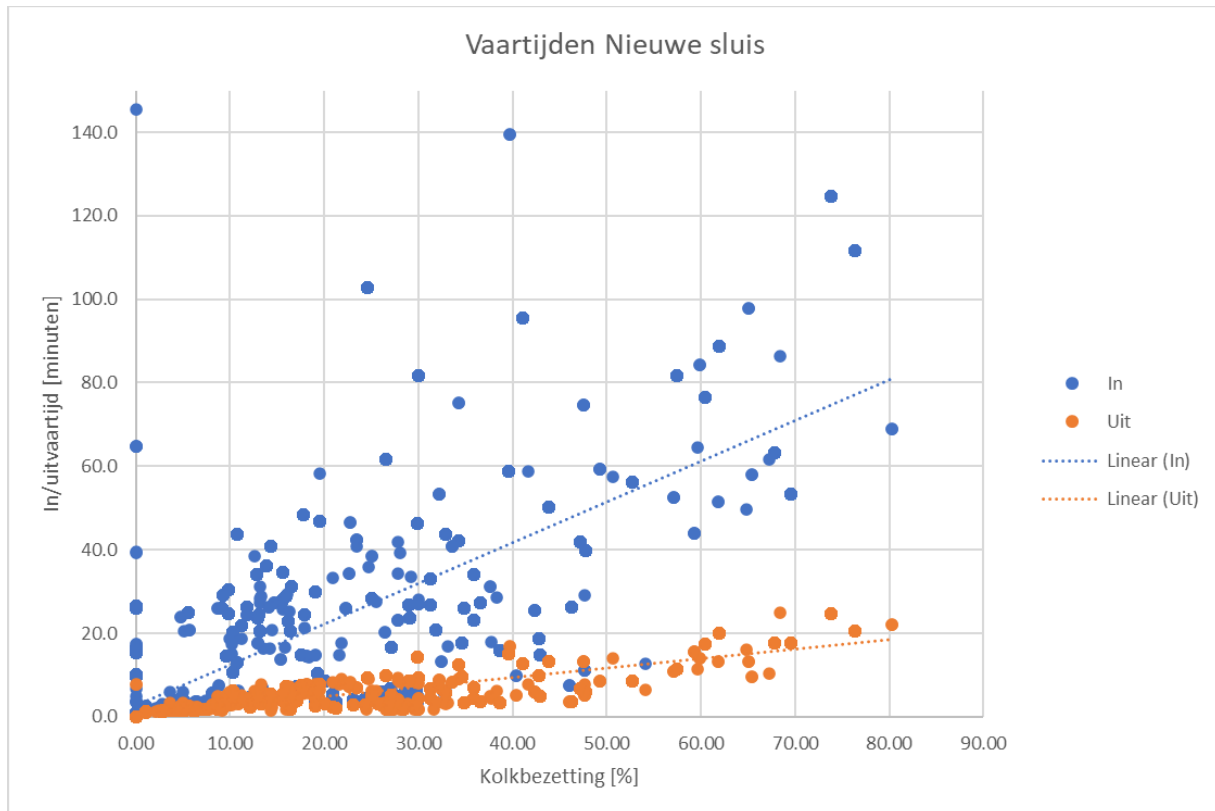
In Tabel B-16 is de zoutlast per sluis en afvoerscenario weergegeven bij maximale en minimale deuropentijden. Het sluiten van de sluisdeuren tussen het in- en uitvaren van de schepen zorgt voor een reductie van de totale zoutlast van 30 tot 33%. Dit correspondeert aan een reductie van de chlorideconcentratie bij meetpunt KGTS van 1300 tot 1450 mg/l. Deze reductie staat bijna gelijk aan de toename in chlorideconcentratie van 1500mg/l die het gevolg is van het aanleggen van de Nieuwe sluis.

Bij de Nieuwe sluis is het reduceren van de deuropentijden het meest effectief, met een reductie van 34 tot 39% van de zoutlast van de Nieuwe sluis. Bij het optimaliseren van de deuropentijden van de Nieuwe sluis is de meeste winst te behalen.

Tabel B-16: De reductie van de zoutlast per sluis en afvoerscenario voor minimale en maximale deuropentijden.

Sluis	Afvoerscenario	Zoutlast		
		Max DOT [kg/s]	Min DOT [kg/s]	Reductie zoutlast [%]
Nieuwe sluis	Q1	347	228	-34.4
	Q2	225	141	-37.1
	Q3	284	173	-38.9
Westsluis	Q1	205	158	-23.1
	Q2	160	128	-19.7
	Q3	175	134	-23.7
Oostsluis	Q1	57	40	-29.9
	Q2	37	25	-34.0
	Q3	41	26	-36.6
<b>Totaal</b>	<b>Q1</b>	<b>609</b>	<b>426</b>	<b>-30.0</b>
	<b>Q2</b>	<b>422</b>	<b>294</b>	<b>-30.3</b>
	<b>Q3</b>	<b>500</b>	<b>333</b>	<b>-33.4</b>

Door in- en uitvaartijden van schepen verder te beperken is het mogelijk om de deuropentijden nog verder te reduceren. De kolk bezetting heeft een sterke invloed op de in- en uitvaartijden (Figuur B-8). Bij een hogere kolkbezetting duurt zowel het invaren als het uitvaren gemiddeld langer. Verder duurt invaren over het algemeen langer dan uitvaren en valt daar dus meer winst te behalen.



Figuur B-8: De in- en uitvaartijden voor de Nieuwe sluis bij verschillende mate van kolkbezetting (percentage van het oppervlak van de sluis kolk).

#### B.4.8. Vergelijking maatregelen

Tabel B-17 geeft een overzicht van de verschillende maatregelen, de reductie van de totale zoutlast, en een schatting van de reductie van de chlorideconcentraties bij Sas van Gent. De meest effectieve maatregel is het plaatsen van bellenschermen aan beiden zijden van de Nieuwe sluis. Daarbij maakt de doorlaatfractie van het scherm veel uit. Met twee bellenschermen met een doorlaatfractie van 0,25 neemt de chlorideconcentratie bij Sas van Gent met 1750 mg/l af, ten opzichten van 800 mg/l bij een doorlaatfractie van 0,50. Ook het beperken van de deuropentijden is zeer effectief. Het sluiten van de sluisdeuren tussen het in- en uitvaren van schepen kan zorgen voor een afname van de chlorideconcentratie bij KGTS van 1350 mg/l. De effecten van drempels, pontons, of enkele bellenschermen zijn kleiner. Wel zijn deze maatregelen goed te combineren waardoor de effecten stapelen en gezamenlijk wel een aanzienlijke invloed hebben.

Het in gebruik nemen van de Nieuwe sluis zorgt naar verwachting voor een toename van de chlorideconcentraties op het kanaal van 1500 mg/l (HKV, 2023a). Met de maatregelen die hier onderzocht zijn lijkt het mogelijk om deze toename tegen te gaan en de chlorideconcentraties gelijk te houden aan de concentraties in de oude situatie zonder Nieuwe sluis. Om ook bij afvoerscenario's met droogte (Q2 en Q3) te voldoen aan de norm van 3000 mg/l is een enkele maatregel niet toereikend en zullen meerdere maatregelen nodig zijn.

Veel maatregelen zijn nadelig voor de scheepvaart. Denk aan een bellenscherm dat manoeuvreren moeilijker maakt, een smallere kolk waardoor extra loodsen nodig zijn of een kleine kielspeling waardoor stromingen ontstaan. Meestal zijn deze effecten te overkomen maar resulteert het wel in langere in- en/of uitvaartijden. Dit beïnvloedt de deuropentijden. Zoals aangetoond in B.4.7, hebben de deuropentijd een aanzienlijke effect op de zoutlast. Houd er dus rekening mee dat een maatregel niet teniet wordt gedaan door langere deuropentijden en de extra zoutlast die dat veroorzaakt.

*Tabel B-17: Een overzicht van de verschillende maatregelen die getoetst zijn met de zeesluisformulering, de reductie van de totale zoutlast per maatregel (som van de zoutlast van alle sluisen), en een schatting van de reductie van de chlorideconcentratie bij meetpunt Sas van Gent (KGTS).*

Maatregel	Reductie totale zoutlast [%]	Schatting reductie chlorideconcentraties [mg/l]
<i>Zoutdrempels</i>		
Zoutdrempel NST 4,9 m	-8%	-350
Zoutdrempel WS 6,25 m	-10%	-450
Zoutdrempel WS 9,60 m	-18%	-800
<i>Bellenschermen</i>		
Bellenscherm NST kanaalzijde, doorlaatfractie 0,50	-10%	-450
Bellenscherm NST kanaalzijde, doorlaatfractie 0,25	-26%	-1150
Bellenscherm NST beide zijden, doorlaatfractie 0,50	-18%	-800
Bellenscherm NST beide zijden, doorlaatfractie 0,25	-39%	-1750
<i>Pontons</i>		
Pontons 5 m NST	-6%	-250
Pontons 10 m NST	-12%	-550
Pontons 15 m NST	-18%	-800
<i>Deuropentijden</i>		
Minimale deuropentijden alle sluisen (sluiten deuren tussen in- en uitvaren)	-31%	-1350



## B.5. Literatuuronderzoek naar ontziltling

Deze bijlage gaat in op technieken, kosten en energievraag van ontziltlingstechnieken. Daarnaast geeft de bijlage de resultaten weer van een bevraging van de industrie rond het KGT over waterverbruik.

### B.5.1. Inleiding

Het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT) is een belangrijke verbinding tussen de havens van Gent en de Noordzee. Door de droge zomers in 2018, 2019 en 2020 zakte het waterpeil meermaals tot onder het alarmniveau, en loopt de zoutconcentratie op doordat de aanvoer van zoet water daalt. Tegelijkertijd neemt de scheepvaart alleen maar toe en openen zeesluizen daardoor vaker hun sluisdeuren. Daardoor komt ook meer zout water het KGT binnen. In 2020 is de Werkgroep Droogte KGT gestart om de mogelijke gevolgen van de droogte te identificeren, en te bepalen welke maatregelen nodig zijn. De werkgroep onderzoekt de huidige impact van de verziltling van het kanaal is, wat bijkomende verziltling zou betekenen en wat de eventuele kantelpunten voor gebruiksfuncties van het kanaal zijn. (VNSC.eu, 2021)

Het consortium onderzocht reeds de effecten van verschillende verziltlingsscenario's op o.a. de natuur en ecologie van het kanaal, de intrusie van zoutwater in het grondwater, het peilbeheer, het effect op de scheepvaart enzovoort.

Gezien de te verwachte verdere verziltling van het kanaalwater zal dit ook een financiële impact hebben op de onttrekkings- en lozingsactiviteiten van bedrijven die plaatsvinden op het kanaal. Indien het kanaal verder en/of langer verzilt, mag men ervan uitgaan dat meer bedrijven gedwongen zullen worden om (investerings-)kosten te maken (Schelde in Beeld, 2022).

Nu, in fase 2 van het project, worden verschillende maatregelen bekeken om deze verdere verziltling van het kanaalwater tegen te gaan en/of mitigerende maatregelen om de negatieve gevolgen ervan op de omgeving te beperken. Een van de maatregelen die wordt bekeken o.a. in het kader van de impact die de bedrijfswereld zou ondervinden bij een verdere verziltling van het kanaalwater, is het (gedeeltelijk) ontzilten van het kanaalwater en/of de aanleg van een ontziltingsbekken.

Om een betere inschatting van de effectiviteit en haalbaarheid van de maatregel toe te laten wordt nagegaan welke type ontziltling technologieën er bestaan, welke best toepasbaar zouden zijn binnen de context KGT en welke energiekost en prijs hiermee gepaard gaat.

### B.5.2. Gebruik ontziltingsinstallaties

Het gebruik van ontziltingsinstallaties kent verschillende toepassingsgebieden. Onderstaande tabel geeft een aantal voorbeelden van dergelijke toepassingsgebieden, evenals de ontziltlingstechniek die ingezet wordt. Een compleet overzicht van de technieken en hun eigenschappen wordt gegeven in hoofdstuk 3.

Tabel B-18: Toepassingsgebieden voor het gebruik van ontziltingsinstallaties, deels gebaseerd op praktijkvoorbeelden uit België. (Bronnen: VLIZ, 2019; Texas.gov, jaartal onbekend; EOS 2020; H2O, 1996; Jones et al., 2019; en de bronnen uit de opmerkingen van Tabel 4)

Toepassingsgebied	Ontziltingsmethode	Locaties	Opmerkingen
Drinkwaterproductie	Omgekeerde osmose (RO)	Kustregio's, zoals Oostende, Zeebrugge	Voorziet drinkwater aan kustgemeenschappen.
Industriële Processen	Omgekeerde osmose (RO), Multi-Effect Distillation (MED)	Haven van Antwerpen	Levert proceswater voor industriële behoeften.
Landbouwirrigatie	Omgekeerde osmose (RO)	Verspreid over het land	Helpt bij het irrigeren van landbouwgrond.
Zoutwaterinvasie-beheer	Omgekeerde osmose (RO)	Kustgebieden en estuaria	V voorkomt dat zout water binnendringt in zoetwaterbronnen.
Afvalwaterbehandeling	Omgekeerde osmose (RO), Elektrodialyse (ED)	Stedelijke centra	Behandelt afvalwater en produceert herbruikbaar water.
Onderzoek en Ontwikkeling	Diverse methoden	Universitaire laboratoria	Wordt gebruikt voor onderzoek naar ontziltingstechnologieën.

### B.5.3. Onderzoeksprojecten

In Vlaanderen en Europa worden tal van onderzoeken en pilootprojecten rondom het ontzilten van zee- of brakwater uitgevoerd. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste projecten in Vlaanderen die momenteel lopen. Een interessant project is dit van de Water-Link, waarbij tegen 2025 ontzilting van brak water uit het Albert kanaal met een debiet van 100.000 m<sup>3</sup> per dag zou gerealiseerd worden. Technisch zou aan de sluis van Wijnegem brak kanaalwater, een mengsel van zoet kanaalwater en zout dokwater, worden afgenomen voor zuivering. In een moderne ontziltingsinstallatie in Oelegem zou dan het ontziltingsproces plaatsvinden (Water-Link, 2019).

Tabel B-19: Onderzoeksprojecten i.v.m. ontzilting strategieën (niet -limitatieve lijst)

Organisatie/instantie	Beschrijving project	Opmerkingen	Mogelijk contact
Aquafin	Diverse use cases voor ontzilting van het grondwater in het Westen van het land dankzij InternetofWater (IoW) in samenwerking met o.a. de Watergroep	De Watergroep en Aquafin over hun use cases: verzilting en vervuiling door overstorten – Internet of Water Flanders	
Knokke	Haalbaarheidsstudie om zeewater te ontzilten tot drinkwater in samenwerking met Veolia	Knokke-Heist bekijkt mogelijkheid om zeewater om te zetten in drinkbaar water   Knokke-Heist   hln.be	AGSO, Rudi Neiryck
ZERO BRINE	Bestaat uit 4 pilotprojecten in verschillende partnerlanden die elk een respectieve industrie laten zien waarin de elementen in afvalwater kunnen worden teruggewonnen. Met behulp van verschillende technologieën omvatten deze pilotprojecten: een waterzuiveringsinstallatie in Nederland die nanofiltratie, kristallisatie en ionenwisseling gebruikt; een kolenmijn in Polen die omgekeerde osmose en elektrolyse gebruikt; een siliciumfabriek in Spanje die voorwaartse verdampingstechnologieën gebruikt; en een textiel-fabriek in Turkije die ionenwisseling en oxidatietechnologieën gebruikt.	ZEROBRINE	
Nieuwpoort	In Nieuwpoort hebben de watermaatschappijen Aquaduin, Farys en De Watergroep samen een pilootproject op poten gezet. Zeewater uit de vaargeul wordt er ontzilt tot drinkwater. Het proefproject moet in 2025 uitmonden in een volwaardige productie-installatie die zowel van zoet water, brak water als zeewater uiteindelijk drinkbaar water kan maken. De fabriek zal een jaarlijkse volume hebben van 4 miljoen kubieke meter drinkwater.	Nieuwpoort maakt van zeewater drinkwater (knack.be)	Wim Jacobs (Farys)

Watermining en circulaire ontzilting	Het ecologische aspect van ontzilting en de bijhorende pekelpductie mag niet verwaarloosd worden. Vandaag wordt die pekelpductie doorgaans naar de zee geloosd maar ook dit kan op termijn of in bepaalde huidige gevallen reeds voor problemen in het marien milieu zorgen. Op het European Desalination Congress werd gesproken over watermining en circulaire ontzilting, voornamelijk in het Middellandse gebied en met de focus op eilanden.	2023 CONFERENCE RECAP (edsoc.com)	European Desalination Society, Tel. +44 1902 428766, Email: conference@edsoc.com
Water-link	Ontzilting van brak water uit het Albert kanaal met een debiet van 100.000 m <sup>3</sup> per dag tegen 2025. Technisch zou aan de sluis van Wijnegem brak kanaalwater, een mengsel van zoet kanaalwater en zout dokwater, worden afgenomen voor zuivering. In een moderne ontziltingsinstallatie in Oelegem zou het zuiveringsproces plaatsvinden. Bijkomend voordeel is dat deze installaties op elk moment in gang kunnen worden gezet, bijvoorbeeld enkel in periodes van grote droogte. Is er geen tekort, dan is het niet nodig ze in te schakelen.	Water-Link	

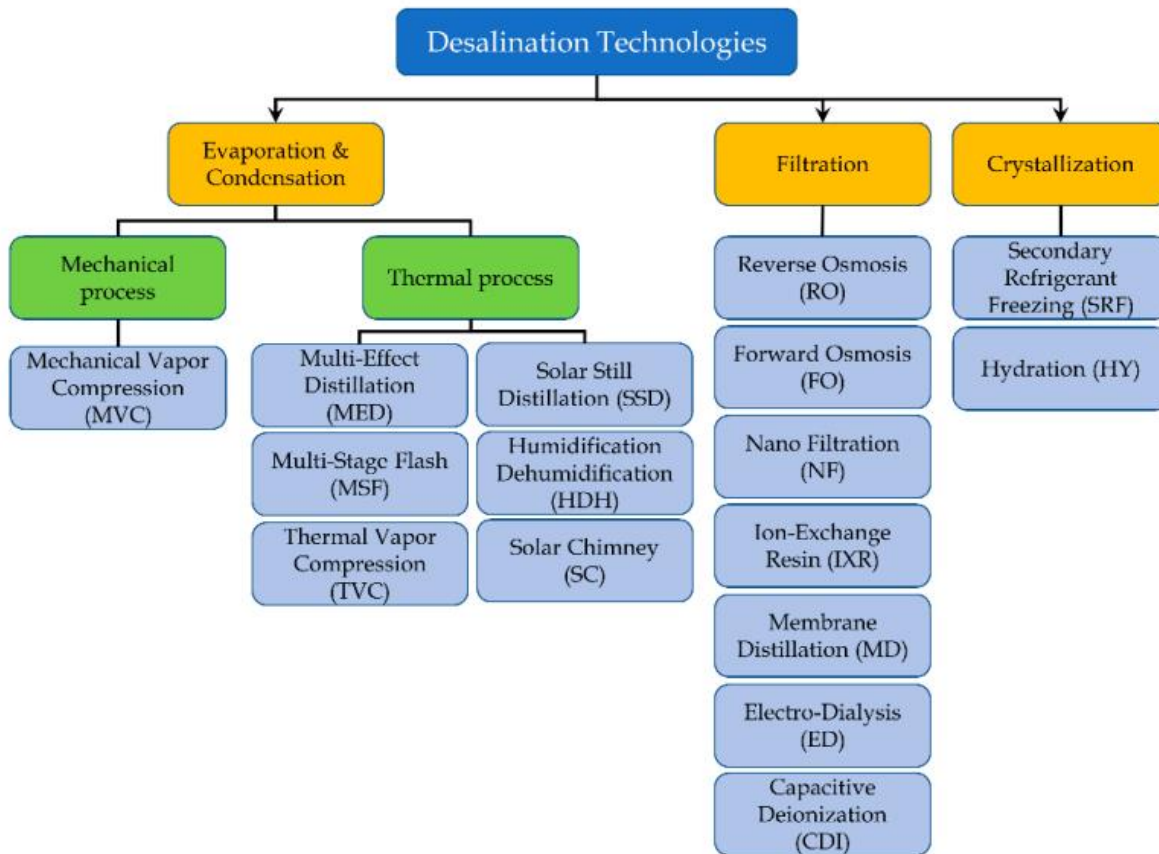
#### B.5.4. Ontziltngstechnologieën

De keuze voor een specifieke ontziltngstechnologie hangt af van verschillende factoren, waaronder de beschikbaarheid van waterbronnen, energiekosten, de gewenste kwaliteit van het gezuiverde water en de specifieke toepassingen. In België en Nederland wordt voortdurend onderzoek gedaan om de efficiëntie van ontziltngstechnologieën te verbeteren en ze in overeenstemming te brengen met duurzaamheidsdoelen.

In het algemeen hebben recente ontziltngsonderzoeksprojecten zich gericht op:

- **Energie-efficiëntie:** Onderzoek naar het verminderen van de energiekosten van ontziltngsprocessen, zoals het optimaliseren van de omgekeerde osmose-technologie om minder energie te verbruiken.
- **Nieuwe membraantechnologieën:** De ontwikkeling van geavanceerde membranen voor omgekeerde osmose en andere ontziltngstechnologieën om de efficiëntie en duurzaamheid van het proces te verbeteren.
- **Hergebruik van concentraat:** Het verminderen van de impact van het restproduct (zoutconcentraat) dat wordt gegenereerd door het ontziltngsproces, bijvoorbeeld door het te gebruiken voor andere industriële toepassingen.
- **Duurzaamheid en milieu-impact:** Onderzoek naar de ecologische en milieueffecten van ontziltng, inclusief de mogelijke negatieve gevolgen van het afvoeren van zoutconcentraat in de zee.
- **Kostenverlaging:** Het verkennen van manieren om de kosten van ontziltngstechnologieën te verlagen, zodat ze breder kunnen worden ingezet.
- **Schaalbaarheid:** Onderzoek naar technologieën die op verschillende schalen kunnen worden toegepast, van kleinschalige installaties voor gemeenschappen tot grootschalige installaties voor drinkwatervoorziening.

Curto et al. (2021) geeft een gedetailleerd overzicht van beschikbare ontziltngstechnieken, hun eigenschappen en evolutie doorheen de tijd. geeft een overzicht van de verschillende ontziltngstechnieken, geassocieerd op basis van hun werkingsprincipe. Bepaalde van deze technieken worden sinds lange tijd globaal geïmplementeerd, andere staan nog in de kinderschoenen.

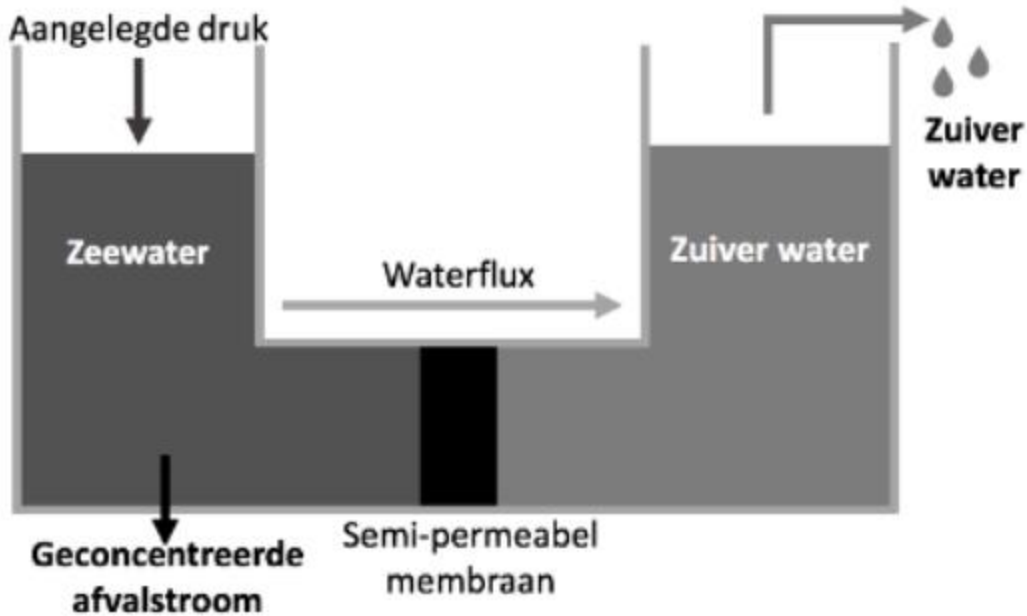


Figuur B-9: Overzicht van ontziltingstechnieken, geclassificeerd op basis van hun werkingsprincipe (Curto et al., 2021).

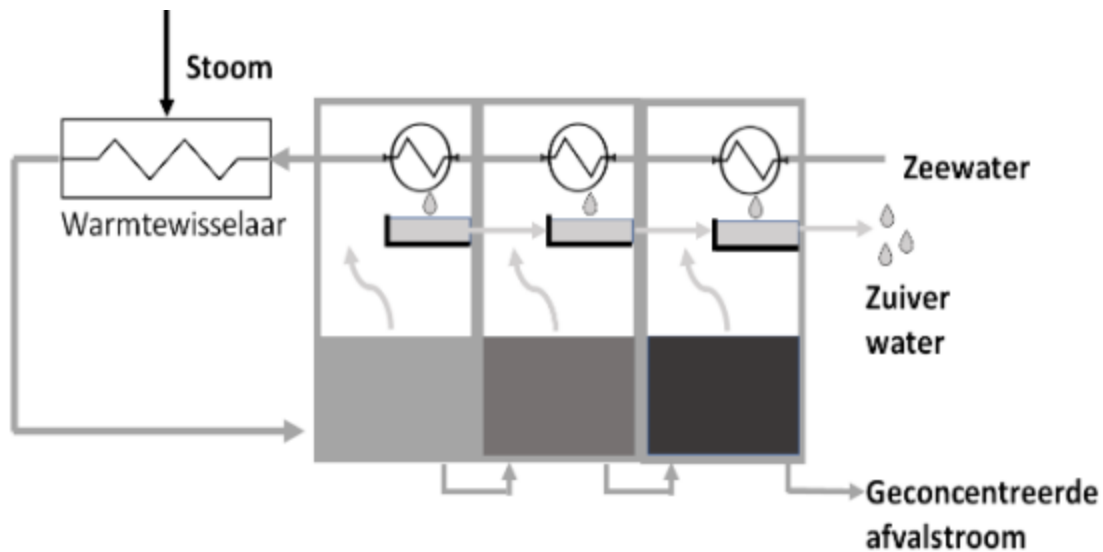
Tabel B-20 geeft een overzicht van de voornaamste ontziltingstechnieken (niet-limitatieve lijst) en hun kenmerken en/of geschiktheid. Er wordt ook meegegeven hoe hun energieverbruik eventueel geoptimaliseerd kan worden. De belangrijkste technieken zijn:

- Reversed Osmosis (RO)** – “Omgekeerde osmose is momenteel de meest gebruikte methode voor het ontzilten van zeewater. RO is een druk gedreven proces waarbij water onder invloed van een hydrostatische druk doorheen een semi-permeabel membraan geduwd wordt. Het membraan is water doorlatend, maar houdt zout en andere onzuiverheden tegen. De werking van RO wordt schematisch weergegeven in Figuur B-10. Opdat water zou migreren van de zoute naar de ontzoute kant moet een hydrostatische druk worden aangelegd die groter is dan de osmotische druk die de omgekeerde beweging veroorzaakt. De osmotische druk wordt bepaald door het verschil in concentratie natriumchloride tussen het zoute en zuivere water. Concreet betekent dit dat, hoe zouter het water is, hoe groter de osmotische druk is, hoe groter de hydrostatische druk zal moeten zijn, hoe meer energie geïnvesteerd zal moeten worden. Voor zeewater moet een druk van 55 tot 65 bar gerealiseerd worden, dit door de osmotische druk van 25 bar, het drukverlies over het membraan en om een voldoende hoge flux te verkrijgen” (Bull et al., 2020; Greenlee et al., 2008; Al-Karaghoulis & Kazamerski, 2013).

- **Multi-Stage Flash (MSF)** – *“Meerfasige flash distillatie en multi-effect distillatie (zie onder) zijn twee technieken die zorgen voor desalinatie door faseverandering, in dit geval evaporatie. De twee technieken verschillen van elkaar wat betreft de manier waarop water verdampt wordt. In een MSF-installatie (Figuur B-11) bevat elke kamer een condensator. Koel, zout water komt de installatie binnen. Het water wordt verwarmd door een (tegenstroom) warmte-wisselaar en naar de eerste kamer geleid. Door de verwarming verdampt een deel van het water dat zal condenseren tegen de condensator in de kamer, waarna de condens (zuiver water) opgevangen kan worden. Opeenvolgende kamers hebben steeds een lagere temperatuur, maar ook een grotere onderdruk waardoor ook hier weer condens gevormd wordt en afgevoerd kan worden”* (Bull et al., 2020; Greenlee et al., 2008; Al-Karaghoulis & Kazamerski, 2013).
- **Multi-Effect Distillation (MED)** – *“Bij MED wordt zout water op buizen met hete stoom gespoten (Figuur B-12). Er gebeurt dus warmteoverdracht van de stoom naar het zout water, zodat de stoom afkoelt en condenseert en het water opwarmt en verdampt. Dit gebeurt in een aaneenschakeling van verschillende kamers, zodat de stoom die gecreëerd wordt in de vorige kamer kan dienen als warmtebron voor de volgende kamer”* (Bull et al., 2020) Greenlee et al., 2008; Al-Karaghoulis & Kazamerski, 2013).
- **Elektrodialyse (ED) en Elektrodialyse Reversal (EDR)** – *“ED wordt gebruikt om zoutionen van de ene oplossing via ionenuitwisselingsmembranen naar een andere oplossing te transporteren onder invloed van een aangelegd elektrisch potentiaalverschil. Dit gebeurt in een configuratie die een elektrodialysecel wordt genoemd. De cel bestaat uit een voedingscompartiment (verdund) en een concentraatcompartiment (pekkel), gevormd door een anionenuitwisselingsmembraan en een kationenuitwisselingsmembraan geplaatst tussen twee elektroden. In bijna alle praktische elektrodialyseprocessen worden meerdere elektrodialysecellen gerangschikt in een configuratie die een elektrodialysestapel wordt genoemd, waarbij afwisselende anion- en kationenuitwisselingsmembranen de meervoudige elektrodialysecellen vormen”* (Curto et al., 2021) (Figuur B-13). Via EDR wordt ook energie opgewekt, wat het een milieuvriendelijkere techniek maakt.

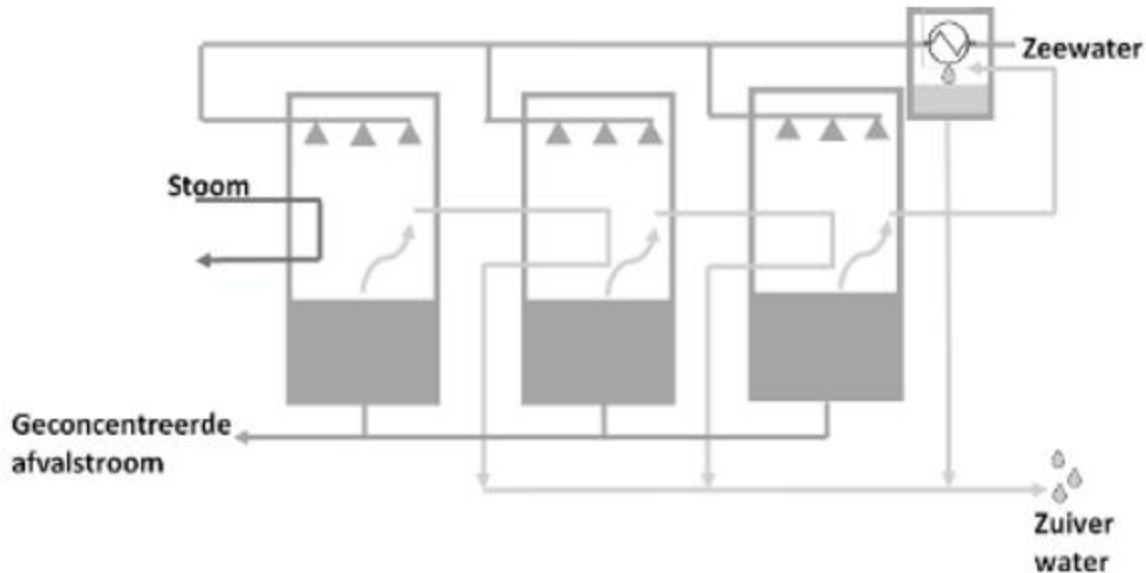


Figuur B-10: "Schematische weergave van omgekeerde osmose. Zeewater wordt door een aangelegde druk door het semipermeabel membraan gedreven. Zout en andere onzuiverheden worden tegengehouden en in een geconcentreerde afvalstroom afgevoerd. Gezuiverd water blijft over en kan geogst worden." (Bull et al., 2020).

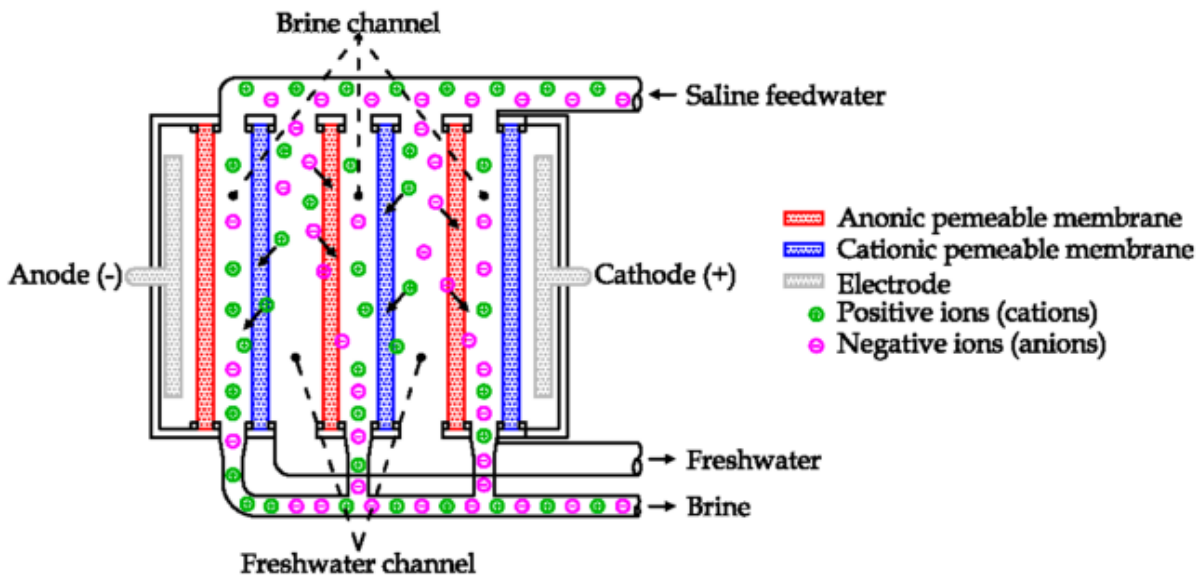


Figuur B-11: "Schematische voorstelling van MSF-distillatie. Zeewater stroomt doorheen een warmtewisselaar en komt in kamers die steeds onder hogere onderdruk werken. Het water dat verdampt condenseert tegen buizen waarin koud zeewater wordt vervoerd en kan in de vorm van zuiver water worden opgevangen. Wat overblijft is een geconcentreerde afvalstroom die wordt afgevoerd". (Bull et al., 2020)





Figuur B-12: "Schematische voorstelling van MED. Zeewater wordt op buizen met hete stoom gespoten waardoor een gedeelte verdampt. De stoom condenseert door het doorheen een buis door de volgende kamer te sturen en kan als zuiver water worden opgevangen. Wat overblijft is een geconcentreerde afvalstroom die wordt afgevoerd". (Bull et al., 2020)



Figuur B-13: Schematische voorstelling van ED (Curto et al., 2021)

Of een methode geschikt is voor ontzilting van brak- en/of zeewater hangt af van verschillende factoren, waaronder de beschikbaarheid van energiebronnen, de temperatuurverschillen en de specifieke kenmerken van de rivier of het waterlichaam. Sommige methoden, zoals RO en ED/EDR, kunnen meer geschikt zijn vanwege hun energie-efficiëntie en lagere afhankelijkheid van hoge temperaturen. Andere methoden, zoals MSF, zijn over het algemeen minder geschikt in onze regio vanwege hun hoge warmte-eisen. Technieken zoals MSF en MED worden vaak gebruikt in het Midden-Oosten en de Verenigde Staten (ontzilting extreem zoute waters), terwijl RO overal ter wereld veelvuldig wordt ingezet (Curto et al.,

2021). Een techniek die in combinatie met bijvoorbeeld ED kan gebruikt worden is Pressure Retarded Osmosis (PRO). Bij deze techniek wordt mechanische energie gegenereerd door osmotische drukverschillen, wat kan worden omgezet in elektrische energie welke dan weer gebruikt kan worden door de ontziltingsinstallatie zelf. De techniek helpt in dat geval bij de energie-efficiëntie van het ontziltingsproces.

*Algemeen wordt RO (en op de tweede plaats ED/EDR) aangenomen als de meest geschikte techniek voor het ontzilten van brak- en of zeewater. Het is een vergevorderde techniek die reeds lange tijd geïmplementeerd wordt bij installaties over de hele wereld. Hij is energie-efficiënt, heeft een lage productieprijs/m<sup>3</sup> en is geschikt om te combineren met hernieuwbare bronnen van energie.*

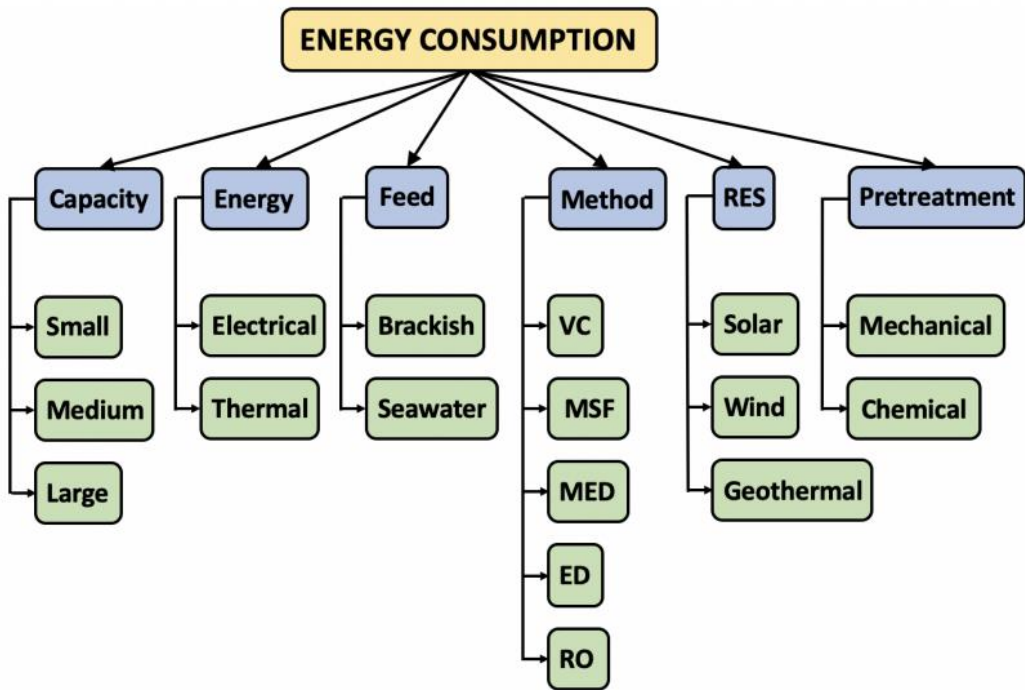
Tabel B-20: Ontziltingstechnieken, types – energieverbruik -geschiktheid.

Ontziltingsmethode	Omgekeerde Osmose (RO)	Multi-Effect Distillation (MED)	Elektrodialyse (ED) en Elektrodialyse Reversal (EDR)	Multi-Stage Flash (MSF)
Beschrijving techniek / reden voor energieverbruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Druk wordt toegepast om water door een semipermeabel membraan te persen, wat energie vereist.</li> <li>- Pompwerking voor het verplaatsen van water door het membraan.</li> <li>- Geschikt voor diverse watertypen, waaronder zeewater, brak water en sommige afvalwaterstromen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verwarming van zeewater tot het kookpunt en het condenseren van zoet water vereist energie.</li> <li>- Pompen voor circulatie van warmtebronnen.</li> <li>- Geschikt voor extreem zout water, vaak toegepast in regio's met overvloedige goedkope (traditionele) energiebronnen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrische stroom wordt gebruikt om ionen door ion-uitwisselingsmembranen te verplaatsen.</li> <li>- Pompen voor circulatie van water.</li> <li>- Geschikt voor brak water en soms zeewater.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeewater wordt verwarmd en verdampt onder verschillende drukniveaus, wat energie vereist.</li> <li>- Pompen voor circulatie van water en stoom.</li> <li>- Geschikt voor extreem zout water, vaak toegepast in regio's met overvloedige goedkope (traditionele) energiebronnen.</li> </ul>
Optimalisatie van energieverbruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruik van energie-efficiënte membranen.</li> <li>- Optimalisatie van de drukregelingsystemen.</li> <li>- Recuperatie van energie uit geconcentreerd afvalwater.</li> <li>- Gebruik van hernieuwbare energiebronnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficiënte warmtebronnen gebruiken, zoals restwarmte uit industrie/geothermische energie.</li> <li>- Verbeterde warmtewisselaarontwerpen.</li> <li>- Optimalisatie van de verdampings- en condensatieprocessen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebruik van hernieuwbare energiebronnen voor elektriciteit.</li> <li>- Verbeterde membraanmaterialen en -ontwerpen.</li> <li>- Geavanceerde besturingssystemen voor energie-efficiëntie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficiënte warmtebronnen gebruiken, zoals restwarmte uit industrie/geothermische energie.</li> <li>- Verbeterde thermische isolatie en dampcompressietechnieken.</li> <li>- Optimalisatie van het ontwerp van de flitssystemen.</li> </ul>
Geschikt voor rivierontzilting in België	Ja	Nee	Ja	Nee

<p>Redenen voor geschiktheid / niet-geschiktheid</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RO is geschikt voor ontzilting van water met lage zoutgehaltes en kan worden toegepast op rivierwater.</li> <li>- RO is in vergelijking met andere technieken energiezuinig.</li> <li>- Efficiënte membranen kunnen energieverbruik verminderen.</li> <li>- Vereist prebehandeling van membranen tegen vervuiling.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MED vereist over het algemeen hoge temperaturen en is minder geschikt voor rivierontzilting met lage temperatuurverschillen.</li> <li>- Installatie en onderhoud kunnen kostelijk zijn.</li> <li>- Efficiënt bij gebruik van restwarmte of laagspanning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ED en EDR kunnen geschikt zijn voor rivierontzilting omdat ze minder afhankelijk zijn van temperatuurverschillen.</li> <li>- Hernieuwbare energie kan lokaal beschikbaar zijn voor elektriciteit.</li> <li>- Energiezuinig, vereist geen hoge druk.</li> <li>- Gevoelig voor vervuiling.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MSF vereist aanzienlijke hitte (hier bij ons is het niet wenselijk zoveel energie te gebruiken om puur te ontzilten, waarna het water weer moet afkoelen om op KGT gelaten te kunnen worden à andere scope dan in vb. Saudi-Arabië waar dit voor drinkwaterproductie ingezet wordt)</li> <li>- Energie-intensief in vergelijking met RO.</li> </ul>
--	--	---	--	--

### B.5.5. Energieverbruik, kostprijs en milieueffect

Het energieverbruik van diverse types ontziltingsinstallaties hangt af van verschillende factoren zoals weergegeven in onderstaande figuur.

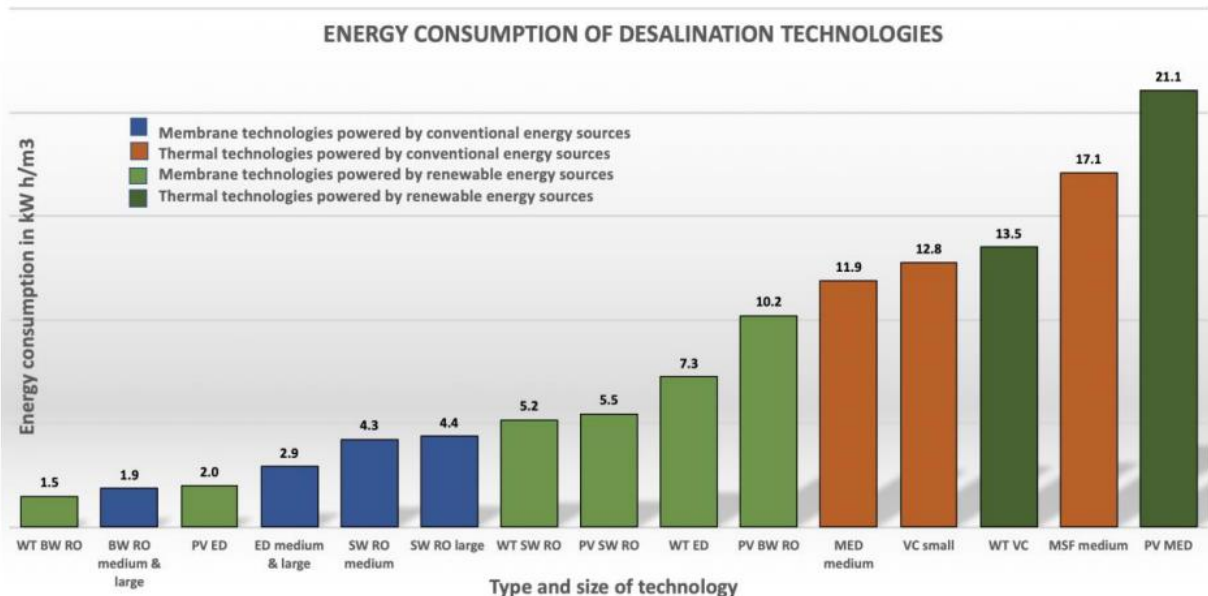


*Figuur B-14: Het energieverbruik van een ontziltingsinstallatie hangt af van verschillende factoren (Antonyan, 2019).*

Grootteordes van energieverbruik en de kostprijs voor de productie van 1 m<sup>3</sup> water worden weergegeven in Tabel B-21. Exacte waarden voor het energieverbruik per techniek variëren licht afhankelijk van de geraadpleegde bron, daarom dienen de waarden in onderstaande tabel geïnterpreteerd te worden als een indicatie van grootteorde om het verschil tussen de technieken weer te geven. Zoals te zien in Tabel B-21 en zijn er significante verschillen in energieverbruik en bijgevolg prijs/m<sup>3</sup>.

Tabel B-21: Overzicht grootteordes energieverbruik en richtprijs per m<sup>3</sup> per techniek (Antonyan, 2019; Bull et al., 2020; Landbouwleven, 2020; Curto et al., 2021).

Techniek	Energieverbruik (kWh/m <sup>3</sup> )	Kost in €/m <sup>3</sup>
Omgekeerde Osmose	1,5 – 5,5, maar eerder tussen de 1 – 2.	0,5 - 1,2, maar eerder naar 0,5 – 0,8.
Multi-Effect Distillation (MED)	6 – 22,5	4,10
Elektrodialyse (ED) en Elektrodialyse Reversal (EDR)	0,5 – 5,5, maar eerder tussen de 2 – 3.	Onduidelijk (duurder dan RO door de duurdere membranen, maar duidelijk goedkoper dan de thermische technieken)
Multi-Stage Flash (MSF)	13,5 - 30	4,45



Figuur B-15: Energieverbruik bij verschillende ontziltingstechnieken (Antonyan, 2019).

### Een praktisch voorbeeld:

Kostenberekening door een ontwerp- en productiebedrijf dat tal van industrieën bedient.

Ontzilting via een RO installatie waarbij wordt uitgegaan van een energieprijis die € 0,12/kWh bedraagt en een verbruik van 2,80 kWh/m<sup>3</sup>. Overige eigenschappen installatie:

- 250 m<sup>3</sup> drinkbaar water uit zeewater per dag
- aangenomen dat de installatie totaal 20 jaar meegaat
- veronderstellen dat membranen een levensduur hebben van 5 jaar
- na behandeling een TDS van <300ppm

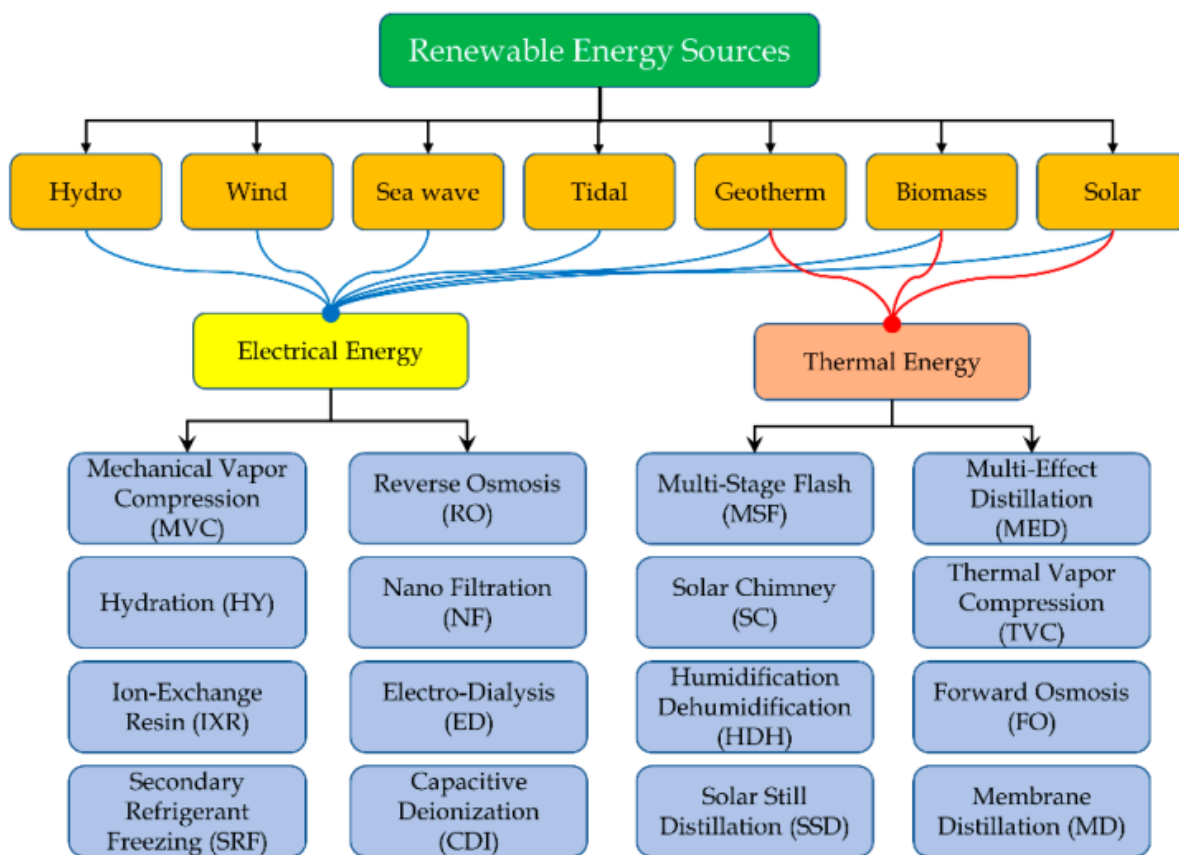
Volgende kosten worden berekend:

- Hoofdkosten per m<sup>3</sup> € 0,23/ m<sup>3</sup> (30%)
- Energiekosten per m<sup>3</sup> € 0,34/ m<sup>3</sup> (44% )
- Membraankosten per m<sup>3</sup> € 0,04/ m<sup>3</sup> (6%)
- Onderhoudskosten per m<sup>3</sup> € 0,15/ m<sup>3</sup> (20%)
- Totale kosten per m<sup>3</sup> € 0,76/ m<sup>3</sup> (100%)

(Bron: <https://www.lenntech.nl/kostenberekening-ontziltingsinstallatie.htm#ixzz8D555tiuC>)

### B.5.6. Koppeling met hernieuwbare energiebronnen

Een belangrijk aspect naast het energieverbruik en de prijs/m<sup>3</sup> is ook de milieu impact van de technieken. Figuur B-16 geeft een overzicht van welke hernieuwbare energiebronnen ingezet kunnen worden bij de verschillende technieken (Curto et al., 2021). Aangezien RO gevoed wordt door elektrische energie is deze "makkelijk" te combineren met hernieuwbare energiebronnen.



Figuur B-16: "Possible coupling between desalination technologies and renewable energy source" (Curto et al., 2021).

### B.5.7. Huidig gebruik ontziltingsinstallaties bij KGT

#### **Gebruik kanaalwater door bedrijven**

In fase 1 van het project werd een verkennende analyse uitgevoerd naar de financiële impact die bedrijven zouden ondervinden bij een verdere verzilting van het kanaalwater (wegens schade aan leidingen, inzet zeewatermembranen i.p.v. brakwatermembranen, ...). Hiervoor werden destijds verschillende bedrijven bevroegd. Voor fase 2 werden deze bedrijven (degenen die reageerden in fase 1) opnieuw benaderd en gevraagd een inschatting te geven van de hoeveelheden proces- en/of koelwater zij op jaarbasis gebruiken. De resultaten worden weergegeven in onderstaande Tabel B-22.

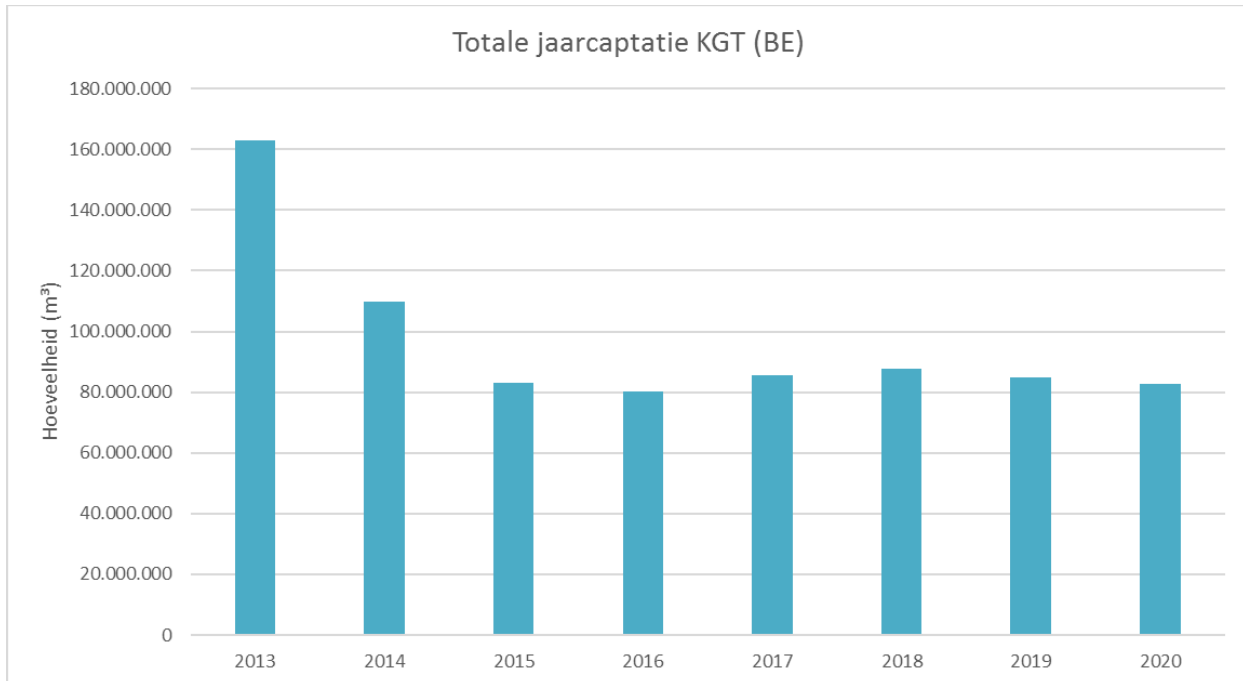
De meeste bedrijven gebruiken het kanaalwater enkel als koelwater. Hoewel hun productieprocessen niet rechtstreeks in het gedrang komen bij een verdere verzilting van het kanaalwater (opgelet: wel hogere kosten, zij gebruiken een andere waterbron of kopen water aan voor de effectieve productie) ondervinden deze bedrijven alsnog wel schade ten gevolge van onder meer de aantasting van leidingen van de koelsystemen en de hogere onderhoudskosten (Schelde in Beeld, 2022). Arcelor Mittal en Water-Link zetten ontziltingsinstallaties in om proceswater en/of drinkwater te produceren. Arcelor Mittal produceert zo'n 2,5 à 3 miljoen m<sup>3</sup> aan kwaliteitsvolle waters per jaar, Water-Link kan vanwege contractuele verbintenissen geen info geven over exact geproduceerde hoeveelheden per aankopend bedrijf.

Tabel B-22 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid onttrokken kanaalwater per jaar (2013 t.e.m. 2020), dit omvat alle types watergebruik (gebruik als koelwater, proceswater, bluswater, ...).



Tabel B-22: Hoeveelheden proces- en/of koelwater gebruikt op jaarbasis door de verschillende bedrijven (bedrijven eerder al gecontacteerd in fase 1 van het project). Het betreft hier onttrokken hoeveelheden die geheel of gedeeltelijk terug geloosd worden.

Bedrijf	Gebruik kanaalwater
Yara	Gebruik kanaalwater: <u>±84 milj m<sup>3</sup>/jaar</u> (jaargemiddelde, wordt onttrokken en terug geloosd) wordt volledig verbruikt <u>als koelwater</u> .
Arcelor Mittal	Gebruik kanaalwater: <u>±21 milj m<sup>3</sup>/jaar</u> , waarbij 2,5 à 3 milj m <sup>3</sup> aan <u>kwali-teitsvolle waters wordt geproduceerd</u> via RO-installaties (geleidbaarheid van max 5 tot max 150 ppm). <u>Daarnaast</u> wordt het kanaalwater <u>voornamelijk gebruikt als koelwater</u> (>60%) naast de gaswassing in diverse proces-sen.
Engie	Gebruik kanaalwater: <u>12,3 milj m<sup>3</sup>/jaar</u> bij centrale Knippegroen en <u>12,5 milj m<sup>3</sup>/jaar</u> bij centrale Rodenhuize, <u>als koelwater</u> (cijfers 2022, Roden-huize zal als back-up voor Knippegroen beginnen fungeren en maar 2 maand zullen draaien, waardoor haar jaartotalen sterk zullen dalen).
Water-Link	Omwille van contractuele redenen kunnen zij helaas geen inzichten ver-schaffen naar de verbruiken (hoeveelheden proces- en of koelwater) van onze klanten. Indien toch gewenst, zal dit onderling moeten afgestemd worden met de deelbedrijven.
Algist Bruggeman	Gebruik kanaalwater: <u>3,2 milj m<sup>3</sup>/jaar</u> (cijfers 2020), volledig gebruik <u>als koelwater</u> .
Volvo Cars Gent/Trevi	Vorig jaar werd een studie opgestart om de haalbaarheid van het onttrek-ken van kanaalwater uit het Sifferdok na te gaan. De scenario-analyses re-sulteerden echter in een te grote investeringskost voor het onttrekken van kanaalwater. VCG zal dan ook geen kanaalwater onttrekken.



Figuur B-17: Totale captatiehoeveelheden per jaar op het Belgische deel van Kanaal Gent-Terneuzen (Bron cijfers: aMT).

Op basis van de verkennende studie uit fase 1 werden langs het Vlaamse deel van KGT 2 belangrijke bedrijven geïdentificeerd die gebruik maken van een ontziltingsinstallatie, Arcelor Mittal en Water-Link. Zij maken beiden gebruik van RO-installaties.

Hoewel de werking van de RO-techniek werd uitgelegd in hoofdstuk 3 zijn er nog een paar praktische vragen om te beantwoorden:

- **Zijn schommelingen in zoutgehalte een probleem voor de werking/performantie van de RO-installaties?**

Schommelingen in zoutgehalte zijn op zich geen probleem. "De RO installatie van Arcelor Mittal is een tweetraps systeem waarbij er gekozen kan worden om beide trappen op het net te steken of één van de twee trappen terug te steken naar de voorbehandeling. Wanneer er wordt teruggestoken naar de voorbehandeling wordt het ingaande water van de RO's gemengd met het water afkomstig van de tweede trap, met een lagere geleidbaarheid, waardoor de geleidbaarheid aan de ingang van de RO installaties lager ligt dan die van het kanaalwater zelf. Doordat ze ook gebruik maken van een rental SWRO skid die hen voorziet van ongeveer 80 m<sup>3</sup>/h extra laag geleidbaarheidswater, die ze ook volledig terugsteken naar de voorbehandeling in droge zomerperioden, kunnen ze in sommige gevallen de hogere geleidbaarheden onder controle houden (tot ongeveer 10.000 µS/cm ongeveer). Indien we zomers krijgen zoals die van 2022 (extreem droog en warm, geleidbaarheden van kanaalwater tot 15.000 µS/cm) dan komen ze sowieso in de problemen met hoge geleidbaarheden als gevolg" (pers.comm. AM, 4/10/2023).

- **Kunnen de installaties eenvoudig “Aan- en uit-”geschakeld worden?**

Volgens een eerste inschatting, ja. “De RO installaties kunnen van op afstand gestart en gestopt worden. Ook kunnen ze op elk moment vanop afstand overschakelen naar tweetraps of twee afzonderlijke trappen. Over het algemeen draaien ze alle 4 bijna continu in droge/warme maanden (juni – oktober). Tussen oktober en mei zijn er wel eens momenten dat enkele RO skids uit dienst genomen kunnen worden omwille van overcapaciteit” (pers.comm. AM, 4/10/2023).

### B.5.8. Ontziltingstechnieken geschikt voor KGT

Als men het Kanaal Gent-Terneuzen niet volledig tot drinkwaterkwaliteit hoeft te ontzilten, maar alleen een beperkte reductie in het zoutgehalte wilt bereiken, zijn er verschillende ontziltingstechnologieën beschikbaar, afhankelijk van de specifieke behoeften en omstandigheden. Op basis van de informatie uit hoofdstuk B.5.4 komen onderstaande opties als meer geschikt naar voren:

#### 1. Elektrodialyse (ED) en Elektrodialyse Reversal (EDR):

**Voordelen:** Deze technologieën kunnen effectief worden gebruikt voor brak water zonder de noodzaak van hoge drukpompen. Ze zijn energiezuinig (hoge energie-efficiëntie) en geschikt voor een beperkte reductie in zoutgehalte.

#### 2. Omgekeerde Osmose (RO):

**Voordelen:** RO kan worden gebruikt voor de ontzilting van brak water (maar ook zeewater) en kan een aanzienlijke reductie in zoutgehalte bieden. Deze techniek heeft een hogere energiekost dan ED/EDR, maar is doorgaans goedkoper vanwege de duurdere membranen bij EDR.

#### 3. Hybride techniek

(bijvoorbeeld ED in combinatie met Elektrodialyse reversed - EDR of Pressure Retarded Osmosis-PRO): Indien niet alleen gefocust wordt op de reductie in zoutgehalte maar tegelijkertijd bijvoorbeeld ook op energieproductie, kan een combinatie van EDR of PRO met een ontziltingstechniek zoals ED een aantrekkelijke keuze zijn. Het opzetten van een dergelijke hybride techniek, kan echter complexer zijn om te implementeren.

#### Voorbeeld ED in combinatie met EDR (VLIZ, 2019):

Reverse Elektrodialyse (RED of EDR) is een technologie die energie wint door gebruik te maken van osmotische druk. Het werkt op basis van ion-uitwisselingsmembranen die geen water doorlaten, maar wel zouten en geladen componenten. Deze membranen zijn onderverdeeld in kationuitwisselingsmembranen en anionuitwisselingsmembranen, die respectievelijk positief geladen en negatief geladen ionen aantrekken en doorlaten. Dit creëert een elektrisch potentiaalverschil of een spanning over de membranen.

Wanneer RED wordt ingezet om zoet water van zout water te scheiden, verplaatsen zoutionen zich van het zoute water naar het zoete water om een nieuw evenwicht te bereiken. Dit zorgt voor een elektrische spanning die kan worden gebruikt om elektrische stroom op te wekken. Met andere woorden, RED zet de beweging van geladen zoutdeeltjes om in elektriciteit.

Een van de grote voordelen van RED is dat het duurzame energie levert, wat belangrijk is in tijden van klimaatverandering. Het heeft een enorm potentieel, met ideale locaties waar rivierwater de zee of oceaan instroomt. Hierdoor kan RED bijna 10% van de wereldwijde energiebehoefte voorzien. Bovendien levert RED continu energie, in tegenstelling tot wind- en zonne-energie, en kan het zelfs worden gebruikt om zonne-energie op te slaan.

Daarnaast is RED ook nuttig voor zeewaterontzouting. In combinatie met andere technieken, zoals Reverse Osmosis (RO), kan RED de energie-efficiëntie van het ontziltingsproces verbeteren. Het verlaagt de osmotische druk in zeewater, waardoor RO minder energie nodig heeft. Kortom, RED is niet alleen een duurzame energiebron, maar ook een waardevolle tool voor ontzilting.

De thermische technieken zijn voor de toepassing van het KGT algemeen niet geschikt wegens de zeer hoge energiekost en de grote oppervlakte die ervoor nodig is. Ze zijn veelal wel de go-to techniek in midden-Oosterse of Afrikaanse landen.

#### B.5.9. Toepassingsopties voor KGT

Er zijn verschillende opties wat betreft ontzilting van het kanaalwater van KGT:

- Gedeeltelijke ontzilting van het kanaalwater (beperkt volume) om zodoende het totale chloridegehalte onder controle te houden (maar geen volledige ontzilting).
  - Focus kan hierbij liggen op (indien van toepassing) vastgelegde normen voor ecologie en/of industrie, op specifieke grenzen voor bepaalde materiaaltypen, ...
- Ontziltingsbekken waarbij (gedeeltelijk) ontzilt water bijvoorbeeld gebruikt kan worden door de industrie.

Opmerking: het is niet de bedoeling om te ontzilten tot op niveau van proceswater en dit aan de bedrijven aan te bieden. Dit zou concurrentie opleveren met vb. Water-Link (die produceren proceswater en verkopen dit). Het bekken zou moeten dienen om algemeen water een deel te ontzilten zodat dit kan gebruikt worden vb. als koelwater zodanig dat er geen schade is aan de installaties.
- Ontzilten van zeewater en aansluiten op nivelleerkanaal (direct de sluis in)
- ...

Men kan ook focussen op periodieke (enkel tijdens piekmomenten in droge zomer) versus continue ontzilting (heel het jaar).

Dit brengt natuurlijk bijkomende vragen met zich mee.

- Kan er een bekken ingepland worden?
- Hoe regel je de aansluitingen naar bedrijven die momenteel aftappen van het kanaal?
- Wat is de beste strategie voor KGT (kosten/baten)?
  - Techniek
  - Volumes

- ....
- Wat zou de effectieve kostprijs zijn van dergelijke installaties?
- ...

### B.5.10. Referenties

Greenlee L.F., Lawler D.F., Freeman B.D., Marrot B., Moulin P. (2008). Reverse osmosis desalination: Water sources technology and today's challenges. *Water Research*. 43(9): 2317-2348.

Al-Karaghoul A., Kazamerski L.L. (2013). Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 24: 343-356.

Bull, E., Liekens, S., Snauwaert, A., Van Hove, E. (2020). "Watercrisis in Vlaanderen: Hoe houden we de kraan lopende?". Leuven.

Dvisian group. (z.d.). "The cost of desalination" [online]. Beschikbaar op <https://www.advisian.com/en-gb/global-perspectives/the-cost-of-desalination> [ geraadpleegd op 30/03/2020].

Borsani R., Rebagliati S. (2005). Fundamentals and costing of MSF desalination plants and comparison with other technologies. *Desalination*. 182: 29-37.

Curto, D.; Franzitta, V.; Guercio, A. A Review of the Water Desalination Technologies. *Appl. Sci*. 2021, 11, 670. <https://doi.org/10.3390/app11020670>.

Landbouwleven. (2020). "Irrigieren met diepdrainage... of ontzilt zeewater?" Beschikbaar op <https://www.landbouwleven.be/8109/article/2020-06-05/irrigeren-met-diepdrainage-ontzilt-zeewater> [geraadpleegd op 3/10/2023].

Schelde in Beeld. (2022) "Impact van verzilting en vermindering van de bovenafvoer in en rond kanaal Gent-Terneuzen". Opdrachtgever: VNSC.

VLIZ. (2019). "Van zeewater tot drinkwater". *De grote Rede*, 2019, 49, pp. 4-9.

Water-Link. (2019). "Water-link gaat brak water uit Albertkanaal ontzilten". [Water-link gaat brak water uit Albertkanaal ontzilten | VRT NWS: nieuws](#)

## C. Detailoverzicht Krammersluizen

De werking van deze nivelleerbekken staat in onderstaande figuur. In de figuur is zout water donker-grijs en zoet water lichtgrijs. De werking verschilt tussen hoog en laag water. Gezien het niveauverschil tussen kanaal en Westerschelde (Het kanaalpeil is alleen bij hoge vloed lager dan de Westerschelde) zou bij KGT het hoge bekken kunnen komen te vervallen (ten opzichte van het voorbeeld in de figuur). Verder is het systeem bij de Krammersluizen complexer doordat water onderin de kolk en via de kolk-wanden in en uitgelaten kan worden. Dit geeft de mogelijkheid om de hele kolk te spoelen met zoet dan wel zout water waardoor de uitwisseling van zout tijdens het openen van de deuren nog verder wordt beperkt. De nieuwe sluis heeft geen nivelleermogelijkheden via de wanden waardoor dit niet mogelijk is. Omdat de kolk tijdens nivelleren vrijwel altijd met kanaalwater wordt gevuld zal de kolk echter wel zoeter zijn dan het buitenwater en is het qua verzilting dus gunstiger om dit water terug te winnen om het kanaal op peil te houden dan om hiervoor buitenwater te gebruiken.

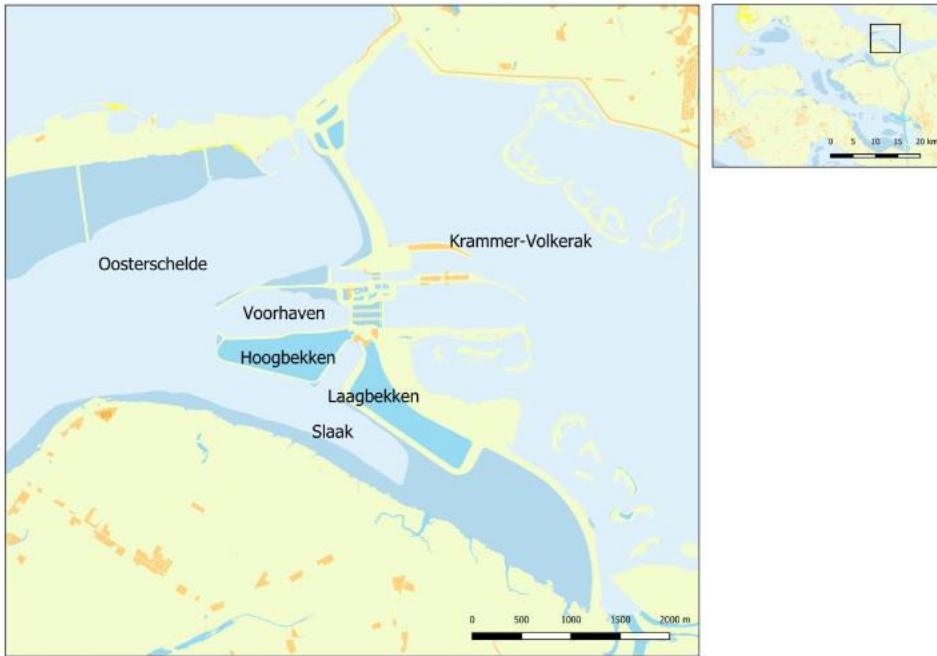
### Systeem Krammersluizen

#### Hoog water (links in figuur)

- Vanuit het Hoogbekken stroomt water de sluis-kolk in, zoet water stroomt naar VZM (*HW1*);
- Het nivelleren gaat verder via zout water vanuit de Slaak (*HW2*);
- Bij open sluis mengt zoet en zout water (*HW3*)
- Zout water stroomt onderin de kolk weg naar het Laagbekken (*HW4*)
- Zoet water komt bovenin de kolk erbij, zout water wordt weggedrukt (*HW5*)
- Schutten naar binnen met zoete kolk (*HW6*)

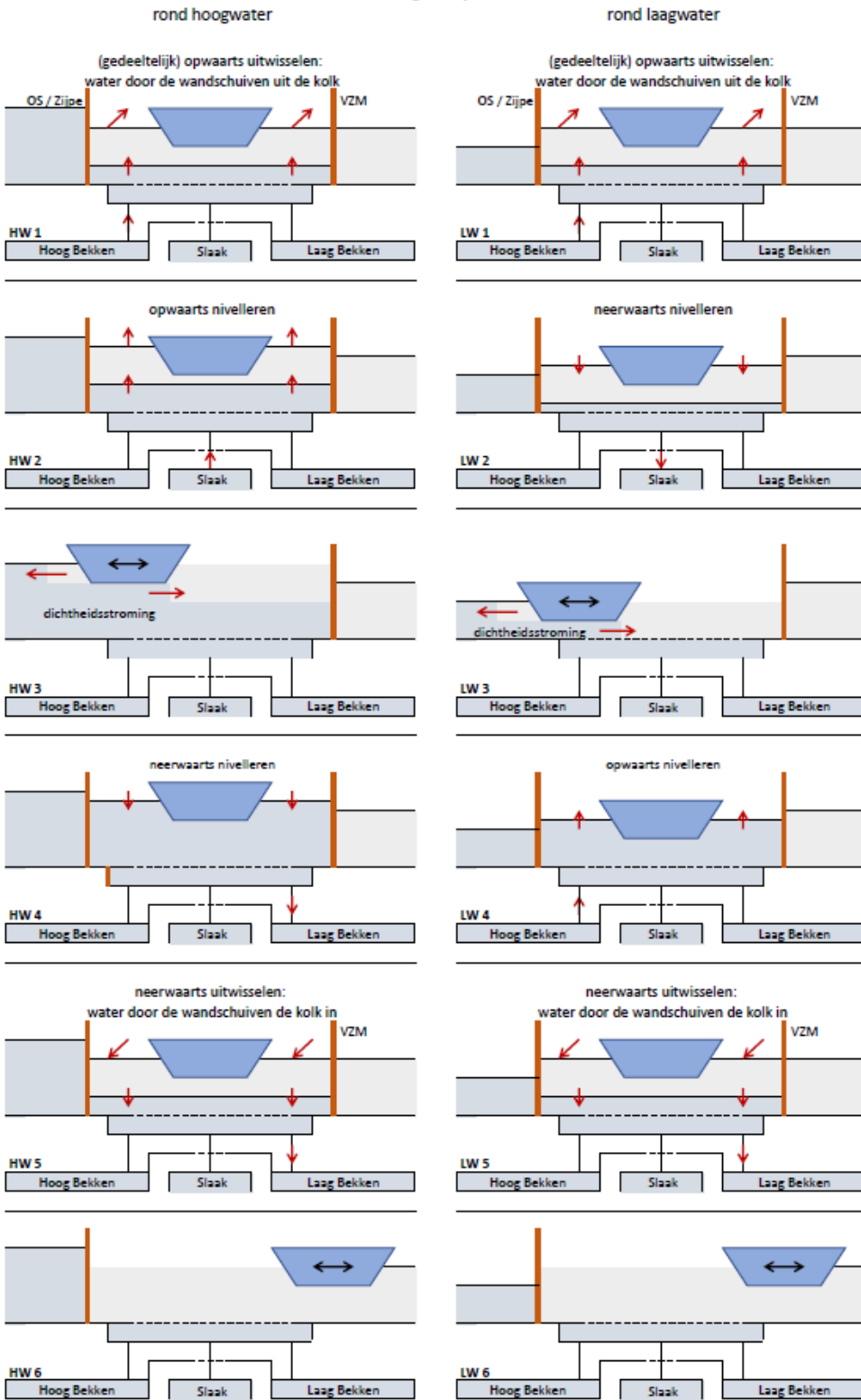
#### Laag water (rechts in figuur)

- Vanuit het Hoogbekken stroomt water de sluis-kolk in, zoet water stroomt naar VZM (*LW1*)
- Zout water stroomt weg via de Slaak (*LW2*)
- Bij open sluis mengt zoet en zout water (*LW3*)
- Zout water stroomt onder in de kolk vanuit Hoog bekken (*LW4*)
- Zoet water komt bovenin de kolk erbij, zout water stroomt naar Laagbekken (*LW5*)
- Schutten naar binnen met zoete kolk (*LW6*)



*Figuur C-1: Ligging Krammersluizen en nivellerbekkens.*

Huidig bedrijf ZS



Figuur C-2: Het Duinkerken systeem zoals uitgevoerd bij de Krammersluizen links de werking bij hoog water op de Oosterschelde, rechts laagwater op de Oosterschelde.



## D. Workshop met stakeholders

Deze bijlage geeft een verslag van de workshop met stakeholders op 23 oktober 2023, waarbij de gesprekken per hoekpuntpakket hebben plaatsgevonden.

### D.1. Hoekpuntpakket 'scheepvaart'

Tijdens de workshop kwamen geen duidelijke bezwaren naar voren met betrekking tot pompen, mits de verzilting ook aangepakt zou worden. De link tussen de naam van het maatregelenpakket (scheepvaart) en het in te zetten middel (pompen t.b.v. betere peilbeheersing) bleek niet voor iedereen even duidelijk te zijn. Wellicht komt dit ook doordat op het kanaal zelf het overgrote deel van de scheepvaart niet direct hinder ondervindt van een lager kanaalpeil (dit betreft alleen de allergrootste zeeschepen). Het pompen is een alternatief voor het stremmen rond laagwater en dat is in het belang van de scheepvaart. De beschikbaarheid van de sluisen neemt toe bij pompen. Door dit goed uit te leggen kan het draagvlak worden vergroot.

Vanuit de scheepvaart wordt minder stremming als positief ervaren. Wel wordt benadrukt dat het niet aanleggen van een spuikanaal als een gemiste kans gezien wordt. Deze had namelijk ook gebruikt kunnen worden om buitenwater in te laten bij droogte (Dit is feitelijk maar beperkt waar omdat bij doortijd het buitenwater niet hoog genoeg komt.) Hieraan gekoppeld leeft er ook een zorg dat het pompen tot stremmingen zal leiden (omdat dit bij het spuien via de sluisen bij hoge aanvoer ook het geval is). Voor het draagvlak is het goed om duidelijk te maken dat dit niet aan de orde is, de inlaatdebiëten bij droogte zijn van een hele andere orde en deze kunnen zonder scheepvaarthinder gerealiseerd worden.

Verwacht mag worden dat toenemende verzilting wanneer buitenwater wordt ingezet voor peilregulatie vanuit ecologisch standpunt niet wenselijk zal zijn. Omdat ook veel duurdere maar minder belastende opties voorhanden zijn zal hier een gedegen afweging gemaakt moeten worden.

Vanuit de traktaten is het niet toegelaten in Nederland water op het kanaal te brengen. Om die reden lost ook de Westelijke Rijkswaterleiding op het buitenwater (direct ten noorden van de sluis). Pompen zal een aanpassing van de overeenkomsten vergen.

Er worden vragen gesteld over de kansrijkheid van bufferbekkens, wat naast een functie als opslag ook kansen biedt voor natuur. Daarnaast wordt gevraagd vanuit meerdere partijen in hoeverre het mogelijk is om het water in natte periodes af te vangen, zodat het in droge periodes weer gebruikt kan worden. Hierdoor zijn er mogelijk ook minder stremmingen.

- Bufferen biedt veel kansen, maar is moeilijk in dit gebied, omdat er heel veel ruimte nodig is om de buffer rendabel te maken.
- Mogelijk kunnen we leren van de toepassing van buffers in de Boven-Rijn, maar hier is sprake van hoogteverschil, wat gunstig is voor de buffers. Dit is niet het geval rondom het KGT.

- Er wordt mogelijk een gebied aangewezen voor de VHR (Vogel Habitat Richtlijn) rondom het kanaal. Deze is met name gericht op zoutwatervogels. Mogelijk kan hier rekening mee worden gehouden bij het vormgeven van de buffers. Wanneer deze is vormgegeven als zoutwaterbuffer, met een variërend peil, kan dit ecologisch gezien van waarde zijn voor de vogels.

## D.2. Hoekpuntpakket 'zoutbeperking'

- Bedenkingen van algemene aard
  - De vraag wordt gesteld of zout terugdringen al dan niet noodzakelijk is, en of de doelstellingen qua zoutgehalte in het KGT niet aangepast moeten worden. De meeste stakeholders zijn van mening dat verdere verzilting van het kanaal als zeer negatief wordt gezien.
  - De vraag wordt gesteld of compenserende maatregelen altijd nodig zijn. Het is noodzakelijk dat voorgestelde maatregelen verenigbaar zijn met natuurprojecten (met overloop) die momenteel gepland of reeds in uitvoering zijn.
  - De impact van de maatregelen op de scheepvaart is in dit stadium nog onduidelijk en dient voor iedere maatregel in detail onderzocht te worden. Hoeveel/welke schepen (bijvoorbeeld: geladen bulkcarriers) zullen hinder ondervinden van elke maatregel? Hoe vaak leidt elke maatregel tot stremmingen, en voor welke schepen?
  - Aan sommige maatregelen, vooral deze van tijdelijke aard, zullen randvoorwaarden gesteld moeten worden. Wat wordt bedoeld met "tijdelijk": hoe lang duurt een tijdelijke maatregel, hoe snel kan de maatregel ongedaan worden gemaakt?
  - De uitwerking van een specifiek sluisbeheer is noodzakelijk.
- Zoutdrempel bij de Nieuwe Sluis: het aanbrengen van een zoutdrempel bij de Nieuwe Sluis wordt ervaren als een tegenbeweging ten opzichte van de tendens tot schaalvergroting, ten behoeve waarvan de Nieuwe Sluis uiteindelijk gebouwd is. Hoewel die zoutdrempel verwijderd kan en moet worden bij een verdere uitdieping van het Kanaal, vereist de verwijdering van die drempel ook een actie.
- Tijdelijke zoutdrempel bij Westsluis: er zijn duidelijke randvoorwaarden vereist wat de benodigde tijd voor installatie/verwijdering van de tijdelijke drempel betreft.
- Bellenschermen:
  - Er wordt opgemerkt dat de huidige bellenschermen niet (meer) gebruikt worden.
  - Het effect van bellenschermen moet nauwkeuriger uitgewerkt worden. Er wordt opgemerkt dat de huidige bellenschermen slechts een minimaal effect hebben op de zoutindringing.
  - Voor verscheidene scheepstypes bemoeilijken bellenschermen de navigatie.
- Verkorten van deuropentijden:
  - Er wordt weinig winst verwacht in vergelijking met de huidige situatie.
  - Optimaal sluisbeheer en efficiënte deuropentijden vereisen bedieningspersoneel ter plaatse dat snel in kan spelen op de actuele situatie.
- Zoutvang:
  - Vergroten én verdiepen van de zoutvang komt zowel het terugdringen van zout als de scheepvaart ten goede.
  - Volgende suggestie werd geformuleerd: verdiep het Kanaal tot aan de Massagoedhaven zodat dit deel van het Kanaal toegankelijk is voor schepen met grotere diepgang. Deze schepen moeten wel gelichter worden in het diepere gedeelte, maar daardoor moet er minder overgeladen (gelichter) worden op de Westerschelde.

- Pontons in sluiskolk invaren: er wordt bezorgdheid geuit over de lange tijd dat de sluis onbeschikbaar zal zijn tijdens het plaatsen en verwijderen van de pontons.

### D.3. Hoekpuntpakket 'gevolgbeperking'

Het voorstel om het huidige beleid voort te zetten en te combineren met compenserende maatregelen leidt tot onzekerheid onder de betrokken stakeholders. Het gesprek draait voornamelijk om de gevolgen van verzilting zelf, en er wordt geïnformeerd naar gevolgbeperkende maatregelen die passend zouden zijn voor hun specifieke belangen. Onder stakeholders leeft de gedachte van "het was zoet, en het wordt zout", terwijl de systeemanalyses laten zien dat er meer sprake is van een gradueel verschil met toenemende chlorideconcentraties dan een fundamenteel verschil met een omslag van zoet naar brak/zout. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat er gevolgbeperking zal moeten gebeuren, aangezien het systeem niet richting een zout systeem mag gaan volgens de huidige wet- en regelgeving.

De stakeholders vragen erom om gevolgbeperking alleen in te zetten als er geen alternatieven meer mogelijk zijn. In gebieden waar *het te laat is*, biedt het een uitkomst, niet in gebieden waar nog weinig tot geen verzilting heeft plaatsgevonden. Voordat er gekozen wordt voor gevolgbeperking moet er aandacht zijn voor het draagvlak en acceptatie onder omwonenden.

Specifieke reacties:

- Verzilting:
  - Verzilting heeft gevolgen voor de industriële bedrijvigheid. De bedrijven onttrekken namelijk water voor hun processen. Verzilting leidt daarnaast tot versnelde corrosie van damwanden en infrastructuur.
  - In relatie tot energiegebruik is verzilting zowel een kans als opgave.
- Natuur en integraliteit:
  - Lopende maatregelen uit de Kaderrichtlijn Water voor waterkwaliteit in Natura 2000-gebieden en het uiteindelijke maatregelpakket voor KGT moeten op elkaar aansluiten. Integraliteit is belangrijk.
  - Om de KRW-doelen te behalen, is een systeembenadering vereist die verder gaat dan de keuzes die worden gemaakt voor het Kanaal Gent-Terneuzen.
  - De gevolgen van verzilting verschillen per natuurgebied. Sommige natuurgebieden hebben baat bij een hoger zoutgehalte. Dit geldt bijvoorbeeld voor de natuurontwikkelingsgebieden in de Autrichepolder en Molenpolder.
- Landbouw:
  - Naast waterkwaliteit moet ook de waterkwantiteit worden bewaakt. Dit mede vanwege de landbouwfunctie rond het kanaal. Dit zou in lijn zijn met historische compenserende ingrepen.
  - De gevolgen van kanaalverbreding (bij een verzilt kanaal) voor de landbouw moeten in oenschouw genomen worden. De zorg leeft dat eerst een zouter kanaal wordt geaccepteerd, en later een breder kanaal. De combinatie van die twee kan leiden tot een sterke toename van zoute kwel richting de omgeving. Het loslaten van de KRW-doelstelling voor zout heeft dan negatieve economische gevolgen voor de landbouw.

- Scheepvaart
  - Het aanleggen van een sluis om verzilting tegen te gaan heeft gevolgen voor de pleziervaart op de Moervaart.
- Voorstel maatregelen:
  - Verplaats het pompgemaal op de Avrijevaart meer richting het kanaal. Reactie: Een pompgemaal heeft meer voordelen. Het kan water ophouden én inlaten. In de (droge) zomer kan het een compenserende werking hebben.
  - Neem de stuw in de Zuidlede weer in gebruik. Reactie 1: Een stuw leidt tot overlopende dijken bij de uitmonding Zuidlede van de Moervaart. Reactie 2: Zoetwater is nodig in de Moervaart en Zuidlede. Een stuw kan een oplossing zijn, maar heeft nadelen voor vismigratie en nadelen voor de scheepvaart
  - Aanleggen van spaarbekken in bijvoorbeeld de Polder Moervaart Zuidlede.
  - Zoutdrempel wordt door sommige partijen als de meest wenselijke oplossing gezien. Alsmede een zoutvang achter de NST. Reactie: een zoutdrempel kan niet overal worden geplaatst.