

## Water- en Chloridebalans Volkerak-Zoommeer



## Water- en Chloridebalans Volkerak-Zoommeer

### Auteur(s)

Toine Vergroesen

## Water- en Chloridebalans Volkerak-Zoommeer


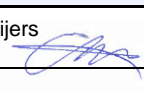

<b>Opdrachtgever</b>	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
<b>Contactpersoon</b>	Yann Friocourt
<b>Referenties</b>	11205256-003
<b>Trefwoorden</b>	Volkerak-Zoommeer, Waterbalans, Chloridebalans

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	0.1
<b>Datum</b>	18-11-2020
<b>Projectnummer</b>	11203741-000
<b>Document ID</b>	11203741-000-ZKS-0019
<b>Pagina's</b>	93
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Toine Vergroesen	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Toine Vergroesen 	Erwin Meijers 	Toon Segeren 	

# Samenvatting

In 2019 is een onderzoek gestart voor RWS WVL, waarvan het uiteindelijke doel is om te komen tot een generieke methode voor water- en stoffenbalansen van grote waterlichamen. Voor het IJsselmeer is daarvoor een eerste aanzet gemaakt voor een water- en zoutbalans (i.c. chloride). Voorliggend rapport beschrijft de toepassing van de voor het IJsselmeer ontwikkelde methode op het Volkerak-Zoommeer. In een afzonderlijk document wordt beschreven welke onderdelen van de gebruikte methode generiek toepasbaar zijn voor grote waterlichamen.

De waterbalans voor Volkerak-Zoommeer is opgesteld op dag-basis voor de periode 1-1-2010 tot en met 31-12-2018. Voor de waterbalans is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van gemeten debieten, waterstanden en chloridegehaltes. Voor onderdelen van de waterbalans en/of periodes dat er geen metingen beschikbaar zijn, is waar mogelijk gebruik gemaakt van berekeningen. De berekende waarden zijn waar mogelijk vergeleken met gemeten waarden. Totaal ontbrekende gegevens zijn ingeschat op basis van kennis en ervaring van de opsteller van de waterbalans en regionale waterbeheerders en literatuurwaarden.

Diverse studies geven aan dat er een grote sluitfout in de waterbalans van het Volkerak-Zoommeer bestaat. De orde grootte van de sluitfout bedraagt gemiddeld 30% van het totale instroomvolume. Mogelijke oorzaken van deze sluitfout en manieren om deze sluitfout te verkleinen komen in voorliggend rapport aan de orde.

Er blijkt een aantal grote onwaarschijnlijkheden aanwezig te zijn in gemeten waterstromen en chloridegehaltes. Ook zijn er vele hiaten in de meetwaarden. Deze onwaarschijnlijkheden en hiaten zijn waar mogelijk verwijderd en aangevuld op basis van berekeningen en inschattingen op basis van expertise en ervaring. Op vergelijkbare wijze zijn stromen, als kwel door dijken en bodem en schut- en lekverliezen ingeschat en toegevoegd aan de balans. Omdat meer informatie over deze stromen niet beschikbaar was, is aangenomen dat deze stromen in de tijd constant zijn geweest over de beschouwde periode. Ook de chloridegehaltes die zijn toegekend aan deze stromen zijn in de tijd constant verondersteld. De chloridegehaltes die zijn toegekend aan de andere waterstromen berusten op metingen, waarbij ontbrekende waarden in de tijdreeksen zijn aangevuld door lineaire interpolatie.

Het resultaat van het aanvullen van deze metingen is dat de waterbalans over de periode 1-1-2010 tot en met 31-12-2018 is gesloten. De hieraan gekoppelde chloridebalans is dat echter niet. Over de eerste drieënhalf jaar van de beschouwde periode ontstaat er een klein wateroverschot en over de laatste vier jaar een klein watertekort. De chloridebalans geeft voor de eerste zes jaar een chloridetekort, er gaat meer chloride uit dan er binnen komt. In de laatste drie jaar zijn de in- en uitgaande chloridevrachten ongeveer gelijk. Deze en andere aanwijzingen duiden erop dat er in de beschouwde negen jaar een of meerdere systeemveranderingen hebben plaatsgevonden. Waarschijnlijk zullen een water- en chloridebalans over de periode van 2016 tot en met 2018 (of tot heden) daardoor beter sluitend te maken zijn.

Een van de opmerkelijke zaken die uit de analyse van de chloridemetingen in de vier meetpunten in het Volkerak-Zoommeer naar voren kwam, is dat het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer synchroon loopt met het neerslagoverschot. In de winter halfjaren, wanneer het neerslagoverschot groter is, nemen ook de gemeten chloridegehalten in het VZM toe. In de zomer halfjaren gebeurt het omgekeerde. Dat is des te opmerkelijker als bedacht wordt dat het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer in deze periode varieert tussen 170 en 574 mg/l en neerslag nagenoeg geen chloride meevoert. Dat duidt erop dat het tekort aan gemeten zoute instroom niet in verhoging van het chloridegehalte van de relatief onbekende, relatief vrij constante instroomposten moet worden gezocht.

De meest waarschijnlijke post om zowel het gemeten watertekort als het gemeten chloridetekort in de balansen van het Volkerak-Zoommeer te dichten lijkt daarom de afvoer door de Bathse Spuisluizen. Het chloridegehalte in het Spuikanaal varieert tussen 281 en 867 mg/l en is duidelijk hoger dan het gemiddelde in het Volkerak-Zoommeer. Vermindering van de afvoer door de Bathse Spuisluizen verlaagt zowel het gemeten watertekort als het gemeten chloridetekort.

Tenslotte is gebleken dat de toegepaste methode voor de water- en chloridebalans van het IJsselmeer om uit te gaan van gemeten waterstromen en chloridegehalten, aangevuld met berekeningen en literatuurwaarden, ook voor het Volkerak-Zoommeer te gebruiken is. De basisopzet is identiek, de afzonderlijke posten zijn gebied specifiek, zowel in aantal als in onderlinge verbindingen.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1	Kader	8
1.2	Sluitfout in de waterbalans van het Volkerak-Zoommeer	8
1.3	Water- en chloridebalans Volkerak-Zoommeer	8
1.4	Leeswijzer	8
<b>2</b>	<b>Gehanteerde methode</b>	<b>10</b>
2.1	Overzicht	10
2.2	Water- en chloridemeetpunten VZM	12
2.3	Debieten	16
2.3.1	Bathse spuisluis (afvoer)	16
2.3.2	Volkerak spuisluis (aanvoer)	17
2.3.3	Krammer schutsluizen (afvoer)	21
2.3.4	Kreekrak schutsluis en gemaal (afvoer)	23
2.3.5	Dintelsas (aanvoer)	25
2.3.6	Bovensas (aanvoer)	26
2.3.7	Totalen	28
2.4	Polders	31
2.4.1	Polders op Flakkee-oost	33
2.4.1.1	Deelgebied Oude land van Oude Tonge	33
2.4.1.2	Deelgebied De Eendracht (op Flakkee-oost)	34
2.4.1.3	Deelgebied Galathee	35
2.4.1.4	Deelgebied Ooltgensplaat	35
2.4.1.5	Wateruitwisseling Flakkee-oost en VZM	36
2.4.1.6	Chloride uitwisseling Flakkee-oost en VZM	37
2.4.2	Polders op Tholen	38
2.4.2.1	Deelgebied Kadijk	41
2.4.2.2	Deelgebied De Eendracht (op Tholen)	42
2.4.2.3	Deelgebied Drie Grote Polders	42
2.4.2.4	Deelgebied Van Haften	43
2.4.2.5	Deelgebied Loohoek	43
2.4.2.6	Deelgebied De Noord Stavenisse	44
2.4.2.7	Deelgebied De Noord Sint-Maartensdijk	44
2.4.2.8	Wateruitwisseling Tholen en VZM	44
2.4.2.9	Chloride uitwisseling Tholen en VZM	45
2.4.3	Polders op Sint Philipsland	46
2.4.3.1	Deelgebied Sint Philipsland	48
2.4.3.2	Wateruitwisseling Sint Philipsland en VZM	48
2.4.3.3	Chloride uitwisseling Sint Philipsland en VZM	49
2.4.4	Reigersbergse polder	50
2.4.4.1	Deelgebied Reigersbergse polder	52
2.4.4.2	Wateruitwisseling Reigersbergse polder en VZM	52
2.4.4.3	Chloride uitwisseling Reigersbergse polder en VZM	53
2.4.5	PAN polders	53
2.4.5.1	Deelgebied Prins Hendrik polder (oost)	55

2.4.5.2	Deelgebied Polders van Nieuw Vossemeer	55
2.4.5.3	Deelgebied Auvergnepolder	56
2.4.5.4	Wateruitwisseling PAN polders en VZM	56
2.4.5.5	Chloride uitwisseling PAN polders en VZM	57
2.4.6	Vrij-afwaterende buitendijkse gebieden	58
2.4.6.1	Deelgebied Volkerak buitendijks	59
2.4.6.2	Deelgebied Eendracht buitendijks	60
2.4.6.3	Deelgebied Zoommeer buitendijks	60
2.4.6.4	Wateruitwisseling buitendijkse gebieden en VZM	61
2.4.6.5	Chloride uitwisseling buitendijkse gebieden en VZM	61
2.4.7	Totalen	62
2.5	Constate waterstromen	64
2.6	Neerslag en verdamping	68
<b>3</b>	<b>Water- en chloridebalans totaal VZM</b>	<b>70</b>
3.1	Analyse gemeten water- en chloridestromen	70
3.2	Berekende waterbalans voor het gehele VZM	75
3.3	Chloridebalans voor het gehele VZM	77
<b>4</b>	<b>Water- en chloridebalans per deelgebied</b>	<b>80</b>
4.1	Waterbalans per deelgebied	80
4.2	Chloridebalans per deelgebied	82
<b>5</b>	<b>Analyse balansposten</b>	<b>86</b>
5.1	Instromend water en chloride	86
5.2	Uitstromend water en chloride	87
5.3	Relevante balansposten	87
<b>6</b>	<b>Gedane constatering</b>	<b>89</b>
<b>7</b>	<b>Gebruikte bronnen</b>	<b>90</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Kader

In 2019 is een onderzoek gestart voor RWS WVL, waarvan het uiteindelijke doel is om te komen tot een generieke methode voor water- en stoffenbalansen van grote waterlichamen. Voor het IJsselmeer is daarvoor een eerste aanzet gemaakt voor een water- en zoutbalans (i.c. chloride). Voorliggend rapport beschrijft de toepassing van de voor het IJsselmeer ontwikkelde methode op het Volkerak-Zoommeer. De mate waarin de methode generiek toepasbaar is voor grote waterlichamen wordt buiten voorliggende rapportage gehouden en wordt in een afzonderlijk document gerapporteerd.

De basis van de methode bestaat eruit dat in principe uitgegaan wordt van gemeten debieten en chloridegehalten. Ontbrekende waarden worden aangevuld met berekende waarden en/of geschatte waarden op basis van literatuur en kennis en ervaring van de opsteller van de waterbalans en regionale waterbeheerders. Daarnaast worden dubieuze meetwaarden gecheckt aan berekende en/of geschatte waarden en waar nodig geacht daardoor vervangen.

## 1.2 Sluitfout in de waterbalans van het Volkerak-Zoommeer

Diverse studies geven aan dat er een grote sluitfout in de waterbalans van het Volkerak-Zoommeer bestaat. Het rapport van het "Onderzoek oorzaak sluitfout waterbalans Volkerak-Zoommeer" van Royal HaskoningDHV uit 2016 spreekt van een gemiddelde sluitfout van 6.9 m<sup>3</sup>/s over de periode 2003 tot en met 2012 (23 m<sup>3</sup>/s instroom versus 29.9 m<sup>3</sup>/s uitstroom). Dat is een gemiddelde fout van 30% van het totale instroomvolume, variërend over de 10 beschouwde jaren van 22.7% tot 43.2%. Mogelijke oorzaken van deze sluitfout en manieren om deze sluitfout te verkleinen komen in voorliggend rapport aan de orde.

## 1.3 Water- en chloridebalans Volkerak-Zoommeer

De waterbalans voor Volkerak-Zoommeer is opgesteld op dag-basis voor de periode 1-1-2010 tot en met 31-12-2018. Voor de waterbalans is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van gemeten debieten, waterstanden en chloridegehalten. Voor onderdelen en/of periodes dat er geen metingen beschikbaar zijn, is waar mogelijk gebruik gemaakt van berekeningen, die verderop in dit document beschreven zijn. Totaal ontbrekende gegevens zijn ingeschat op basis van kennis en ervaring van de opsteller van de waterbalans en regionale waterbeheerders en literatuurwaarden.

## 1.4 Leeswijzer

In het vervolg van dit rapport wordt het Volkerak-Zoommeer veelal aangeduid met de afkorting VZM. Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van de gevolgde methode en geeft een overzicht van de afzonderlijke balans gebieden, met de gehanteerde gebiedskenmerken en waar mogelijk een vergelijking tussen berekende en gemeten afvoeren. Hoofdstuk 3 laat de resultaten voor de water- en chloridebalans van het gehele VZM zien. De water- en chloridebalans voor de afzonderlijke delen van het VZM staat in hoofdstuk 4. Een analyse van de afzonderlijke balansposten staat in hoofdstuk 5. Daarin wordt ook kort ingegaan op de gevoeligheid en onzekerheid van enkele relevante balansposten.



Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de opgedane ervaringen, enkele opmerkelijke zaken en aanbevelingen voor verdere verbetering van de water- en chloridebalans van het VZM. Een deel van deze aanbevelingen is voortgekomen uit discussies met gebiedsdeskundigen van RWS Zee en Delta, betrokken waterschappen en Deltares tijdens het onderzoek en tijdens de presentatie van de resultaten daarvan op 29 september 2020. Hoofdstuk 7 tenslotte geeft een overzicht van de voor dit onderzoek gebruikte bronnen.

## 2 Gehanteerde methode

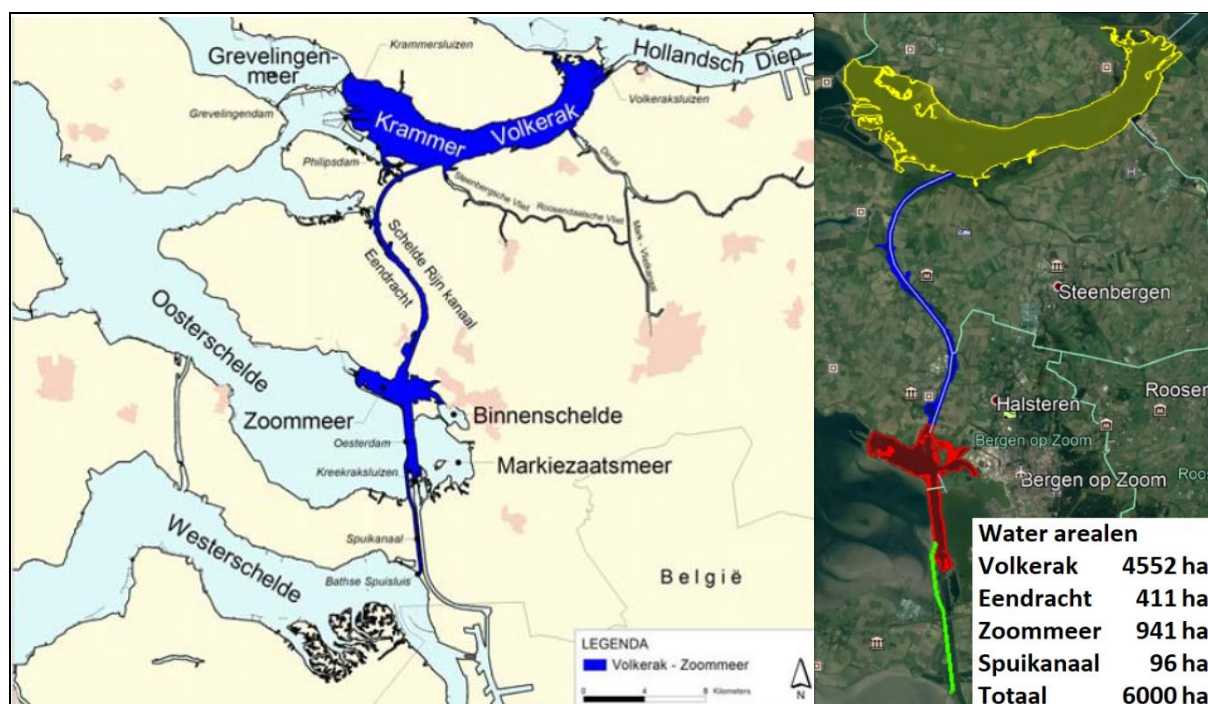
De waterbalans- en chloridebalans voor VZM is opgezet op dag-basis voor de jaren 2010 tot en met 2018. Uitgangspunt van de gehanteerde methode voor de waterbalans is gebruik te maken van gemeten waterstromen. Op locaties en momenten dat er geen metingen beschikbaar zijn, wordt gebruik gemaakt van berekende waarden of van waarden die afgeleid zijn uit literatuur onderzoek (zie bronnenlijst achterin dit rapport), inschattingen op basis van expertise, eenvoudige berekeningen of een combinatie hiervan.

Gemeten waterstromen met een kleiner meetinterval dan 1 dag zijn omgezet naar dag-totals. Alle gemeten waterstromen zijn geverifieerd en gevalideerd. Onwaarschijnlijke waarden zijn verwijderd en op basis van hydrologische expertise en systeemkennis vervangen door berekende waarden.

Voor de chloridebalans geldt hetzelfde, met dien verstande dat de gehanteerde chlorideconcentraties zijn gekoppeld aan de dagelijkse watervolumes uit de waterbalans om de uiteindelijke chloridevrachten en resulterende chlorideconcentraties in de waterlichamen van het VZM te bepalen.

### 2.1 Overzicht

Het VZM bestaat uit de vier waterlichamen, die onderling verbonden zijn en waartussen vrije uitwisseling van water met daarin opgelost chloride en andere stoffen plaats kan vinden (Figuur 1).



Figuur 1 Overzicht van het Volkerak-Zoommeer

Deze vier waterlichamen zijn het Volkerak (inclusief Krammer), de Eendracht, het Zoommeer en het Spuikanaal. De kleuren in het rechterdeel van Figuur 1 geven aan hoe deze delen in de waterbalans van elkaar zijn onderscheiden.

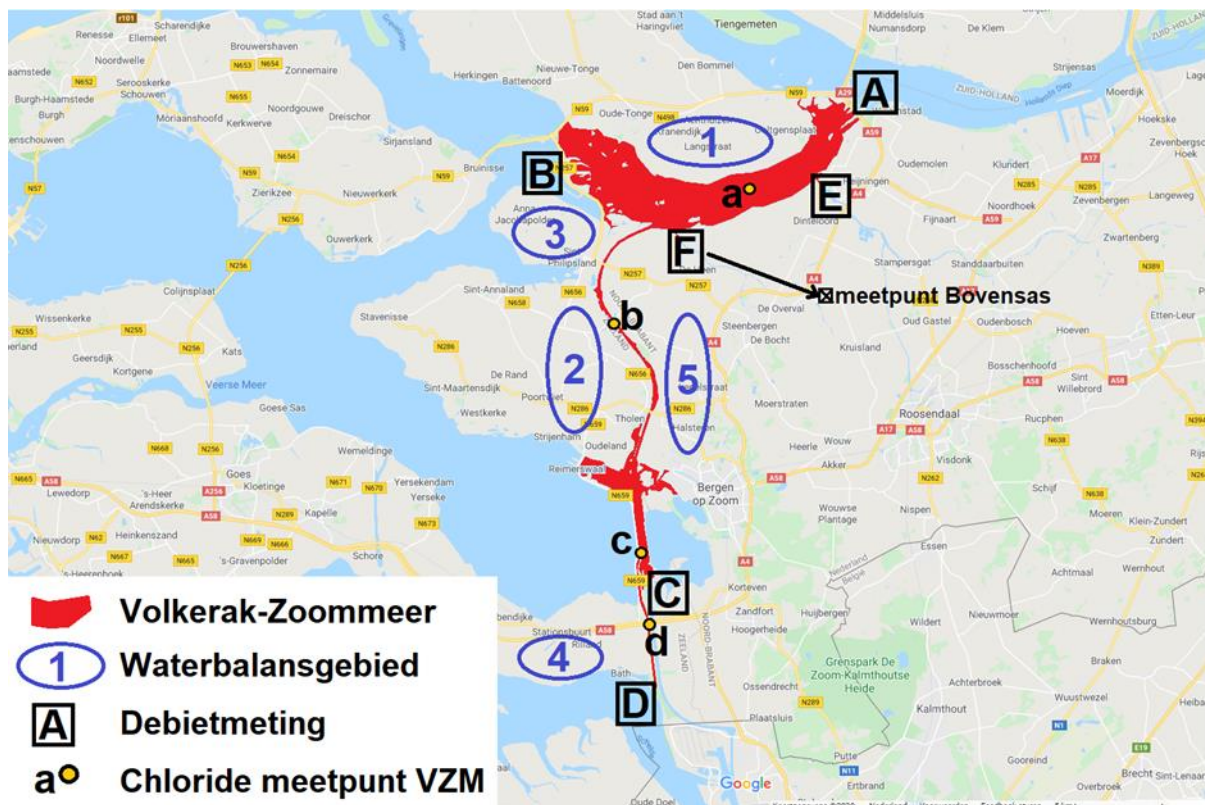
Tabel 1 geeft een overzicht van de dimensies van het VZM, zoals die in het waterbalans model zijn gehanteerd zijn voor een gemiddeld waterpeil van NAP + 0.09 m.

Tabel 1 Dimensies van het VZM in het waterbalansmodel bij gemiddeld waterpeil

Waterlichaam	Oppervlak [ha]	Inhoud [miljoen m <sup>3</sup> ]
Volkerak	4552	250
Eendracht	411	16
Zoommeer	941	46
Spuikanaal	96	5
<b>Totaal</b>	<b>6000</b>	<b>317</b>

De gebruikte onderdelen van de water- en chloridebalans zijn (zie ook Figuur 2):

- Het VZM, bestaande uit Volkerak, Eendracht, Zoommeer en Spuikanaal:
  - Water: oppervlak, volume en peil (peilmeetpunten a, b, c en d)
  - Chloridegehalte (chloridemeetpunten a, b, c en d)
- Debieten:
  - Sluizen/gemalen:
    - A. Volkerak spuisluizen
    - B. Krammer schutsluizen
    - C. Kreekrak gemaal en schutsluizen
    - D. Bathse spuisluizen
  - Rivieren:
    - E. Dintel (meetpunt Dintelsas)
    - F. Steenbergse Vliet (meetpunt Bovensas, op ca. 10 km vanaf monding)
- Polders (lozend op en / of inlatend uit het VZM):
  1. Flakkee-oost: geen debietmetingen alleen berekende waarden
  2. Tholen: debietmetingen van 3 gemalen en vanaf medio 2015 van 4 inlaten
  3. Philipsland: alleen inlaat, met debietmetingen vanaf medio 2015
  4. Reigersbergse polder: alleen inlaat, zonder debietmetingen
  5. PAN polders: geen debietmetingen alleen berekende waarden
  6. Vrij-afwaterende buitendijkse gebieden: vrije uitstroom naar en instroom uit VZM
- Constante waterstromen met constante chloridegehalten:
  - Schutverliezen: Volkerak sluizen (3 duwvaart en 1 jacht), Bergsediep sluis (1 jacht)
  - Lekverliezen: Volkerak sluizen (3 duwvaart en 1 jacht), Krammer sluizen (2 duwvaart en 2 jacht), Bergsediep sluis (1 jacht), Bathse spuisluizen.
  - Kwel uit waterbodem VZM
  - Dijkse kwel
- Neerslag (9 KNMI neerslagstations) en verdamping (1 KNMI meteostation)



Figur 2 Overzicht van de onderdelen van de waterbalans voor het VZM

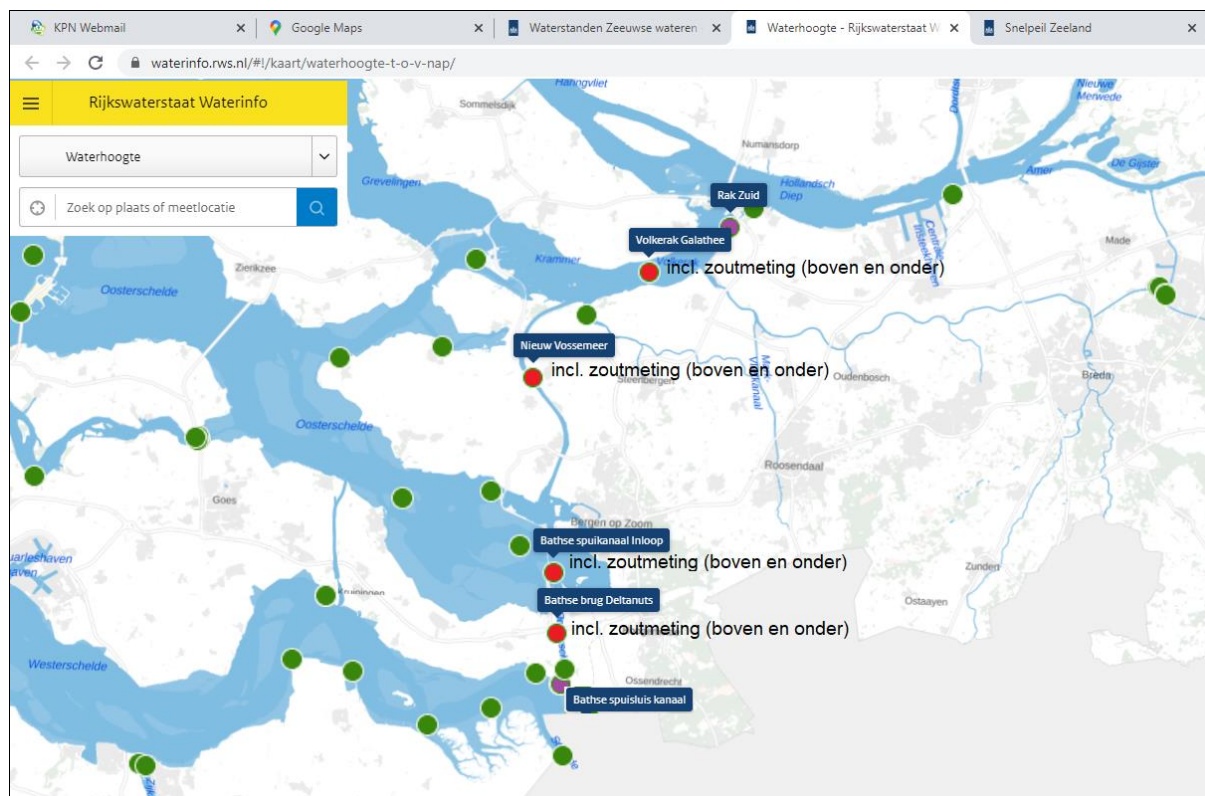
## 2.2 Water- en chloridemeetpunten VZM

### Water

Het waterpeil van het VZM wordt in het model bepaald op basis van het gewogen gemiddelde van 4 meetpunten, 1 in elk van de vier delen van het VZM. Figur 3 geeft een overzicht van de ligging van deze meetpunten.

In de databestanden van deze meetpunten is elke 10 minuten een meetwaarde beschikbaar. Voor elke dag zijn voor deze meetpunten de gemiddelde waarden over die dag bepaald. Deze waarden zijn gebruikt als waterpeil in het waterbalansmodel. De 10 minuten meetreeksen bevatten voor de rekenperiode 2010 – 2018 geen hiaten. Nauwkeurige analyse leerde echter dat er in alle vier de reeksen periodes voorkomen waarbij de opgeslagen waarden gedurende langere tijd exact gelijk aan 0 zijn. De waterpeilen van het VZM zullen altijd op zijn minst lichte schommelingen vertonen en dus nooit 144 metingen achter elkaar constant en nul zijn.

Daarom zijn de dagen waarbij alle 144 metingen de waarde 0 hebben, gecorrigeerd met behulp van andere waarnemingen. Meetpunt Galathee is voor die dagen gecorrigeerd met de waarnemingen van meetpunt Rak Zuid bij de Volkerak sluisen (zie Figur 3). Meetpunt Nieuw Vossemeer is gecorrigeerd met het gemiddelde van meetpunten Galathee en Ingang Spuikanaal. Meetpunt Ingang Spuikanaal is gecorrigeerd met het gemiddelde van meetpunten Nieuw Vossemeer en Bathse brug. Meetpunt Bathse brug is gecorrigeerd met de geëxtrapoleerde waarde van meetpunten Nieuw Vossemeer en Ingang Spuikanaal. Tabel 2 geeft een overzicht van het aantal gecorrigeerde dagen per meetlocatie.

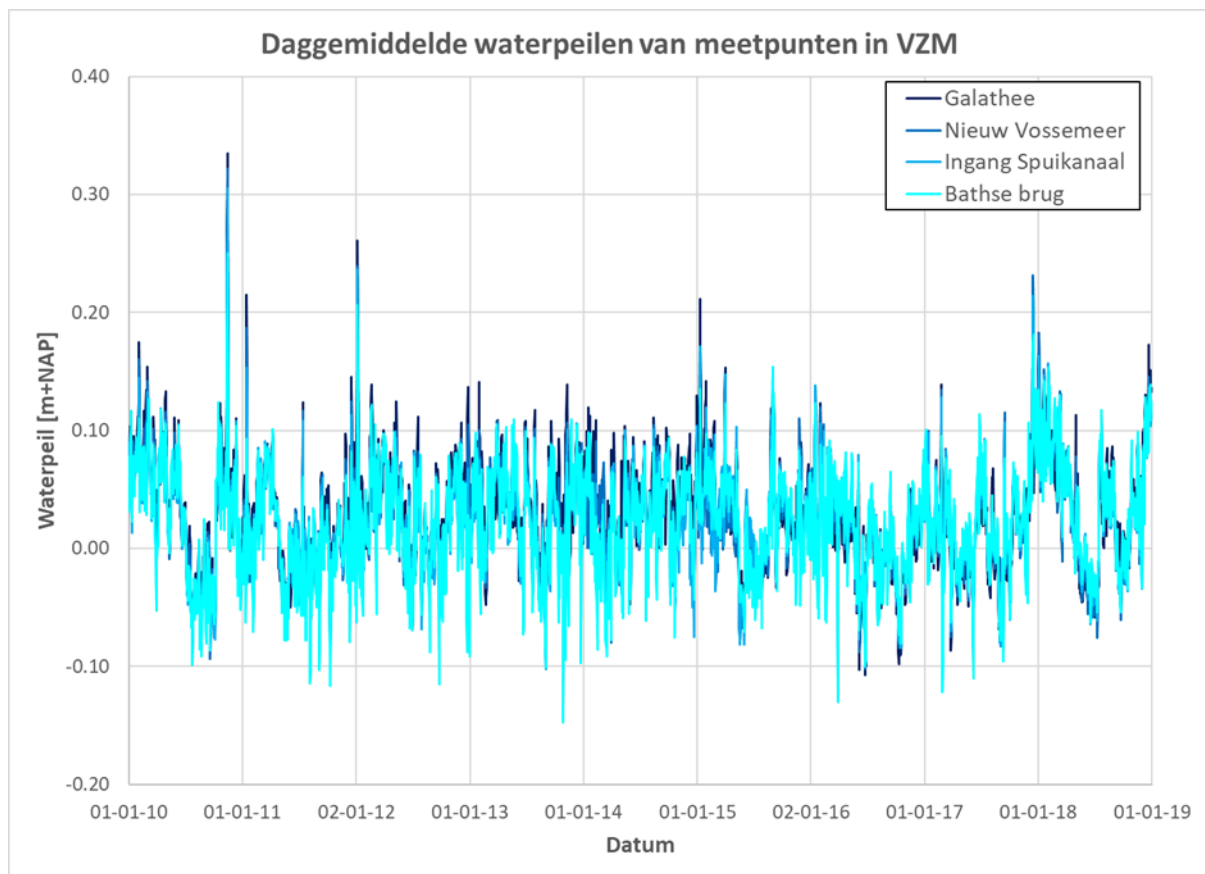


Figuur 3 Overzicht van de locaties van de gebruikte waterpeil meetpunten (rode bollen)

Tabel 2 Waterpeil meetpunten in het VZM

Meetpunt	Meetfrequentie per dag	Aantal gecorrigeerde dagen
Galathee	144	175
Nieuw Vossemeer	144	25
Ingang Spuikanaal	144	83
Bathse brug	144	24

Figuur 4 geeft een overzicht van de gemeten waterpeilen in de vier meetpunten. De verschillen zijn marginaal. Gemiddeld is het verschil tussen de laagste en de hoogste dagwaarde 2 cm. Gedurende 29 dagen in 9 jaar is dit verschil groter dan 10 cm. Het maximale verschil bedraagt 16 cm. Dat is op 3 januari 2012 wanneer er bij Galathee een waterpeil van NAP +0.10 m en bij de Bathse brug een waterpeil van NAP –0.06 m gemeten werd. De tussenliggende meetpunten Nieuw Vossemeer (NAP + 0.05 m) en Ingang Spuikanaal (NAP –0.01 m) bevestigen dat er op die dag gemiddeld een gradiënt in het waterpeil bestond van noord naar zuid.



Figuur 4 Daggemiddelde waterpeilen in vier meetpunten in VZM.

De dagelijkse veranderingen in waterpeilen worden in de waterbalans vermenigvuldigd met het bijbehorende wateroppervlak en verdisconteerd als in- of uitstromend bergend volume. Ter oriëntatie, 1 cm peilverschil tussen twee opeenvolgende dagen in het gehele VZM (6000 ha) komt neer op een volumeverschil van 0.6 miljoen m<sup>3</sup> water. Dat is ongeveer 20% van de gemiddelde dagelijkse afvoer uit het VZM.

Het waterpeil is dus een onderdeel van de waterbalans en wordt niet als sluitpost gebruikt. Er is wel een check uitgevoerd wat het effect de voortschrijdende sluitfout van de waterbalans zou betekenen voor het waterpeil.

#### Chloride

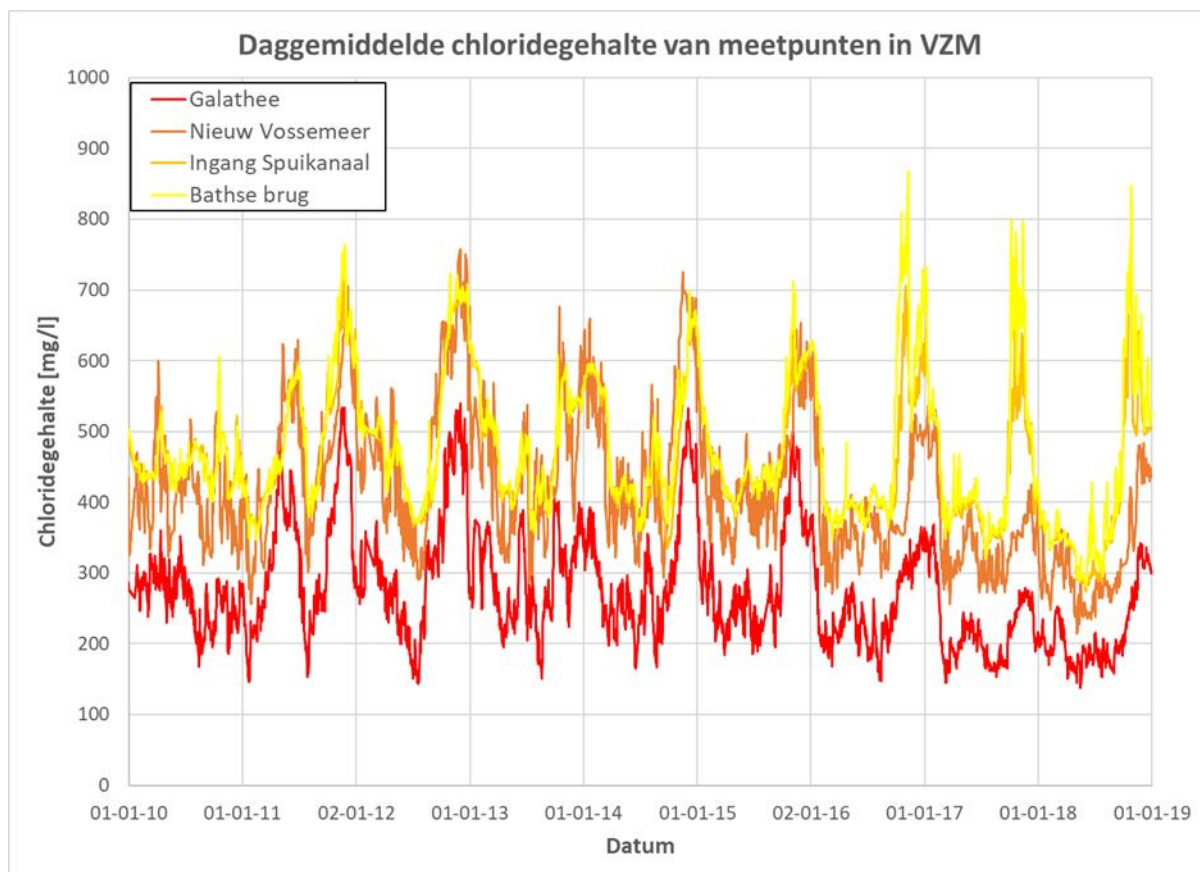
Voor dezelfde meetpunten (**Error! Reference source not found.**) zijn chloridemetingen beschikbaar, ook met een meetfrequentie van 144 keer per dag. De meetfrequentie van 10 minuten duidt op EGV metingen. De beschikbare data zijn aangeleverd in mg Cl/l. De chloridemetingen zijn omgezet naar daggemiddelde waarden. In alle vier de meetpunten zijn waarnemingen op 2 dieptes uitgevoerd (onder en boven). Voor de chloridebalans is daarvan steeds de gemiddelde waarde gebruikt. Chloridegehalten voor dagen zonder metingen zijn door middel van interpolatie aangevuld.

Het aantal dagen zonder waarnemingen varieert per locatie en boven en onder meetpunt (Tabel 3). Gedurende drie aaneengesloten periodes van respectievelijk 16 dagen in januari 2010, 19 dagen in februari 2012 en 12 dagen in januari 2013 ontbreken metingen in alle vier meetpunten, zowel boven als onder.

Tabel 3 Aantal dagen zonder chloridemetingen in periode 2010 t/m 2018

Meetpunt	boven	onder	beide
Galathee	123	98	81
Nieuw Vossemeer	55	48	48
Ingang Spuikanaal	147	127	100
Bathse brug	78	55	47

De chloridegehalten van deze meetpunten zijn in de chloridebalans van VZM gekoppeld aan de hoeveelheden ingelaten water uit VZM (Figuur 5).



Figuur 5 Daggemiddelde chloridegehalten in vier meetpunten in VZM.

Duidelijk is dat het VZM van noord naar zuid steeds zouter wordt. Dat is logisch omdat de grootste zoete bronnen (inlaat uit Hollands Diep en afvoer uit het stroomgebied van de Dintel) zich in het noorden bevinden en de grootste afvoerpost (Bathse spui) in het zuidelijkste puntje ligt.

De gemeten chloridegehalten worden gekoppeld aan uitstromende waterbalansposten en daarbij omgerekend naar chloridevrachten. Deze worden vergeleken met de berekende chloridevrachten, waarbij uit wordt gegaan van gemeten debieten gekoppeld aan berekende chloridegehalten. Het dagelijkse berekende chloridegehalte is de resultante van de aanwezige, inkomende en uitgaande chloridevrachten en het aanwezige watervolume op basis van gemeten waterpeilen.

## 2.3 Debieten

De debieten door de Volkerak spuisluizen (inlaat) en de Bathse spuisluizen (uitlaat) worden bepaald op basis van aangeleverde gemeten waarden in  $\text{m}^3/\text{s}$  met een tijdsinterval van 10 minuten. De databestanden zijn afkomstig van RWS Zee en Delta. De meetwaarden zijn met behulp van afvoerformules afgeleid uit gemeten waterstanden. Deze formules zijn hier niet nader beschouwd. De waarden van de Bathse spuisluis betreffen waarden die vrij recent voor de gehele beschouwde periode gecorrigeerd zijn voor een hogere afvoercoëfficiënt.

De beschikbare data van de Krammer schutsluizen (voor de duwvaart) en het Kreekrakcomplex en van beide Brabantse riviertjes komen allen uit een en hetzelfde bestand, aangeleverd door RWS Zee en Delta, en zijn aangeleverd als gemiddelde dagwaarden in  $\text{m}^3/\text{s}$ .

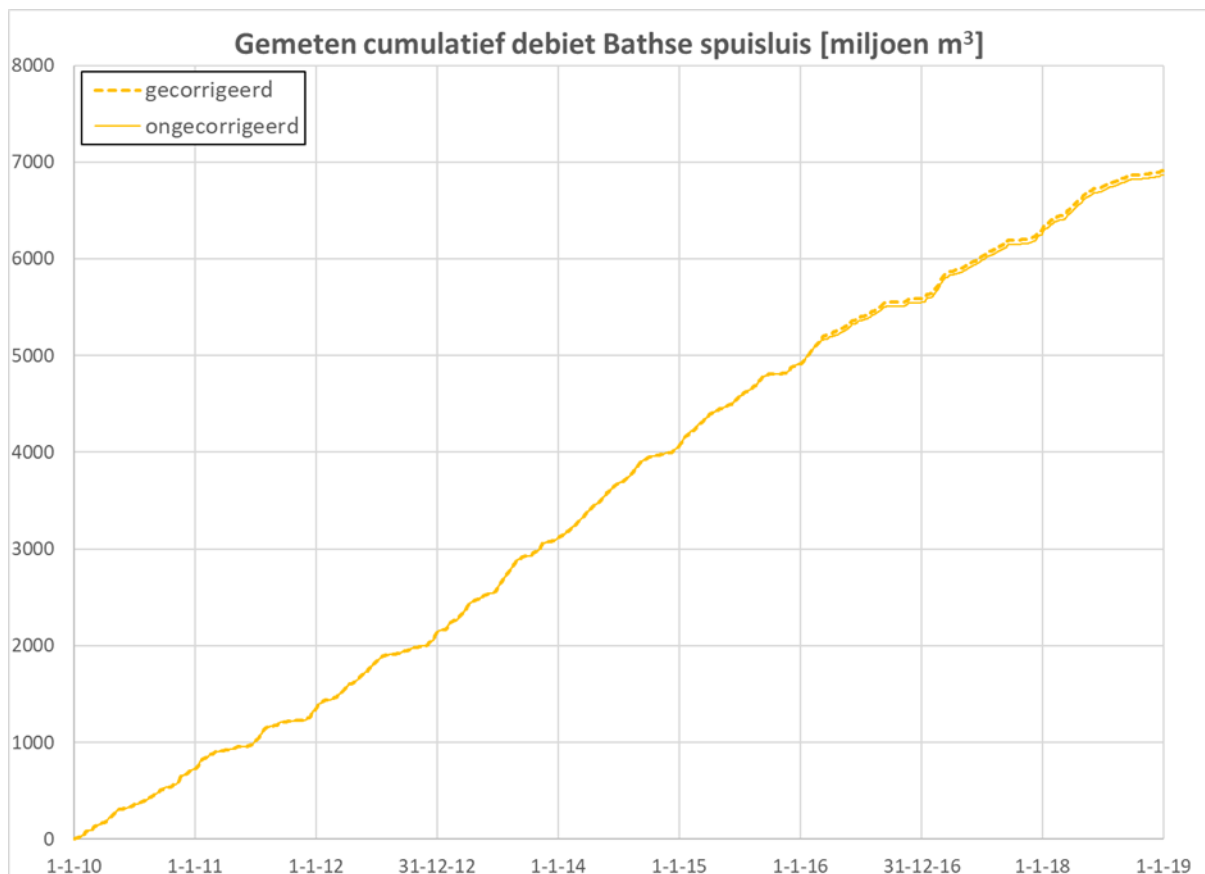
### 2.3.1 Bathse spuisluis (afvoer)

#### Water

Het bestand van de Bathse spuisluis is vrij compleet. Het bevat voor ruim 96% van de dagen alle 144 waarnemingen en in slechts 0.5% van de gevallen (17 dagen) geen waarnemingen. De waarden uit deze bestanden zijn omgezet naar dagwaarden door steeds het gemiddelde van alle waarden van die dag te nemen. Daardoor blijven slechts de dagen zonder een enkele waarneming over.

Voor de nog ontbrekende dagen is op basis van het chloridegehalte in het spuikanaal bepaald of er die dag gespuid is of niet. Indien het chloridegehalte in het spuikanaal duidelijk opliep (orde 5 mg/l per dag) is er vanuit gegaan dat er die periode niet is gespuid en is het spuibolume voor die periode op 0  $\text{m}^3/\text{dag}$  gezet. Dat was gedurende een periode van 7 aaneengesloten dagen zonder metingen het geval. Voor de andere dagen zonder meting is een lineaire interpolatie uitgevoerd tussen de laatste dag met meting voor de ontbrekende periode en de eerste dag met meting na de ontbrekende periode. De totale correctie bedroeg daarmee ruim 43 miljoen  $\text{m}^3$ . Dat lijkt veel, maar is omgerekend slechts een toename van 0.6% (0.15  $\text{m}^3/\text{s}$ ) op de totale afvoer door de Bathse spuisluis (Figuur 6).





Figuur 6 Debiet door Volkerak spuisluizen sinds 1 januari 2010. Meetwaarden (doorlopende lijn) en gecorrigeerde en aangevulde waarden (stippellijn).

### Chloride

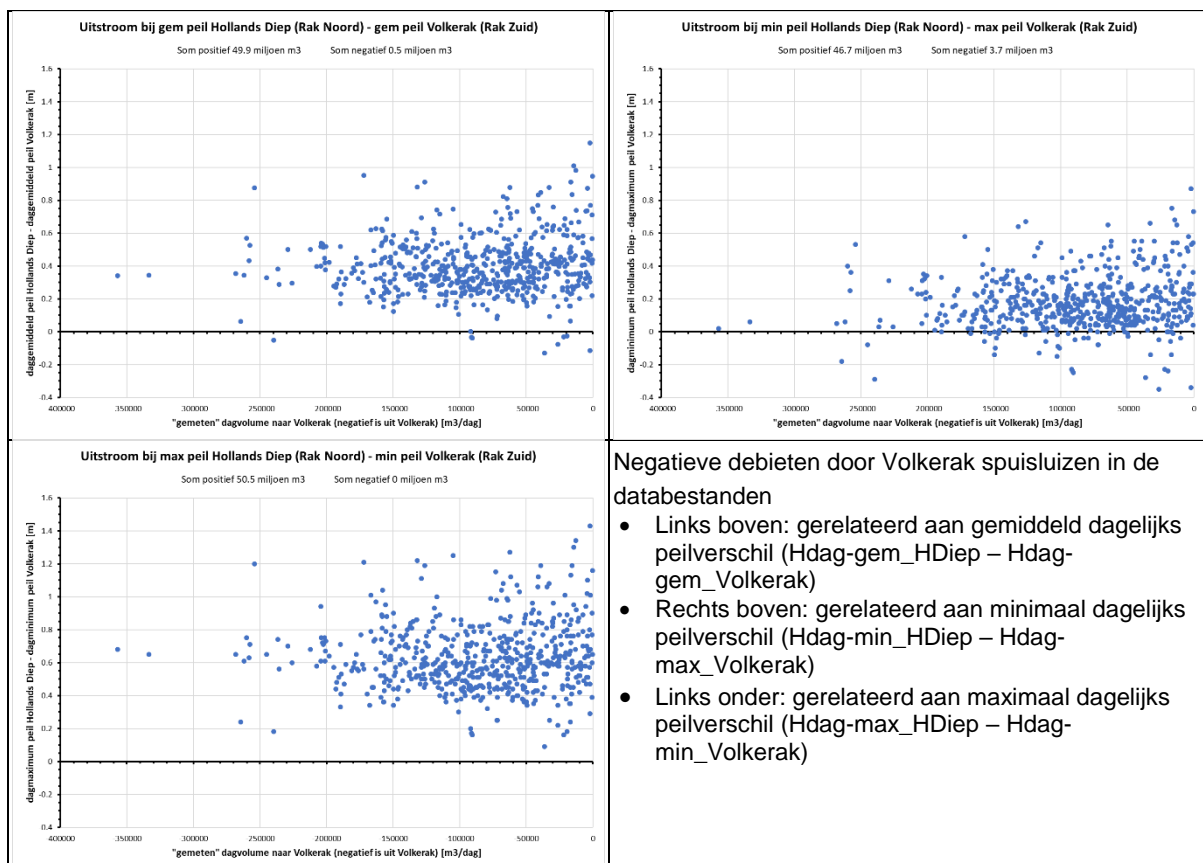
Aan de dagelijkse hoeveelheden water die door de Bathse Spuisluis het VZM uitstromen worden de dagelijks gemeten chloridegehalten van meetpunt Bathse brug (gele lijn in Figuur 5) gekoppeld.

### 2.3.2 Volkerak spuisluis (aanvoer)

#### Water

Bij de Volkerak spuisluizen is de data compleetheit over de periode 2010 t/m 2018 een stuk lager. Slechts 45% van alle dagen heeft een complete dataset en in bijna 8% (262 dagen) zijn er in zijn geheel geen waarnemingen. Voor dagen met waarnemingen zijn de op die dag beschikbare waarnemingen gemiddeld. Dat leverde een databestand met daarin 578 dagen (17.6%) met negatieve getallen, implicerend dat er op die dagen water uit het Volkerak richting Hollands Diep stroomt. Samen met de dagen zonder waarnemingen is dat ruim 25% van de totale periode.

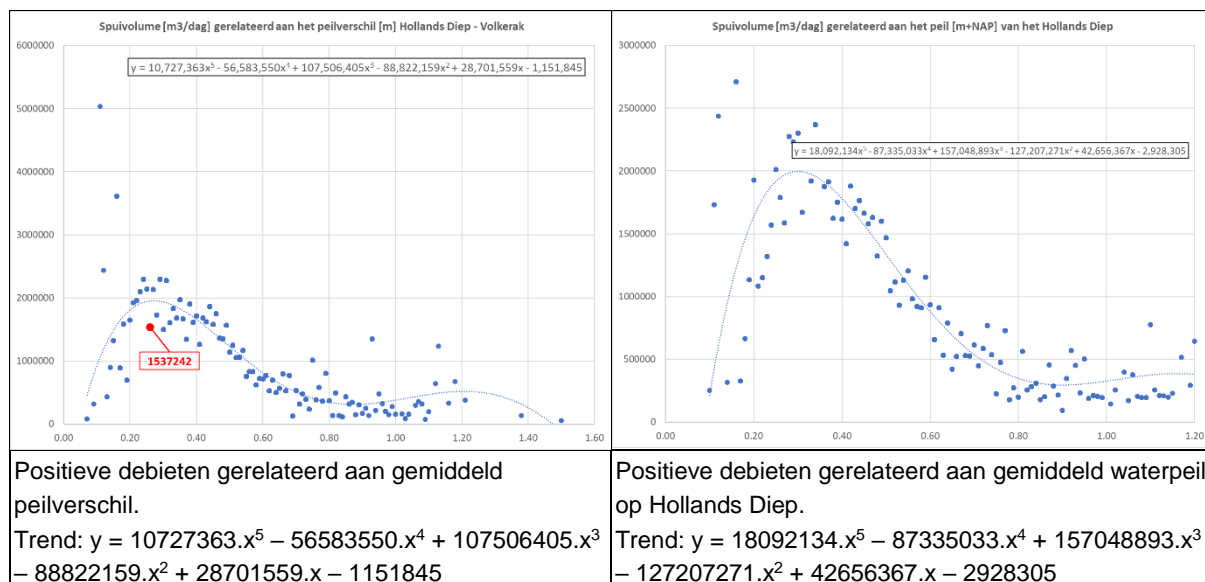
Analyse van de negatieve waarden leert dat er in slechts 9 van de 578 dagen sprake was van een situatie waarin het gemiddelde peil op die dag in het Volkerak hoger was dan in het Hollands Diep van die dag (Figuur 7, links boven). In 40 van de 578 dagen is het gemeten minimum peil op het Hollands Diep lager dan het gemeten dag maximum peil op het Volkerak (Figuur 7, rechts boven). Het omgekeerde komt op geen enkele dag voor (Figuur 7, links onder).



Figuur 7 Analyse van negatieve debieten door Volkerak spuisluizen

De totaal som aan negatieve debieten bedraagt ruim 50 miljoen m<sup>3</sup>. De gemeten waterstanden op Hollands Diep en Volkerak gedurende deze dagen (144 metingen per dag) duiden erop dat deze getallen niet kloppen.

In een poging de onbetrouwbare negatieve waarden te vervangen door meer waarschijnlijke waarden is een analyse uitgevoerd op de gemeten positieve waarden (Figuur 8). Daarbij is een trend gezocht tussen het gemeten debiet per dag door de spuisluizen en het gemiddelde peilverschil van die dag tussen Hollands Diep en Volkerak (Figuur 8, links). Omdat ook het absolute waterpeil op het Hollands Diep van invloed is op het spuien is ook naar een trend gezocht tussen het gemeten debiet per dag door de spuisluizen en het gemiddelde waterpeil van die dag op het Hollands Diep (Figuur 8, rechts).



Figuur 8 Analyse van positieve debieten door Volkerak spuisluizen

In beide gevallen zijn alle waarden meegenomen, waarbij per hele cm het gemiddelde spuibovolume bij die cm is genomen. Ter verduidelijking als voorbeeld: zo bestaat de punt met waarde 0,26 m in de linker figuur feitelijk uit 40 punten van afgerond 0.26 m die gemiddeld een gemeten debiet van 1537242 m<sup>3</sup>/dag hebben (terwijl de gemeten debieten bij afgerond 0.26 m peilverschil in de meetperiode variëren van 30706 tot 5444797 m<sup>3</sup>/dag). Door steeds het gemiddelde van alle punten te gebruiken is aan elk punt ook een gewicht toegekend, in dit geval dus 40.

Opmerkelijk is dat in beide gevallen geen eenduidig stijgende trend is te vinden tussen peil(verschil) en debiet.

Voor zowel de negatieve waarden als voor de ontbrekende waarden is op beide manieren berekend wat het verschil is met de beschikbare meetwaarden. Voor negatief berekende waarden is een debiet van 0 aangenomen. Datzelfde is gedaan voor de dagen waar het daggemiddelde peil van het Volkerak hoger was dan het daggemiddelde peil van het Hollands Diep.

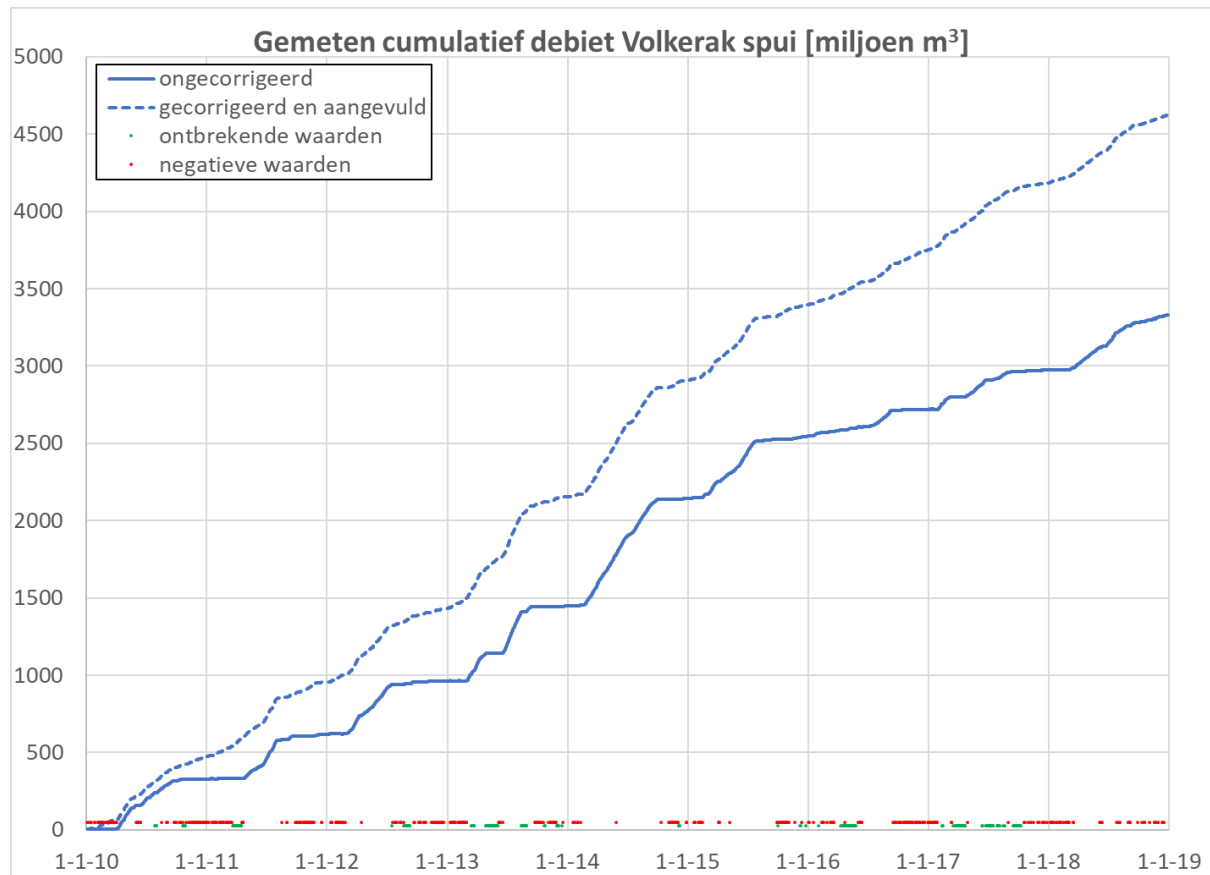
De totale som van de beschikbare meetwaarden (inclusief negatieve getallen) over deze 9 jaar bedraagt 3329 miljoen m<sup>3</sup> (spui naar Volkerak). Dat is gemiddeld ruim 1.1 miljoen m<sup>3</sup>/dag (exclusief de 262 dagen geen data). Zonder negatieve dagwaarden en met 578 dagen minder komt dit gemiddelde uit op bijna 1.4 miljoen m<sup>3</sup>/dag.

Aangevuld op basis van de trend uit het linkerdeel van Figuur 8 komt het totale spuibovolume over deze 9 jaar uit op 4620 miljoen m<sup>3</sup> (een toename van 1292 miljoen m<sup>3</sup>). De waarden uit deze analysemethode zijn gebruikt om de negatieve en ontbrekende dagwaarden aan te vullen.

Ter vergelijking, aanvulling op basis van de trend uit het rechterdeel van Figuur 8 komt uit op een toename van 1298 miljoen m<sup>3</sup>. Terwijl bij aanvulling op basis van het gemiddelde (262 + 578 dagen met bijna 1.4 miljoen m<sup>3</sup>/d) de totale toename uitkomt op 1160 miljoen m<sup>3</sup>, wat qua orde van grootte vergelijkbaar is.

Een toename van 1292 miljoen m<sup>3</sup> voor de periode 2010 t/m 2018 komt neer op gemiddeld ruim 4.5 m<sup>3</sup>/s. Figuur 9 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid water die in deze periode door de Volkerak spuisluizen is gestroomd, volgens de metingen en na toepassing van bovenbeschreven correctie en aanvulling. De rode en groene punten onderin deze grafiek geven dagen aan met negatieve respectievelijk ontbrekende meetwaarden.

Door de weergave van deze punten (kleiner kan niet), lijkt het aantal dagen met negatieve en ontbrekende meetwaarden groter dan werkelijk het geval is. Belangrijker is de constatering dat dagen met negatieve meetwaarden vooral in het winter halfjaar voorkomen. Dat zijn perioden, waarin minder waterinlaat nodig is dan gemiddeld. Gebiedsdeskundigen van RWS Zee en Delta gaven aan dat het meer waarschijnlijk is dat in periode met negatieve waarden er niet gespuid is, iets dat strookt met bovenstaande constatering. In dat geval komt de totale hoeveelheid instromend water na correctie uit op ongeveer 3770 miljoen m<sup>3</sup>, wat gemiddeld 3.0 m<sup>3</sup>/s lager is. Deze opmerking van de gebiedsdeskundigen is wel relevant, maar kwam te laat om in deze studie nog mee te nemen. Omdat dit een tekort van gemiddeld 3 m<sup>3</sup>/s op de waterbalans zou betekenen, verdient het aanbeveling dit nader te onderzoeken.



Figuur 9 Debiet door Volkerak spuisluizen sinds 1 januari 2010. Meetwaarden (doorlopende lijn) en gecorrigeerde en aangevulde waarden (stippellijn). Rode punten onderin zijn dagen met negatieve meetwaarden en groene punten zijn dagen zonder meetwaarden.

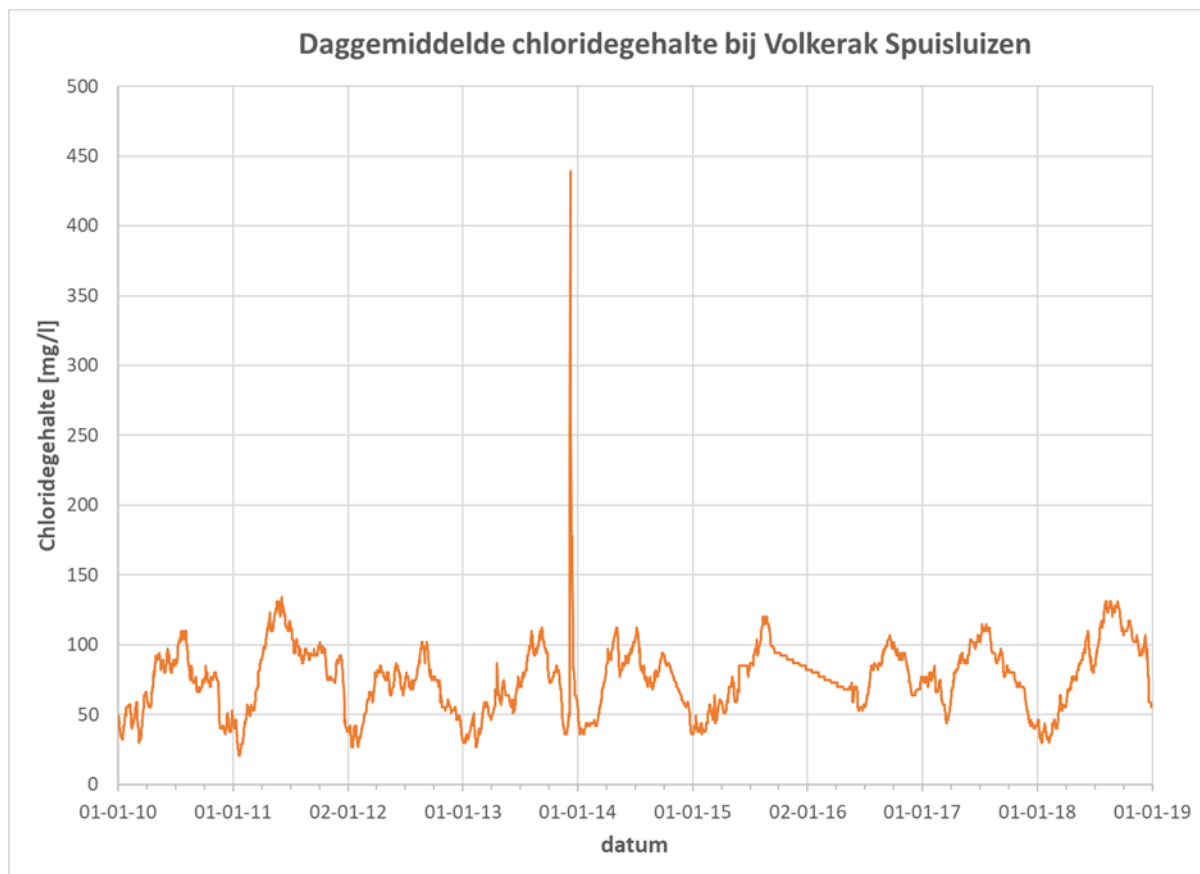
Opvallend is tenslotte de knik rond de zomer van 2015, die in beide lijnen zichtbaar is, vooral in de ongecorrigeerde meetwaarden. Dat kan duiden op een verandering in beheer.

### Chloride

Aan de dagelijkse hoeveelheden water die door de Volkerak Spuisluizen het VZM instromen worden de dagelijks chloridegehalten van het Hollands Diep gekoppeld. Deze chloridegehalten zijn omgerekende EC waarden (in mS/m), die elke 10 minuten bij de Spuisluizen gemeten worden op twee dieptes (NAP -4.5 m en NAP -0.4 m). De omrekening is gebaseerd op de NDB-lijn '80-'81 (RWS, 1983), volgens:

- Tot 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ :  $(\text{mg Cl}^-/\text{l}) = 9.58 \times 10^{-5} \times (\mu\text{S}/\text{cm})^2 + 0.139 \times (\mu\text{S}/\text{cm}) - 16$
- Boven 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ :  $(\text{mg Cl}^-/\text{l}) = 0.51 \times 10^{-5} \times (\mu\text{S}/\text{cm})^2 + 0.345 \times (\mu\text{S}/\text{cm}) - 137$
- Waarbij 1 mS/m = 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$

De datareeks bevat 349 dagen zonder waarnemingen, waarvan 236 aaneengesloten dagen tussen 19 september 2015 en 11 mei 2016. Dagen zonder metingen zijn door middel van interpolatie aangevuld. In Figuur 10 is bovengenoemde periode duidelijk zichtbaar. Opvallend zijn de hoge waarden rond 9 december 2013. Het geleidelijk oplopen van de waarden van de 10 minuten metingen op de dag ervoor en het gedurende ruim 1 week weer langzaam aflopen van de meetwaarden duiden erop dat deze uitzonderlijk hoge waarden niet door meetfouten veroorzaakt zijn. In de metingen bij meetpunt Galathee is een dergelijke stijging niet terug te vinden. Daar blijven de meetwaarden in die periode schommelen rond de 350 mg/l. Wel is de gemeten dagelijkse spui in die periode relatief klein, minder dan 10% van de gemiddelde dagelijkse spui.



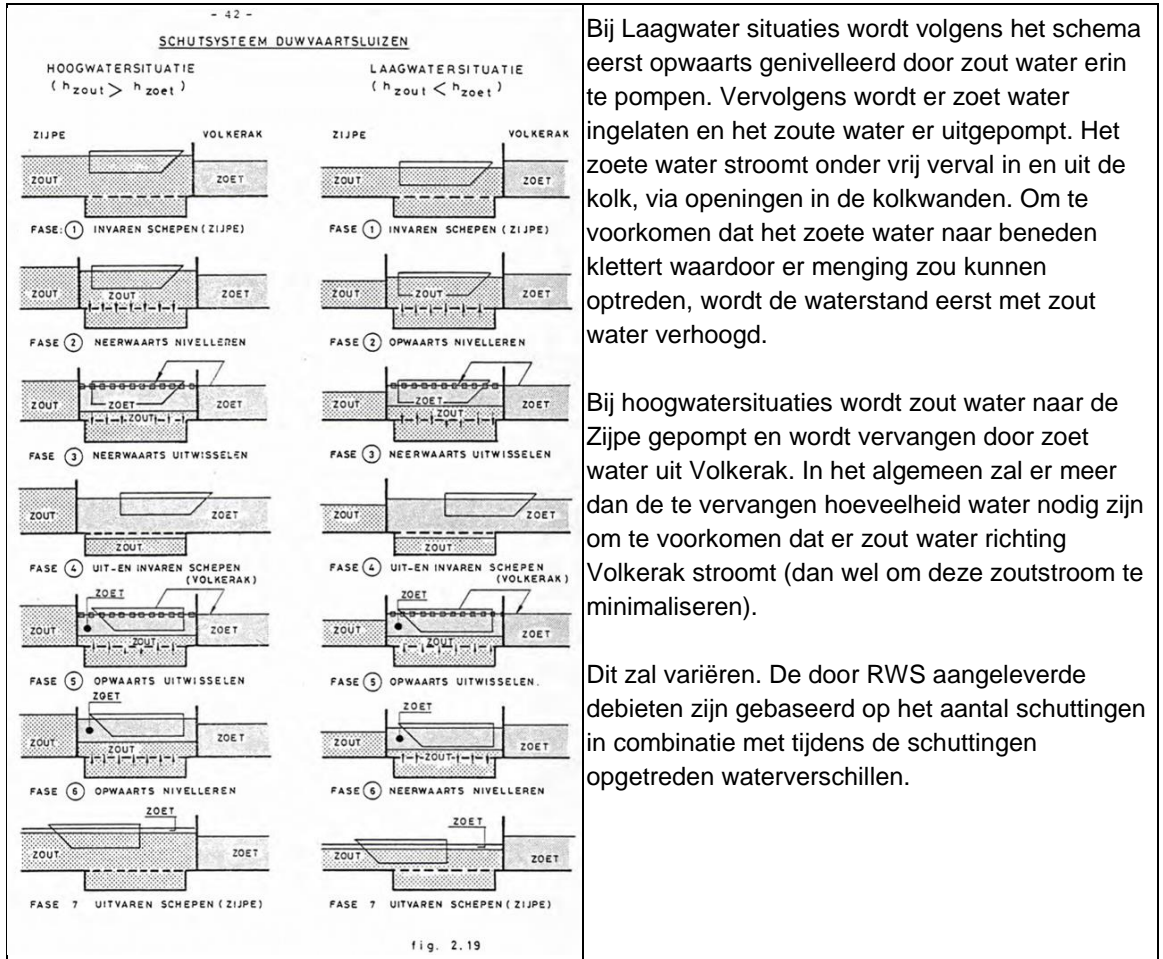
Figuur 10 Chloridegehalte bij Volkerak spuisluizen.

### 2.3.3 Krammer schutsluizen (afvoer)

#### Water

De meetreeks is gedefinieerd als het daggemiddelde debiet zoetwaterverlies van het Krammer sluiscomplex. Het is een combinatie van de uitgaande debieten (van Volkerak naar Zijpe) via de twee duwvaart sluisen en de twee jachtensluizen, ondersteund door pompen. De lekverliezen van deze sluisen zijn hierin niet verdisconteerd.

Figuur 11 beschrijft de werking van de Krammer duwvaartsluisen. Door deze manier van opereren wordt er bij elke schutting netto zoet water uitgelaten van Volkerak naar Zijpe.



Bij Laagwater situaties wordt volgens het schema eerst opwaarts genivelleerd door zout water erin te pompen. Vervolgens wordt er zoet water ingelaten en het zoute water er uitgepompt. Het zoete water stroomt onder vrij verval in en uit de kolk, via openingen in de kolkwanden. Om te voorkomen dat het zoete water naar beneden klettert waardoor er menging zou kunnen optreden, wordt de waterstand eerst met zout water verhoogd.

Bij hoogwatersituaties wordt zout water naar de Zijpe gepompt en wordt vervangen door zoet water uit Volkerak. In het algemeen zal er meer dan de te vervangen hoeveelheid water nodig zijn om te voorkomen dat er zout water richting Volkerak stroomt (dan wel om deze zoutstroom te minimaliseren).

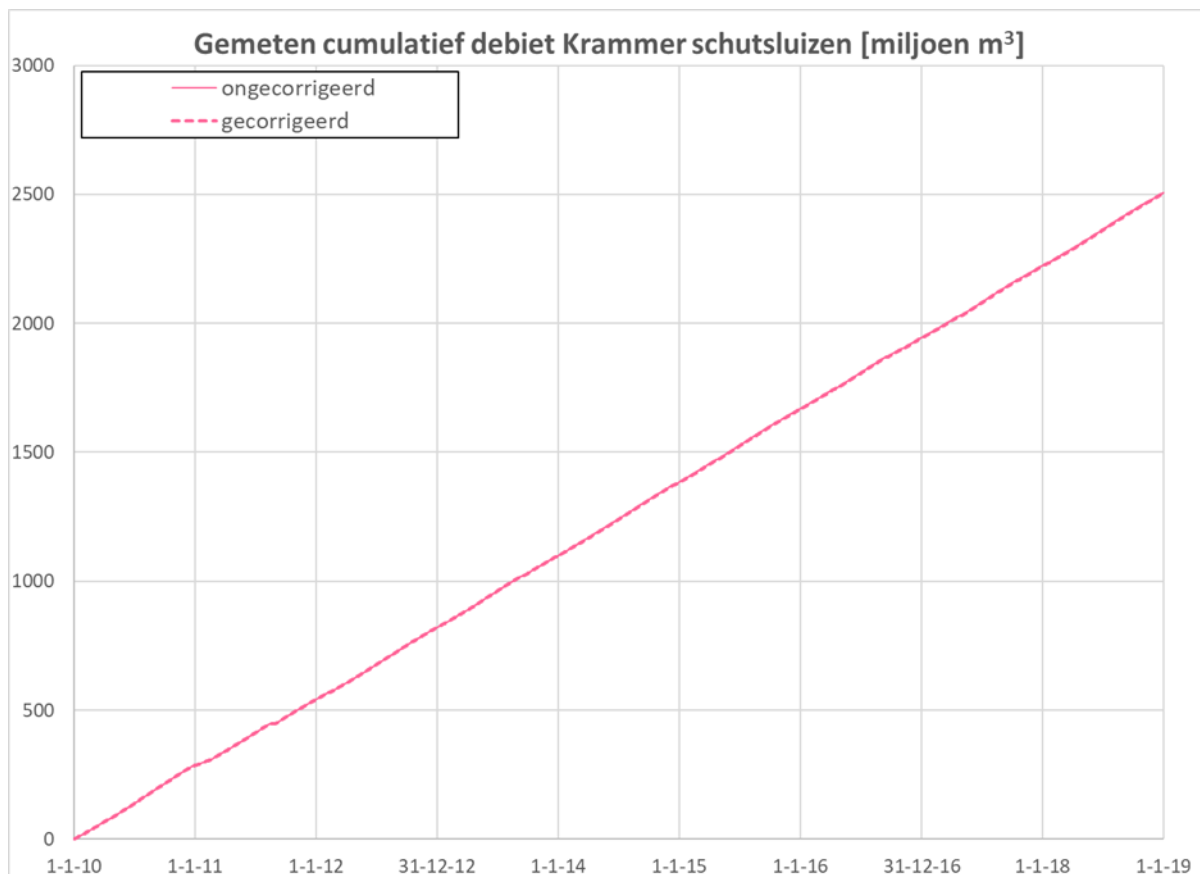
Dit zal variëren. De door RWS aangeleverde debieten zijn gebaseerd op het aantal schuttingen in combinatie met tijdens de schuttingen opgetreden watersverschillen.

Figuur 11 Schutsysteem van de Krammer duwvaartsluizen.

De aangeleverde meetreeks is compleet. De reeks bevat één onwaarschijnlijk hoge waarde op 3-3-2014 van 2 825 280 m<sup>3</sup>/d. Die waarde is bijna 1.8 miljoen hoger dan de een na hoogste waarde. De dagen rondom deze datum bevatten waarden rond de 800 000 m<sup>3</sup>/d. Op grond van deze analyse gaan we er vanuit dat het getal 2 (miljoen) er ten onrechte staat, en is deze waarde gecorrigeerd naar 825 280 m<sup>3</sup>/d.

De meetreeks bevat 34 dagen met waarde 0. Er is echter geen gegronde reden om aan te nemen dat het daarbij fouten in de meetreeks betreffen. Alleen voor de 17 achtereenvolgende dagen van 15 tot en met 31 augustus 2011 met 0 waarden zou hierover enige twijfel kunnen bestaan. Ook al omdat de meetreeks van Kreekrak (uit hetzelfde bestand), die bijna elke dag een andere waarde heeft, in die zelfde periode constante waarden geeft voor de eerste 7 dagen, de tweede 7 dagen en de laatste 3 dagen.

Figuur 12 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid water die in deze periode door de Krammer schutsluizen is gestroomd, volgens de metingen en na toepassing van bovenbeschreven correctie. Opvallend is de nagenoeg rechte lijn, wat duidt op een bijna constante dagelijkse uitstroom van gemiddeld 8.8 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 12 Debiet door Krammer schutsluizen sinds 1 januari 2010. Meetwaarden (doorlopende lijn) en gecorrigeerde en aangevulde waarden (stippellijn).

### Chloride

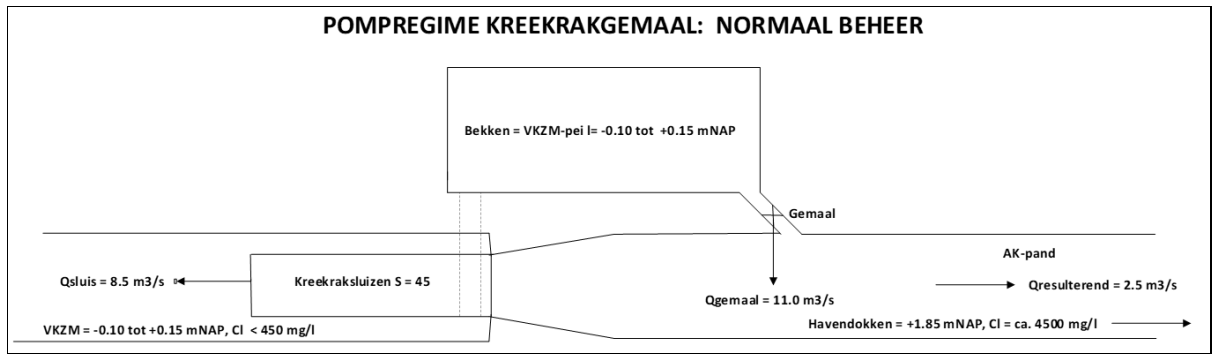
Aan de dagelijkse hoeveelheden water die door de Krammer schutsluizen het VZM uitstromen worden de dagelijks gemeten chloridegehalten van meetpunt Galathee (Figuur 5) gekoppeld.

## 2.3.4 Kreekrak schutsluis en gemaal (afvoer)

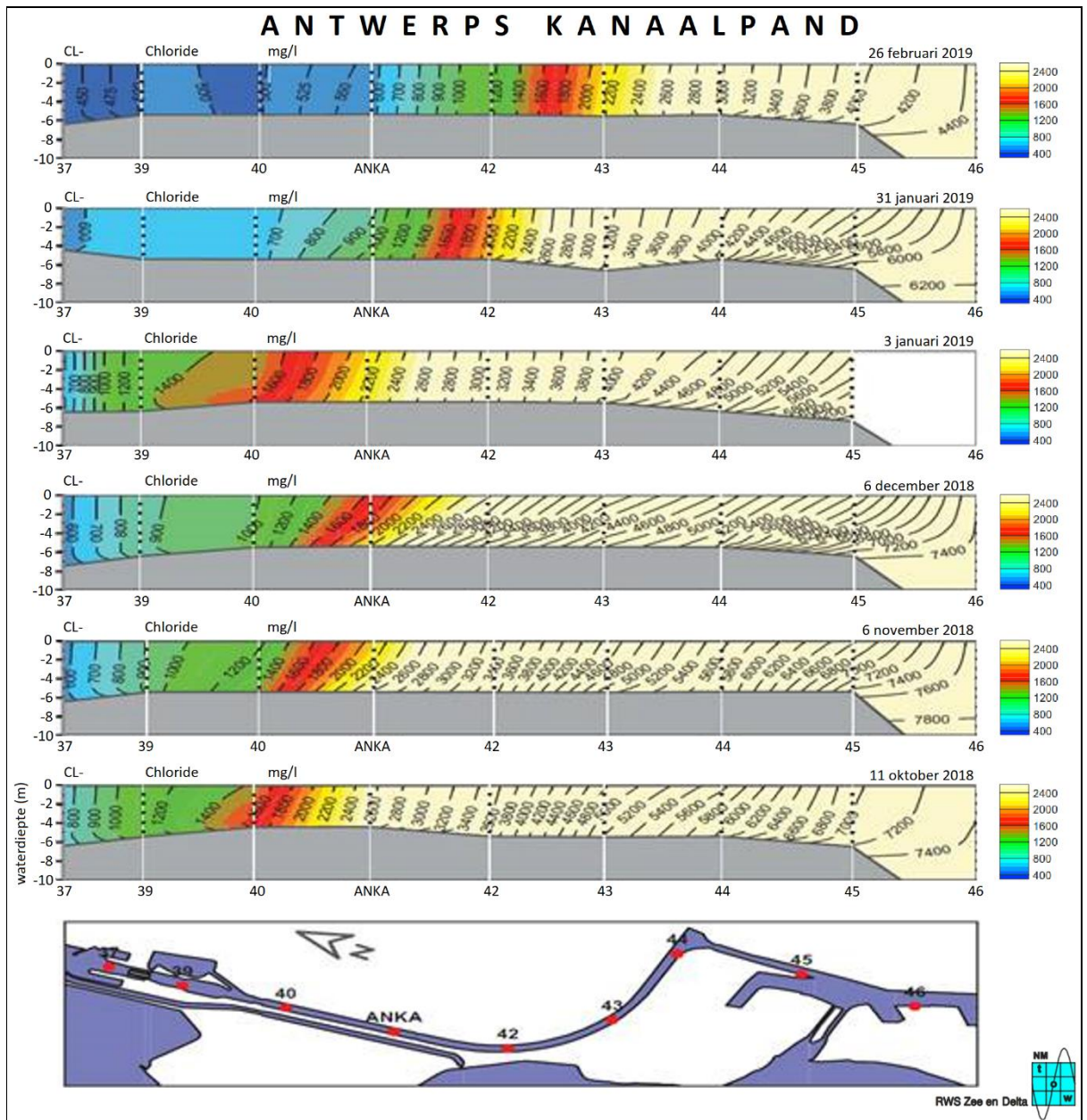
### Water

De meetreeks is gedefinieerd als het daggemiddelde debiet zoetwaterverlies van het Kreekrak sluiscomplex. Het is een combinatie van de instromende en uitgaande debieten via twee sluisen en een gemaal dat zout water terugpompt naar het Antwerps kanaalpand (Figuur 13). De lekverliezen van de sluisen zijn hierin verdisconteerd.

De meetreeks bevat ca 7.5% negatieve dagwaarden, die duiden op aanvoer van water en zout uit het kanaal richting Antwerpen. In die gevallen is voor het chloridegehalte van het instromend water een gemiddelde waarde van 1000 mg/l aangehouden. Die waarde is ingeschat op basis van de chloridegehalten in het Antwerps kanaalpand in de buurt van de sluis (Figuur 14).



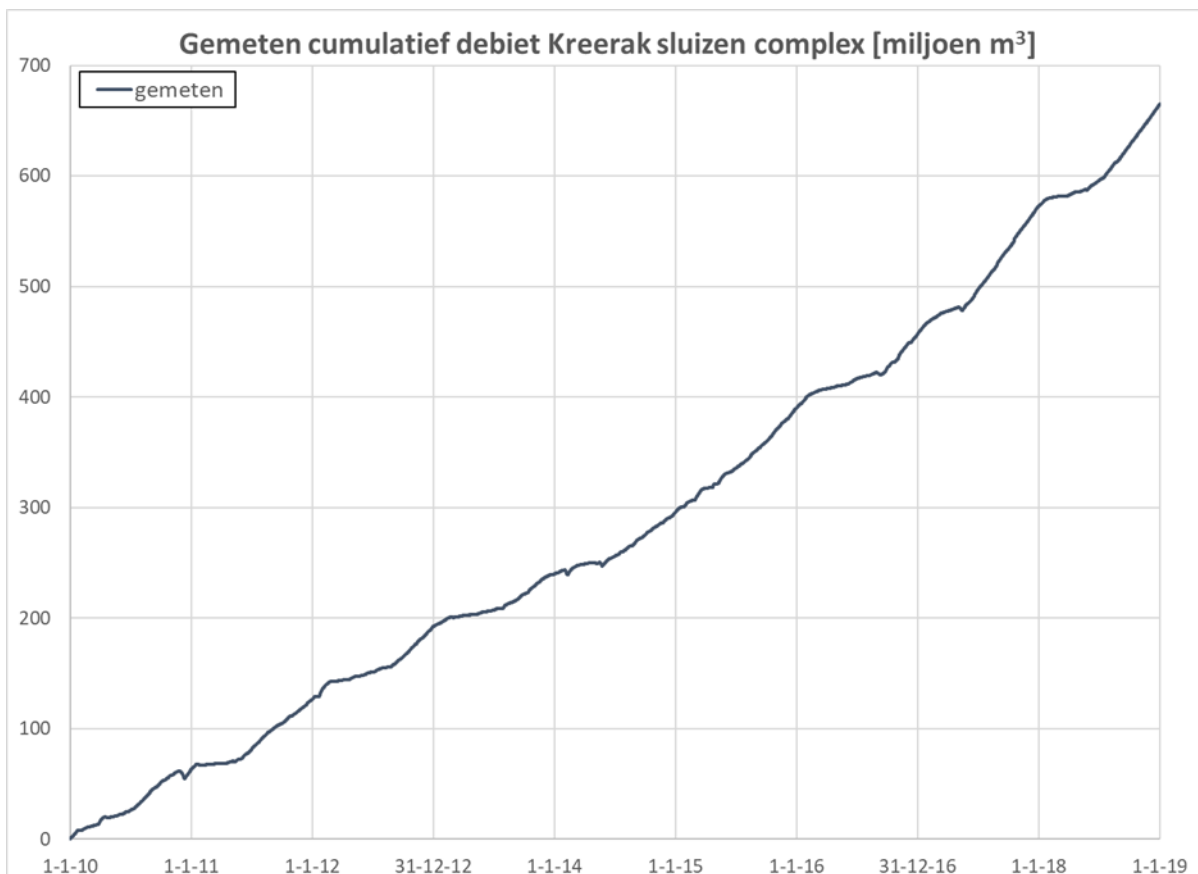
Figuur 13 Overzicht van de werking van het Kreekrak complex (bron RWS Zee en Delta).



Figuur 14 Zoutverdeling in Antwerps kanaalpand op zes verschillende dagen (bron: RWS Zee en Delta).

Figuur 15 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid water die in deze periode door het Kreekrak sluisencomplex is gestroomd. Vanaf medio 2015 wordt er jaarlijks wat meer water uitgemalen dan in de periode daarvoor.





Figuur 15 Gemeten debiet door het Kreekrak sluizencomplex sinds 1 januari 2010.

### Chloride

Aan de dagelijkse hoeveelheden water die door het Kreekrakgemaal het VZM uitstromen worden de dagelijks gemeten chloridegehalten van meetpunt Ingang Spuikanaal (Figuur 5) gekoppeld.

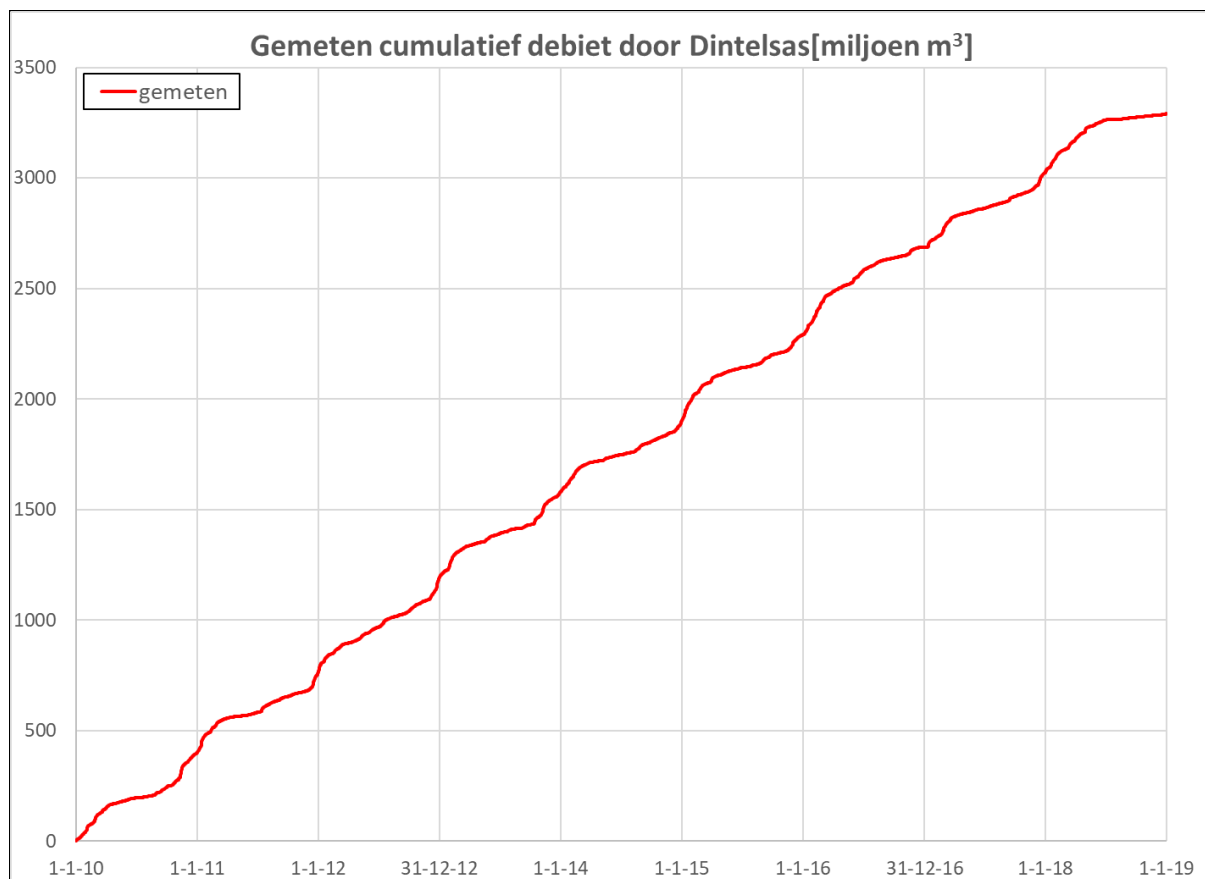
Zoals boven al vermeld wordt aan het door het Kreekrak sluizencomplex instromende water een gemiddelde chloridegehalte van 1000 mg/l gekoppeld.

### 2.3.5 Dintelsas (aanvoer)

#### Water

De meetreeks van Dintelsas is compleet en er zijn geen aantoonbare fouten in de meetreeks gevonden. Het water blijkt incidenteel (6 dagen in 9 jaar) de Dintel in te stromen. Gedurende 61 dagen geeft de meetreeks een waarde van 0 en zou er die dag dus netto geen water gestroomd hebben. In 3 gevallen betreft het 1 of enkele incidentele dagen. Er zijn echter 2 langere periodes. Het betreft de periode van 12 juli tot en met 15 augustus 2018 gedurende 35 dagen en de periode van 21 december 2016 tot en met 7 januari 2017 en 9 januari 2017 gedurende 19 dagen. De eerste periode kan veroorzaakt worden door de extreem droge zomer van 2018. De oorzaak van de tweede periode is onduidelijk. In dezelfde periode heeft de Bathse spuisluis echter ook maar heel beperkt water uitgelaten. Omdat onduidelijk is of het hier fouten in de meetreeks betreft, is er geen correctie op deze getallen uitgevoerd.

Figuur 16 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid water die in deze periode langs de Dintelsas is gestroomd. De zomer en winter halfjaren zijn duidelijk waarneembaar in de grafiek. De jaartotalen lijken vrij constant.



Figuur 16 Gemeten debiet door de Dintelsas sinds 1 januari 2010.

### Chloride

Voor de bepaling van het chloridegehalte van het uitstromende water naar het Volkerak is gebruik gemaakt van de zomergemiddelden uit de Watersysteemanalyses Mark Dintel Vliet (Arcadis, 2019a). Tabel 4 geeft een overzicht van de beschikbare waarden.

Tabel 4 Zomergemiddelde chloridegehalten [mg/l] (bron: Arcadis, 2019a)

Meetpunt	Locatie	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
200001	Dintelsas	55	52	47	42	40	41	37	52
300001	Benedensas	77	68	67	75	55	74	60	72

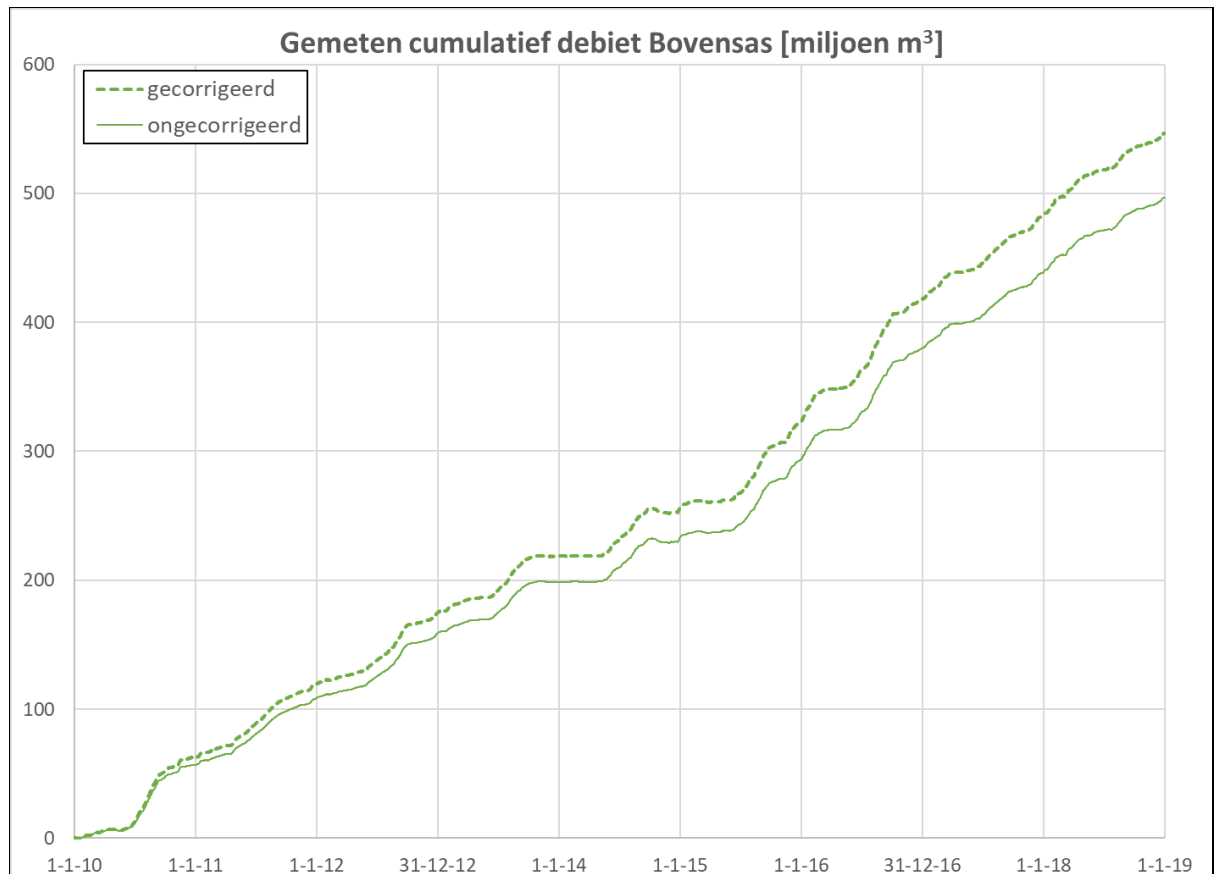
De waarden uit deze tabel zijn gebruikt in de maanden april tot en met september. Voor de overige maanden is 90% van de waarde van het laagste zomergemiddelde gebruikt. Voor 2018 zijn de waarden van 2017 gebruikt. Voor de paar dagen dat er water uit het Volkerak naar de Dintel stroomt, zijn de gemeten chloride gehalten van meetpunt Galathee gebruikt.

### 2.3.6 Bovensas (aanvoer)

De meetreeks van Bovensas is compleet en er zijn geen aantoonbare fouten in de meetreeks gevonden. De meetreeks Bovensas bevat 403 negatieve waarden en 127 keer de waarde 0. De 0-waarden komen verspreid voor, vaak in periodes met lage en/of negatieve waarden. De negatieve waarden duiden op stroming vanuit Volkerak naar de Steenbergse Vliet. Dat kan worden veroorzaakt omdat de Steenbergse Vliet regelmatig gebruikt wordt voor waterinlaat, o.a. via de Rietkreek naar de PAN polders. Daarom bestaat er geen aanleiding er vanuit te gaan dat deze waarden onjuist zijn.

Het meetpunt Bovensas ligt echter ruim 10 km stroomopwaarts van het uitstroompunt van de Steenbergse Vliet in het Volkerak (Figuur 2). Het stroomgebied van de Steenbergse Vliet bedraagt ongeveer 14575 ha. Een globale inschatting is dat een kleine 10% daarvan stroomafwaarts van de Bovensas ligt. Daarom zijn de debieten uit de meetreeks van meetpunt Bovensas met 10% vermeerderd.

Figuur 17 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid water die in deze periode langs de Bovensas is gestroomd. Verschillen tussen zomer en winter halfjaren zijn duidelijk waarneembaar in de grafiek, zij het iets minder dan bij de Dintel. Opmerkelijk is wel dat tot en met de zomer van 2015 er in de winter minder is afgevoerd dan in de zomer. Daarna wordt het wat onduidelijker.



Figuur 17 Debiet door de Bovensas sinds 1 januari 2010. Meetwaarden (doorlopende lijn) en gecorrigeerde waarden (stippellijn).

### Chloride

Voor de bepaling van het chloridegehalte van het uitstromende water naar het Volkerak is gebruik gemaakt van de zomergemiddelden uit de Watersysteemanalyses Mark Dintel Vliet (Arcadis, 2019a). Tabel 4 geeft een overzicht van de beschikbare waarden.

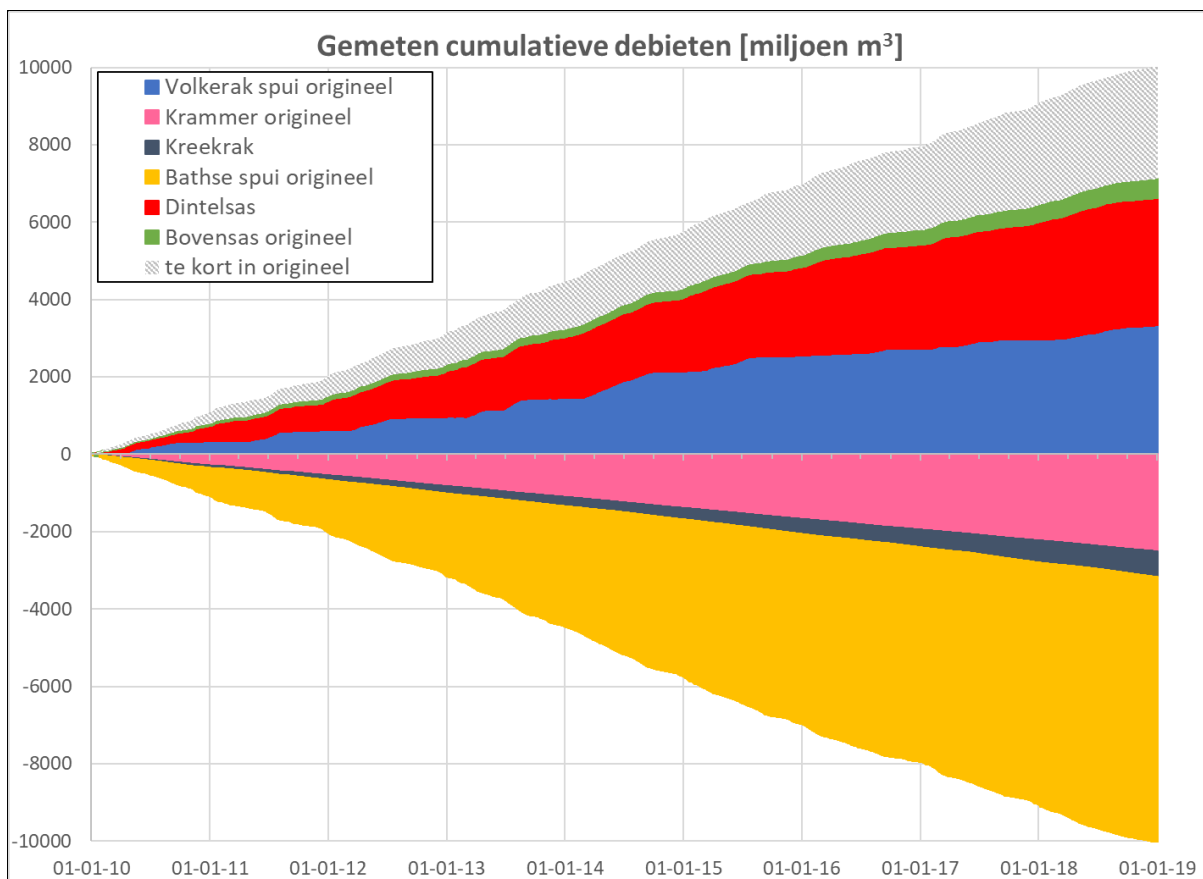
De waarden uit deze tabel zijn gebruikt in de maanden april tot en met september. Voor de overige maanden is 90% van de waarde van het laagste zomergemiddelde gebruikt. Voor 2018 zijn de waarden van 2017 gebruikt. Voor de dagen dat er water uit het Volkerak naar de Steenbergse Vliet stroomt, zijn de gemeten chloride gehalten van meetpunt Galathee gebruikt.

### 2.3.7 Totalen

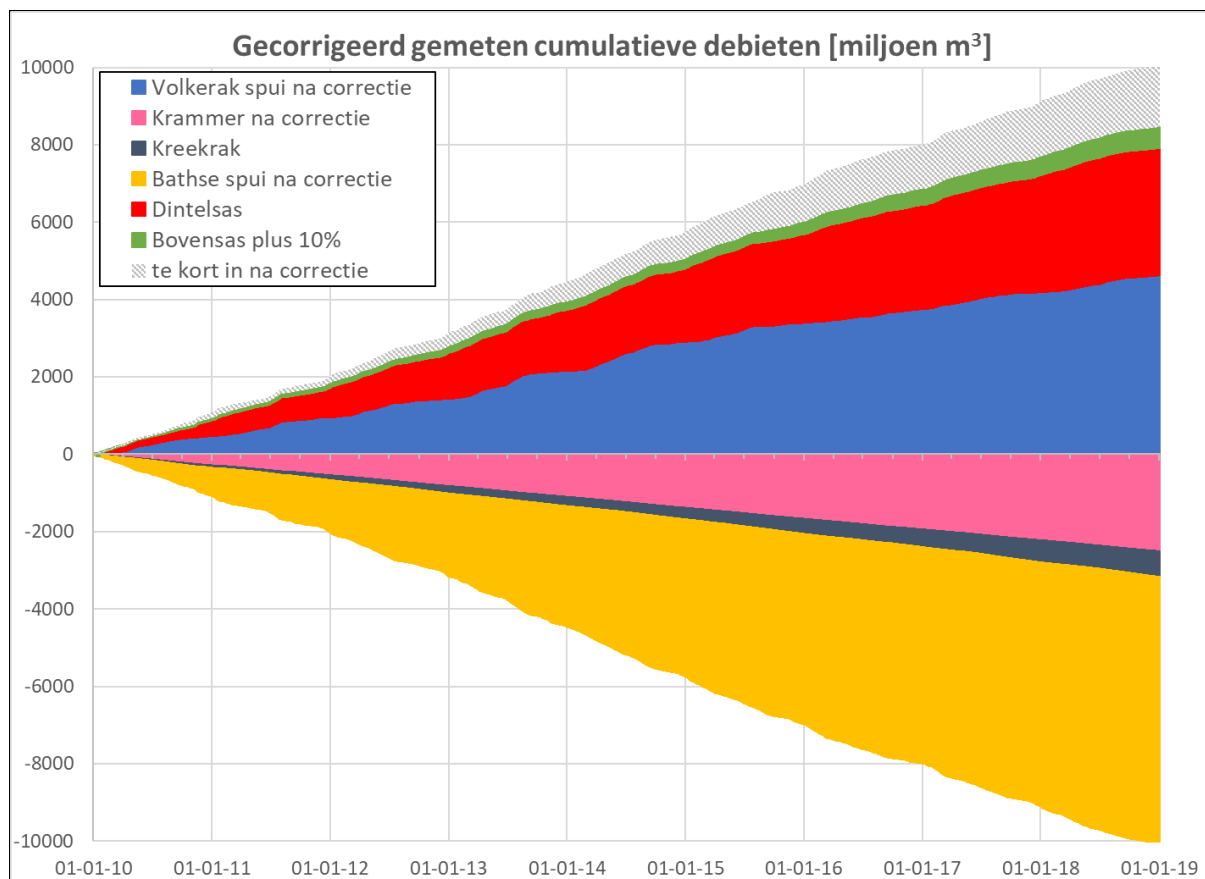
#### Water

Figuur 18 en Figuur 19 geeft voor de jaren 2010 – 2018 een overzicht van de totale debieten langs bovenbeschreven plaatsen. Figuur 18 laat dat zien voor de originele meetreeksen, Figuur 19 voor de gecorrigeerde meetreeksen. De positieve waarden zijn instromend water, de negatieve waarden zijn uitstromend water. Het grijs gearceerde vlak in deze grafieken geeft in beide grafieken het verschil tussen VZM uitstromend en instromend water.

Zonder bovengenoemde correcties bedraagt dat verschil 2924 miljoen m<sup>3</sup> (gemiddeld 10.3 m<sup>3</sup>/s). Na correcties bedraagt dit verschil nog 1624 miljoen m<sup>3</sup> (gemiddeld 5.7 m<sup>3</sup>/s). Het resterende verschil wordt veroorzaakt door neerslag, polderbemalingen, kwel, instromende schutverliezen en lekverliezen verminderd met verdamping, waterinlaten naar polders en uitstromende schutverliezen.



Figuur 18 Gemeten debieten sinds 1 januari 2010. Het grijs gearceerde vlak boven in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende tekort aan instromend water.

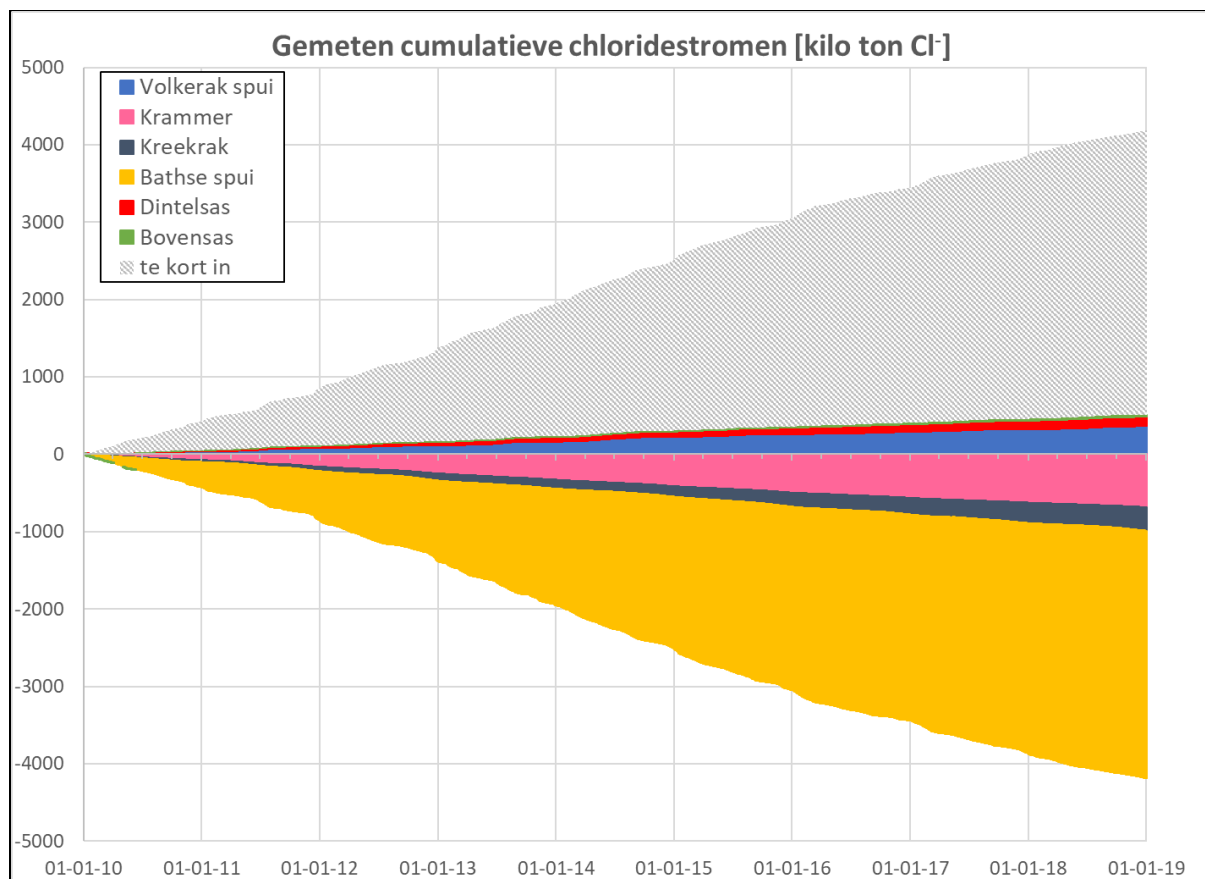


*Figuur 19 Gemeten debieten sinds 1 januari 2010, na correcties. Het grijs gearceerde vlak boven in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende tekort aan instromend water.*

### Chloride

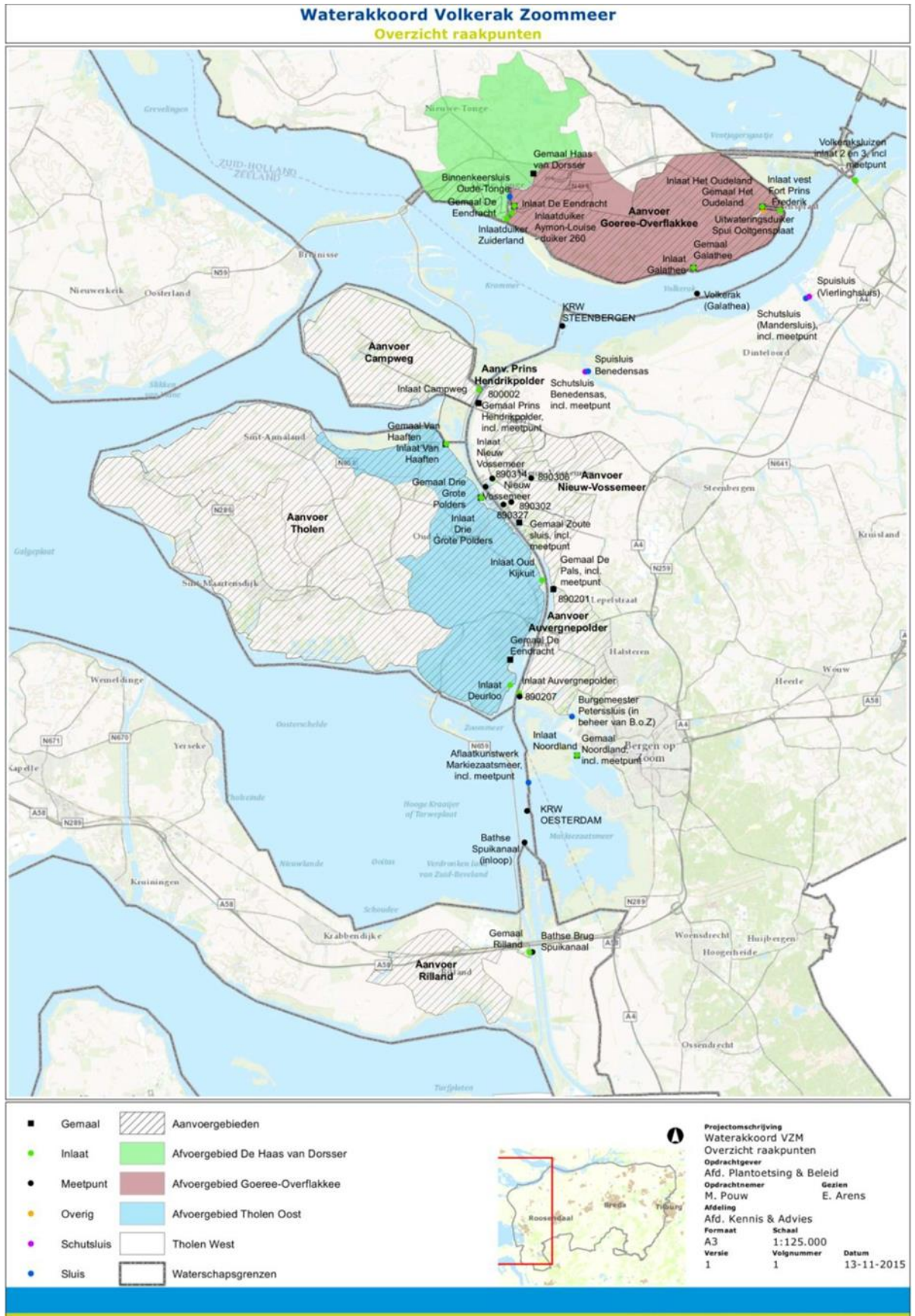
Figuur 20 geeft voor de jaren 2010 – 2018 een overzicht van de totale chloridestromen langs bovenbeschreven plaatsen. Deze chloride stromen zijn gebaseerd op de gecorrigeerde debiet meetreeksen. De positieve waarden zijn instromend chloride, de negatieve waarden zijn uitstromend chloride. Het grijs gearceerde vlak in deze grafiek geeft het verschil tussen VZM uitstromend en instromend chloride.

De figuur maakt duidelijk dat het grootste aandeel instromend chloride via andere waterstromen het VZM inkomt. Het verschil bedraagt 3674 kiloton (gemiddeld net iets minder dan 13 kg/s). Dat betekent dat een tekort van 16% aan instromend water gekoppeld is aan een tekort van 88% aan instromend chloride. Dat tekort op de chloridebalans kan voornamelijk worden ingevuld door meegevoerd chloride uit polderbemalingen, zoute kwel en schut- en lekverliezen.



*Figuur 20* Berekende chloridestromen op basis van gemeten chloridegehalten en debieten sinds 1 januari 2010, na correctie op debieten. Het grijs gearceerde vlak boven in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende tekort aan inkomende chloridevrachten.

2.4 Polders



Figur 21 Overzicht polders VZM (bron: Waterakkoord VZM, RWS Zee en Delta, 2015).

Figuur 21 geeft een overzicht van de gebieden die water afvoeren naar en/of aanvoeren uit het VZM. Het betreft:

- 1 Polders op Flakkee-oost: groter waterafvoergebied dan wateraanvoergebied
- 2 Polders op Tholen: groter wateraanvoergebied dan waterafvoergebied
- 3 Polders op Sint Philipsland: alleen wateraanvoer
- 4 Reigersbergse polder: alleen wateraanvoer
- 5 PAN polders: gelijke gebieden voor wateraanvoer en waterafvoer
- 6 Vrij-afwaterende buitendijkse gebieden: vrije uitstroom naar en instroom uit VZM

Voor elk van deze gebieden zijn een of meerdere interne waterbalansen opgesteld, waarbij in sommige polders gebieden elkaar onderling beïnvloeden. In onderstaande paragrafen worden de waterbalansen voor deze gebieden beschreven. De resulterende waterafvoer uit en wateraanvoer naar deze gebieden zijn waar beschikbaar vergeleken met gemeten debieten.

#### Gehanteerde methode voor waterbalansen van deelgebieden

Voor alle afzonderlijke deelgebieden in de 6 bovengenoemde gebieden is op vergelijkbare wijze een waterbalans opgesteld. Daarbij is het oppervlak van een deelgebied verdeeld in de categorieën landelijk, stedelijk en open water. Voor het open water is een streefpeil ten opzichte van maaiveld vastgesteld.

Neerslag op stedelijk gebied, verminderd met verdamping wordt afgevoerd naar het open water. De verdamping is gemaximaliseerd met de interceptiecapaciteit van het stedelijk gebied, waarvoor een waarde van 2 mm/dag is aangehouden.

Neerslag op landelijk gebied wordt eerst verminderd met verdamping en vervolgens met infiltratie. De rest, boven een afvoerdrempel (waarvoor 5 mm is aangehouden), wordt afgevoerd naar het open water. Het water beneden de afvoerdrempel wordt de volgende dag aangevuld met de neerslag van die dag en kan verdampen en/of infiltreren. Het geïnfiltreerde water wordt toegevoegd aan het grondwater. De grondwaterstand wordt verlaagd door transpiratie en verhoogt door kwel. Bij grondwaterstanden tussen 40 en 0 cm onder maaiveld vindt een reductie van de transpiratie plaats met een lineair oplopende factor van 0 tot 1. Datzelfde geldt voor grondwaterstanden tussen 2 en 10 meter onder maaiveld. Infiltratie, transpiratie en kwel resulteren samen met een bergingscoëfficiënt in een nieuwe grondwaterstand. Als deze grondwaterstand hoger is dan het open water peil vindt drainage naar het open water plaats gelijk aan het peilverschil gedeeld door een drainageweerstand. Omgekeerd vindt infiltratie uit het open water naar het grondwater plaats als de grondwaterstand lager is dan het open water peil. Deze infiltratie is gelijk aan het peilverschil gedeeld door de infiltratieweerstand. De infiltratieweerstand is via een factor gekoppeld aan de drainageweerstand.

Het open waterpeil wordt dus beïnvloed door directe neerslag en verdamping, afvoer uit stedelijk en landelijk gebied en door wateruitwisseling met het grondwater van het landelijk gebied. Daarnaast kan er water worden toegevoerd uit RWZI's en voor doorspoeling. Water boven streefpeil wordt afgevoerd tot een maximum van de afvoercapaciteit van het gemaal van het deelgebied. Water onder streefpeil wordt aangevuld tot een maximum van de inlaatcapaciteit van een gebied. Wateraanvoer begint pas als het waterpeil een vastgesteld minimum niveau bereikt heeft. Voor de meeste gebieden is dat 5 cm onder streefpeil.

Waar en wanneer beschikbaar zijn de berekende afvoeren uit en inlaten naar deze gebieden gevalideerd aan gemeten waarden. Voor de waterbalans van VZM zijn de gemeten afvoeren uit deze gebieden naar het VZM en de gemeten inlaten uit het VZM naar deze gebieden gebruikt. Op plekken waar geen meetgegevens beschikbaar zijn, zijn de berekende afvoeren en inlaten uit deze deelwaterbalansen gebruikt. Deze berekende waarden zijn ook gebruikt om ontbrekende dagen in wel beschikbare meetreeksen aan te vullen.



## 2.4.1 Polders op Flakkee-oost

### Water

Flakkee-oost bevat vier bemalingsgebieden die hun overtollige water uitslaan op het Volkerak:

- Oude land van Oude Tonge, bemalen door gemaal De Haas van Dorsser
- De Eendracht, bemalen door gemaal De Eendracht
- Galathee, bemalen door gemaal Galathee
- Ooltgensplaat, bemalen door gemaal Het Oude Land

Galathee en Ooltgensplaat ontvangen voor hun gehele gebied wateraanvoer uit het Volkerak. Voor Oude land van Oude Tonge is dat slechts voor 8% van het gebied en voor Eendracht is dat voor 76% van het gebied. Deze percentages zijn afgeleid uit Figuur 16.

Van de gemalen en inlaten van deze vier gebieden zijn wel de capaciteiten achterhaald, maar metingen gedurende de periode 2010 – 2018 zijn niet beschikbaar gekomen. Vergelijking van berekende waarden met metingen is daarom niet uitgevoerd. Voor de waterbalans van het VZM zijn voor de gehele periode dus alleen berekende waterafvoer en wateraanvoer gebruikt.

### Chloride

Tijdens dit onderzoek zijn alleen voor deelgebied Ooltgensplaat in een deel van de rekenperiode (tot en met 2015) chlorideconcentraties van het uitgemalen water beschikbaar gekomen (gebiedsanalyse uit 2018). Voor de andere deelgebieden zijn chloridegehalten voor het uitgemalen water bepaald op basis van veel oudere metingen (peilbesluiten uit 2005). Voor deze drie gebieden is een constant chloridegehalte aangenomen. De chloridegehalten van het ingelaten water zijn bepaald op basis van de daggemiddelde meetwaarden van meetpunt Galathee (Figuur 5).

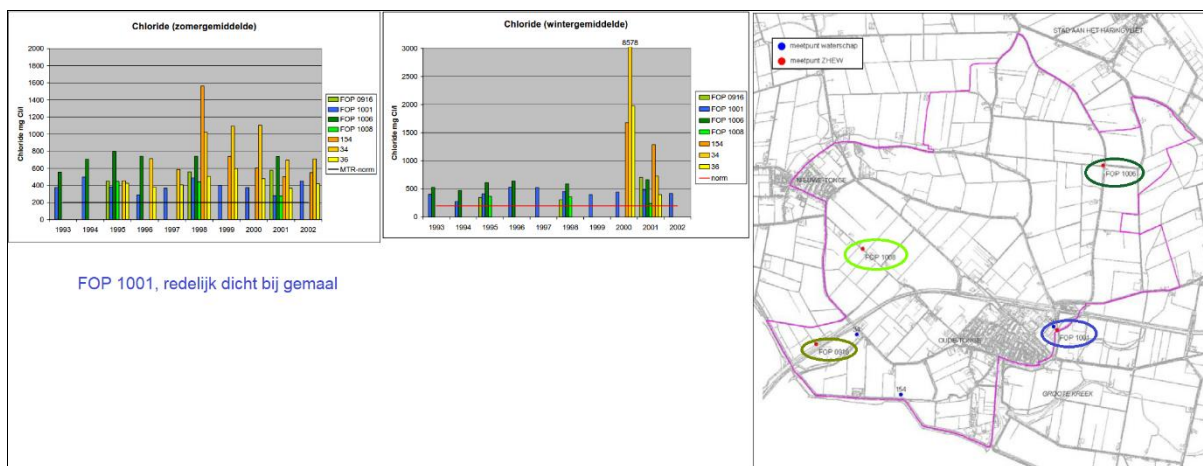
### 2.4.1.1 Deelgebied Oude land van Oude Tonge

#### Gebiedskenmerken:

<b>Oude land van Oude Tonge</b>			
<b>Afvoer De Haas van Dorsser; inlaatduikers Zuiderland en Aymon-Louise</b>			
Totaal oppervlak	2311 ha	Gemaalcapaciteit	267 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	12.7%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	86.3%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	1.0%	• Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.4 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	7%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	26.7 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	182 ha
doorspoeling zomer (100 per halfjaar)	12628 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

#### Chloridegehalten:

Op basis van Figuur 22 is voor het chloridegehalte van het uitgemalen water van gemaal De Haas van Dorsser een constante waarde van 400 mg/l gehanteerd.



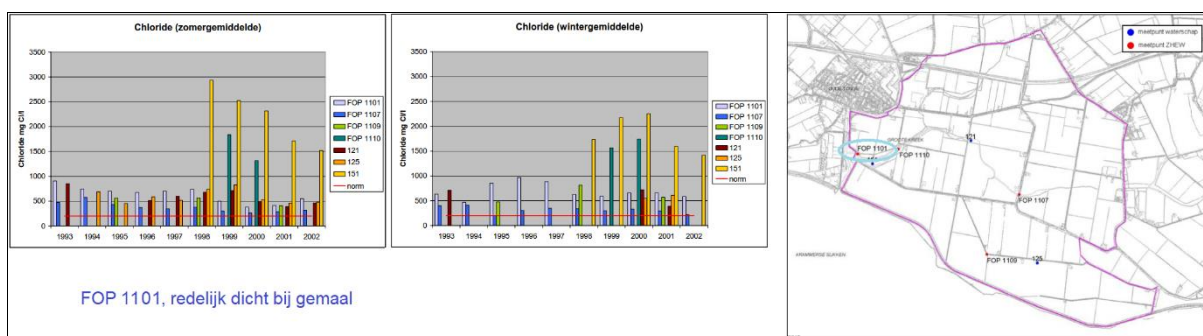
Figuur 22 Chloride metingen voor Oude land van Oude Tonge (Waterschap Goeree-Overflakkee, 2005a). De blauwe kolommen behoren bij de locatie in de blauwe ellips, in de buurt van gemaal De Haas van Dorsser.

### 2.4.1.2 Deelgebied De Eendracht (op Flakkee-oost) Gebiedskenmerken:

De Eendracht			
Afvoer De eendracht; inlaat De Eendracht			
Totaal oppervlak	1579 ha	Gemaalcapaciteit	145 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	5.7%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	93.3%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	1.0%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.4 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	7%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	34.8 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1207 ha
doorspoeling zomer (100 per halfjaar)	8628 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

#### Chloridegehalten:

Op basis van Figuur 23 is voor het chloridegehalte van het uitgemalen water van gemaal De Eendracht een constante waarde van 600 mg/l gehanteerd.



Figuur 23 Chloride metingen voor De Eendracht (Waterschap Goeree-Overflakkee, 2005b). De lichtblauwe kolommen behoren bij de locatie in de lichtblauwe ellips, in de buurt van gemaal De Eendracht.

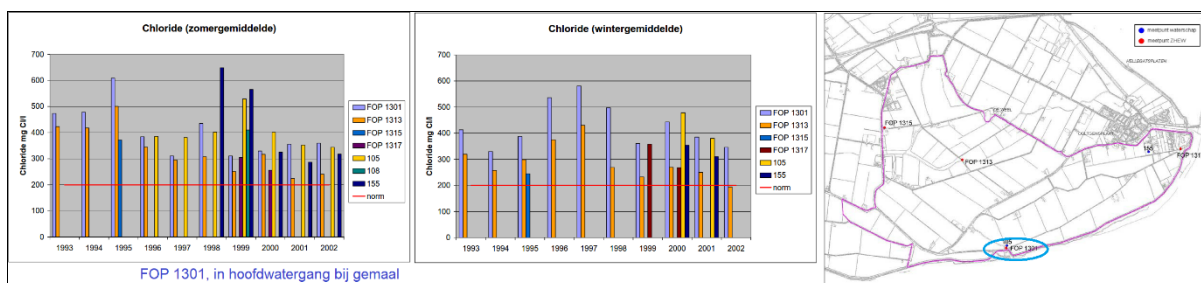
### 2.4.1.3 Deelgebied Galathee

Gebiedskenmerken:

<b>Galathee</b>			
<b>Afvoer Galathee; inlaat Galathee</b>			
Totaal oppervlak	1316 ha	Gemaalcapaciteit	120 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	6.5%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	92.5%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	1.0%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.35 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	7%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	36 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1316 ha
doorspoeling zomer (100 per halfjaar)	7191 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

#### Chloridegehaltenes:

Op basis van Figuur 24 is voor het chloridegehalte van het uitgemalen water van gemaal Galathee een constante waarde van 400 mg/l gehanteerd.



Figuur 24 Chloride metingen voor Galathee (Waterschap Goeree-Overflakkee, 2005c). De blauwe kolommen behoren bij de locatie in de blauwe ellips, in de hoofdwatergang bij gemaal Galathee.

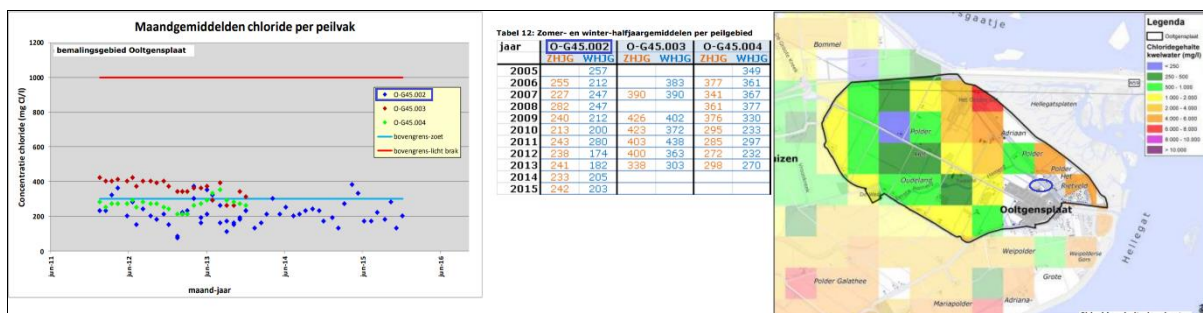
### 2.4.1.4 Deelgebied Ooltgensplaat

Gebiedskenmerken:

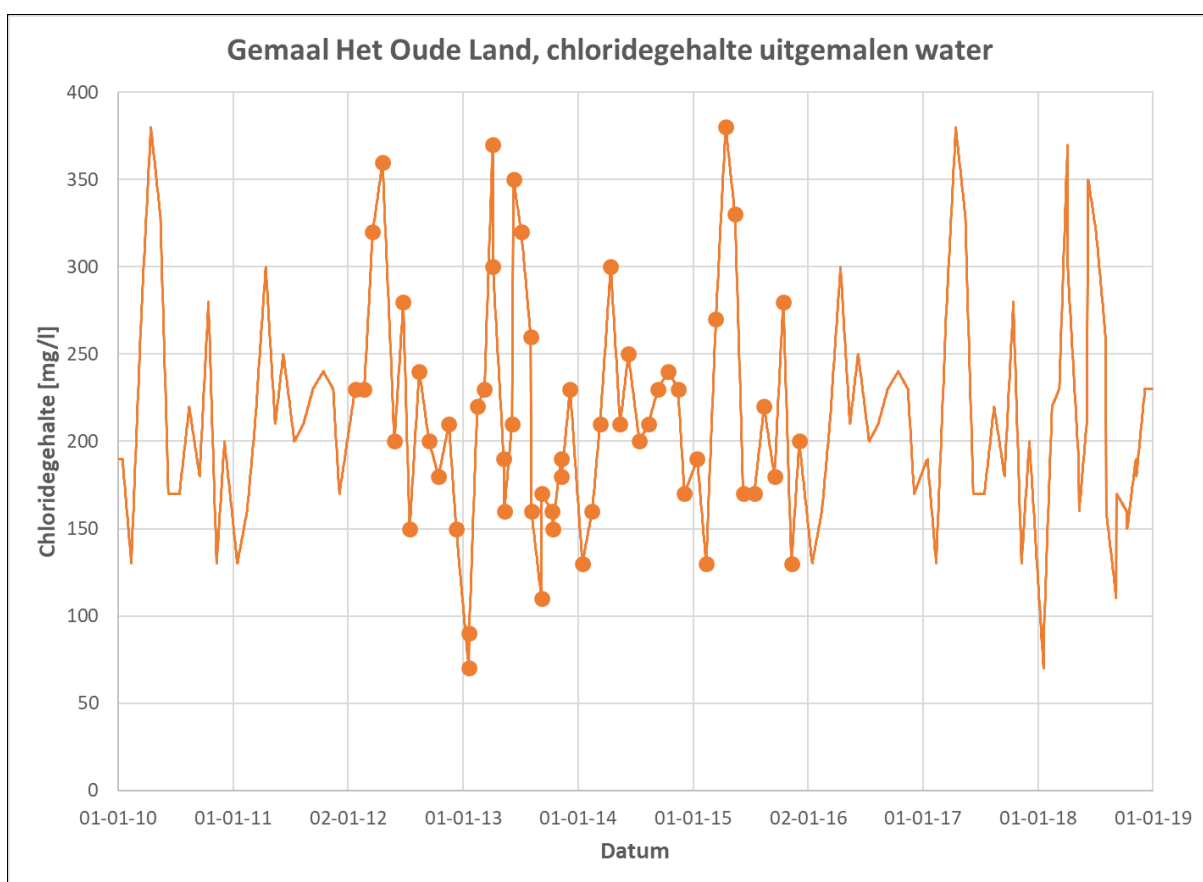
<b>Ooltgensplaat</b>			
<b>Afvoer Het Oude Land; inlaat Het Oude Land en Fort Prins Frederik</b>			
Totaal oppervlak	749 ha	Gemaalcapaciteit	77 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	9.9%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	88.1%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	2.0%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.5 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	8%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.75 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	49 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	749 ha
doorspoeling zomer (100 per halfjaar)	4093 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

### Chloridegehaltes:

Op basis van interpolatie tussen de 56 waarnemingen uit de grafiek in Figuur 25 is voor het chloridegehalte van het uitgemalen water van gemaal Het Oude Land bepaald voor de jaren 2012 tot en met 2015. Voor de andere jaren is steeds een van deze jaren gekopieerd. Dat is gedaan op basis vergelijking van de hoeveelheid neerslag in het zomerhalfjaar.



Figuur 25 Chloride metingen voor Ooltgensplaat (Waterschap Hollandse Delta, 2018). De blauwe punten behoren bij de locatie in de blauwe ellips, in de buurt van gemaal Het Oude Land.

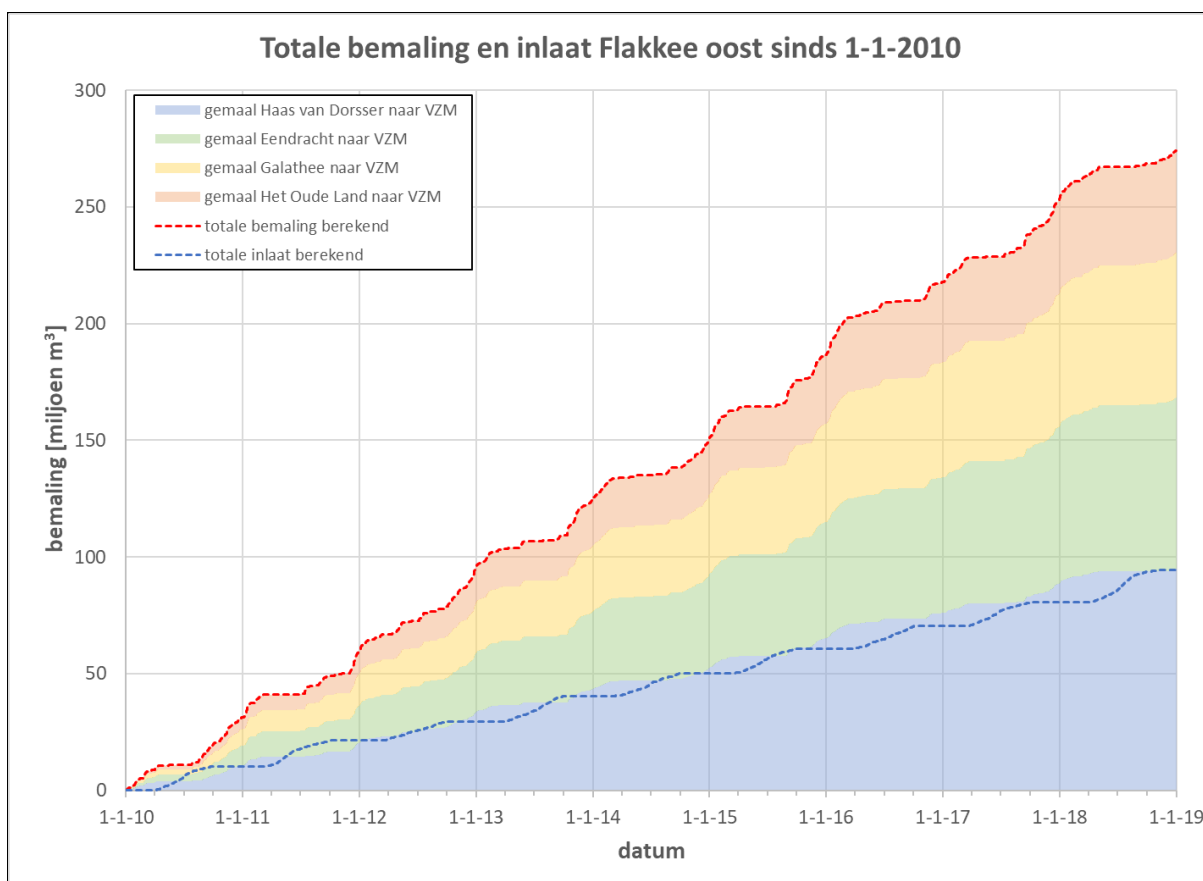


Figuur 26 Gehanteerde chloridegehaltenes voor het uitgemalen water van gemaal Het Oude Land. De punten zijn gemeten waarden. Data uit 2015 zijn gebruikt voor 2010 en 2017. Data uit 2014 zijn gebruikt voor 2011 en 2016. Data uit 2013 zijn gebruikt voor 2018.

#### 2.4.1.5 Wateruitwisseling Flakkee-oost en VZM

Figuur 27 geeft een overzicht van de wateruitwisseling tussen Flakkee-oost en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de waterbalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de debieten van de gemalen Haas van Dorsser (blauw), Eendracht (groen), Galathee (geel) en Het Oude Land (rood).

Het zijn alleen berekende waarden. De rode stippellijn, die de totale berekende bemaling voor Flakkee-oost weergeeft, valt daarom precies samen met de bovengrens van de gekleurde vlakken.



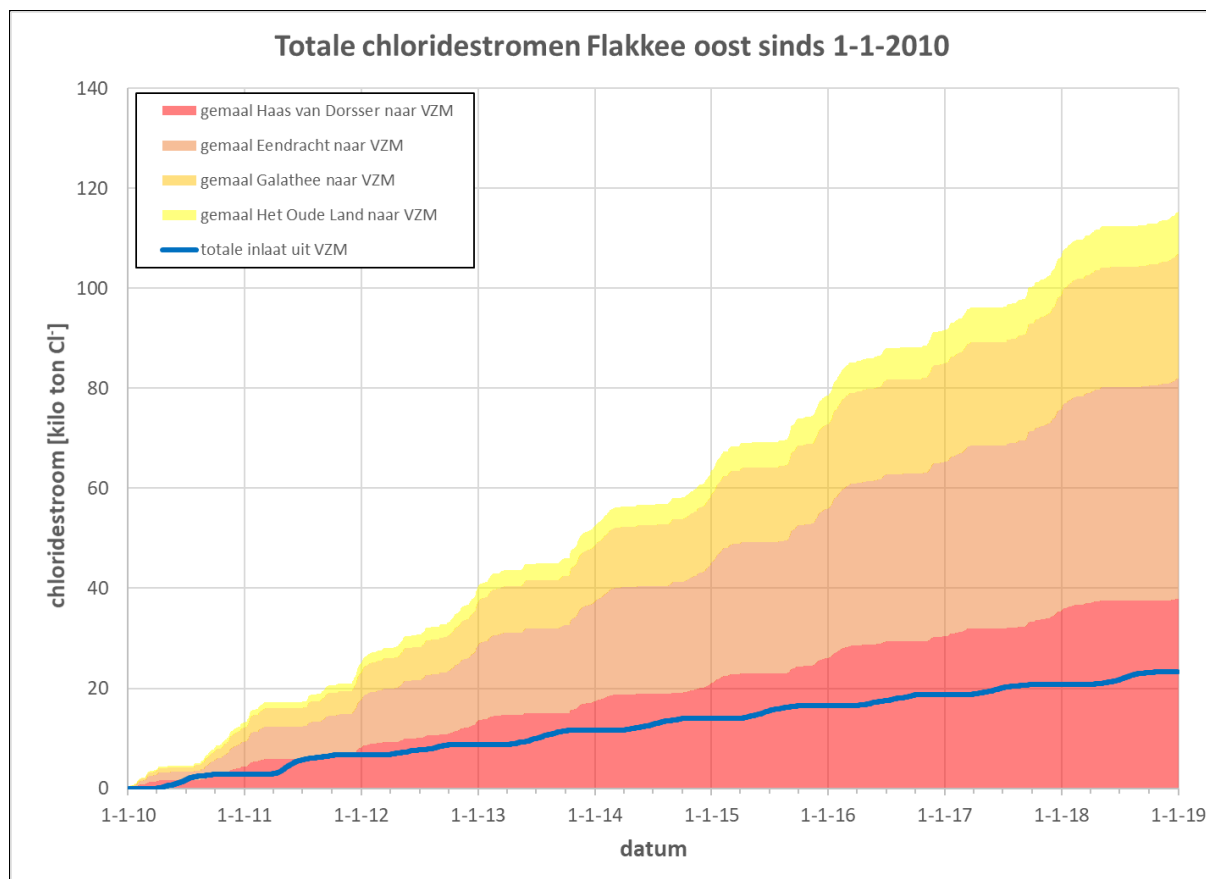
Figuur 27 Debieten sinds 1 januari 2010 voor Flakkee-oost. De rode stippellijn is de totale berekende bemaling, de blauwe stippellijn de totale berekende inlaat. De blauwe, groene, gele en rode vlakken geven de hoeveelheden uitgeslagen water naar het VZM, zoals gebruikt in de waterbalans. De gestippelde blauwe lijn doet hetzelfde voor de totale inlaat uit VZM. De rode stippellijn is de totale berekende bemaling voor Flakkee-oost.

Inlaat voor Flakkee-oost vindt gedeeltelijk plaats uit het VZM (uit het Volkerak). Inlaat metingen ontbreken geheel. Daarom zijn voor de waterbalans van VZM alleen berekende waarden gebruikt. De blauwe stippellijn geeft de totaal berekende inlaat voor Flakkee-oost.

Uit de berekeningen volgt dat er uit Flakkee oost gemiddeld netto ca 20 miljoen m<sup>3</sup>/jaar naar het VZM gepompt wordt. Dat is ruim 0.6 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.4.1.6 Chloride uitwisseling Flakkee-oost en VZM

Figuur 28 geeft een overzicht van de chloride uitwisseling tussen Flakkee-oost en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de chloridebalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de berekende chloridevrachten van de gemalen Haas van Dorsser (donkerrood), Eendracht (lichtrood), Galathee (oranje) en Het Oude Land (geel). De blauwe lijn geeft de hoeveelheid chloride aan, die uit het VZM naar Flakkee-oost is ingelaten.



Figuur 28 Chloridestromen sinds 1 januari 2010 voor Flakkee-oost. De donker en licht rode, oranje en gele vlakken geven de hoeveelheden uitgeslagen chloride naar het VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans. De blauwe lijn doet hetzelfde voor de totale hoeveelheid ingelaten chloride uit VZM.

Uit de berekeningen volgt dat er uit Flakkee oost gemiddeld netto ruim 10 kilo ton Cl<sup>-</sup>/jaar naar het VZM gepompt wordt. Dat is ruim 0.3 kg Cl<sup>-</sup>/s.

## 2.4.2 Polders op Tholen

### Water

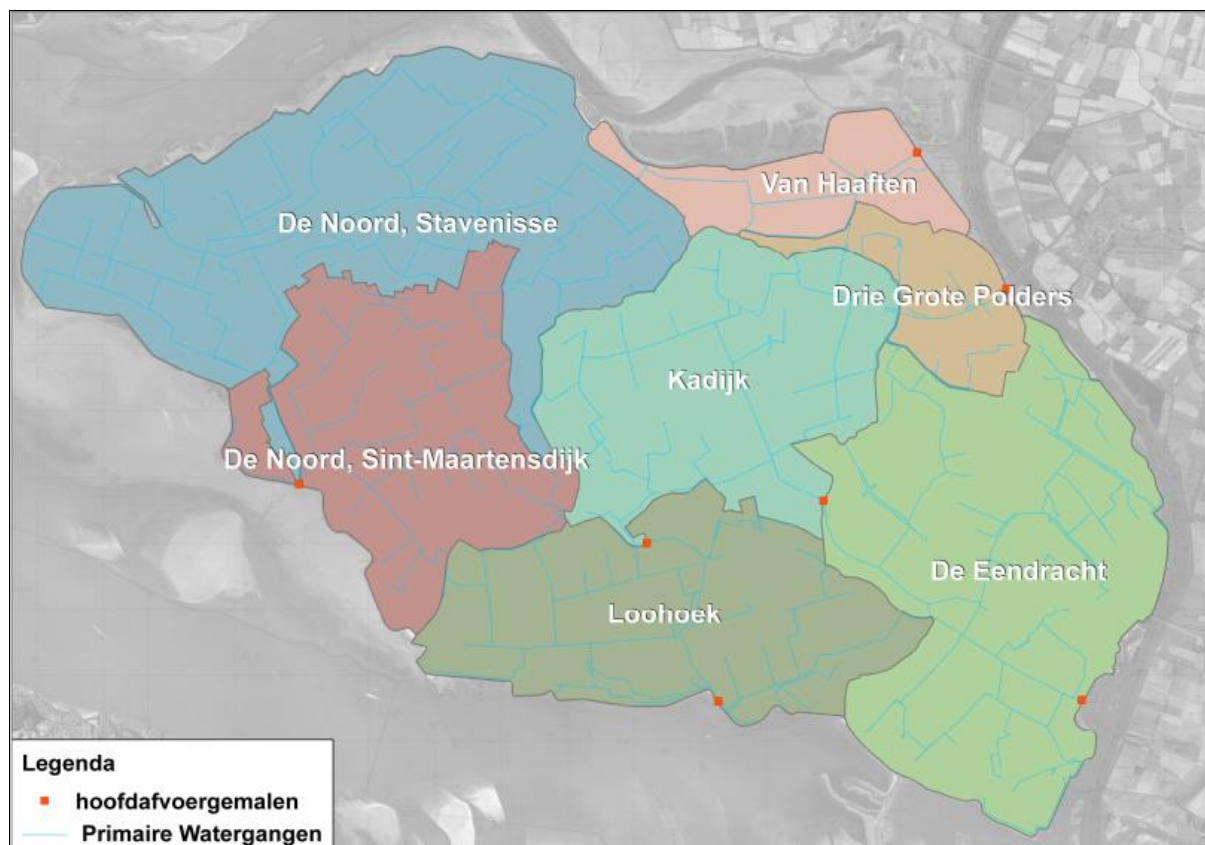
Tholen bevat vier bemalingsgebieden die hun overtollige water deels uitslaan op kanaal De Eendracht:

- Van Haaften, bemalen door gemaal Van Haaften
- Drie Grote Polders, bemalen door gemaal Drie Grote Polders
- De Eendracht, bemalen door gemaal De Eendracht en aflaat naar Drie Grote Polders
- Kadijk, deels bemalen door gemaal Kadijk lozend op bemalingsgebied De Eendracht

Het overige deel van Tholen loost het overtollige water op de Oosterschelde:

- Kadijk, deels bemalen door gemaal Poortvlietsedijk lozend op bemalingsgebied Loohoek
- Loohoek, bemalen door gemaal Loohoek
- De Noord, Stavenisse, bemalen door gemaal De Noord Stavenisse
- De Noord, Sint Maartensdijk, bemalen door gemaal De Noord Sint-Maartensdijk

Figuur 29 geeft een overzicht van de bemalingsgebieden van Tholen. De rode stippen in deze figuur zijn de gemalen. Gemalen De Noord Stavenisse en De Noord Sint-Maartensdijk liggen naast elkaar.



Figuur 29 Afvoergebieden watersysteem Tholen (Deltares, 2013a).

Voor al deze gemalen zijn 15-minuten metingen beschikbaar. Geen van deze tijdreeksen is echter compleet. Voor gemaal Van Haaften zijn debietmetingen beschikbaar vanaf 22 september 2010. Daarna ontbreken nog 25 dagen, waarvan 19 aaneengesloten dagen van 26 februari tot en met 16 maart 2015. De metingen van gemaal Drie Grote Polders zijn pas vanaf 1 januari 2012 beschikbaar. Daarna ontbreken nog slechts 3 dagen. De metingen van pomp 1 van gemaal De Eendracht zijn beschikbaar vanaf 27 mei 2010, die van pomp 2 vanaf 2 oktober 2010. Daarna ontbreken op nog slechts 6 respectievelijk 5 dagen de metingen.

De metingen van gemalen De Noord Stavenisse en Loohoek (beide 2 pompen) zijn nagenoeg compleet. Hier ontbreken op maximaal 6 dagen de waarnemingen. De waarnemingen van gemaal De Noord Sint-Maartensdijks beginnen pas op 1 januari 2013. Daarna ontbreken nog slechts 2 dagen. Omdat al deze gemalen hun water lozen op de Oosterschelde is dat niet van groot belang. De gemeten debieten zijn echter wel vergeleken met de berekende debieten.

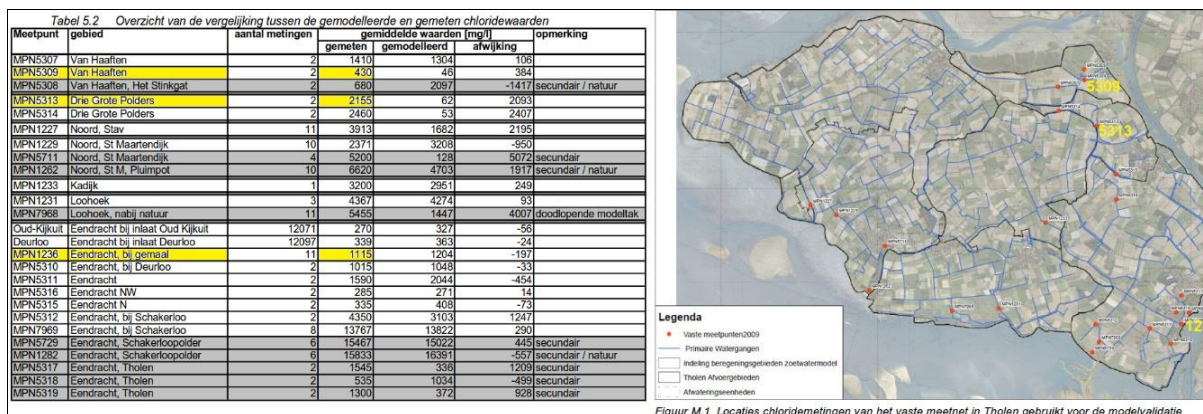
Voor de gemalen Kadijk en Poortvlietsedijk zijn geen maalstaten gebruikt, noch opgevraagd. Het is daarom niet duidelijk of deze bestaan, noch hoe compleet ze zijn. Omdat deze gemalen alleen intern lozen, is dat ook niet van belang voor de waterbalans van VZM. Voor deze interne bemalingen is slechts gebruik gemaakt van berekende waarden.

Geheel Tholen is voor wateraanvoer afhankelijk van 4 inlaten langs kanaal De Eendracht: Inlaat Van Haaften, Inlaat Drie Grote Polders, Inlaat Oud Kijkuit en Inlaat Deurloo (Figuur 21). De inlaatcapaciteiten per deelgebied zijn gebaseerd op de capaciteiten van deze vier inlaten en de oppervlaktes van de deelgebieden die voorzien worden uit elk van deze inlaten. Inlaat Van Haaften (80 m<sup>3</sup>/min) voorziet deelgebieden Van Haaften en De Noord Stavenisse en Sint-Maartensdijk. Inlaat Drie Grote Polders (35 m<sup>3</sup>/min) voorziet deelgebieden Drie Grote Polders en Kadijk. Inlaten Oud Kijkuit en Deurloo (samen 50 m<sup>3</sup>/min) voorziet deelgebieden De Eendracht en Loohoek.

Gedurende 2015 zijn er 15-minuten metingen van deze 4 inlaten beschikbaar gekomen. Voor Inlaat Van Haaften vanaf 26 augustus, voor Inlaat Drie Grote Polders vanaf 7 mei, voor Inlaat Oud Kijkuit vanaf 27 oktober en voor Inlaat Deurloo vanaf 10 juni. Tot die tijd is gebruik gemaakt van berekende inlaten op basis van berekende waterbehoefte en inlaatcapaciteit. In de rest van de periode is slechts gedurende enkele dagen geen meting beschikbaar.

### Chloride

Voor de bepaling van het chloridegehalte van het uitgemalen water naar kanaal De Eendracht is gebruik gemaakt van omgerekende EC metingen in de buurt van de gemalen Van Haaften en Drie Grote Polders en ter plekke van gemaal De Eendracht (Figuur 30).



Figuur 30 Locatie van chloride meetpunten bij de drie gemalen op Tholen (uit Deltares, 2013a).

De 15-minuten metingen zijn voor zover compleet omgerekend naar daggemiddelde EC-waarden. De daggemiddelde EC waarden zijn vervolgens omgerekend naar mg Cl/l volgens de formule:

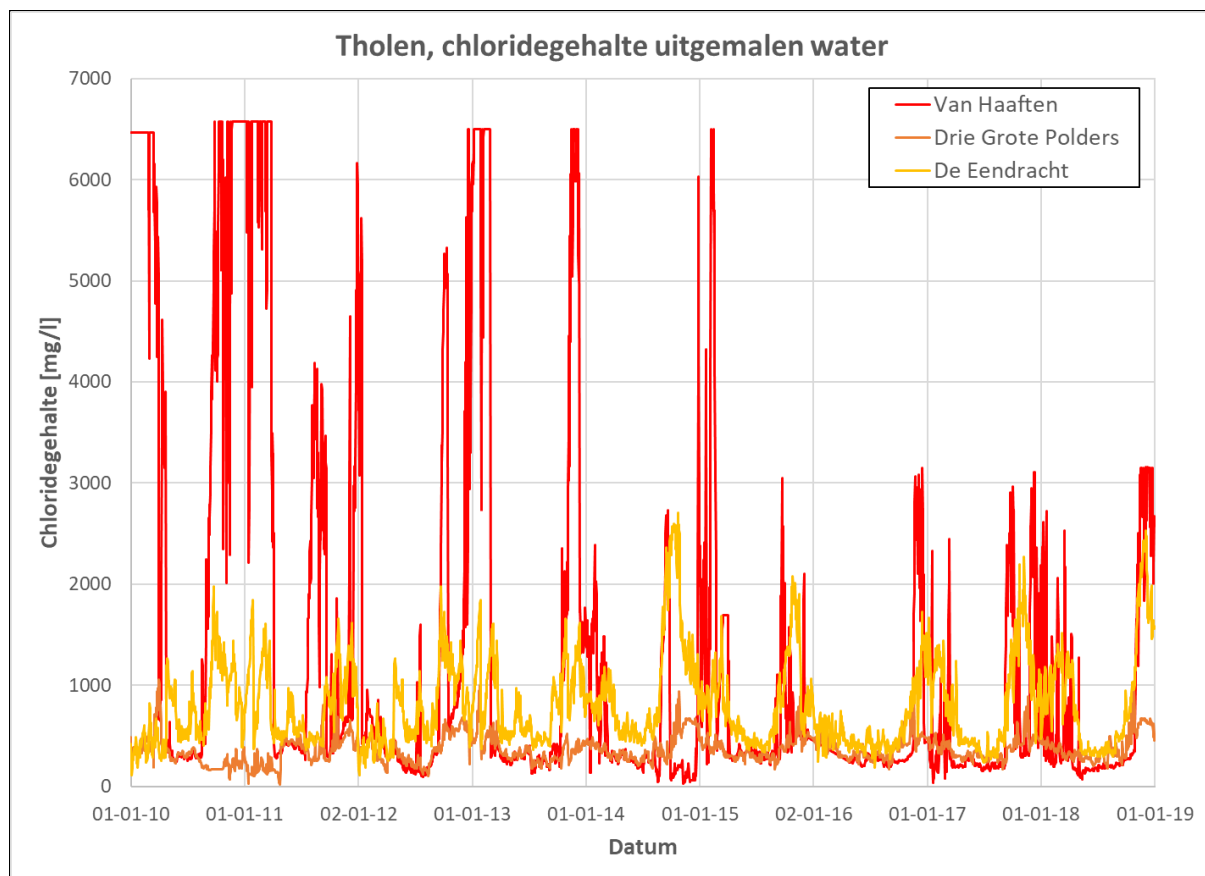
$$Cl [mg/l] = 342.85 \times EC [mS/cm] - 285.71$$

Bij gemaal Van Haaften zijn 15-minuten EC-metingen beschikbaar vanaf 29 maart 2011. De periode daarvoor is 1 EC-meting per dag beschikbaar. Over de gehele periode zijn op 207 dagen geen metingen beschikbaar, waaronder een aaneengesloten periode van 126 dagen van 18 december 2015 tot en met 21 april 2016. Voor gemaal Drie Grote Polders zijn metingen beschikbaar vanaf 3 februari 2010 tot en met 17 december 2015. Op de 33 dagen daarvoor en de 1110 dagen daarna zijn geen metingen beschikbaar. Daarnaast ontbreken nog metingen op 68 dagen. Voor gemaal De Eendracht zijn pas metingen beschikbaar vanaf 1 januari 2012. Daarna ontbreken op nog slechts 12 dagen alle metingen.

Voor gemaal de Eendracht zijn de ontbrekende jaren 2010 en 2011 aangevuld met data uit 2012 en 2013. Voor gemaal Drie Grote Polders is januari 2010 aangevuld met data van januari 2012, zijn 2016 en 2017 aangevuld met data uit 2015 en is 2018 aangevuld met data uit 2014. Alle overige ontbrekende dagwaarden zijn door middel van interpolatie aangevuld. Figuur 31 geeft een overzicht van de gebruikte chloridegehalten. Opvallend is de grote variatie bij gemaal Van Haaften. Voor de chloride balans van VZM zijn deze gehalten aan de debieten van de drie gemalen gekoppeld.

De chloridegehalten van het ingelaten water zijn bepaald op basis van de daggemiddelden van meetpunt Nieuw Vossemeer (Figuur 5).





Figuur 31 Gebruikte chloridegehaltenes voor uitgemaal water van Tholen naar VZM.

#### 2.4.2.1 Deelgebied Kadijk

##### Gebiedskenmerken:

<b>Kadijk</b>			
<b>Afvoer Kadijk en Poortvlietsedijk; inlaat uit deelgebied Drie Grote Polders</b>			
Totaal oppervlak	1755 ha	Gemaalcapaciteit	180 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	5.5%	Afvoer op	Eendracht (132 m <sup>3</sup> /min) Loohoek (48 m <sup>3</sup> /min)
Aandeel landelijk gebied	89.6%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	4.9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> <li>Gemaal Poortvlietsedijk (48 m<sup>3</sup>/min) springt pas bij als capaciteit van gemaal Kadijk (132 m<sup>3</sup>/min) wordt overschreden</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	0.6 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	3%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.75 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	27.0 m <sup>3</sup> /min (77% van inlaatcapaciteit Drie Grote Polders)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1755 ha
doorspoeling zomer (wordt elders uitgelaten)	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehaltenes:

De chloridegehaltenes in het water voor dit deelgebied zijn niet bepaald, omdat het niet in directe verbinding staat met VZM.

## 2.4.2.2 Deelgebied De Eendracht (op Tholen)

### Gebiedskenmerken:

<b>De Eendracht</b>			
<b>Afvoer De Eendracht en aflaat naar Drie Grote Polders; inlaat Oud Kijkuit en Deurloo</b>			
Totaal oppervlak	1579 ha	Gemaalcapaciteit	454 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	5.7%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht (375 m <sup>3</sup> /min) Drie Grote Polders (79 m <sup>3</sup> /min)
Aandeel landelijk gebied	93.7%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	0.6%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> <li>Aflaat naar Drie Grote Polders (79 m<sup>3</sup>/min) springt pas bij als gemaal De Eendracht (375 m<sup>3</sup>/min) op capaciteit draait</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.5 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	30.0 m <sup>3</sup> /min (60% van inlaatcapaciteit Oud Kijkuit + Deurloo)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1579 ha
doorspoeling zomer (401 mm/halfjaar)	34600 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

### Chloridegehaltenes:

De dagelijkse chloridegehaltenes bij gemaal De Eendracht (oranje lijn in Figuur 31) zijn gekoppeld aan de dagelijks uitgemalen waterhoeveelheden naar VZM.

## 2.4.2.3 Deelgebied Drie Grote Polders

### Gebiedskenmerken:

<b>Drie Grote Polders</b>			
<b>Afvoer Drie Grote Polders; inlaat Drie Grote Polders</b>			
Totaal oppervlak	526 ha	Gemaalcapaciteit	139 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	11.4%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht
Aandeel landelijk gebied	83.8%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	4.8%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> <li>79 m<sup>3</sup>/min beschikbaar voor afvoer uit Eendracht, dat afvoert via Drie Grote Polders</li> <li>60 m<sup>3</sup>/min beschikbaar voor afvoer uit Drie Grote Polders</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	8.0 m <sup>3</sup> /min (23% van inlaatcapaciteit Drie Grote Polders)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	526 ha
doorspoeling zomer (wordt elders uitgelaten)	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

### Chloridegehaltenes:

De dagelijkse chloridegehaltenes bij gemaal Drie Grote Polders (oranje-rode lijn in Figuur 31) zijn gekoppeld aan de dagelijks uitgemalen waterhoeveelheden naar VZM.

#### 2.4.2.4 Deelgebied Van Haften

##### Gebiedskenmerken:

<b>Van Haften</b>			
<b>Afvoer Van Haften; inlaat Van Haften</b>			
Totaal oppervlak	547 ha	Gemaalcapaciteit	32 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	5.7%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht
Aandeel landelijk gebied	88.3%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	6.0%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.5 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	8%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	0.2 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	8.8 m <sup>3</sup> /min (11% van inlaatcapaciteit Van Haften)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	547 ha
doorspoeling zomer (wordt elders uitgelaten)	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehaltenes:

De dagelijkse chloridegehaltenes bij gemaal Van Haften (rode lijn in Figuur 31) zijn gekoppeld aan de dagelijks uitgemalen waterhoeveelheden naar VZM.

#### 2.4.2.5 Deelgebied Loohoek

##### Gebiedskenmerken:

<b>Loohoek</b>			
<b>Afvoer Loohoek; inlaat uit deelgebied De Eendracht</b>			
Totaal oppervlak	1764 ha	Gemaalcapaciteit	206 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	10.3%	Afvoer op	Oosterschelde
Aandeel landelijk gebied	80.6%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	9.1%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.5 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	20.0 m <sup>3</sup> /min (40% van inlaatcapaciteit Oud Kijkuit + Deurloo)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1764 ha
doorspoeling zomer (72 mm/halfjaar)	6940 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehaltenes:

De chloridegehaltenes in het water voor dit deelgebied zijn niet bepaald, omdat het niet in directe verbinding staat met VZM.

#### 2.4.2.6 Deelgebied De Noord Stavenisse

##### Gebiedskenmerken:

De Noord Stavenisse			
Afvoer De Noord Stavenisse; inlaat uit deelgebied Van Haaften			
Totaal oppervlak	2883 ha	Gemaalcapaciteit	438 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	9.0%	Afvoer op	Oosterschelde
Aandeel landelijk gebied	86.5%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	4.5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.5 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	8%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	44.8 m <sup>3</sup> /min (56% van inlaatcapaciteit Van Haaften)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	2883 ha
doorspoeling zomer (274 mm/halfjaar)	43166 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehaltenes:

De chloridegehaltenes in het water voor dit deelgebied zijn niet bepaald, omdat het niet in directe verbinding staat met VZM.

#### 2.4.2.7 Deelgebied De Noord Sint-Maartensdijk

##### Gebiedskenmerken:

De Noord Stavenisse			
Afvoer De Noord Sint-Maartensdijk; inlaat uit deelgebied De Noord Stavenisse			
Totaal oppervlak	1700 ha	Gemaalcapaciteit	220 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	11.3%	Afvoer op	Oosterschelde
Aandeel landelijk gebied	82.5%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	6.2%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	26.4 m <sup>3</sup> /min (33% van inlaatcapaciteit Van Haaften)
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1700 ha
doorspoeling zomer (158 mm/halfjaar)	14678 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

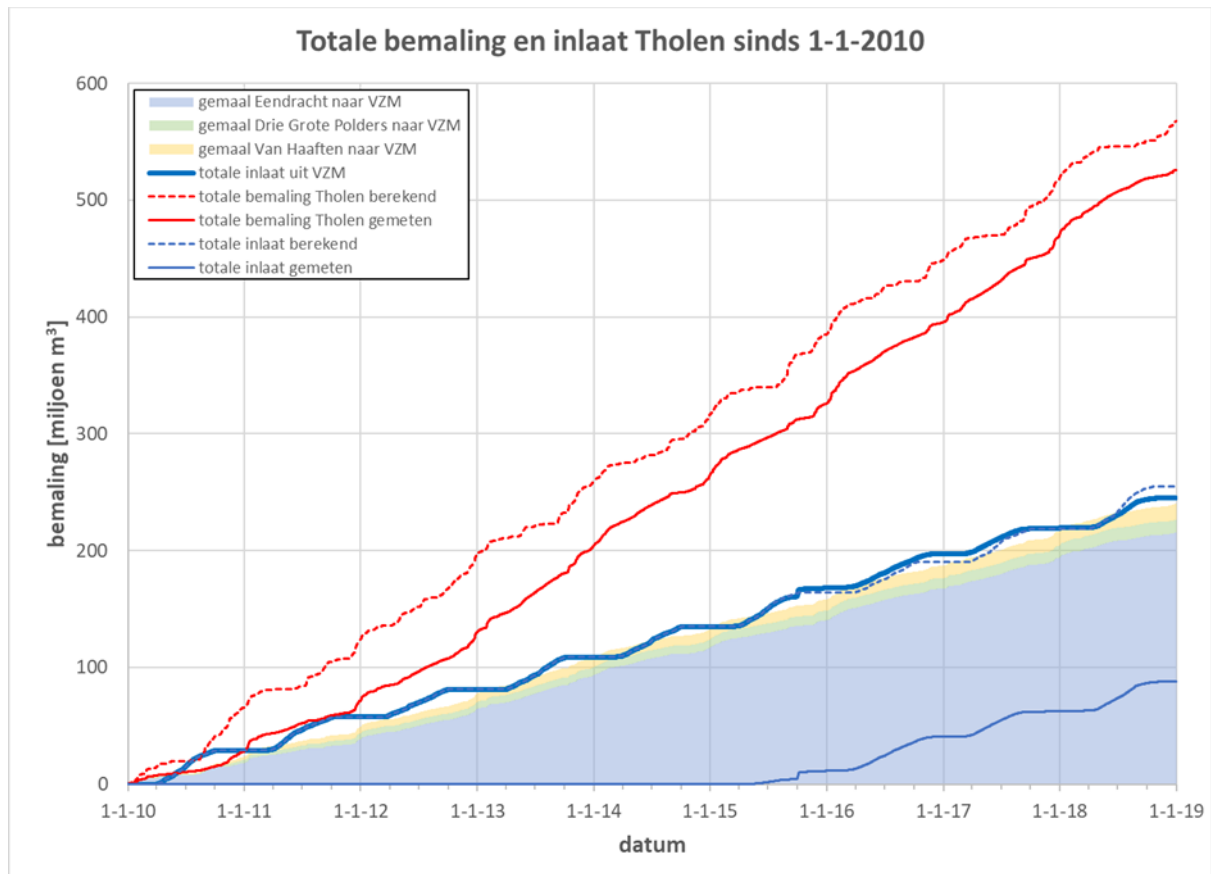
##### Chloridegehaltenes:

De chloridegehaltenes in het water voor dit deelgebied zijn niet bepaald, omdat het niet in directe verbinding staat met VZM.

#### 2.4.2.8 Wateruitwisseling Tholen en VZM

Figuur 32 geeft een overzicht van de wateruitwisseling tussen Tholen en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de waterbalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de debieten van de gemalen De Eendracht (blauw), Drie Grote Polders (groen) en Van Haaften (geel). Het zijn voornamelijk gemeten waarden, aangevuld met berekende waarden. Vooral in het begin van de periode (2010) ontbraken veel metingen. De verschillen tussen de totale berekende bemaling voor Tholen (de rode stippellijn) en de totale gemeten bemaling voor Tholen (rode ononderbroken lijn) zijn daarom vooral in 2010 duidelijk. Daarna lopen berekende en gemeten debieten ongeveer gelijk.

Het verschil tussen de gekleurde vlakken (afvoer naar VZM) en de rode lijnen (totale bemaling) wordt afgevoerd naar de Oosterschelde.



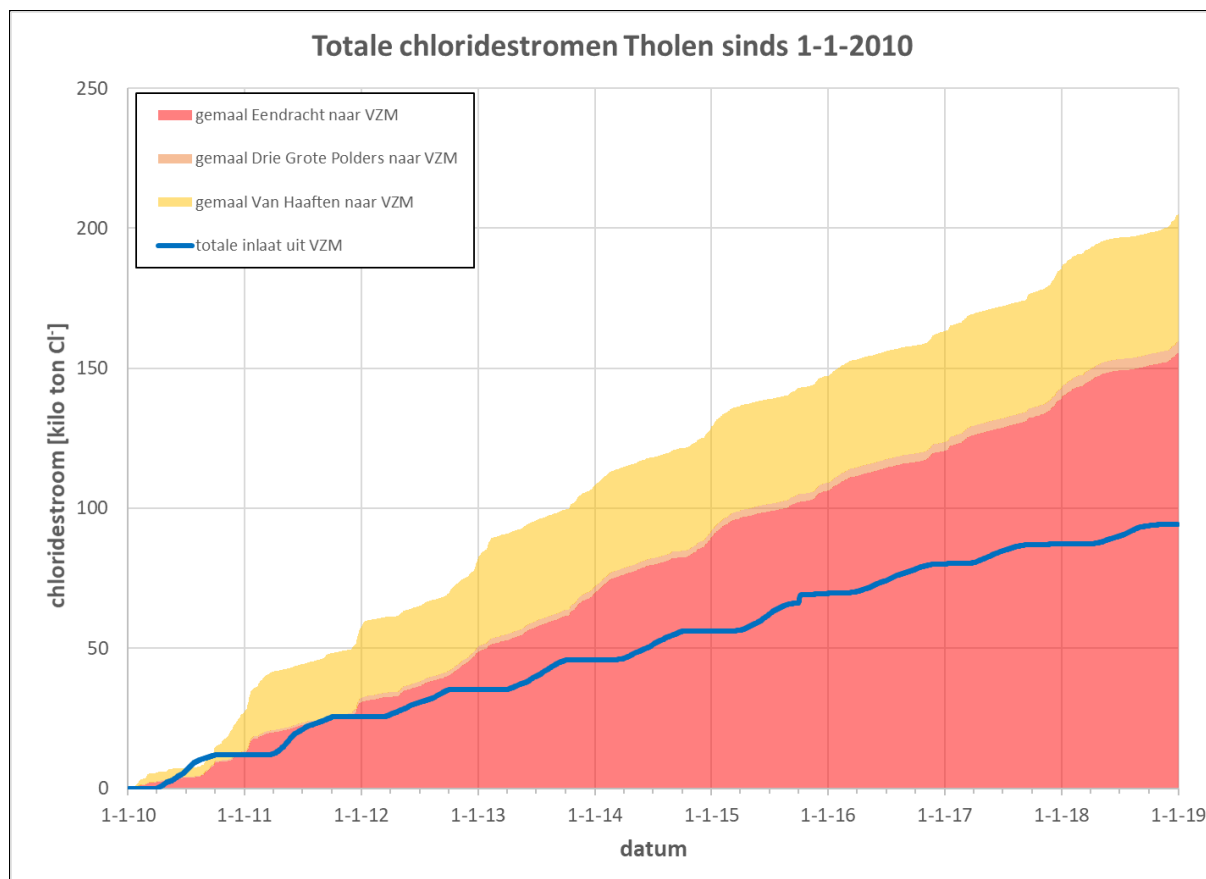
Figuur 32 Debieten sinds 1 januari 2010 voor Tholen. De blauw, groen en gele vlakken geven de hoeveelheden uitgeslagen water naar het VZM, zoals gebruikt in de waterbalans. De dikke blauwe lijn doet hetzelfde voor de totale inlaat uit VZM. De rode stippellijn is de totale berekende bemaling en de rode doorgetrokken lijn de totale gemeten bemaling van Tholen. De blauwe stippellijn de totale berekende inlaat en de dunne blauwe lijn de totale gemeten inlaat naar Tholen.

Inlaat voor geheel Tholen vindt plaats uit het VZM (uit kanaal De Eendracht). Inlaat metingen ontbreken tot halverwege 2015 geheel. Daarom zijn voor de waterbalans van VZM voor die periode alleen berekende waarden gebruikt. Daarna zijn de metingen nagenoeg compleet en zijn op enkele losse dagen na alleen gemeten debieten gebruikt. De dikke blauwe lijn geeft de inlaatdebieten weer die zijn gebruikt voor de waterbalans van VZM. De blauwe stippellijn die de totaal berekende inlaat voor Tholen weergeeft, wijkt pas vanaf halverwege 2015 licht af van deze lijn.

Figuur 32 laat zien dat de hoeveelheden bemaling naar VZM en inlaat uit VZM ongeveer even groot zijn. Uit de berekeningen volgt dat er uit Tholen gemiddeld netto iets meer dan 0.5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar uit het VZM gepompt wordt. Dat is minder dan 0.02 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.4.2.9 Chloride uitwisseling Tholen en VZM

Figuur 33 geeft een overzicht van de chloride uitwisseling tussen Tholen en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de chloridebalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de berekende chloridevrachten van de gemalen De Eendracht (donkerrood), Drie Grote Polders (lichtrood) en Van Haaften (oranje). De blauwe lijn geeft de hoeveelheid chloride aan, die uit het VZM naar Tholen is ingelaten.



Figuur 33 Chloridestromen sinds 1 januari 2010 voor Tholen. De donker en licht rode en oranje vlakken geven de hoeveelheden uitgeslagen chloride naar het VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans. De blauwe lijn doet hetzelfde voor de totale hoeveelheid ingelaten chloride uit VZM.

Opvallend is de relatief grote bijdrage van gemaal Van Haaften aan de chloridebalans, waar de bijdrage aan de waterbalans van dit gemaal vrij klein is. Verder valt op dat waar de hoeveelheden in en uitstromend water elkaar nagenoeg in evenwicht houden, dat voor Chloride duidelijk niet het geval is. Uit de berekeningen volgt dat er uit Tholen gemiddeld netto ruim 12 kilo ton Cl/jaar naar het VZM gepompt wordt. Dat is bijna 0.4 kg Cl/s.

### 2.4.3 Polders op Sint Philipsland

#### Water

Sint Philipsland bevat geen bemalingsgebieden die hun overtollige water uitslaan op het VZM. Het gehele gebied lost het overtollige water via gemaal De Luyster op de Oosterschelde. Figuur 34 geeft een overzicht van het watersysteem van Sint Philipsland.

Net als voor de gemalen van Tholen zijn voor de twee pompen van gemaal De Luyster 15-minuten metingen beschikbaar. Deze tijdreeksen zijn nagenoeg compleet. Voor beide pompen ontbreken op 4 dagen alle waarnemingen. Omdat dit gemaal zijn water lost op de Oosterschelde is dat niet van groot belang voor de waterbalans van VZM. De gemeten debieten zijn echter wel vergeleken met de berekende debieten.



Figuur 34 Watersysteemkaart van Sint Philipsland inclusief stuwen, gemalen, watergangen en stroomrichting in afvoersituatie (Witteveen+Bos, 2019).

Geheel Sint Philipsland is voor wateraanvoer afhankelijk van inlaat Campweg langs kanaal De Eendracht (Figuur 21). Vanaf 27 oktober 2015 zijn er 15-minuten metingen van deze inlaat beschikbaar gekomen. Tot die tijd is gebruik gemaakt van berekende inlaten op basis van berekende waterbehoefte en inlaatcapaciteit. In de rest van de periode is slechts gedurende 2 dagen geen meting beschikbaar.

### Chloride

De bepaling van het chloridegehalte van het uitgemalen water is niet relevant voor de chloridebalans van het VZM. Er is in dit onderzoek daarom geen aandacht besteed aan het chloridegehalte van het oppervlaktewater op Sint Philipsland.

De chloridegehalten van het ingelaten water zijn bepaald op basis van de daggemiddelde meetwaarden van meetpunt Nieuw Vossemeer (Figuur 5).

### 2.4.3.1 Deelgebied Sint Philipsland

#### Gebiedskenmerken:

<b>Sint Philipsland</b>			
<b>Afvoer De Luyster; inlaat Campweg</b>			
Totaal oppervlak	1930 ha	Gemaalcapaciteit	195.4 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	6.0%	Afvoer op	Oosterschelde
Aandeel landelijk gebied	90.3%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	3.7%	• Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.0 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	5%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	22.0 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1930 ha
doorspoeling zomer (200 mm/halfjaar)	21093 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

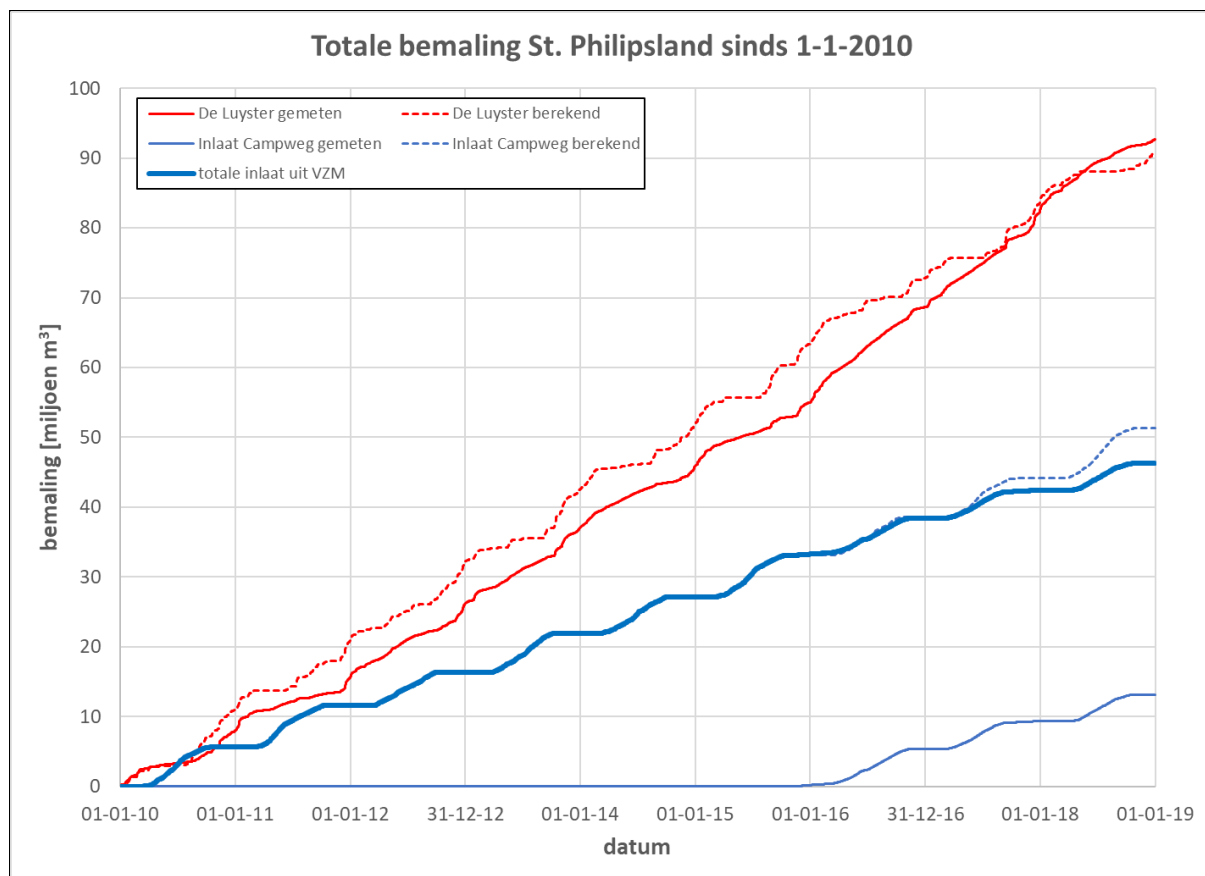
#### Chloridegehaltenes:

De chloridegehaltenes in het water voor dit deelgebied zijn niet bepaald, omdat het zijn overtollig water niet loost op het VZM.

### 2.4.3.2 Wateruitwisseling Sint Philipsland en VZM

Figuur 35 geeft een overzicht van de bemalingen en inlaten voor Sint Philipsland. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. Bemaling vindt plaats naar de Oosterschelde en is dus niet van belang voor de waterbalans van VZM. De verschillen tussen de totale berekende bemaling (de rode stippellijn) en de totale gemeten bemaling (rode ononderbroken lijn) zijn relatief klein.





*Figuur 35 Debieten sinds 1 januari 2010 voor Sint Philipsland. De dikke blauwe lijn geeft de hoeveelheden ingelaten water uit het VZM, zoals gebruikt in de waterbalans voor VZM. De rode stippellijn is de totale berekende bemaling en de rode doorgetrokken lijn de totale gemeten bemaling van Sint Philipsland. De blauwe stippellijn de totale berekende inlaat en de dunne blauwe lijn de totale gemeten inlaat naar Sint Philipsland.*

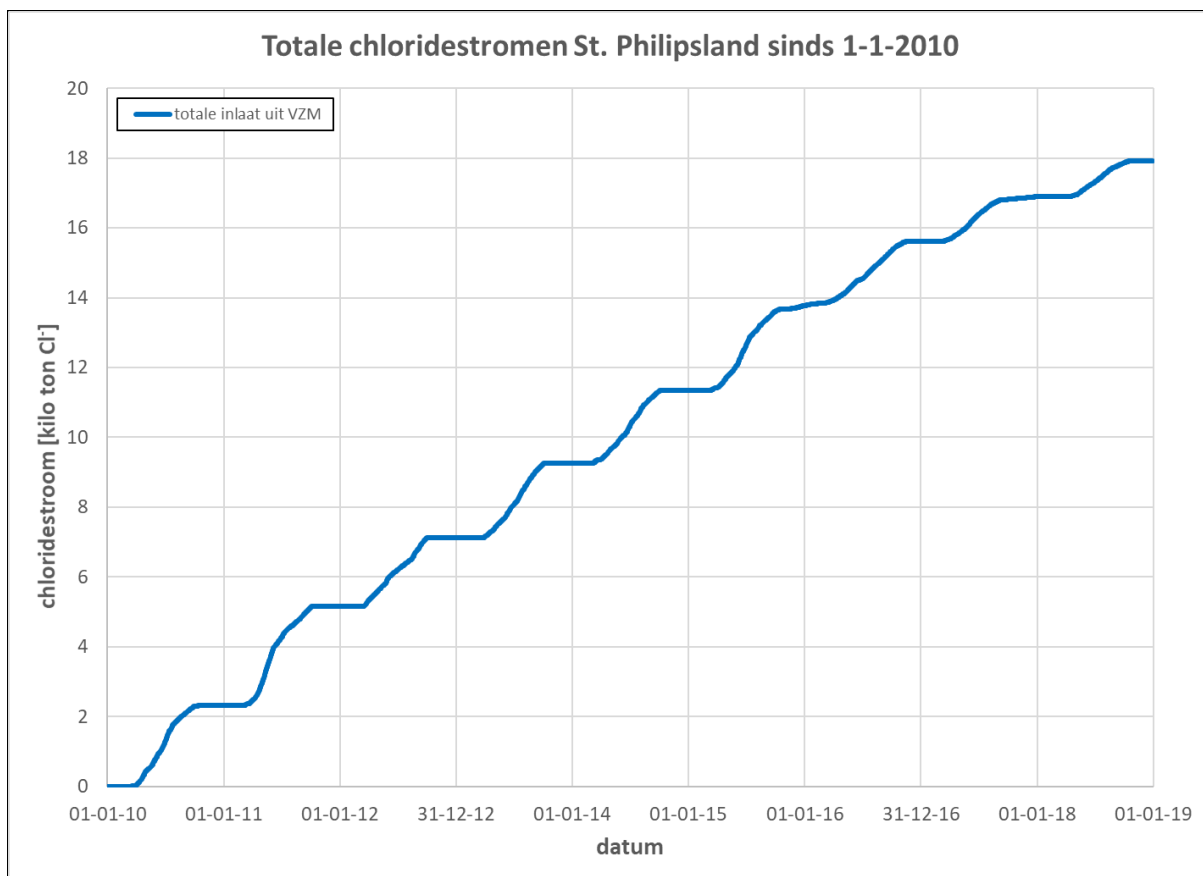
Inlaat voor Sint Philipsland vindt plaats uit het VZM (uit kanaal De Eendracht). Inlaat metingen ontbreken tot eind 2015 geheel. Daarom zijn voor de waterbalans van VZM voor die periode alleen berekende waarden gebruikt. Daarna zijn de metingen nagenoeg compleet en zijn op enkele losse dagen na alleen gemeten debieten gebruikt.

De dikke blauwe lijn geeft de inlaatdebieten weer die zijn gebruikt voor de waterbalans van VZM. De blauwe stippellijn die de totaal berekende inlaat voor Sint Philipsland weergeeft, is tot halverwege 2017 nagenoeg identiek aan de gemeten inlaat. Daarna is de berekende inlaat duidelijk wat hoger dan de gemeten inlaat. Dat was ook voor de totale inlaat op Tholen het geval. Mogelijke oorzaak daarvan kan zijn dat er in deze relatief droge zomers (vooral 2018) inlaat beperkingen zijn opgelegd. Opmerkelijk feit is namelijk dat er voor Sint Philipsland in 2016 met 5.2 miljoen m<sup>3</sup> veel meer inlaat gemeten is dan in 2017 (4.0 miljoen m<sup>3</sup>) en in 2018 (3.8 miljoen m<sup>3</sup>). Voor Tholen zijn deze verhoudingen tussen deze drie jaren met respectievelijk 29.4, 21.7 en 25.4 miljoen m<sup>3</sup> vergelijkbaar.

Uit de berekeningen volgt dat er vanuit het VZM gemiddeld iets meer dan 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar naar Sint Philipsland ingelaten wordt. Dat is iets meer dan 0.16 m<sup>3</sup>/s.

### 2.4.3.3 Chloride uitwisseling Sint Philipsland en VZM

Figuur 36 geeft een overzicht van de chloride uitwisseling tussen Sint Philipsland en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de chloridebalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De blauwe lijn geeft de hoeveelheid chloride aan, die uit het VZM naar Sint Philipsland is ingelaten. Er is geen chloridestroom vanuit Sint Philipsland naar het VZM.



*Figuur 36 Chloridestromen sinds 1 januari 2010 voor Sint Philipsland. De blauwe lijn geeft de hoeveelheid ingelaten chloride uit VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans.*

Uit de berekeningen volgt dat er gemiddeld netto bijna 2 kilo ton Cl<sup>-</sup>/jaar uit het VZM naar Sint Philipsland ingelaten wordt. Dat is iets meer dan 0.06 kg Cl<sup>-</sup>/s.

#### 2.4.4 Reigersbergse polder

##### Water

De Reigersbergse polder is geen bemalingsgebied dat zijn overtollige water uitslaat op het VZM. Het gebied loost onder vrij verval op de Westerschelde. Figuur 37 geeft een overzicht van het gebied.

Er zijn geen afvoermetingen beschikbaar. Omdat dit gebied zijn water loost op de Westerschelde is dat niet van groot belang voor de waterbalans van VZM.



Figuur 37 Overzichtskaart van de Reigersbergse polder en een deel van de Tweede Bathpolder met hun functionele areaalindeling. De rode ster geeft de locatie van het inlaatgemaal aan (Projectgroep Water uit de Wal, 2012).

De Reigersbergse polder is voor wateraanvoer afhankelijk van inlaatgemaal Rilland langs het Bathse Spuikanaal (Figuur 21). Van dit gemaal zijn geen meetreeksen beschikbaar. Daarom is voor de waterbalans van VZM voor dit gebied alleen gewerkt met berekende inlaatdebieten.

### Chloride

De bepaling van het chloridegehalte van het uitgemaal water is niet relevant voor de chloridebalans van het VZM. Er is in dit onderzoek daarom geen aandacht besteed aan het chloridegehalte van het oppervlaktewater in de Reigersbergse polder.

De chloridegehalten van het ingelaten water zijn bepaald op basis van de daggemiddelde meetwaarden van meetpunt Bathse brug (Figuur 5).

#### 2.4.4.1 Deelgebied Reigersbergse polder

##### Gebiedskenmerken:

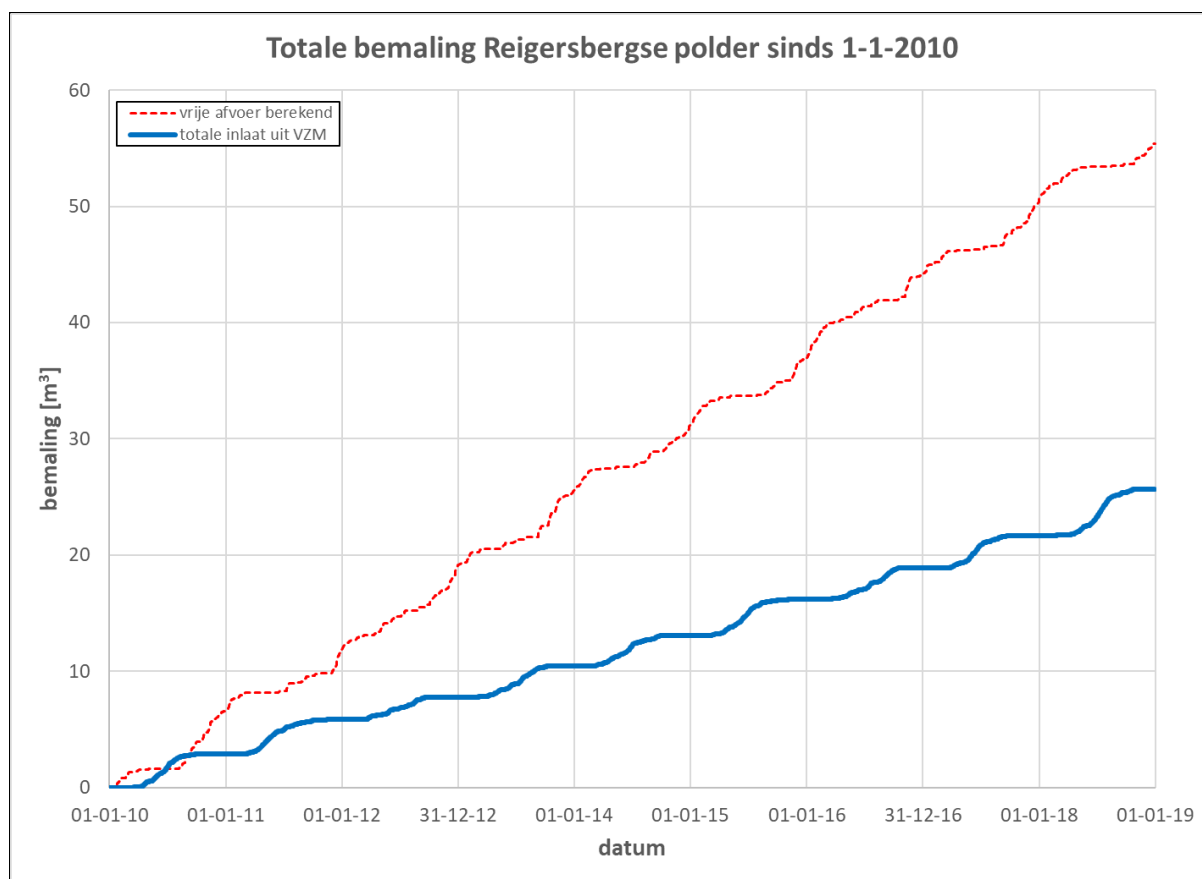
Reigersbergse polder Afvoer onder vrij verval; inlaat Rilland			
Totaal oppervlak	1248 ha	Afvoercapaciteit	121.33 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	13.3%	Afvoer op	Westerschelde
Aandeel landelijk gebied	85.0%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	1.7%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoercapaciteit ingeschat op basis van 14 mm/dag voor 1248 ha</li> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.0 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	5%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	27.0 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1248 ha
doorspoeling zomer (60 mm/halfjaar)	4092 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehaltenes:

De chloridegehaltenes in het water voor dit deelgebied zijn niet bepaald, omdat het zijn overtollig water niet lost op het VZM.

#### 2.4.4.2 Wateruitwisseling Reigersbergse polder en VZM

Figuur 38 geeft een overzicht van de bemalingen en inlaten voor Reigersbergse polder. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. Afvoer vindt plaats naar de Westerschelde en is dus niet van belang voor de waterbalans van VZM.



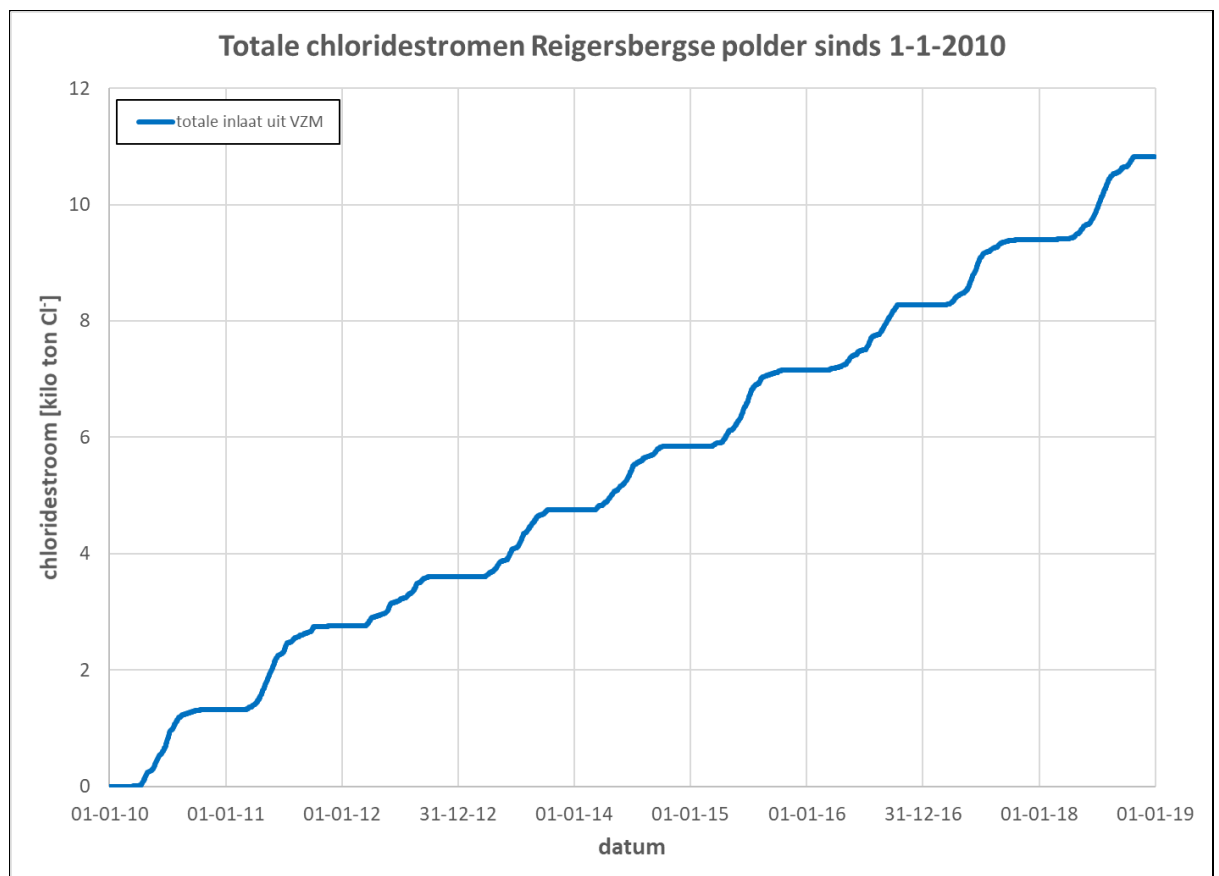
Figuur 38 Debieten sinds 1 januari 2010 voor de Reigersbergse polder. De dikke blauwe lijn geeft de hoeveelheden ingelaten water uit het VZM, zoals gebruikt in de waterbalans voor VZM. De rode stippellijn is de totale berekende afvoer.

Inlaat voor de Reigersbergse polder vindt plaats uit het VZM (uit het Bathse Spuikanaal). Inlaat metingen ontbreken. Daarom zijn voor de waterbalans van VZM alleen berekende waarden gebruikt. De dikke blauwe lijn geeft de berekende inlaatdebieten weer die zijn gebruikt voor de waterbalans van VZM.

Uit de berekeningen volgt dat er vanuit het VZM gemiddeld iets minder dan 3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar naar de Reigersbergse polder ingelaten wordt. Dat is iets meer dan 0.09 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.4.4.3 Chloride uitwisseling Reigersbergse polder en VZM

Figuur 39 geeft een overzicht van de chloride uitwisseling tussen de Reigersbergse polder en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de chloridebalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De blauwe lijn geeft de hoeveelheid chloride aan, die uit het VZM naar de Reigersbergse polder is ingelaten. Er is geen chloridestroom vanuit de Reigersbergse polder naar het VZM.



Figuur 39 Chloridestromen sinds 1 januari 2010 voor de Reigersbergse polder. De blauwe lijn geeft de hoeveelheid ingelaten chloride uit VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans.

Uit de berekeningen volgt dat er gemiddeld netto ruim 1.2 kilo ton Cl<sup>-</sup>/jaar uit het VZM naar de Reigersbergse polder ingelaten wordt. Dat is iets minder dan 0.04 kg Cl<sup>-</sup>/s.

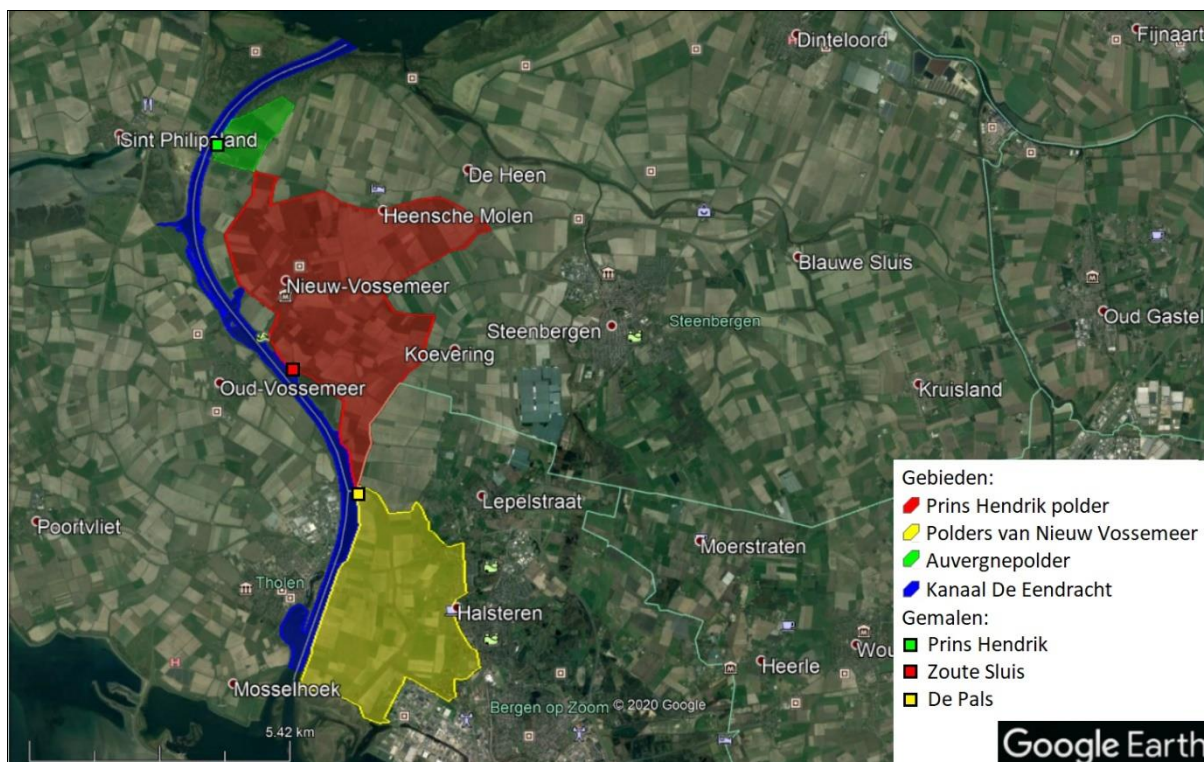
#### 2.4.5 PAN polders

##### Water

De PAN polders zijn drie bemalingsgebieden die hun overtollige water uitslaan op kanaal De Eendracht:

- Prins Hendrik polder (oost), bemalen door gemaal Prins Hendrik
- Polders van Nieuw Vossemeer, bemalen door gemaal Zoute Sluis
- Auvergnepolder, bemalen door gemaal De Pals

Figuur 40 geeft een overzicht van de bemalingsgebieden van de PAN polders. De gekleurde vierkantjes in deze figuur zijn de gemalen. De drie gebieden malen hun overtollig water uit op kanaal De Eendracht. Ook de waterinlaat komt voor het grootste deel uit kanaal De Eendracht (Figuur 21). De inlaat van de Prins Hendrikpolder, die niet op deze figuur staat vermeld zit bij het gemaal.



Figuur 40 Locatie PAN polders en afvoergemalen.

Van de gemalen en inlaten van deze drie gebieden zijn wel de capaciteiten achterhaald, maar metingen gedurende de periode 2010 – 2018 zijn niet beschikbaar gekomen. Vergelijking van berekende waarden met metingen is daarom niet uitgevoerd. Voor de waterbalans van het VZM zijn voor de gehele periode dus alleen berekende waterafvoer en wateraanvoer gebruikt.

### Chloride

Voor de bepaling van het chloridegehalte van het uitgemalen water naar kanaal De Eendracht is gebruik gemaakt op basis van zomergemiddelden uit de Watersysteemanalyse Rietkreek-Lange Water (Arcadis, 2019b). Tabel 5 geeft een overzicht van de beschikbare waarden.

Tabel 5 Zomergemiddelde chloridegehalten [mg/l]

Meetpunt	Locatie	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
890201	Gemaal De Pals	195	207	137	148	162	162	155	148
890302	De Kreek	325	292	188	139	228	187	169	213

Meetpunt De Kreek is gebruikt voor het chloridegehalte van het uitgemalen water van de Polders van Nieuw Vossemeer. Voor het uitgemalen water van de Prins Hendrik polder zijn de waarden van gemaal De Pals gebruikt.

De waarden uit deze tabel zijn gebruikt in de maanden april tot en met september. Voor de overige maanden is 90% van de waarde van het laagste zomergemiddelde gebruikt. Voor 2018 zijn de waarden van 2017 gebruikt.

De chloridegehalten van het ingelaten water zijn bepaald op basis van de daggemiddelde meetwaarden van meetpunt Nieuw Vossemeer (Figuur 5).

#### 2.4.5.1 Deelgebied Prins Hendrik polder (oost)

##### Gebiedskenmerken:

<b>Prins Hendrik polder (oost)</b>			
<b>Afvoer Prins Hendrik; inlaat onder vrij verval bij Prins Hendrik gemaal</b>			
Totaal oppervlak	130 ha	Gemaalcapaciteit	12 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	4.6%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht
Aandeel landelijk gebied	91.5%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	3.9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	0 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	22.2 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	130 ha
doorspoeling zomer (85 mm/half jaar)	604 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehalten:

Het uitgemalen water van de Prins Hendrik polder is gekoppeld aan de zomergemiddelde chloridegehalten van gemaal De Pals (zie Tabel 5 en bijstaande beschrijving). Het ingelaten water krijgt de gemeten chloridegehalten van meetpunt Nieuw Vossemeer.

#### 2.4.5.2 Deelgebied Polders van Nieuw Vossemeer

##### Gebiedskenmerken:

<b>Polders van Nieuw Vossemeer</b>			
<b>Afvoer Zoute Sluis; inlaat onder vrij verval</b>			
Totaal oppervlak	1510 ha	Gemaalcapaciteit	128 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	4.0%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht
Aandeel landelijk gebied	92.2%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	3.8%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.05 mm/d		
AWZI	675 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	94.8 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1510 ha
doorspoeling zomer (85 mm/halfjaar)	7014 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

##### Chloridegehalten:

Het uitgemalen water van de Polders van Nieuw Vossemeer is gekoppeld aan de zomergemiddelde chloridegehalten van meetpunt De Kreek (zie Tabel 5 en bijstaande beschrijving). Het ingelaten water krijgt de gemeten chloridegehalten van meetpunt Nieuw Vossemeer.

### 2.4.5.3 Deelgebied Auvergnepolder

#### Gebiedskenmerken:

<b>Auvergnepolder</b>			
<b>Afvoer De Pals; inlaat onder vrij verval</b>			
Totaal oppervlak	1060 ha	Gemaalcapaciteit	139 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	4.0%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht
Aandeel landelijk gebied	92.2%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	3.8%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.2 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	6%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	2850 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	47.4 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1060 ha
doorspoeling zomer (85 mm/half jaar)	4923 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

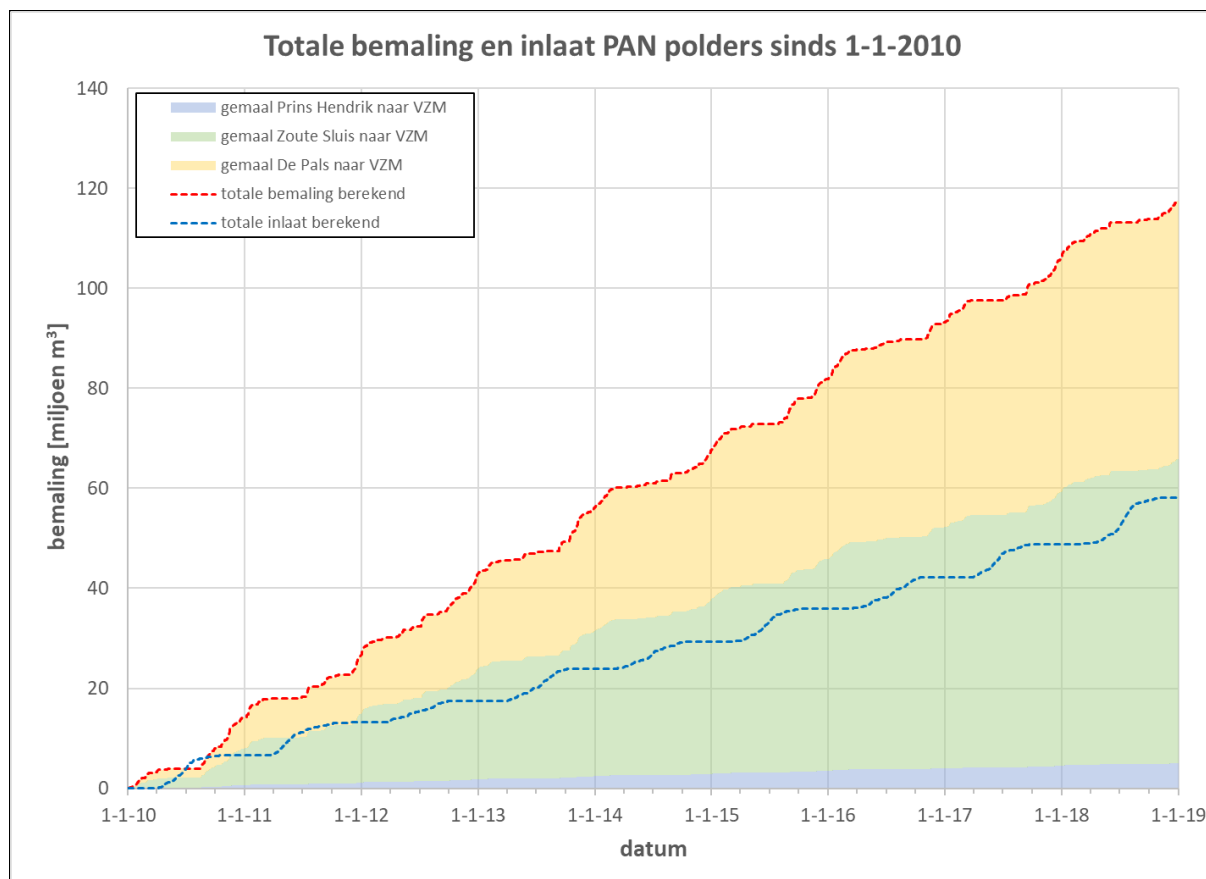
#### Chloridegehalten:

Het uitgemalen water van de Auvergnepolder is gekoppeld aan de zomergemiddelde chloridegehalten van meetpunt De Pals (zie Tabel 5 en bijstaande beschrijving). Het ingelaten water krijgt de gemeten chloridegehalten van meetpunt Nieuw Vossemeer.

### 2.4.5.4 Wateruitwisseling PAN polders en VZM

Figuur 41 geeft een overzicht van de wateruitwisseling tussen de PAN polder en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de waterbalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de debieten van de gemalen Prins Hendrik (blauw), Zoute Sluis (groen) en De Pals (geel). Het zijn alleen berekende waarden.





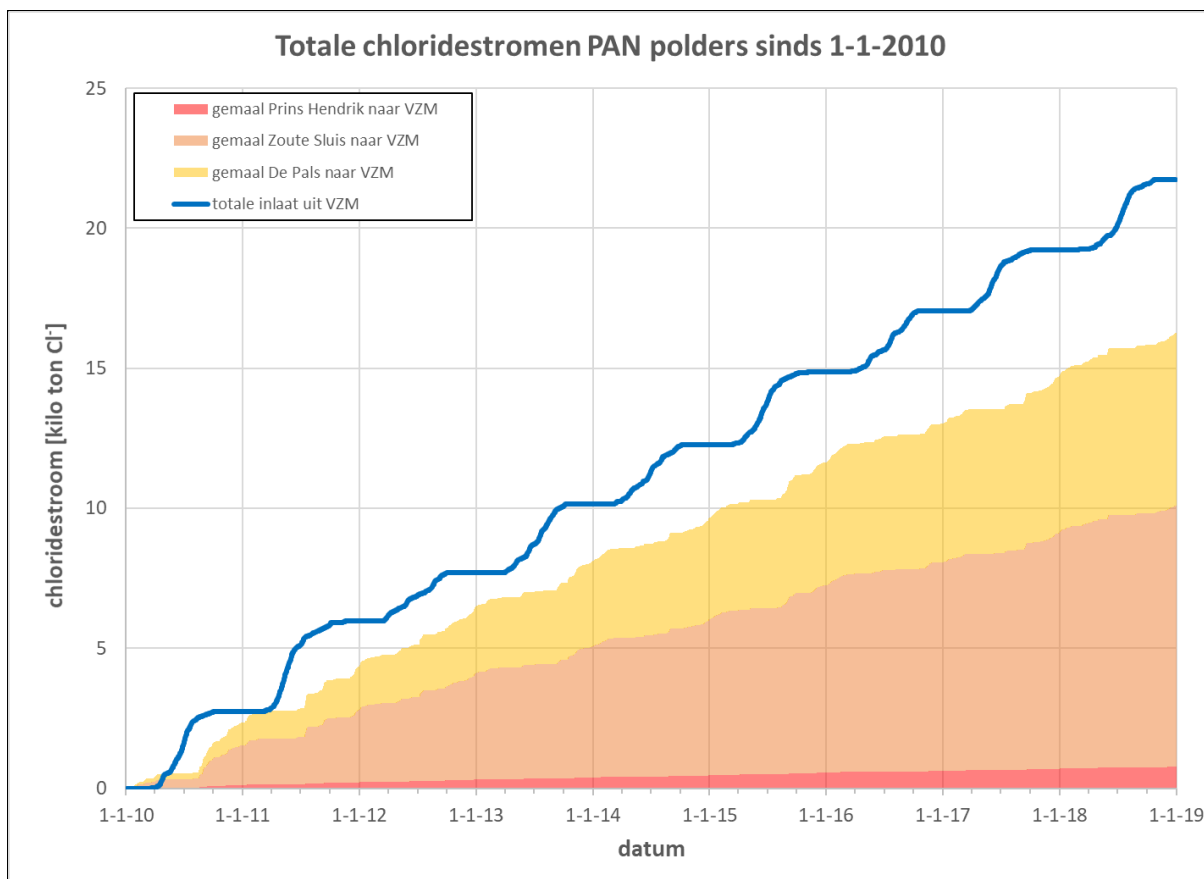
Figuur 41 Debieten sinds 1 januari 2010 voor de PAN polders. De blauw, groen en gele vlakken geven de hoeveelheden uitgeslagen water naar het VZM, zoals gebruikt in de waterbalans. De gestippelde blauwe lijn doet hetzelfde voor de totale inlaat uit VZM. De rode stippellijn is de totale berekende bemaling.

Inlaat voor de PAN polders vindt voornamelijk plaats uit het VZM (uit kanaal De Eendracht). Inlaat metingen ontbreken geheel. Daarom zijn voor de waterbalans van VZM alleen berekende waarden gebruikt. De blauwe stippellijn geeft de totaal berekende inlaat voor de PAN polders weer. Deze inlaatdebieten zijn gebruikt voor de waterbalans van VZM.

Figuur 41 laat zien dat de hoeveelheden bemaling naar VZM ongeveer 2 keer zo groot is als de inlaat uit VZM. Uit de berekeningen volgt dat er uit de PAN polders gemiddeld netto iets meer dan 6.6 miljoen m<sup>3</sup>/jaar naar het VZM gepompt wordt. Dat is ruim 0.2 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.4.5.5 Chloride uitwisseling PAN polders en VZM

Figuur 42 geeft een overzicht van de chloride uitwisseling tussen de PAN polders en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de chloridebalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de berekende chloridevrachten van de gemalen Prins Hendrik (donkerrood), Zoute Sluis (lichtrood) en De Pals (oranje). De blauwe lijn geeft de hoeveelheid chloride aan, die uit het VZM naar de PAN polders is ingelaten.



Figuur 42 Chloridestromen sinds 1 januari 2010 voor de PAN polders. De donker en licht rode en oranje vlakken geven de hoeveelheden uitgeslagen chloride naar het VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans. De blauwe lijn doet hetzelfde voor de totale hoeveelheid ingelaten chloride uit VZM.

Opvallend is dat de instromende hoeveelheid chloride groter is dan de uitstromende hoeveelheid, waar dit bij de waterstromen omgekeerd is. Uit de berekeningen volgt dat er uit de PAN polders gemiddeld neto ruim 0.6 kilo ton Cl<sup>-</sup>/jaar naar het VZM gepompt wordt. Dat is bijna 0.02 kg Cl<sup>-</sup>/s.

#### 2.4.6 Vrij-afwaterende buitendijkse gebieden

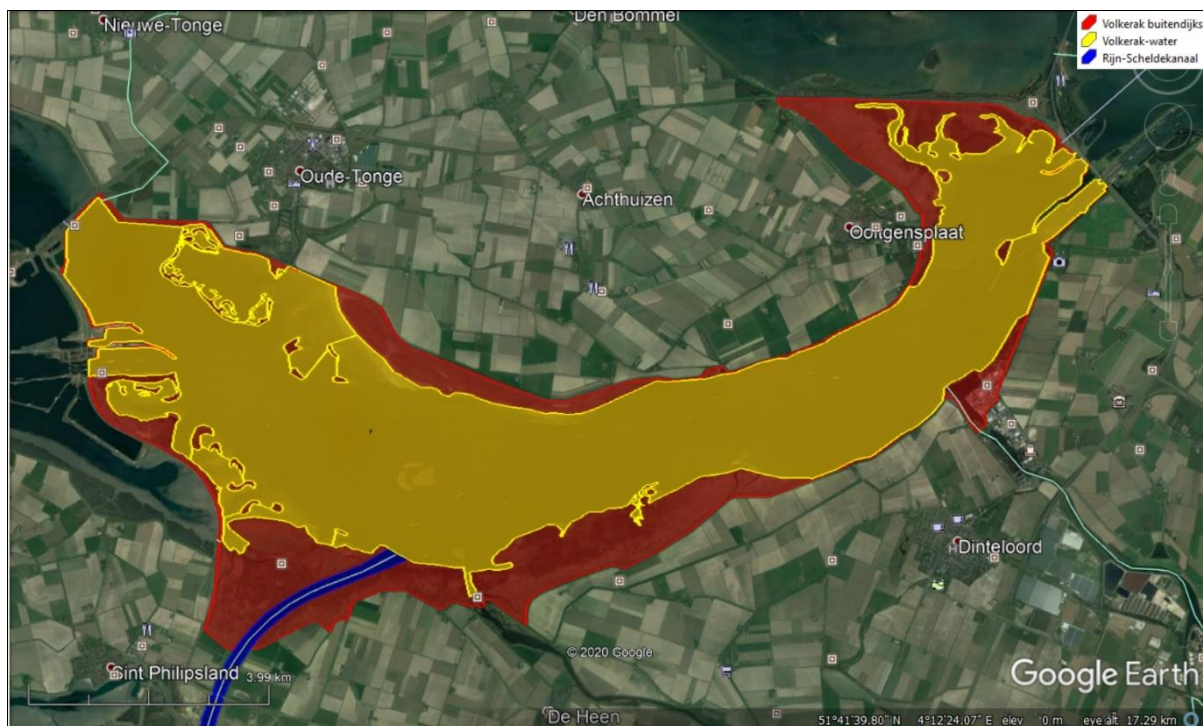
##### Water

Tussen de bemalingsgebieden en het open water van het VZM liggen nog behoorlijk grote vlakken buitendijks gebied. Het betreft:

- 1734 ha buitendijkse gebied langs het Volkerak
- 471 ha buitendijkse gebied langs kanaal De Eendracht
- 181 ha buitendijkse gebied langs het Zoommeer

Er is geen noemenswaardig buitendijks gebied langs het Bathse Spuikanaal.

Figuur 43 geeft een overzicht van de ligging van het buitendijkse gebied van het Volkerak. Deze drie relevante buitendijkse gebieden zijn in de waterbalans van VZM opgenomen als deelgebieden met vrije in- en uitstroom van water. Om dat te realiseren is in de waterbalansmodellen voor deze deelgebieden een gemaalcapaciteit van 1 miljoen m<sup>3</sup>/min aangehouden.



Figuur 43 Overzicht van het buitendijkse gebied van het Volkerak. Het geel gekleurde gebied is in de waterbalans van VZM opgenomen als water. De rode kleur is het buitendijkse gebied. Blauw is kanaal De Eendracht.

### Chloride

Voor de bepaling van het chloridegehalte van het uitstromende water zijn de gemeten chloridegehalten van het boven meetpunt van de aanliggende delen van het VZM aan deze waterstromen gekoppeld. Het boven meetpunt heeft gemiddeld een iets lager chloridegehalte dan het onder meetpunt.

De chloridegehalten van het instromende water zijn bepaald op basis van de gemiddelde waarden van de boeven en onder meetpunten van de aanliggende delen van het VZM (Figuur 5).

#### 2.4.6.1 Deelgebied Volkerak buitendijks Gebiedskenmerken:

Volkerak buitendijks Onbeperkte afvoer en aanvoer			
Totaal oppervlak	1734 ha	Afvoercapaciteit	1000000 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	1.4%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	93.5%	Afvoeregels:	
Aandeel open water	5.1%	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afvoercapaciteit eindeloos</li> <li>Afvoer bij waterstanden boven streefpeil</li> </ul>	
Gemiddeld streefpeil (SP)	0.6 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	3%		
Drainageweerstand	50 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijging (+) / kwel (-)	0 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	1000000 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	1734 ha
doorspoeling zomer	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.00 m–SP

#### Chloridegehaltenes:

Het uitstromende water van het buitendijkse gebied is gekoppeld aan de daggemiddelde waarden van het boven meetpunt Galathee. Het instromende water krijgt de daggemiddelde waarden van de gemeten chloridegehaltenes van boven en onder meetpunt Galathee.

#### 2.4.6.2 Deelgebied Eendracht buitendijks

##### Gebiedskenmerken:

<b>Eendracht buitendijks</b>			
<b>Onbeperkte afvoer en aanvoer</b>			
Totaal oppervlak	471 ha	Afvoercapaciteit	1000000 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	0.8%	Afvoer op	Kanaal De Eendracht
Aandeel landelijk gebied	95.6%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	3.6%	• Afvoercapaciteit eindeloos	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.0 m–MV	• Afvoer bij waterstanden boven streefpeil	
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	5%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.05 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	1000000 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	471 ha
doorspoeling zomer	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.00 m–SP

#### Chloridegehaltenes:

Het uitstromende water van het buitendijkse gebied is gekoppeld aan de daggemiddelde waarden van het boven meetpunt Nieuw Vossemeer. Het instromende water krijgt de daggemiddelde waarden van de gemeten chloridegehaltenes van boven en onder meetpunt Nieuw Vossemeer.

#### 2.4.6.3 Deelgebied Zoommeer buitendijks

##### Gebiedskenmerken:

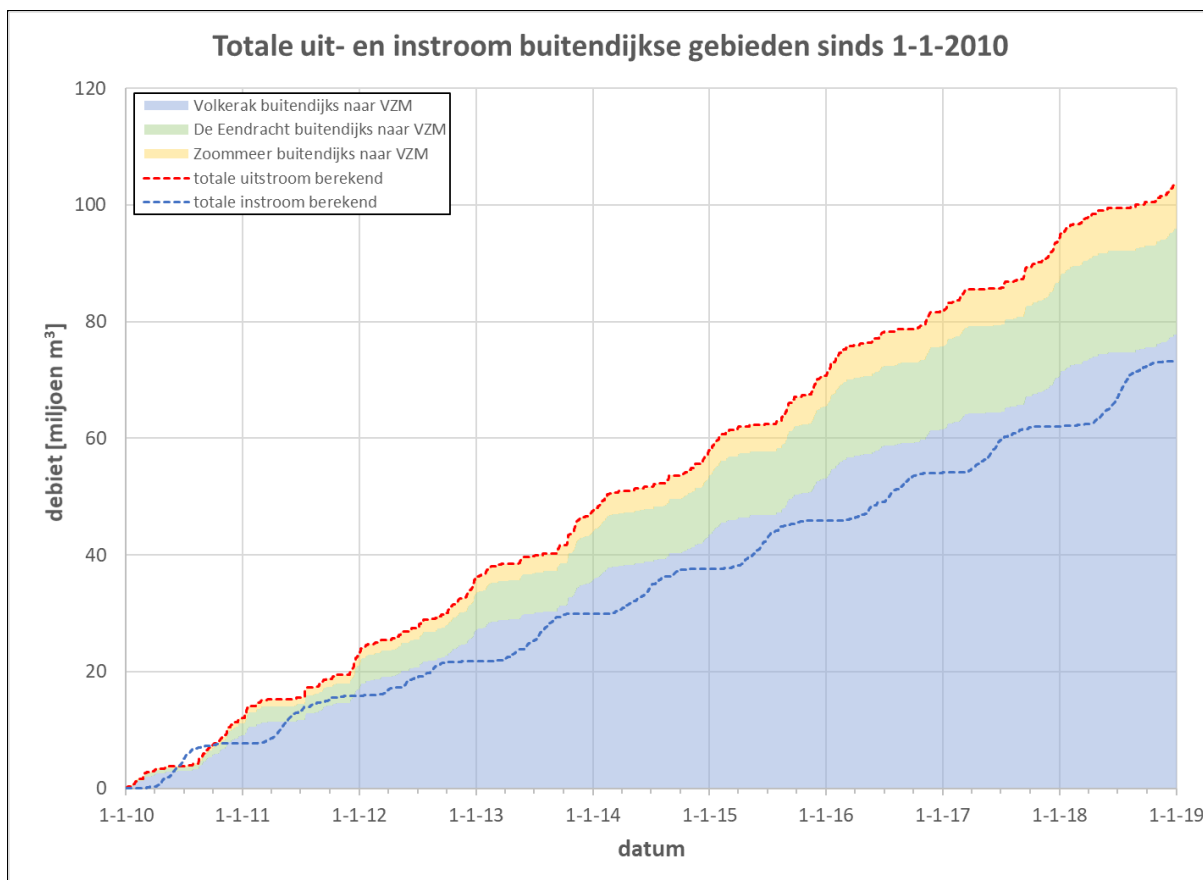
<b>Zoommeer buitendijks</b>			
<b>Onbeperkte afvoer en aanvoer</b>			
Totaal oppervlak	181 ha	Afvoercapaciteit	1000000 m <sup>3</sup> /min
Aandeel stedelijk gebied	2.8%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	91.1%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	6.1%	• Afvoercapaciteit eindeloos	
Gemiddeld streefpeil (SP)	0.6 m–MV	• Afvoer bij waterstanden boven streefpeil	
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	3%		
Drainageweerstand	50 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	0 mm/d		
AWZI	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatcapaciteit	1000000 m <sup>3</sup> /min
doorspoeling winter	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaat areaal	181 ha
doorspoeling zomer	0 m <sup>3</sup> /d	Inlaatpeil	0.00 m–SP

#### Chloridegehaltenes:

Het uitstromende water van het buitendijkse gebied is gekoppeld aan de daggemiddelde waarden van het boven meetpunt Ingang Spuikanaal. Het instromende water krijgt de daggemiddelde waarden van de gemeten chloridegehaltenes van boven en onder meetpunt Ingang Spuikanaal.

#### 2.4.6.4 Wateruitwisseling buitendijkse gebieden en VZM

Figuur 44 geeft een overzicht van de uit- en instromende waterhoeveelheden voor de buitendijkse gebieden. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de debieten van de waterstromen afkomstig uit de buitendijkse gebieden langs het Volkerak (blauw), kanaal De Eendracht (groen) en het Zoommeer (geel). De blauwe stippellijn geeft de berekende hoeveelheden instromend water uit het VZM. De rode stippellijn is de totale berekende uitstroom.



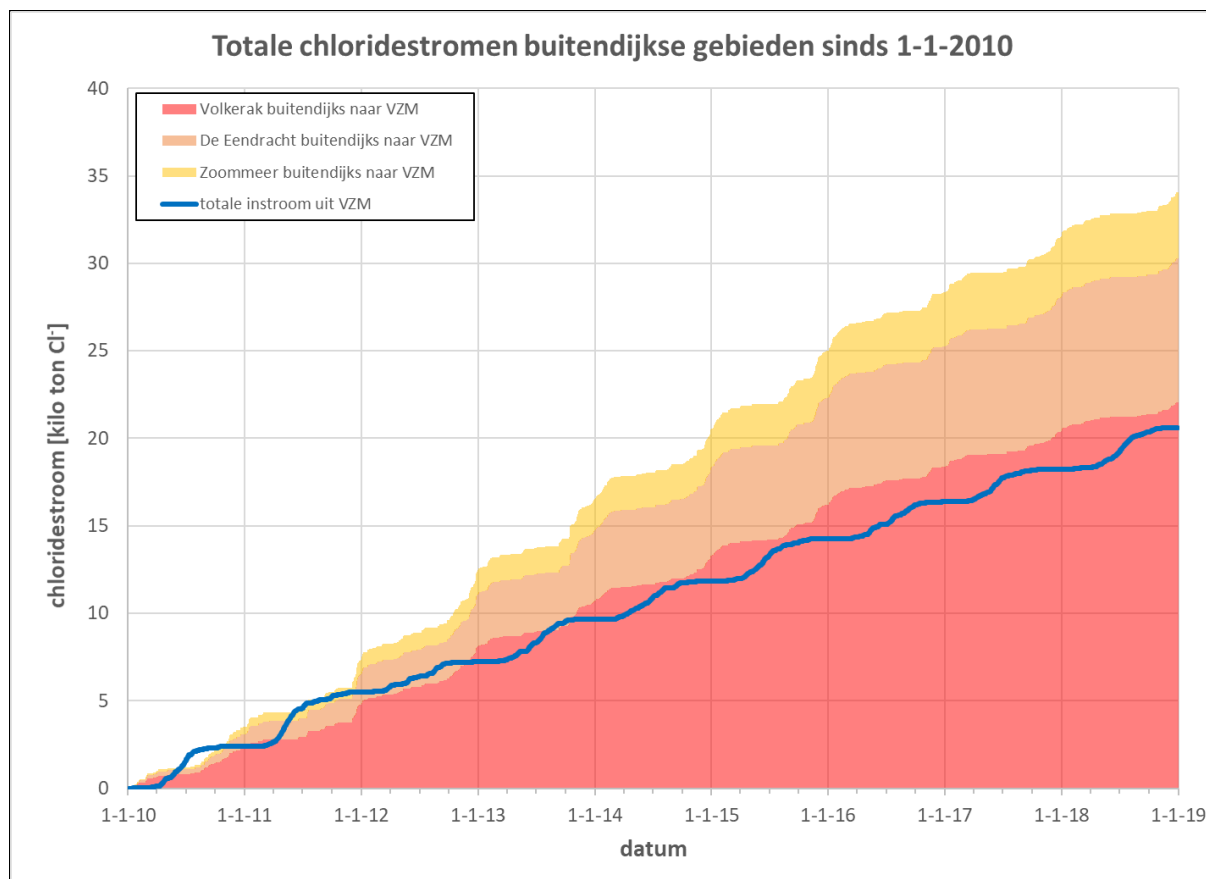
Figuur 44 Debieten sinds 1 januari 2010 voor de buitendijkse gebieden. De blauw, groen en gele vlakken geven de hoeveelheden uitstromend water naar het VZM, zoals gebruikt in de waterbalans. De blauwe stippellijn geeft de berekende hoeveelheden instromend water uit het VZM. De rode stippellijn is de totale berekende uitstroom.

Deze vrije waterstromen kunnen niet gemeten worden. Daarom zijn voor de waterbalans van VZM alleen berekende waarden gebruikt. Daardoor valt de totaal berekende uitstroom samen met de bovengrens van de gekleurde vlakken. De blauwe stippellijn geeft de berekende instroomdebieten weer die zijn gebruikt voor de waterbalans van VZM.

Uit de berekeningen volgt dat er netto gemiddeld iets minder dan 4 miljoen m<sup>3</sup>/jaar uit de buitendijkse gebieden naar het VZM stroomt. Dat is iets meer dan 0.1 m<sup>3</sup>/s.

#### 2.4.6.5 Chloride uitwisseling buitendijkse gebieden en VZM

Figuur 45 geeft een overzicht van de chloride uitwisseling tussen de buitendijkse gebieden en het VZM, zoals die zijn gebruikt in de chloridebalans voor VZM. Het betreft gesommeerde waarden vanaf 1 januari 2010. De gekleurde vlakken zijn de berekende chloridevrachten van de buitendijkse gebieden langs het Volkerak (donkerrood), kanaal De Eendracht (lichtrood) en het Zoommeer (oranje). De blauwe lijn geeft de hoeveelheid chloride aan, die vanuit het VZM naar de buitendijkse gebieden is gestroomd.



Figuur 45 Chloridestromen sinds 1 januari 2010 voor de buitendijkse gebieden. De donker en licht rode en oranje vlakken geven de hoeveelheden uitstromend chloride naar het VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans. De blauwe lijn geeft de hoeveelheid instromend chloride uit VZM, zoals gebruikt in de chloridebalans.

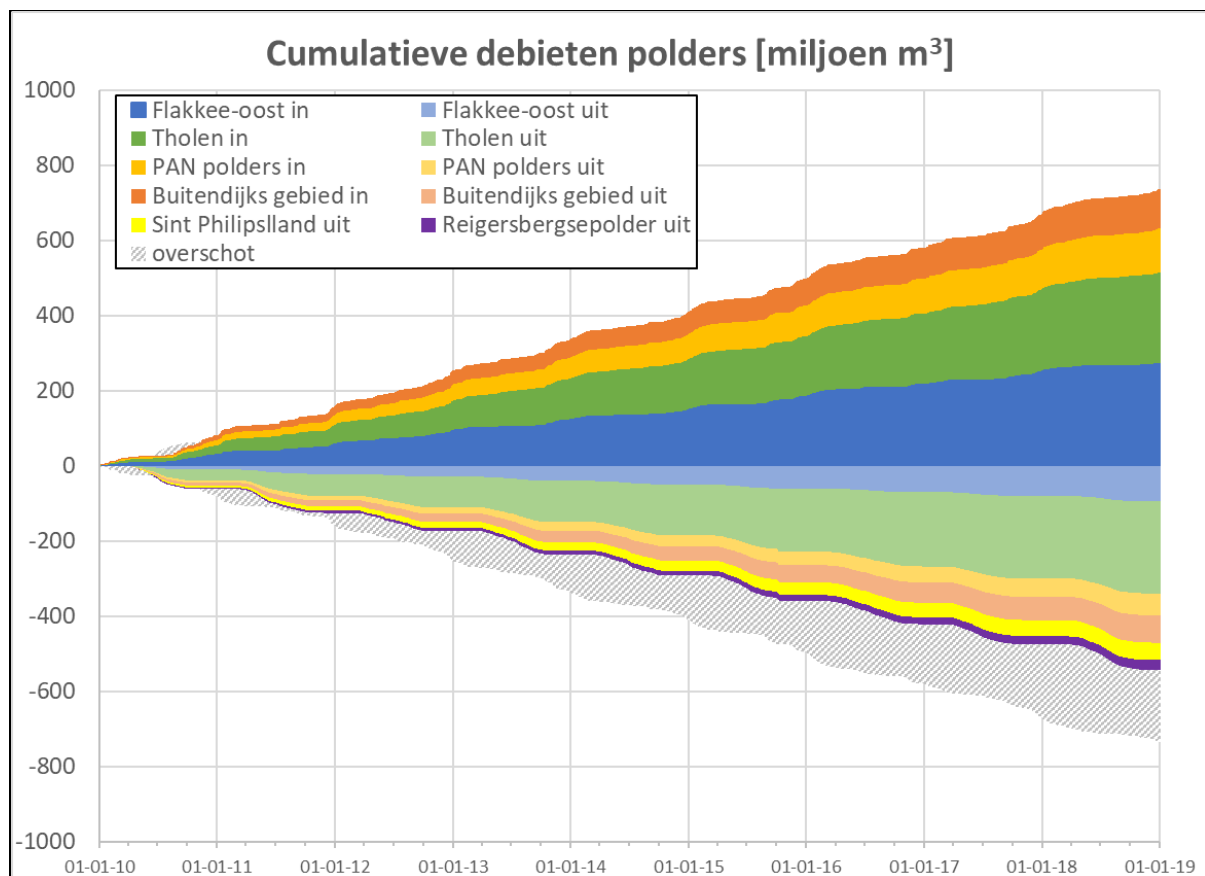
Uit de berekeningen volgt dat er gemiddeld netto bijna 1.5 kilo ton Cl<sup>-</sup>/jaar uit de buitendijkse gebieden naar het VZM stroomt. Dat is iets minder dan 0.05 kg Cl<sup>-</sup>/s.

## 2.4.7 Totalen

### Water

Figuur 46 geeft voor de jaren 2010 – 2018 een overzicht van de totale debieten uit en naar de omliggende polders. De positieve waarden zijn instromend water, de negatieve waarden zijn uitstromend water. Het grijs gearceerde vlak in deze grafiek geeft het verschil tussen VZM instromend en uitstromend water.

Dat verschil bedraagt 193 miljoen m<sup>3</sup> (gemiddeld 0.68 m<sup>3</sup>/s). Hiermee wordt een kleine 12% van het na de debieten resterende tekort op de waterbalans van 5.7 m<sup>3</sup>/s ingevuld.

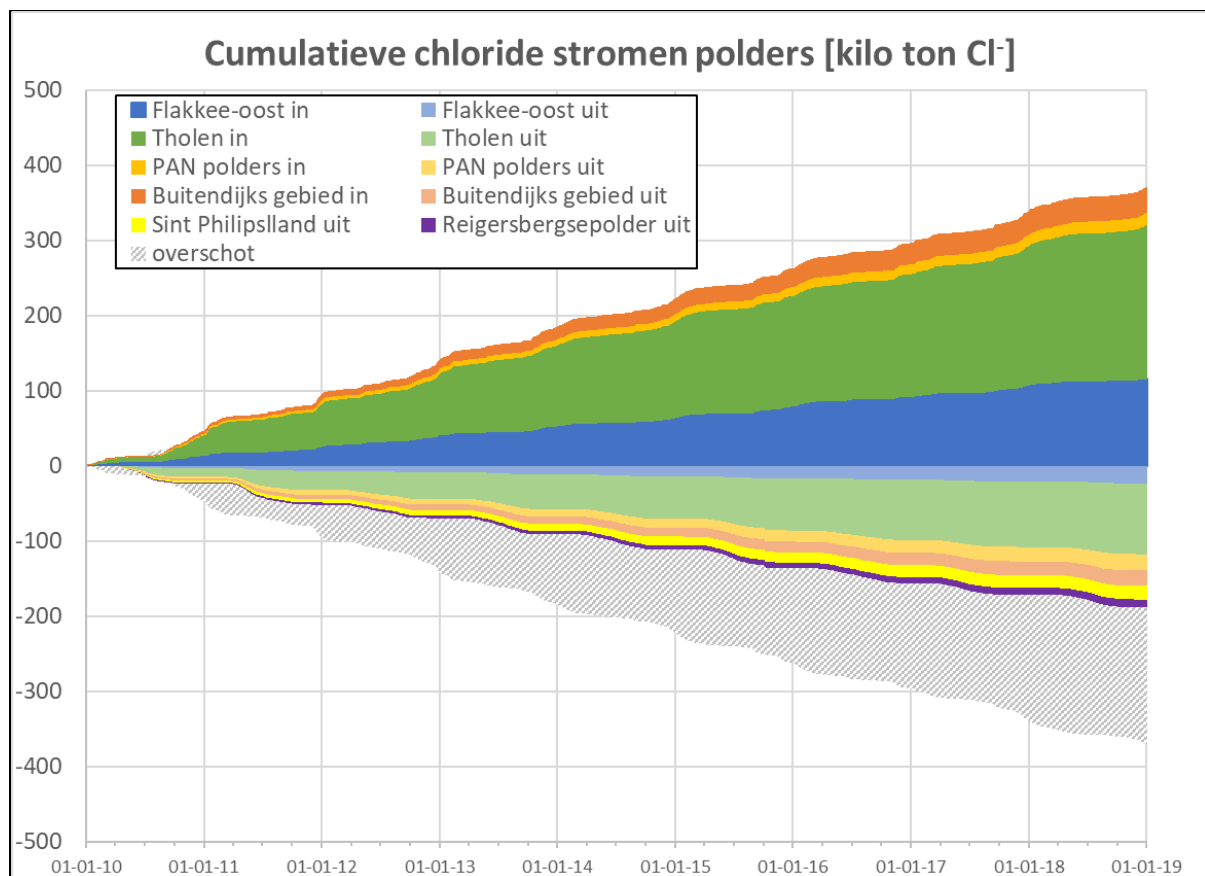


*Figuur 46 Gemeten debieten uit en naar de polders rondom VZM sinds 1 januari 2010. Het grijs gearceerde vlak onder in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende overschot aan instromend water.*

#### Chloride

Figuur 47 geeft voor de jaren 2010 – 2018 een overzicht van de totale chloridestromen uit en naar de omliggende polders. Deze chloride stromen zijn gebaseerd op de debiet meetreeksen zoals hiervoor beschreven. De positieve waarden zijn instromend chloride, de negatieve waarden zijn uitstromend chloride. Het grijs gearceerde vlak in deze grafiek geeft het verschil tussen VZM instromend en uitstromend chloride.

De figuur geeft aan dat er meer chloride het VZM instroomt dan uitstroomt. Het verschil bedraagt 182 kiloton (gemiddeld net iets meer dan 0.64 kg/s). Dat is een kleine 5% van het na de debieten resterende tekort op de chloridebalans van 13 kg/s. Dat betekent dat een aanvulling van 12% aan instromend water gekoppeld is aan een overschot van 5% aan instromend chloride. Dat duidt op hogere chloridegehalten van overig instromend water. Het resterende tekort op de chloridebalans kan worden ingevuld door meegevoerd chloride uit zoute kwel en schut- en lekverliezen.



*Figuur 47 Berekende chloridestromen uit en naar de polders rondom VZM sinds 1 januari 2010. Het grijs gearceerde vlak onder in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende overschot aan inkomende chloridevrachten.*

## 2.5 Constante waterstromen

Naast bovengenoemde meetbare waterstromen zijn er nog een aantal andere waterstromen met bijbehorende chloridegehalten die niet of in ieder geval niet goed meetbaar zijn. Dat zijn:

- Schutverliezen:
  - Volkerak sluizen: 3 duwvaartsluizen en 1 jachtensluis
  - Bergsediep sluis: 1 jachtensluis
- Lekverliezen:
  - Volkerak sluizen: 3 duwvaartsluizen en 1 jachtensluis
  - Krammer sluizen: 2 duwvaartsluizen en 2 jachtensluizen
  - Bergsediep sluis: 1 jachtensluis
  - Bathse spuisluizen
- Kwel door de waterbodem van het VZM
- Dijkse kwel

Er is van uitgegaan dat schut- en lekverliezen van het Kreekrak complex, schutverliezen van de Krammersluizen en lekverliezen van de Volkerak spuisluizen in de eerder beschreven debietreeksen zijn meegenomen. De resterende waterstromen zijn eerst zo goed mogelijk ingeschat en vervolgens zodanig bijgesteld dat er over de periode van 9 jaar (2010 – 2018) een sluitende waterbalans ontstaat.

Voor deze resterende waterstromen is voor de waterbalans van VZM een in de tijd constante waarde aangehouden met een daaraan gekoppeld constant chloridegehalte. Hieronder is kort beschreven waarop deze waarden gebaseerd zijn.



### Schutverliezen

De schutverliezen van de sluizen zijn bepaald op basis van aantal sluizen, sluisdimensies, het gemiddelde waterpeilverschil voor en achter de sluis en een inschatting van het aantal schuttingen per dag. Tabel 6 geeft hier een overzicht van. Positieve schutverliezen duiden op water dat het VZM in stroomt, negatieve schutverliezen stromen het VZM uit.

Tabel 6 Overzicht waterstromen door schutsluizen

Naam, type	Aantal kolken	Breedte [m]	Lekverlies [m <sup>3</sup> /d]	Opmerking
Volkerak, duwvaart	3	24	103680	beetje getij, zoet, gemiddeld 50 cm peilverschil
Volkerak, jachten	1	16	25920	beetje getij, zoet, gemiddeld 50 cm peilverschil
Krammer, duwvaart	2	24	34560	getij, zout, gemiddeld 2 cm peilverschil
Krammer, jachten	2	9	17280	getij, zout, gemiddeld 2 cm peilverschil
Bergse Diep, jachten	1	6.5	8640	getij, zout, gemiddeld 2 cm peilverschil
Bathse Spui			6000	berekend uit toename chloridegehalte bij niet spuien

Het aantal schuttingen per dag en het peilverschil van de Bergse Diepsluis zijn niet bekend. Het gemiddelde dagelijkse schutverlies van de Bergse Diep jachtensluis is bepaald op basis van getallen verkregen van RWS Zee en Delta. Daarin wordt uitgegaan van een gemiddeld schutverlies van 0.15 m<sup>3</sup>/s richting Oosterschelde.

Voor de schutverliezen bij de Volkerak sluizen is het gemiddelde chloridegehalte van het meetpunt bij de Volkerak spuisluisen aangehouden, dat ca 75 mg/l bedraagt (Figuur 10). Voor de schutverliezen bij de Bergse Diep jachtensluis is 450 mg/l aangehouden, wat ongeveer het gemiddelde chloridegehalte is van het Zoommeer (Figuur 5).

### Lekverliezen

Het lekverlies van de Bathse Spuisluis is bepaald op basis van de toename van het chloridegehalte in het spuikanaal in langere periodes dat er niet gespuid werd en op basis van het watervolume van het Spuikanaal. Die toename bedraagt gemiddeld ongeveer 5 mg/l per dag. De lekverliezen van de overige sluizen zijn ingeschat op basis van het gemiddelde waterpeilverschil, de sluisbreedte en het aantal sluizen. Tabel 7 geeft een overzicht van de gehanteerde lekverliezen.

Tabel 7 Overzicht waterstromen door lekverliezen

Naam, type	Aantal kolken	Breedte [m]	Lekverlies [m <sup>3</sup> /d]	Opmerking
Volkerak, duwvaart	3	24	103680	beetje getij, zoet, gemiddeld 50 cm peilverschil
Volkerak, jachten	1	16	25920	beetje getij, zoet, gemiddeld 50 cm peilverschil
Krammer, duwvaart	2	24	34560	getij, zout, gemiddeld 2 cm peilverschil
Krammer, jachten	2	9	17280	getij, zout, gemiddeld 2 cm peilverschil
Bergse Diep, jachten	1	6.5	8640	getij, zout, gemiddeld 2 cm peilverschil
Bathse Spui			6000	berekend uit toename chloridegehalte bij niet spuien

In tegenstelling tot de waterstromen bij normale werking zijn bij de Bergse Diepsluis en de Bathse Spuisluis de lekstromen richting het VZM.

Voor de chloridegehalten van de lekverliezen is voor de meeste sluizen 10000 mg/l aangehouden. Alleen bij de Volkerak sluizen is 75 mg/l aangehouden.

#### Kwel door VZM bodem

Op basis van verkregen mondelinge informatie dat de directe kwel naar het VZM een zoutlast levert van ongeveer 2 kg/s (waarvan 56% Cl<sup>-</sup>), het wateroppervlak van het VZM en de aanname dat het chloridegehalte van de kwel gemiddeld ongeveer 2000 mg Cl<sup>-</sup>/l bedraagt, is een gemiddelde kwel van bijna 0.54 mm/d berekend en een bijdrage aan de waterbalans van 32243.2 m<sup>3</sup>/d.

#### Dijkse kwel

Omdat over dijkse kwel geen informatie beschikbaar was, is voor de bepaling hiervan gebruik gemaakt van de schattingen voor Afsluitdijk, waar een vergelijkbaar peilverschil heerst als bij de dijken tussen VZM en het zoute buitenwater. Daar is aangehouden dat er over een lengte van ca 30 km ca 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar water doorheen kwelt. Dit is toegepast voor dijkse kwel door de Philipsdam (5.7 km), de dam tussen Krammer en Grevelingen (1.3 km) en de Oesterdam (10.5 km). Voor 17.5 km damlengte resulteert dat in een totale dijkse kwel van 1599 m<sup>3</sup>/d. Voor deze kwel is een gemiddeld chloridegehalte aangehouden van 10000 mg/l.

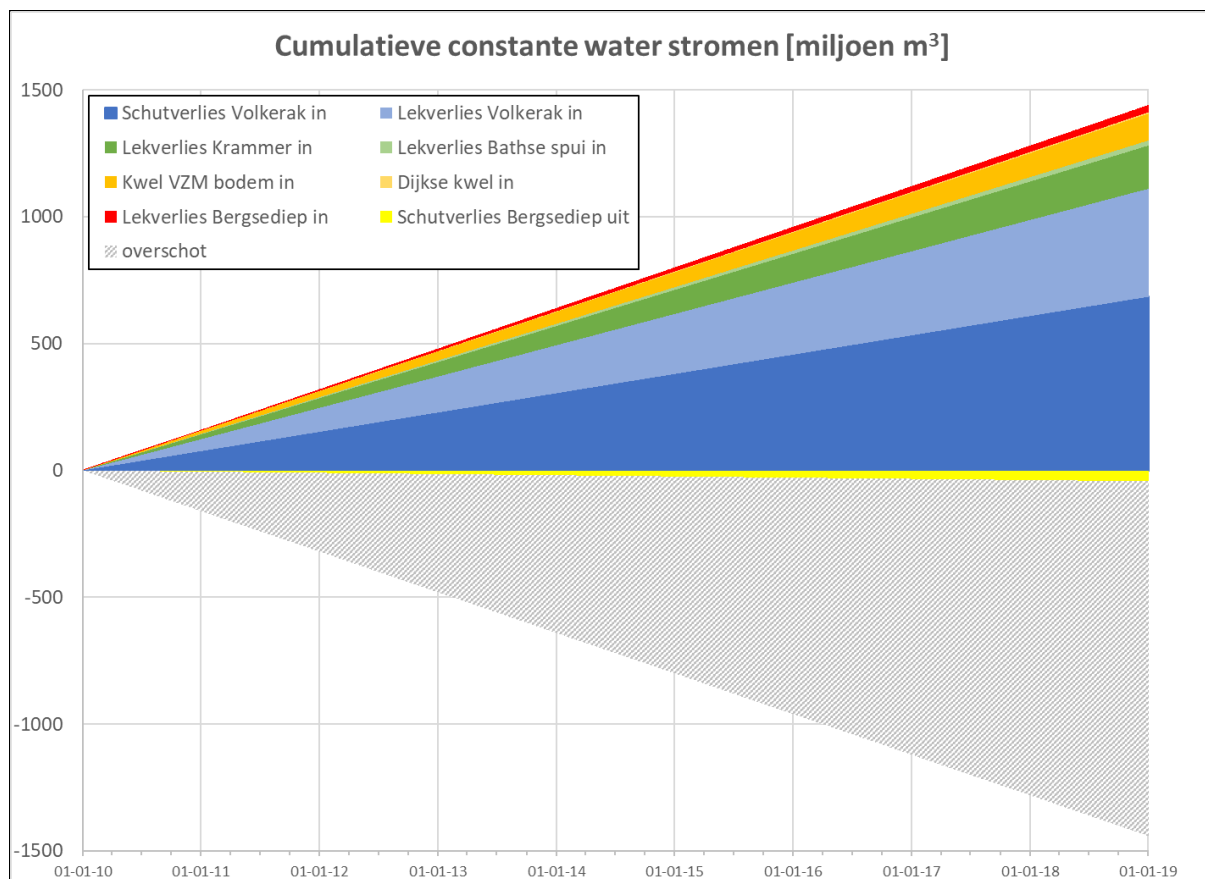
Tabel 8 geeft een overzicht van de constante debieten en de bijbehorende zoutstromen.

Tabel 8 Overzicht water en chloridebijdragen van de constante stromen

Waterstroom	Debiet [m <sup>3</sup> /d]	Chloridegehalte [mg/l]	Richting	Chloride [kiloton/d]
Schutverlies Volkerak, duwvaart	190080	75	IN	0.014
Schutverlies Volkerak, jachten	18176	75	IN	0.001
Schutverlies Bergsediep	12960	450	UIT	0.006
Lekverlies Krammer, duwvaart	34560	10000	IN	0.346
Lekverlies Krammer, jachten	17280	10000	IN	0.173
Lekverlies Volkerak, duwvaart	103680	75	IN	0.008
Lekverlies Volkerak, jachten	25920	75	IN	0.002
Lekverlies Bathse spuisluis	6000	10000	IN	0.060
Lekverlies Bergsediep	8640	10000	IN	0.086
Kwel VZM water	32243.2	2000	IN	0.064
Dijkse kwel	1599	10000	IN	0.016

Figuur 48 geeft voor de jaren 2010 – 2018 een overzicht van de totale debieten van deze constante stromen. De positieve waarden zijn instromend water, de negatieve waarden zijn uitstromend water. Het grijs gearceerde vlak in deze grafiek geeft het verschil tussen VZM instromend en uitstromend water.

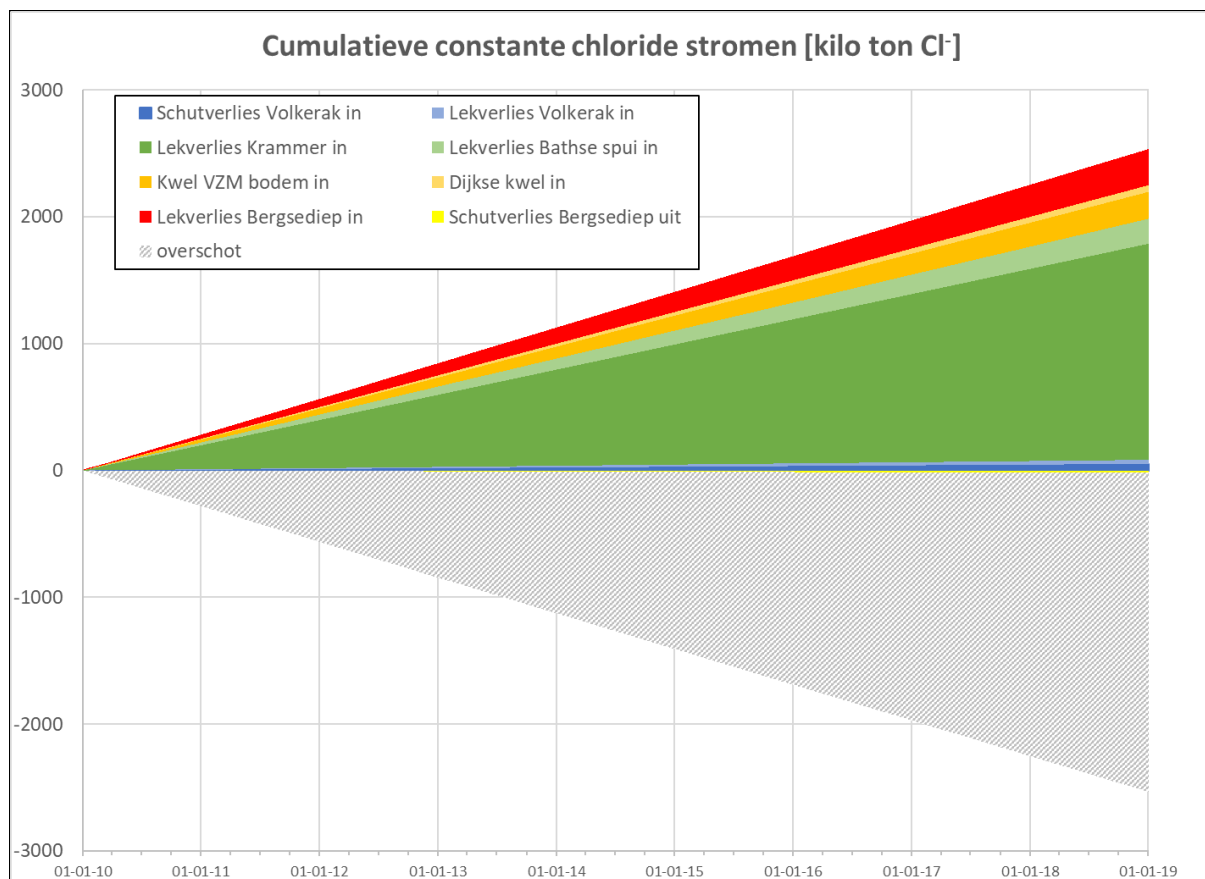
Dat verschil bedraagt bijna 1400 miljoen m<sup>3</sup> (gemiddeld ruim 4.9 m<sup>3</sup>/s). Hiermee wordt ruim 86% van het na de debieten resterende tekort op de waterbalans van 5.7 m<sup>3</sup>/s ingevuld.



*Figuur 48 Geschatte constante debieten naar en uit het VZM sinds 1 januari 2010. Het grijs gearceerde vlak onder in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende overschot aan instromend water.*

Figuur 49 geeft voor de jaren 2010 – 2018 een overzicht van de totale chloridestromen van deze constante stromen. Deze chloride stromen zijn gebaseerd op de debiet meetreeksen zoals hiervoor beschreven. De positieve waarden zijn instromend chloride, de negatieve waarden zijn uitstromend chloride. Het grijs gearceerde vlak in deze grafiek geeft het verschil tussen VZM instromend en uitstromend chloride.

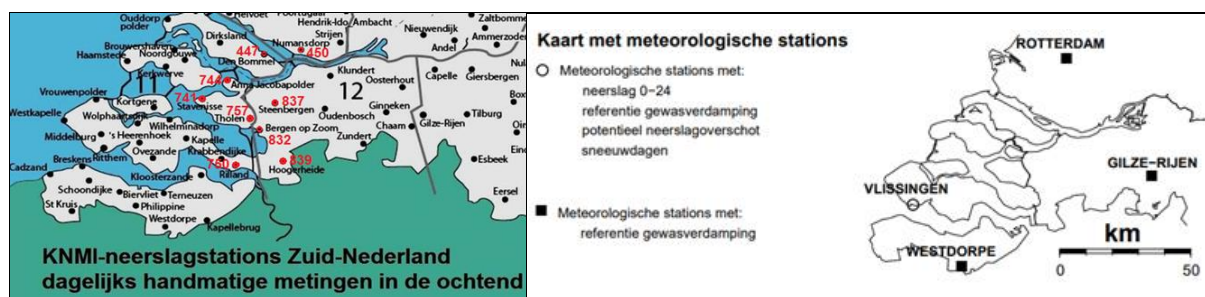
De figuur geeft aan dat er meer chloride het VZM instroomt dan uitstroomt. Het verschil bedraagt 2514 kiloton (gemiddeld bijna 9 kg/s). Dat is ruim 68% van het na de debieten resterende tekort op de chloridebalans van 13 kg/s. Dat betekent dat een aanvulling van 86% aan instromend water gekoppeld is aan een overschot van 68% aan instromend chloride. Het resterende tekort op de chloridebalans kan alleen nog worden ingevuld door met neerslag meegevoerd chloride.



Figuur 49 Geschatte chloridestromen naar en uit het VZM sinds 1 januari 2010. Het grijs gearceerde vlak onder in deze grafiek geeft het voor deze periode resulterende overschot aan inkomende chloridevrachten.

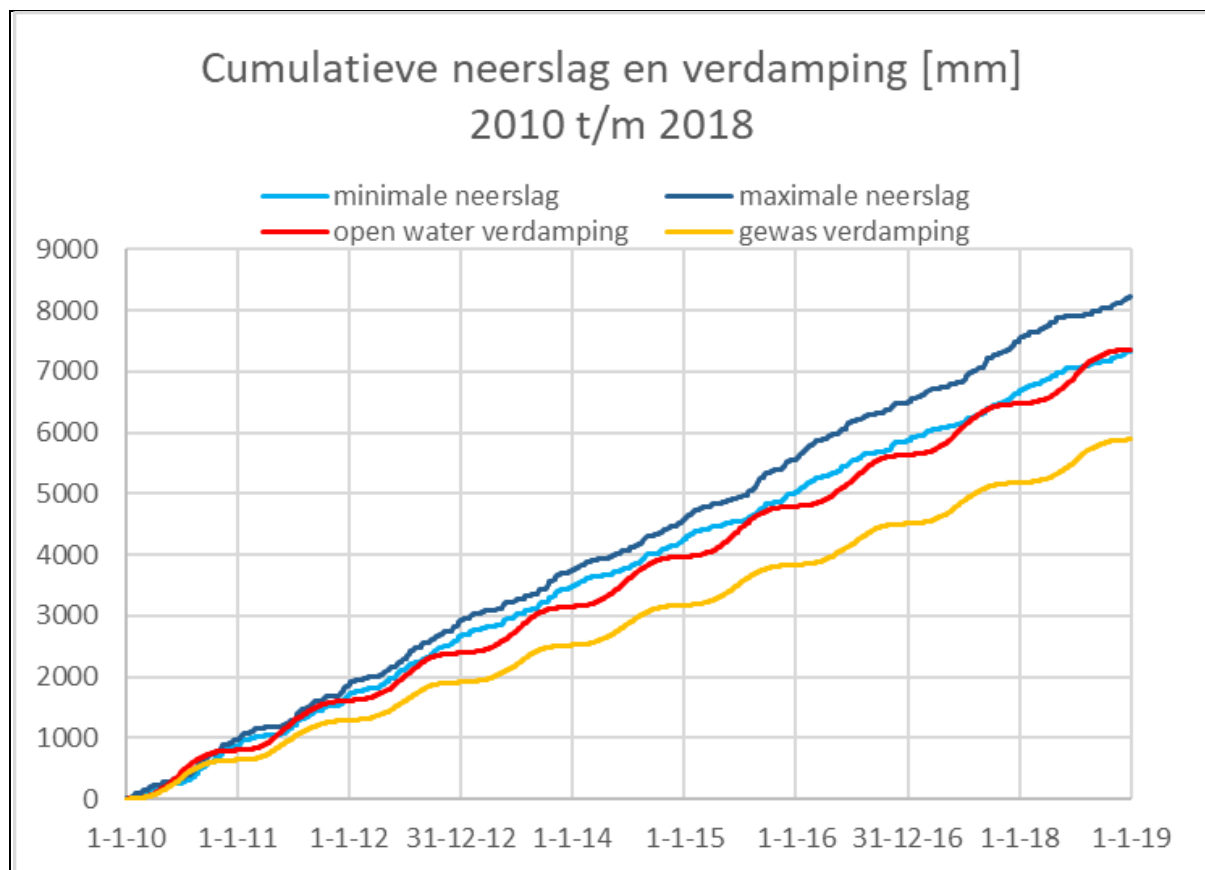
## 2.6 Neerslag en verdamping

Het gaat hierbij om directe neerslag op en verdamping uit het waterdeel van het VZM. De overige neerslag en verdamping is al verdisconteerd in de poldergebieden. Figuur 50 geeft een overzicht van de gebruikte meetpunten voor neerslag en verdamping.



Figuur 50 Overzicht van KNMI neerslagstations (links) en verdampingsstations (rechts). De rood gekleurde neerslagstations zijn gebruikt voor de neerslag in VZM en omliggende polders. Voor verdamping is station Vlissingen gebruikt.

De gebruikte neerslag voor het VZM is bepaald door voor elk van de vier delen van het VZM het gemiddelde te nemen van de omliggende neerslagstations en deze vier gemiddelden weer te middelen op basis van de waterarealen van de vier delen. Voor het VZM leidde dat tot een neerslagtotaal van 7869 mm in 9 jaar. Figuur 50 laat zien dat dit ongeveer het midden houdt tussen de laagste (7339 mm) en de hoogste (8221) neerslagtotaal.



Figuur 51 Totale neerslag en verdamping VZM sinds 1 januari 2010. De donker blauwe lijn geeft de hoogst gemeten neerslag in deze periode (station 450), de licht blauwe lijn de laagst gemeten neerslag (station 837). De oranje lijn geeft de gemeten gewasverdamping, de rode lijn de daarvan afgeleide open water verdamping.

Voor de verdamping is meetpunt Vlissingen gebruikt. Hiervan zijn de dagelijkse hoeveelheden gewasverdamping beschikbaar (Figuur 51 oranje lijn). Voor het VZM waterareaal zijn deze waarden omgerekend naar open water verdamping door vermenigvuldiging met 1.25 (Figuur 51 rode lijn).

#### Water

Voor de waterbalans betekent dit dat er in 9 jaar tijd ruim 472 miljoen m<sup>3</sup> aan neerslag aan het VZM wordt toegevoerd en dat er ruim 441 miljoen m<sup>3</sup> aan verdamping uit het VZM wordt afgevoerd. Netto is dat een toevoer van iets minder dan 31 miljoen m<sup>3</sup> (gemiddeld bijna 0.11 m<sup>3</sup>/s). Hiermee wordt nog geen 2% van het na de debieten resterende tekort op de waterbalans van 5.7 m<sup>3</sup>/s ingevuld.

#### Chloride

Voor de chloridebalans is aangenomen dat de neerslag een gemiddeld chloridegehalte van 7 mg Cl<sup>-</sup>/l heeft en dat de verdamping geen chloride meeneemt. Dit leidt tot een toevoer van 3.3 kiloton chloride in 9 jaar (gemiddeld iets meer dan 0.01 kg/s). Dat is nog geen 0.1% van het na de debieten resterende tekort op de chloridebalans van 13 kg/s.

## 3 Water- en chloridebalans totaal VZM

Dit hoofdstuk begint met een analyse van de gemeten water- en chloridestromen inclusief alle correcties en aannames zoals die beschreven zijn in voorgaand hoofdstuk. Daarbij worden de verschillen tussen in- en uitstromende waterhoeveelheden weergegeven in fictieve waterpeilfluctuaties op het VZM. Deze waterpeilfluctuaties worden vergeleken met de fluctuatie van het gewogen gemiddelde van de gemeten waterpeilen. Vervolgens worden de in- en uitgaande chloridevrachten met elkaar vergeleken en worden de verschillen geanalyseerd.

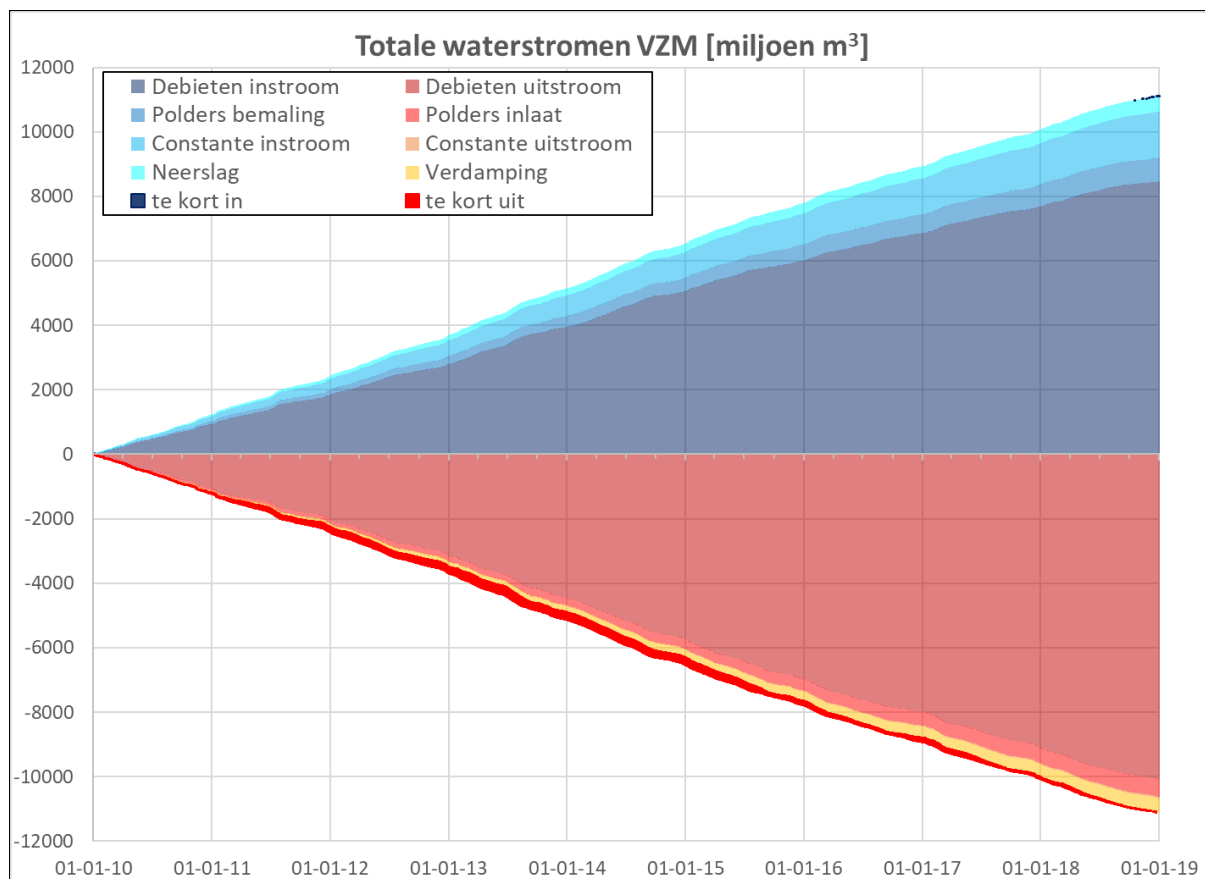
Vervolgens wordt de waterbalans voor het gehele VZM is opgesteld op basis van de waterstromen zoals beschreven in voorgaand hoofdstuk. Daarbij de totale gemeten afvoer door de Bathse spuisluizen, de Krammer sluis en het Kreekrak complex als sluitpost gebruikt. De hieruit resulterende berekende totale afvoer uit VZM is vergeleken met de som van de drie gemeten waarden. Daarbij moet worden vermeld dat de gemeten waarden zijn gecorrigeerd en aangevuld, zoals beschreven is in voorgaand hoofdstuk.

Voor de chloridebalans is uitgegaan van de totale gemeten afvoer, gekoppeld aan een gemiddeld chloridegehalte van het gehele VZM. Met de daarmee uitgaande chloridevracht en de gemeten inkomende chloridevracht wordt voor elke dag de nieuwe aanwezige hoeveelheid chloride in het VZM bepaald. Op basis daarvan en het aanwezige watervolume wordt het nieuwe gemiddelde chloridegehalte van het gehele VZM bepaald. De aldus berekende chloridegehalten worden vergeleken met de gewogen gemiddeldes van de gemeten chloridegehalten. En de totale berekende chloride afvoer wordt vergeleken met de totale gemeten chloride afvoer, waarbij de gemeten afvoeren Krammer, Kreekrak en Bath worden gekoppeld aan de gemeten chloridegehalten Galathee, Ingang spuikanaal en Bathse brug.

### 3.1 Analyse gemeten water- en chloridestromen

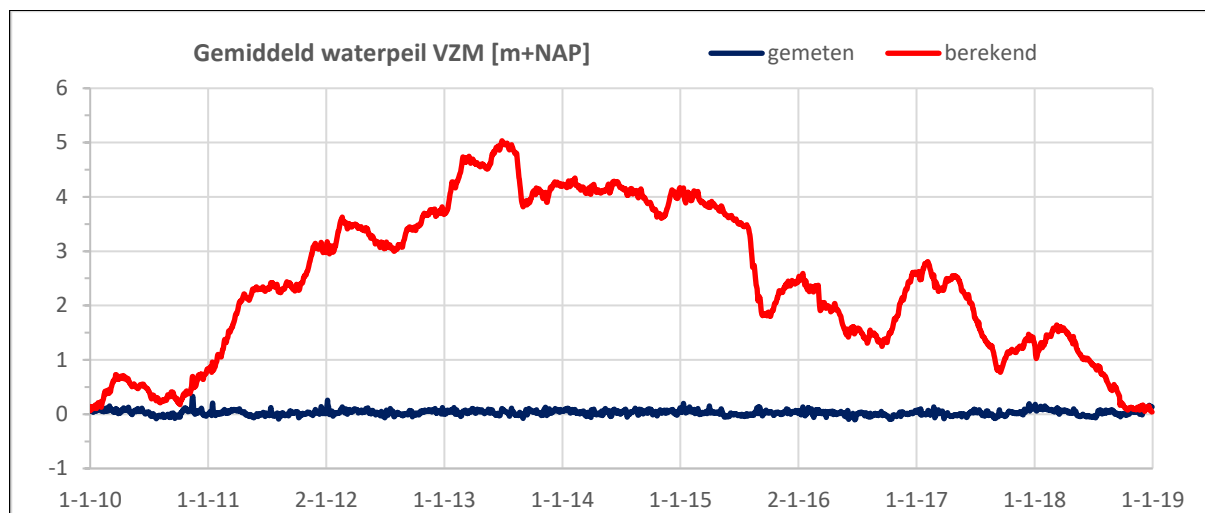
Hierbij is het van belang te realiseren dat de gemeten waterbalans over de periode 2010 – 2018 sluitend is gemaakt door de constante waterstromen licht bij te stellen.

De resulterende waterstromen uit het vorige hoofdstuk zijn in Figuur 52 samengevat. Op de positieve verticale as zijn de instromende volumes uitgezet (blauwe kleuren) en op de negatieve verticale as de uitstromende volumes (rode kleuren). De ondoorzichtige donkerblauwe en fel rode vlakken aan de bovenkant respectievelijk de onderkant van de grafiek geven de gecumuleerde tekorten voor instromend respectievelijk uitstromend water op die datum weer.



*Figuur 52* Overzicht van de totale waterstromen van het VZM van 2010 – 2018. De blauwe vlakken op de positieve verticale as geven de instroom van water naar het VZM, de rode vlakken op de negatieve verticale as geven de uitstroom van water uit het VZM.

Het is moeilijk waarneembaar, maar alleen helemaal aan het begin en aan het eind zijn er wat marginale tekorten aan instromend water (donkerblauwe stipjes). Daartussen is er een overschot aan water (= tekort aan uitstroom). Dat is te zien aan het fel rode dunne vlak onder aan de grafiek. Bij een op alle dagen perfect sluitende waterbalans zouden de tekorten aan in- en uitstroom moeten worden opgevangen door berging. De rode lijn in Figuur 53 laat zien wat dit zou betekenen voor het gemiddelde waterpeil van het VZM. De blauwe lijn is de gemiddeld gemeten waterstand in de vier meetpunten, gewogen naar bijbehorende waterarealen.



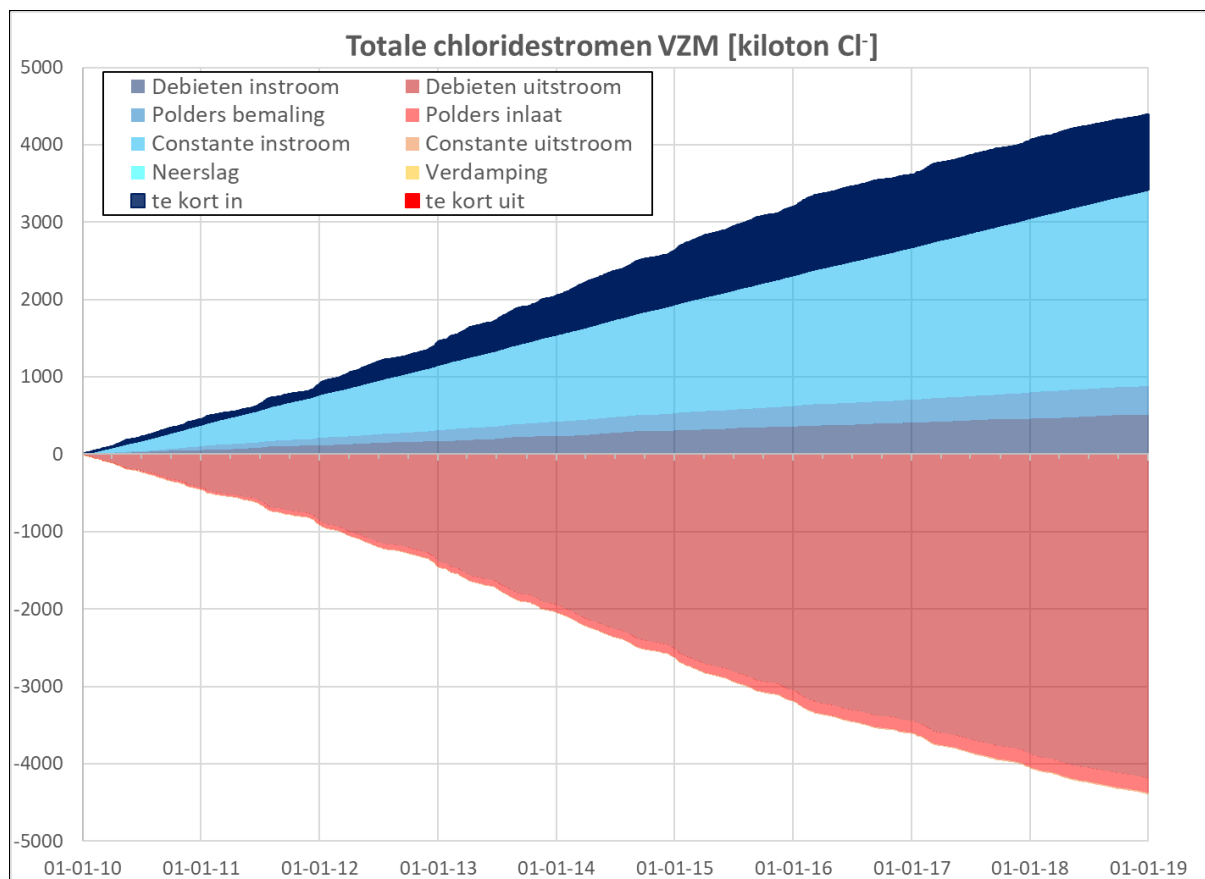
Figuur 53 Gemiddeld waterpeil van het VZM van 2010 – 2018. De blauwe lijn is het gewogen gemiddelde waterhoogte van de vier meetpunten, de rode lijn is de berekende waterhoogte op basis van de waterstromen uit Figuur 52.

Beide figuren laten zien dat de waterbalans wel sluit over de totale periode (zie opmerking aan het begin van deze paragraaf), maar dat er gedurende de eerste drie en een half jaar gemiddeld te weinig water afgevoerd wordt en de laatste vier jaar gemiddeld te veel water wordt afgevoerd. In de anderhalf jaar van medio 2013 tot begin 2015 is de waterbalans gemiddeld redelijk sluitend. Op dag-basis treden er ook in die periode grote verschillen op. Die worden waarschijnlijk veroorzaakt door onnauwkeurigheden in de meetwaarden en de correcties daarvan. Dat is echter voor de waterbalans niet onoverkomelijk en verklaarbaar door de het grote aantal onbekende stromen die nu als constante waarden in de waterbalans zijn opgenomen. De tendens van eerst een stijgende en later een dalende berging vraagt om andere verklaringen. Mogelijke verklaringen daarvoor zijn dat er in deze periode van 9 jaar veranderingen zijn opgetreden door:

- Veranderde in- en uitlaat regimes / afwaterende arealen
- Veranderd aantal schuttingen / schut efficiëntie
- Veranderde schut- en lekverliezen door reparaties / schade

Figuur 54 geeft een overzicht van de resulterende chloridestromen, zoals beschreven in vorig hoofdstuk. Op de positieve verticale as zijn de instromende vrachten chloride uitgezet (blauwe kleuren) en op de negatieve verticale as de uitstromende vrachten (rode kleuren). De ondoorzichtige donkerblauwe vlakken aan de bovenkant van de grafiek geven de gecumuleerde tekorten voor instromend chloride op die datum weer.





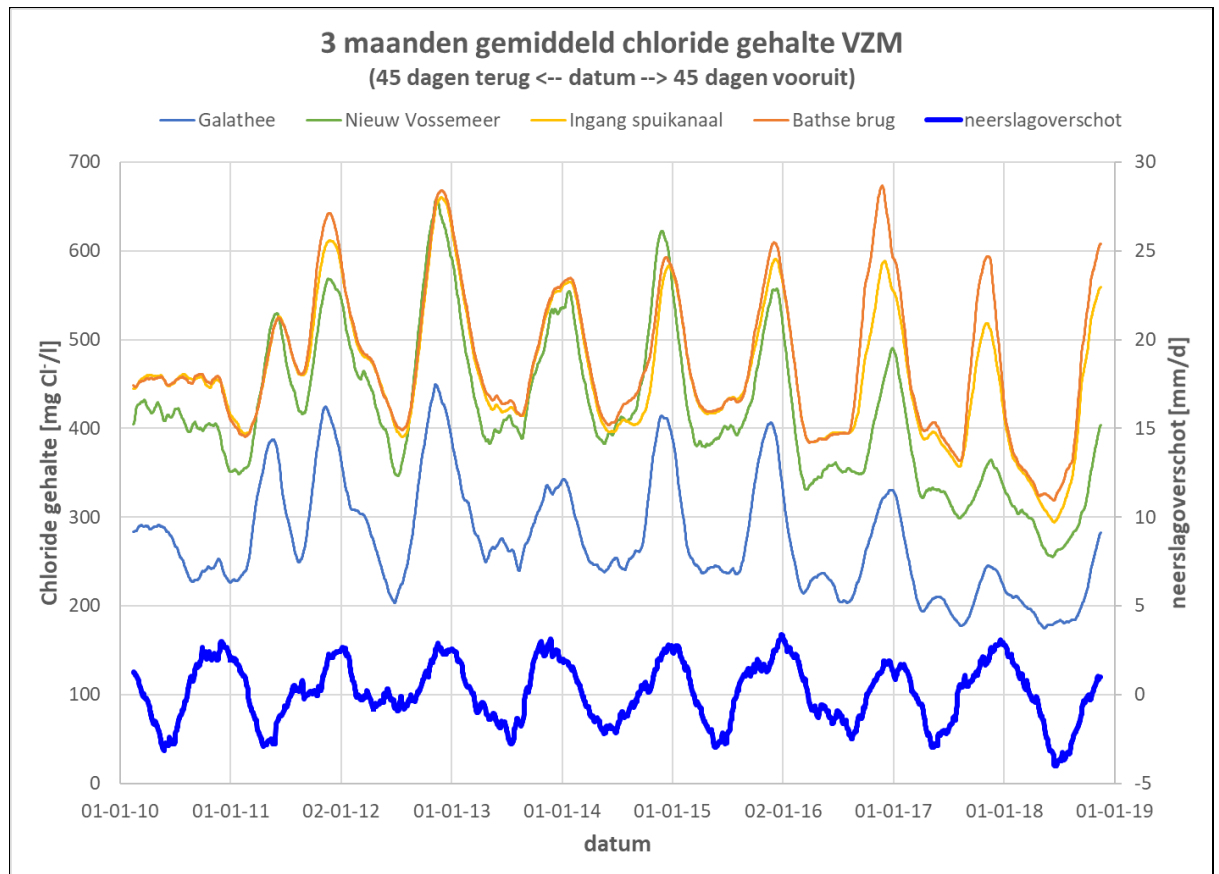
*Figuur 54* Overzicht van de totale chloridestromen van het VZM van 2010 – 2018. De blauwe vlakken op de positieve verticale as geven de instroom van chloride naar het VZM, de rode vlakken op de negatieve verticale as geven de uitstroom van chloride uit het VZM.

Uit deze figuur en de berekeningen van voorgaand hoofdstuk blijkt dat er over deze periode nog een tekort op de chloridebalans is van ruim 22% van de uitgestroomde hoeveelheid chloride (4394 kiloton in 9 jaar). Dat betekent dat de toestroom van chloride naar het VZM (3419 kiloton in 9 jaar) met ruim 28% moet worden verhoogd.

De vraag is echter waar deze toename gezocht moet worden. De grootste waterbalansposten zijn de in- en uitstromende debieten. Er is geen aanwijsbare reden om de chloridegehalten van uitstromend water sterk te verlagen. De grootste post daarvan is de Bathse Spuisluis. Het chloridegehalte dat daaraan gekoppeld is, wordt ca 1 km stroomopwaarts gemeten, terwijl de gradiënt van het chloridegehalte eerder oploopt richting Spuisluis dan afloopt. Hetzelfde geldt in meer of mindere mate voor het Kreekrakcomplex. Het meetpunt voor de Krammersluizen ligt op ca 10 km afstand. Ook daar is het eerder aannemelijk dat het water vlakbij de Krammersluizen gemiddeld iets zouter is dan in meetpunt Galathee dan zoeter. De grootste posten instromend water zijn de Volkerak spuisluizen en de Brabantse riviertjes. Het chloridegehalte bij de Volkerak spuisluis wordt elke 10 minuten gemeten en ook voor de Brabantse riviertjes zijn geen aanwijzingen dat het chloridegehalte in het algemeen beduidend hoger is dan de gemeten zomergemiddelde gehalten die hier zijn gebruikt.

Dan resteren eigenlijk alleen de relatief kleine als constant aangenomen ingaande waterstromen met een hoog chloridegehalte. Het daarmee meekomende chloride beslaat bijna driekwart van het instromende totaal (Figuur 54). De nauwkeurigheid van het ingeschatte chloridegehalte van deze stromen geeft ruimte voor een verhoging daarvan met enkele tientallen procenten.

Het gemeten chloridegehalte in de vier VZM meetpunten (Figuur 55) duidt er echter op dat het eerder gezocht moet worden bij waterstromen met een neerslag afhankelijk debiet.

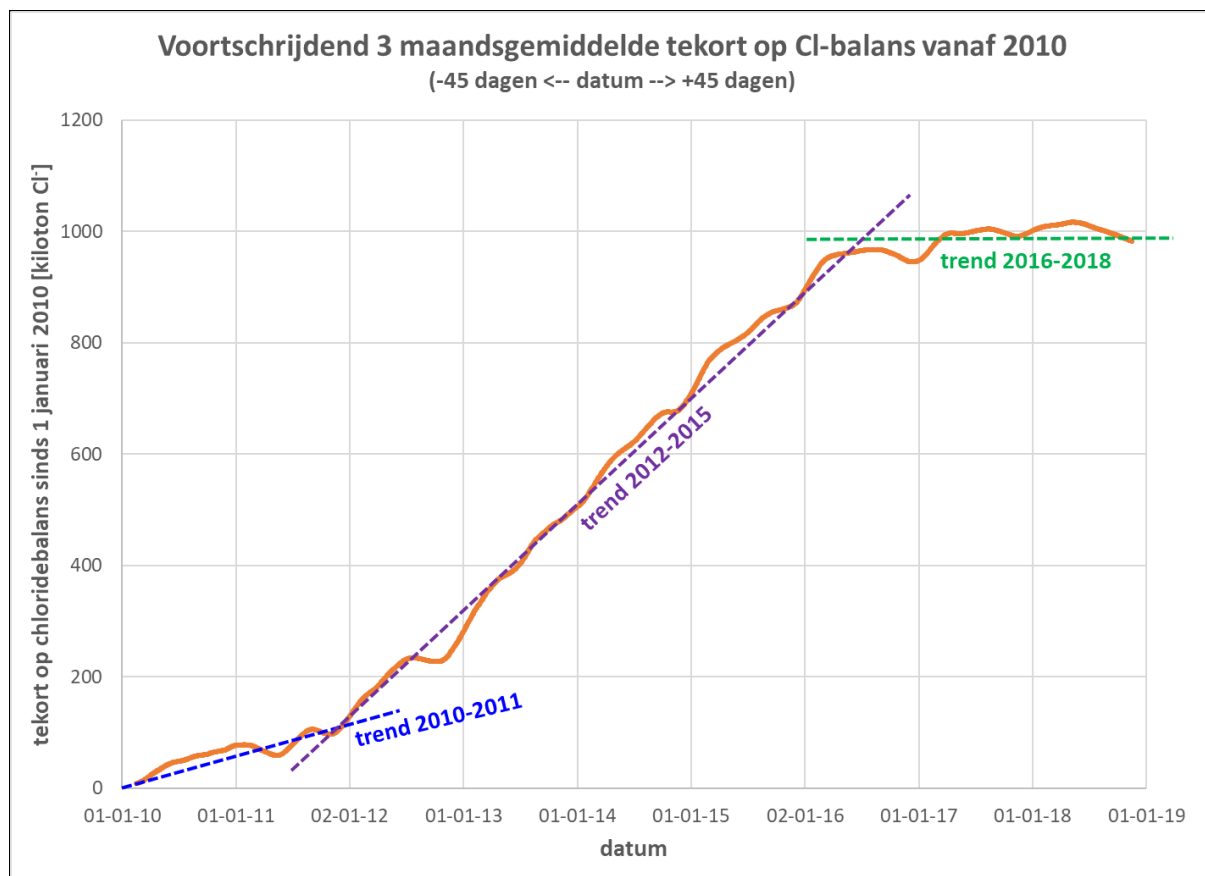


Figuur 55 3 maanden gemiddelde reeksen van het neerslagoverschot (rechter as) en de gemeten chloridegehalten in de vier meetpunten van het VZM (linker as). Elke datum in de grafiek geeft het gemiddelde van die dag en de 45 dagen voor en na die datum (totaal 91 dagen).

Figuur 55 laat zien dat de chloridegehalten in het VZM hoger zijn bij grotere neerslagoverschotten. Algemeen aanvaarde aanname is dat neerslag een laag chloridegehalte heeft (in dit onderzoek is 7 mg/l aangehouden voor directe neerslag op VZM water) en dat er geen chloride mee verdampt. Dat duidt erop dat de invloed op het chloridegehalte in VZM van het afgevoerde neerslagoverschot uit omliggende polders en uit de Brabantse rivieren dominant is over de meer constante chloridestromen door kwel en schut- en lekverliezen. De Brabantse rivieren zijn hierboven al weggeredeneerd. De bemalingen van de omliggende polders dragen relatief zo weinig bij aan de waterbalans dat de chloridegehalten van het uitgemalen water met factoren omhoog moet om de chloridebalans te sluiten. Dat is zeer onwaarschijnlijk.

De andere mogelijkheid is dat de afgevoerde waterhoeveelheden (Bathse Spui, Krammer en Kreekrak) flink overschat worden. Het feit dat het aanvullen van het tekort op de waterbalans (Figuur 18 en Figuur 19) ook met de nodige aannames en kunstgrepen gepaard is gegaan, wijst mogelijk ook in die richting.

Wat verder opvalt in Figuur 54 is dat het tekort op de chloridebalans vooral toeneemt in de jaren 2012 tot en met 2015. De twee jaar daarvoor is de toename veel kleiner, terwijl de laatste drie jaar het tekort nagenoeg constant blijft. Figuur 56 laat dit duidelijker zien. In deze figuur is het cumulatieve tekort op de chloridebalans weergegeven, gemiddeld over een periode van 3 maanden.



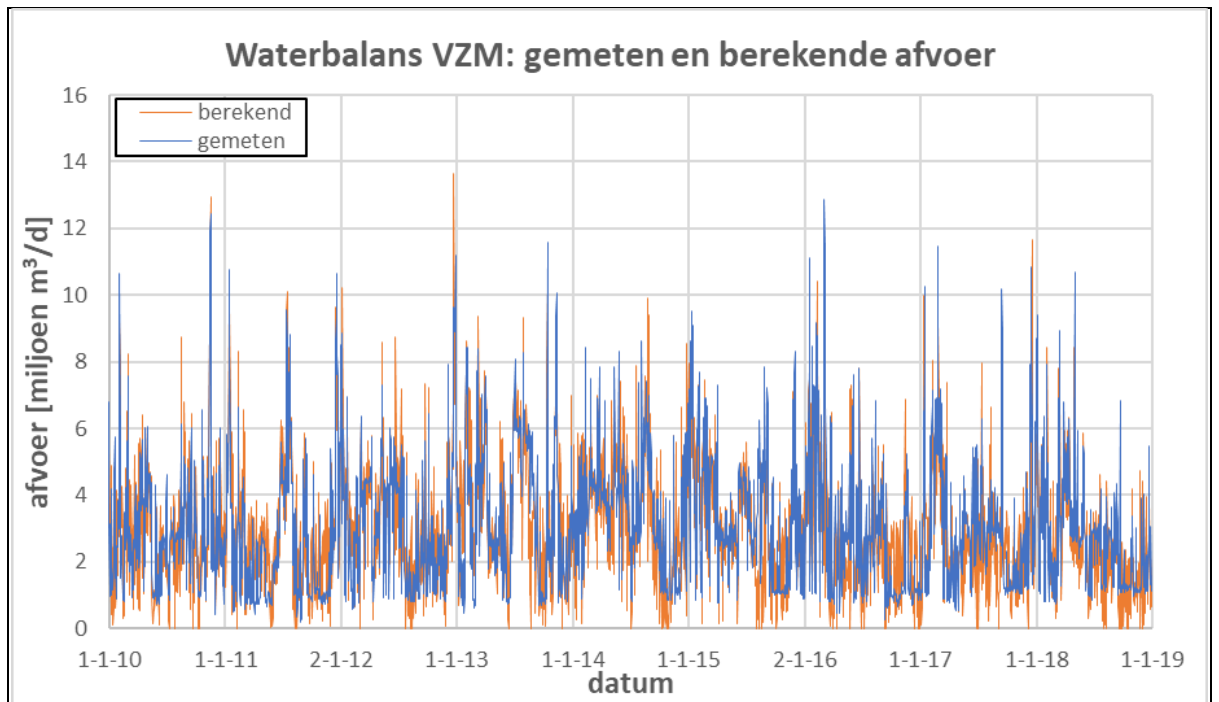
*Figuur 56 3 maanden gemiddelde reeksen van het voortschrijdende tekort op de chloridebalans (het donderblauwe vlak in Figuur 54). Elke datum in de grafiek geeft het gemiddelde van die dag en de 45 dagen voor en na die datum (totaal 91 dagen).*

Uit deze figuur blijkt dat de laatste drie jaar de chloridebalans ongeveer sluitend is. Het tekort dat zich vanaf 2010 heeft opgebouwd, verandert vanaf 2016 immers niet meer. Dit duidt erop dat er in de onderzochte periode van 9 jaar systeemveranderingen zijn opgetreden. Iets wat ook uit de waterbalans lijkt te volgen. In de water- en chloridebalans zijn alle systemen constant gehouden over de periode van 9 jaar. Daarmee wordt bedoeld dat er in de beschouwde 9 jaar geen veranderingen optreden als nieuwe inlaten en gemalen, gemaal regimes, ander landgebruik, reparaties aan sluislekken, veranderde sturingsregels, etc. Waarschijnlijk zal een water- en chloridebalans vanaf 2016 tot 2020 beter sluitend te maken zijn.

### 3.2 Berekenende waterbalans voor het gehele VZM

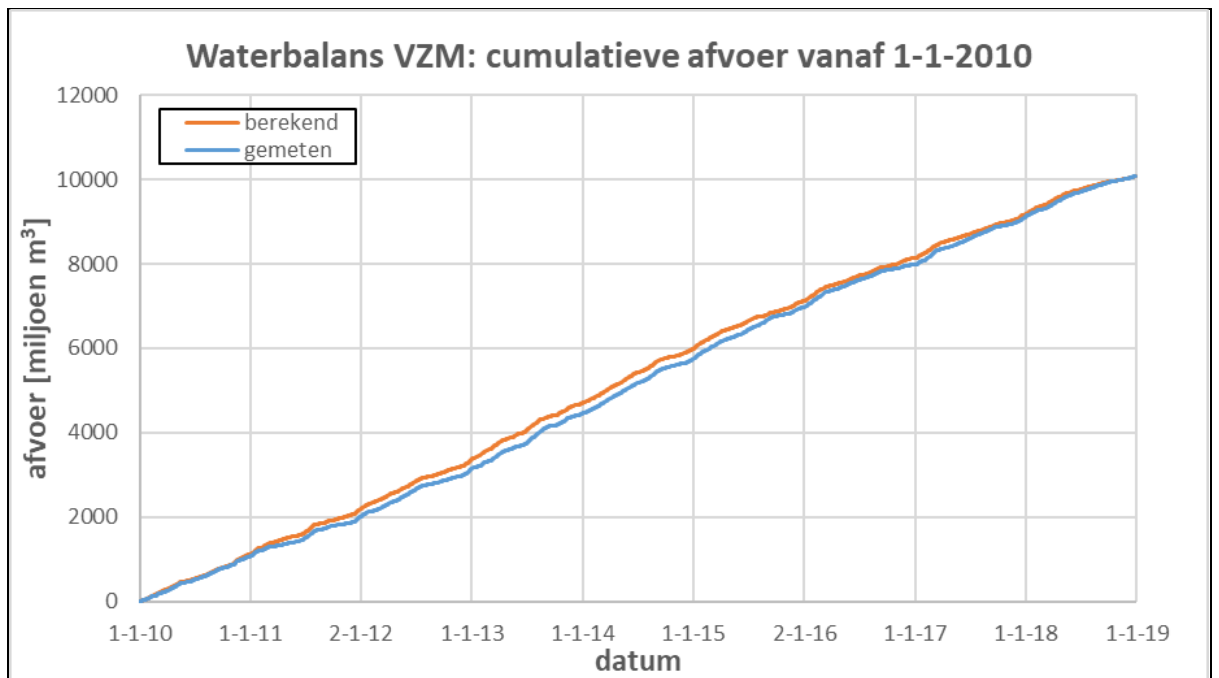
De waterbalans is opgesteld op basis van de waterstromen, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Daarbij zijn de uitgaande waterstromen van de Bathse Spuisluis, de Krammersluizen en het Kreekrakcomplex uit de balans gehaald en zijn de dagelijkse veranderingen in het waterpeil van VZM toegevoegd aan de waterbalans. Daarbij is er gewerkt met 1 waterpeil voor het gehele VZM. Het resulterende dagelijkse wateroverschot wordt uit de balans afgevoerd (berekende afvoer) en vergeleken met de gemeten dagelijkse afvoertotalen van de Bathse Spuisluis, de Krammersluizen en het Kreekrakcomplex. Op dagen dat de berekende resulterende afvoer negatief is, is de berekende afvoer op nul gesteld. Het verschil dat daardoor ontstaat is verdisconteerd met de berekende afvoer van de daaropvolgende dag.

Figuur 57 geeft een grafisch overzicht van de gemeten totale berekende en gemeten dagelijkse afvoer. Figuur 58 geeft dit overzicht voor de totalen vanaf het begin van de balansperiode.



Figuur 57 Waterbalans VZM met totale waterafvoer als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten afvoeren.

Figuur 57 laat zien dat de gemeten en berekende dagelijkse afvoeren redelijk overeenkomen. Dat geldt in iets mindere mate ook voor de cumulatieve afvoer (Figuur 58).



Figuur 58 Waterbalans VZM met totale waterafvoer als sluitpost. Vergelijking cumulatieve berekende en gemeten afvoeren.

Zoals verwacht uit de resultaten van de waterstanden (Figuur 53), wordt er tot halverwege 2013 meer afvoer berekend dan gemeten en in de periode daarna wordt er meer gemeten dan berekend. Tijdens het maximale verschil (op 29-6-2013), is de berekende totale afvoer bijna 8% hoger dan de gemeten totale afvoer.

Figuur 59 geeft een overzicht van de afzonderlijke posten van de berekende waterbalans voor geheel VZM. De gekleurde vlakken bevatten de totale toevoer (groen), afvoer (oranje) en berging (blauw). Daaronder staan de posten waaruit deze totalen zijn opgebouwd.

<b>TOEVOER</b>	<b>1233.9</b>	<b>miljoen m<sup>3</sup>/j</b>			
Neerslag	Debieten	Bemaling WB's	Kwel	Schutten	Lek
52.5	939.7	81.7	12.4	76.1	71.6
<b>AFVOER</b>	<b>1234.2</b>	<b>miljoen m<sup>3</sup>/j</b>		<b>BERGING</b>	<b>0.3 miljoen m<sup>3</sup>/j</b>
Verdamping	Debieten	Inlaat WB's	Schutten	Waterpeil	
49	1120.1	60.3	4.7	0.3	

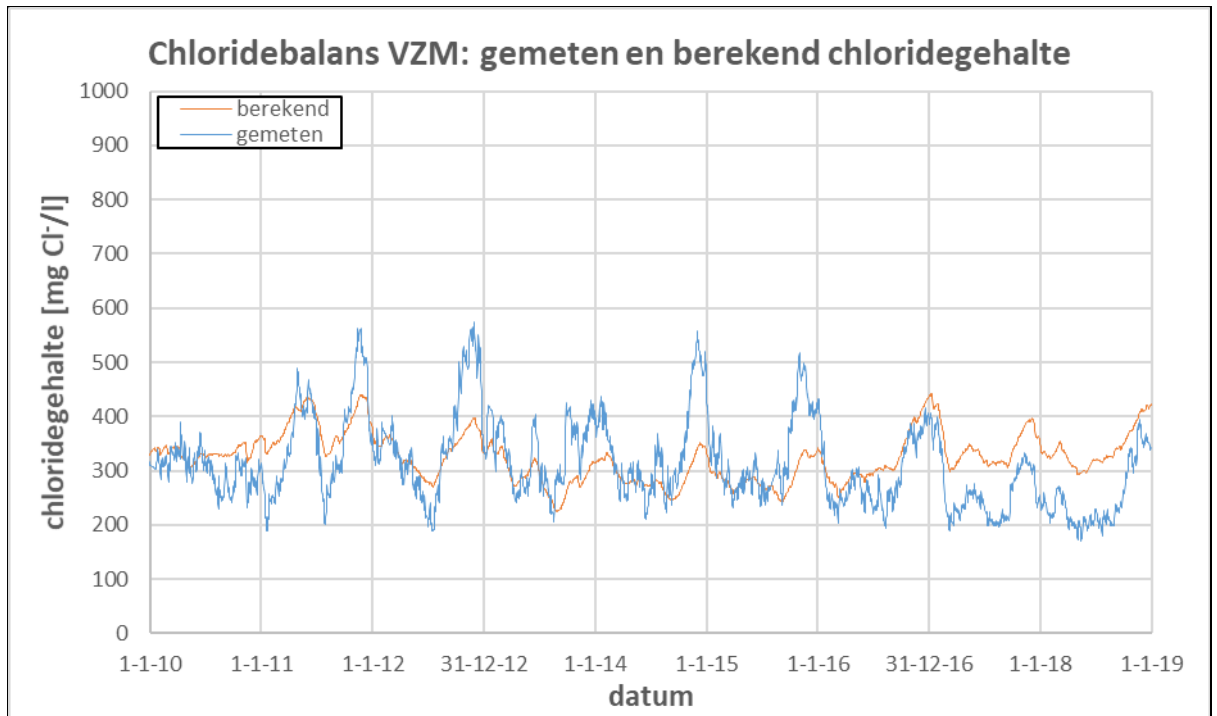
*Figuur 59 Afzonderlijke posten van de waterbalans van VZM voor de periode 2010 – 2018. De weergegeven getallen zijn de berekende jaarlijkse gemiddelden.*

Hierbij staat de term Debieten voor de totale toevoeren en afvoeren door de sluizen en de Brabantse riviertjes, de term WB's voor de totale bemalingen naar en waterinlaten uit VZM van de omliggende polders en buitendijkse gebieden, de term Kwel voor de dijkse kwel en de kwel door de bodem van het VZM, de term Schutten voor de schutverliezen naar en uit het VZM en de term Lek voor de lekverliezen van deze sluizen.

### 3.3 Chloridebalans voor het gehele VZM

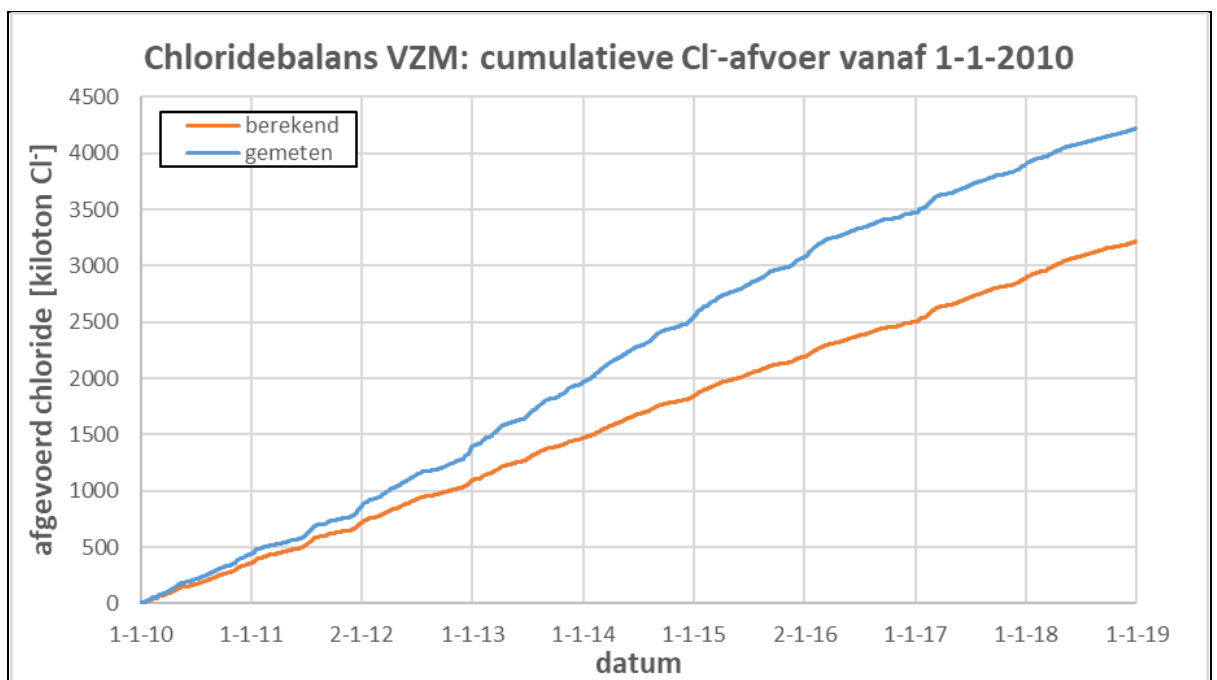
De chloridebalans voor het complete VZM is opgesteld op basis van de gemeten waarden van de meetpunten Galathee, Vossemeer, Ingang spuikanaal en Bathse brug, waarbij voor elk meetpunt het gemiddelde is genomen van de "boven" en "onder" metingen. Deze meetwaarden zijn verrekend met de berekende volumes van Volkerak (0.250 km<sup>3</sup>), Eendracht (0.016 km<sup>3</sup>), Zoommeer (0.046 km<sup>3</sup>) en Spuikanaal (0.005 km<sup>3</sup>), op basis waarvan het gemeten gemiddelde is bepaald. Bij de chloridebalans is gewerkt met 1 chloridegehalte voor het gehele VZM.

Voor instromend water zijn de gemeten chloridegehalten van de betreffende stromen gebruikt en voor uitstromend water is het berekende VZM (gemiddelde) chloridegehalte van de vorige dag gebruikt. De dagelijkse resulterende hoeveelheid chloride is met het VZM volume van die dag omgerekend naar een gemiddeld chloridegehalte. Figuur 60 geeft een overzicht van de gemeten en berekende gemiddelde chloridegehalten van het VZM. Figuur 61 geeft een overzicht van de totale afvoer sinds 1 januari 2010.



Figuur 60 Chloridebalans VZM met totale waterafvoer als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten chloridegehaltenes.

De patronen lopen ongeveer gelijk, maar de berekende chloridebalans blijken over het jaar duidelijk minder te variëren dan het gemiddelde van de gemeten gehaltenes. Ondanks dat met hetzelfde begingehalte is gestart (334 mg Cl<sup>-</sup>/l), is het berekende eindgehalte (423 mg Cl<sup>-</sup>/l) wat hoger dan het gemeten gemiddelde eindgehalte (343 mg Cl<sup>-</sup>/l).



Figuur 61 Chloridebalans VZM met totale waterafvoer als sluitpost. Vergelijking cumulatieve berekende en gemeten afgevoerde hoeveelheden chloride.

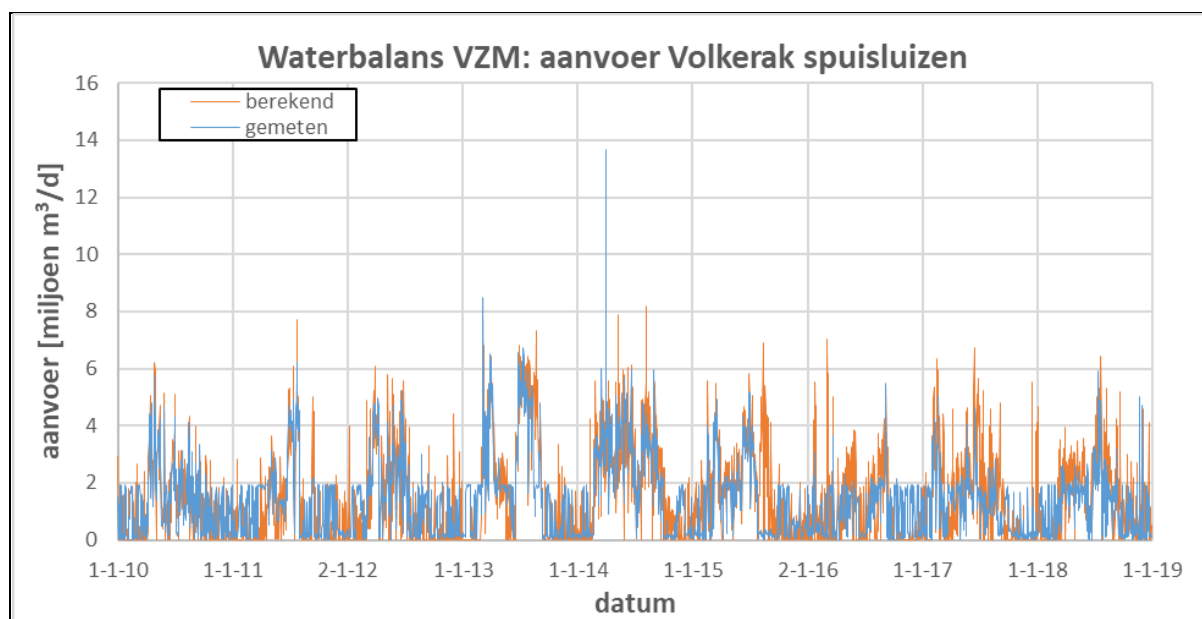
De berekende totale chlorideafvoer over de periode 2010 – 2018 is duidelijk lager dan de gemeten totale chlorideafvoer. De laatste drie jaar lopen de lijnen van berekende en gemeten chlorideafvoer echter vrijwel parallel. Dat is in overeenstemming met het tekort op de gemeten chloridebalans (Figuur 54).

## 4 Water- en chloridebalans per deelgebied

Omdat met name de chloridegehalten van de vier grote deelgebieden van het VZM (Volkerak, Eendracht, Zoommeer en Spuikanaal) nogal verschillen en omdat de waterstromen tussen deze vier deelgebieden duidelijk zijn, is gepoogd een water- en chloridebalans voor deze deelgebieden afzonderlijk op te stellen. Hierbij is de onderlinge wateruitwisseling tussen de vier deelgebieden berekend. Datzelfde is gedaan met de chlorideuitwisseling. Omdat de metingen bij de Bathse spuisluis het meest betrouwbaar zijn, zowel voor wat betreft de waterstromen als voor de chloridestromen is er voor gekozen te beginnen bij de balans voor het Bathse Spuikanaal. De sluitpost daarvan is de water- en chlorideuitwisseling met het Zoommeer, wat voor het Zoommeer als randvoorwaarde wordt gebruikt. Daarna volgt kanaal de Eendracht en de totale balans wordt gesloten met behulp van de aanvoer door de Volkerak spuisluizen. Daarbij is gesteld dat deze aanvoer niet negatief kan worden. Resterende dag-overschotten op het Volkerak worden de daaropvolgende dag verdisconteerd met verminderde aanvoer door de Volkerak spuisluizen. De berekende aanvoer door de Volkerak spuisluizen is vergeleken met de totale aanvoer (Figuur 62 en Figuur 63). De berekende chloridegehalten van de vier delen zijn vergeleken met de gemeten chloridegehalten in meetpunten Galathee (Figuur 64), Vossemeer (Figuur 65), Ingang spuikanaal (Figuur 66) en Bathse brug (Figuur 67).

### 4.1 Waterbalans per deelgebied

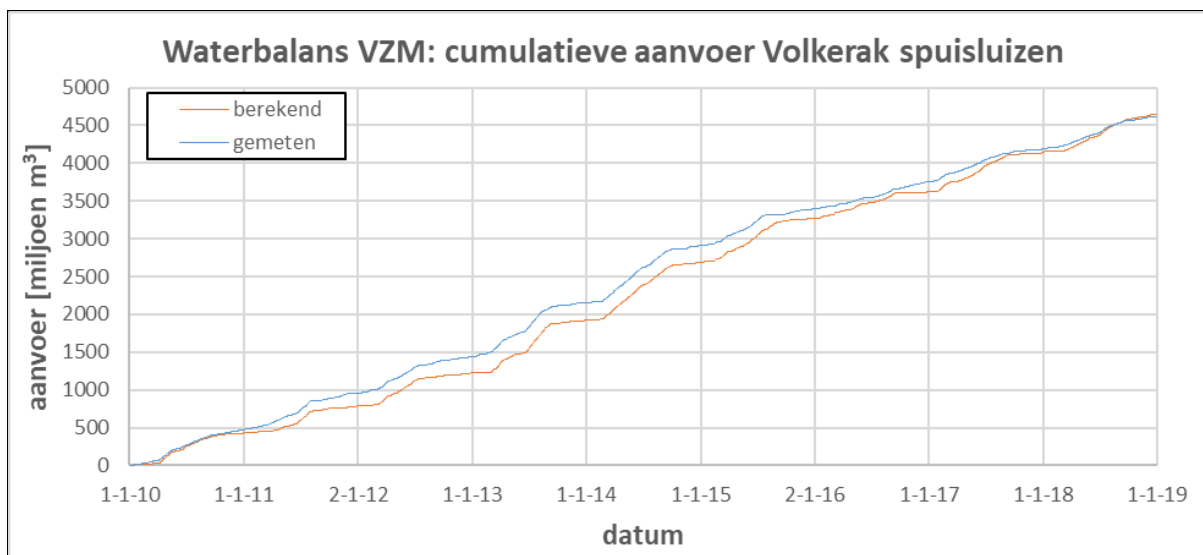
Figuur 62 geeft een overzicht van de dagelijkse berekende en gemeten wateraanvoer door de Volkerak spuisluizen. Figuur 63 geeft hiervan het cumulatieve overzicht.



Figuur 62 Waterbalans VZM met wateraanvoer door Volkerak spuisluizen als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten afvoeren

De berekende dagelijkse aanvoer komt redelijk overeen met de gemeten waarden. De verschillen zijn wel iets groter dan bij de vergelijking van gemeten en berekende totale afvoer voor de waterbalans van geheel VZM (Figuur 57).





Figuur 63 Waterbalans VZM met wateraanvoer door Volkerak spuisluizen als sluitpost. Vergelijking cumulatieve berekende en gemeten afvoeren

Conform de resultaten van de berekende waterbalans voor het gehele VZM, treedt op 29 juni 2013 het grootste verschil op tussen berekende en gemeten cumulatieve aanvoer. Op die dag is er bijna 16% minder aanvoer berekend dan gemeten. Ondanks dat het absolute verschil op die dag ruim 10 miljoen m<sup>3</sup> kleiner is dan het verschil in totale afvoer bij de waterbalans voor het gehele VZM, is het relatieve verschil bijna 2 keer zo groot.

Figuur 64 geeft een overzicht van de afzonderlijke posten van de berekende waterbalansen van de vier deelgebieden van VZM. De gekleurde vlakken bevatten de totale toevoer (groen), afvoer (oranje) en berging (blauw). Daaronder staan de posten waaruit deze totalen zijn opgebouwd.

In deze balansen is ook de berekende wateruitwisseling tussen de vier deelgebieden weergegeven. De toevoerdebieten in de waterbalans van het Volkerak omvatten de inlaat door de Volkerak spuisluizen uit het Hollands Diep en de twee Brabantse riviertjes Dintel en Steenbergse Vliet. De inlaat door de Volkerak spuisluizen is de berekende sluitpost van de gezamenlijke waterbalans van de vier deelgebieden. Deze berekende inlaat door de Volkerak spuisluizen bedraagt gemiddeld 516.96 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Dat is ongeveer 55% van de totale post instromende debieten.

Voor zover aanwezig in de vier onderdelen, staat de term Debieten voor de totale toevoeren en afvoeren door de sluizen en de Brabantse riviertjes, de term WB's voor de totale bemalingen naar en waterinlaten uit VZM van de omliggende polders en buitendijkse gebieden, de term Kwel voor de dijkse kwel en de kwel door de bodem van het VZM, de term Schutten voor de schutverliezen naar en uit het VZM en de term Lek voor de lekverliezen van deze sluizen. De termen uit en naar geven de totale waterstromen tussen de vier deelgebieden weer.

<b>Waterbalans Volkerak [miljoen m<sup>3</sup>/j]</b>					
<b>TOEVOER</b>	<b>1173.68</b>				
Neerslag	Debieten	Bemaling WB's	Kwel	Schutten	Lek
39.80	943.23	39.10	9.23	76.06	66.27
<b>AFVOER</b>	<b>1173.45</b>				<b>BERGING</b>
Verdamping	Debieten	Inlaat WB's	Schutten	naar Eendracht	Waterpeil
37.21	278.21	16.79	0.00	841.24	<b>0.23</b>
<b>Waterbalans Eendracht [miljoen m<sup>3</sup>/j]</b>					
<b>TOEVOER</b>	<b>887.39</b>				
Neerslag	uit Volkerak	Bemaling WB's	Kwel	Schutten	Lek
3.59	841.24	41.74	0.81	0.00	0.00
<b>AFVOER</b>	<b>887.37</b>				<b>BERGING</b>
Verdamping	Debieten	Inlaat WB's	Schutten	naar Zoommeer	Waterpeil
3.36	0.00	42.90	0.00	841.11	<b>0.01</b>
<b>Waterbalans Zoommeer [miljoen m<sup>3</sup>/j]</b>					
<b>TOEVOER</b>	<b>852.52</b>				
Neerslag	uit Eendracht	Bemaling WB's	Kwel	Schutten	Lek
8.23	841.11	0.00	0.03	0.00	3.16
<b>AFVOER</b>	<b>852.49</b>				<b>BERGING</b>
Verdamping	Debieten	Inlaat WB's	Schutten	naar Spuikanaal	Waterpeil
7.69	73.88	0.59	4.73	765.60	<b>0.03</b>
<b>Waterbalans Spuikanaal [miljoen m<sup>3</sup>/j]</b>					
<b>TOEVOER</b>	<b>768.81</b>				
Neerslag	uit Zoommeer	Bemaling WB's	Kwel	Schutten	Lek
0.84	765.60	0.00	0.19	0.00	2.19
<b>AFVOER</b>	<b>768.81</b>				<b>BERGING</b>
Verdamping	Debieten	Inlaat WB's	Schutten	Bathse spui	Waterpeil
0.78	0.00	0.00	0.00	768.03	<b>0.00</b>

Figuur 64 Afzonderlijke posten van de waterbalansen van de vier deelgebieden van VZM voor de periode 2010 – 2018 met wateraanvoer door Volkerak spuisluisen als sluitpost. De weergegeven getallen zijn de berekende jaarlijkse gemiddelden.

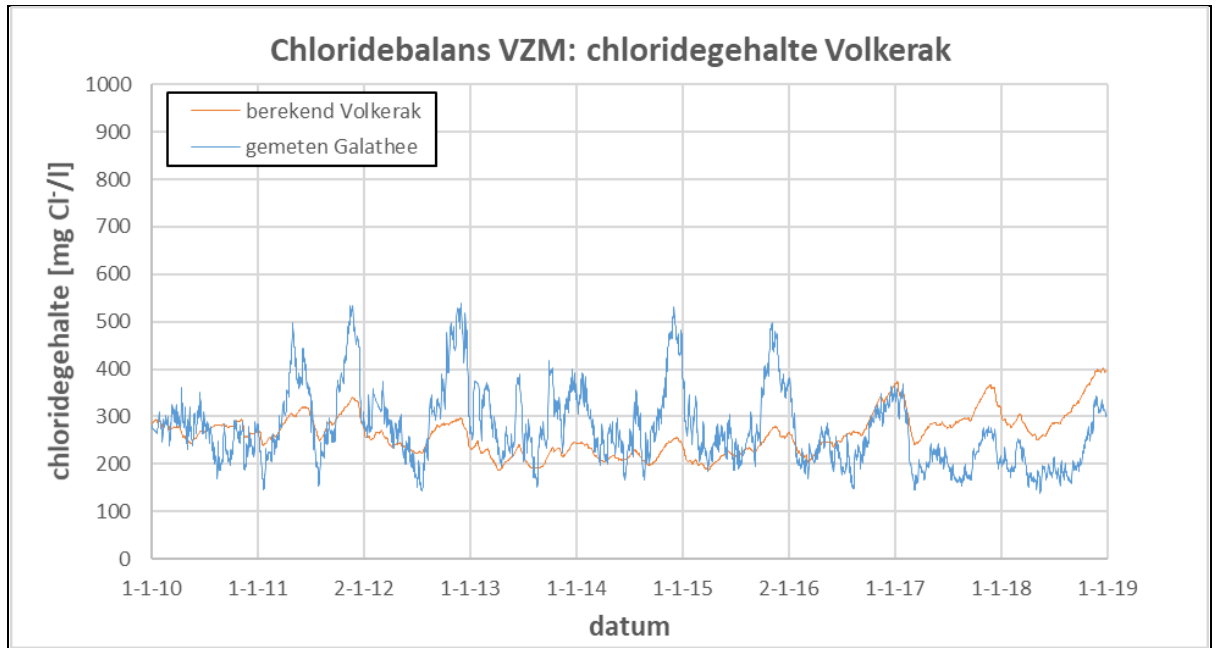
## 4.2 Chloridebalans per deelgebied

De berekende dagelijkse chloride uitwisseling tussen de vier deelgebieden is gebaseerd op de onderling uitgewisselde watervolumes en de berekende gemiddelde chloridegehalten in de vier deelgebieden.

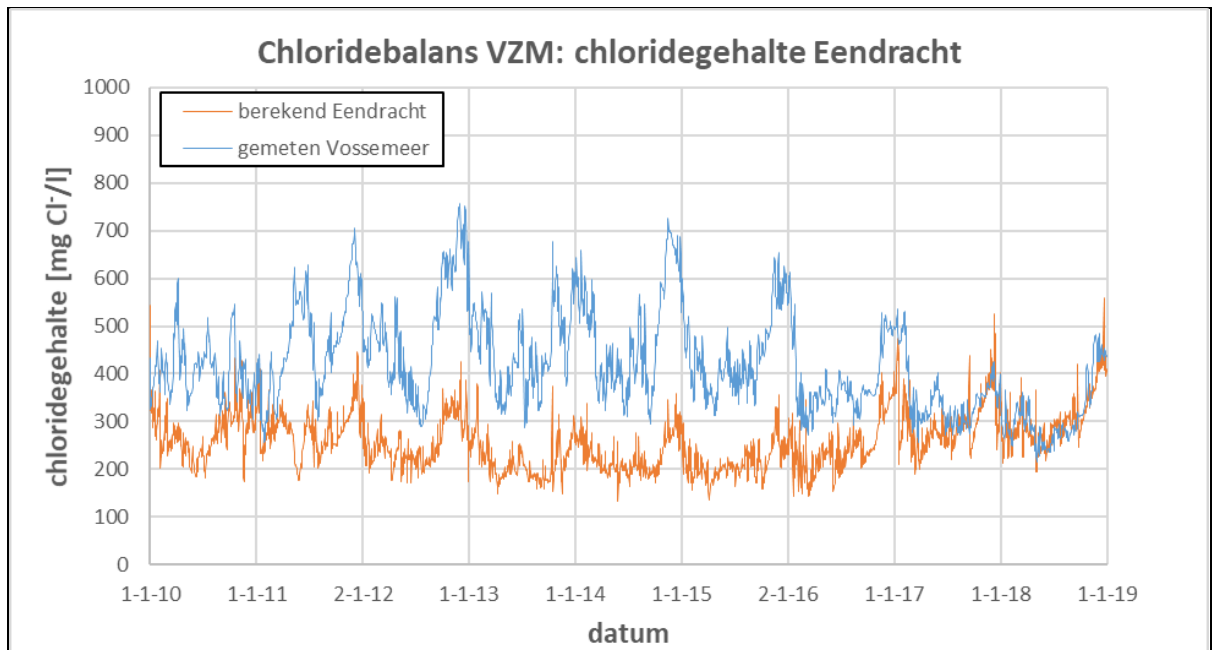
Figuur 65 geeft een overzicht van de berekende en gemeten chloridegehalten in het Volkerak. Figuur 66 doet dit voor kanaal De Eendracht, Figuur 67 voor het Zoommeer en Figuur 68 voor het Bathse Spuikanaal.

Uit deze figuren blijkt dat de gemeten fluctuaties in chloridegehalte in de beide kanalen beter benaderd worden door de berekeningen dan die van het Volkerak en het Zoommeer. De laatste twee jaar komen de berekende chloridegehalten in de kanalen zelfs vrij goed overeen met de gemeten waarden. In die twee jaar komen de berekende fluctuaties voor het Volkerak ook redelijk overeen met de gemeten waarden, alleen liggen de berekende waarden beduidend hoger. In het Zoommeer worden de verschillen tussen berekend en gemeten waarschijnlijk sterk beïnvloed door de locatie van het meetpunt, dat bij de ingang van het Spuikanaal ligt.

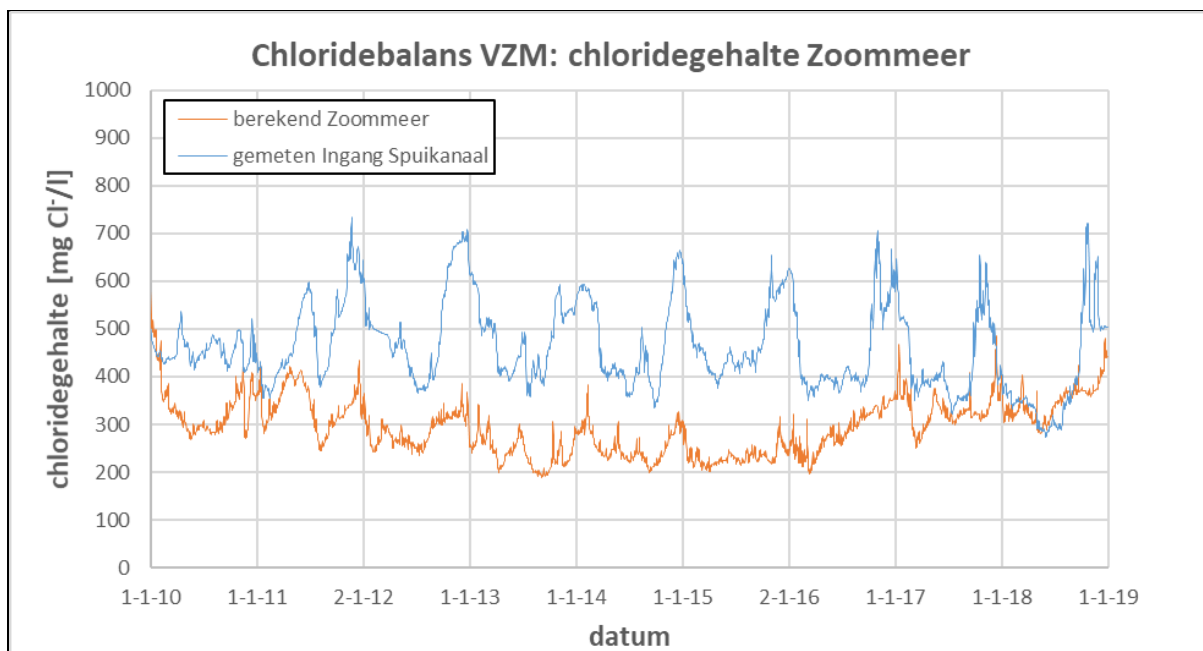
Conform eerdere bevindingen zijn de berekende chloridegehalten in de eerste zes jaar gemiddeld beduidend lager dan de gemeten chloridegehalten.



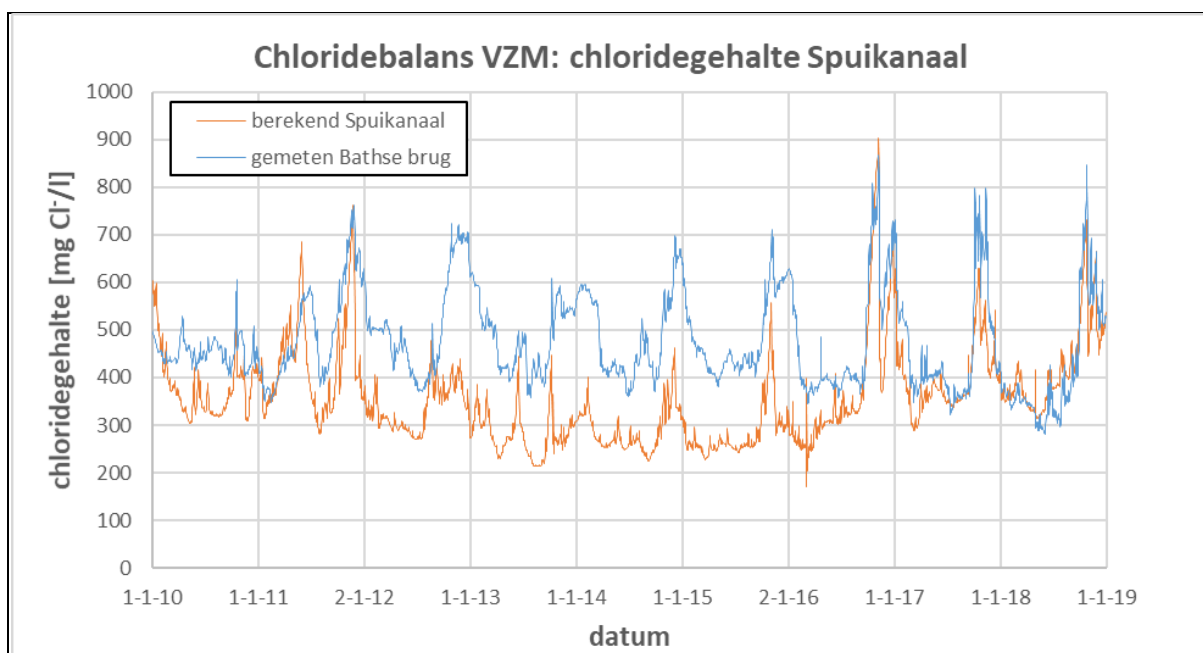
Figuur 65 Chloridebalans Volkerak met wateraanvoer door Volkerak spuisluizen als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten chloridegehaltenes.



Figuur 66 Chloridebalans Eendracht met wateraanvoer door Volkerak spuisluizen als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten waarden

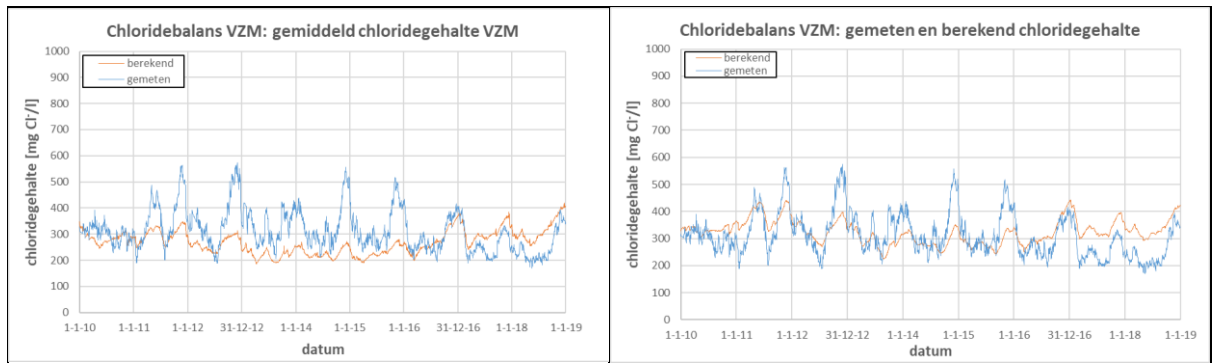


Figuur 67 Chloridebalans Zoommeer met wateraanvoer door Volkerak spuisluizen als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten waarden



Figuur 68 Chloridebalans Spuikanaal met wateraanvoer door Volkerak spuisluizen als sluitpost. Vergelijking dagelijkse berekende en gemeten waarden

Figuur 69 geeft het verloop van het gemiddelde chloridegehalte van het gehele VZM. De gemeten waarde is het op basis van volume gewogen gemiddelde van de vier meetpunten. De berekende waarde in het linkerdeel van de figuur is het gewogen gemiddelde van de rekenresultaten van de vier deelgebieden. De berekende waarde in het rechterdeel van de figuur is het berekende gemiddelde chloridegehalte van het VZM uit het vorige hoofdstuk, waarbij het VZM in de water- en chloridebalans als één geheel is beschouwd (zie ook Figuur 60).



*Figuur 69 Chloridebalans VZM. Links berekend gemiddelde op basis van vier afzonderlijk berekende gehalten met wateraanvoer door Volkerak spuisluisen als sluitpost; rechts berekend gemiddelde op basis van een geheel VZM met totale waterafvoer als sluitpost (Figuur 60).*

Aan het eind van de periode komt het berekende chloridegehalte in beide benaderingen op nagenoeg hetzelfde niveau uit. Het gemiddeld lager berekende niveau in de benadering met vier afzonderlijke deelgebieden wordt veroorzaakt door de verschillen in relatief zoete aanvoer (uit Hollands Diep) en relatief zoute afvoer (uit VZM) van beide waterbalansbenaderingen. In de benadering met vier afzonderlijke deelgebieden zijn de berekende fluctuaties in de eerste zes jaar wat kleiner dan in de benadering met een geheel VZM. In de laatste twee jaar is dat juist andersom. Opvallend is verder dat bij de benadering met vier afzonderlijke deelgebieden de berekende fluctuaties in de laatste twee jaar duidelijk groter zijn dan in de eerste zeven jaar, terwijl dat in de metingen juist andersom is.

## 5 Analyse balansposten

Dit hoofdstuk bevat een analyse van de afzonderlijke balansposten en hun bijdrage aan de water- en chloridebalans van het gehele VZM. Het betreft hier de gemeten balanst termen.

### 5.1 Instromend water en chloride

Tabel 9 geeft een overzicht van de waterbalansposten voor VZM instromend water en het chloridegehalte van dat water. Hierbij is uitgegaan van gemeten instromende debieten en chloridegehalten. De chloridegehalten van zoute lek- en schut-verliezen door de sluizen en door de kwel zijn ingeschat op basis van literatuurwaarden, gemeten chloridegehalten op Ooster- en Westerschelde (de blauwe cijfers in de tabel). De gebruikte chloridegehalten zijn bewust wat lager ingeschaald dan de concentraties van het water in Ooster- en Westerschelde. De chloridegehalten voor zoete lek- en schut-verliezen bij Volkerak sluizen zijn gebaseerd op het gemeten gemiddelde chloridegehalte van het Hollands Diep (de rode cijfers in de tabel). De watertoevoer is het berekende jaarlijks gemiddelde van de periode 2010 – 2018. De kolom Bijdrage geeft de bijdrage aan het chloridegehalte van de totale water toevoer.

Tabel 9 Analyse VZM instromend water voor de jaren 2010 – 2018

Post	Volume [miljoen m <sup>3</sup> ]	Watertoevoer [miljoen m <sup>3</sup> /j]	Chloridegehalte [mg Cl-/l]	Bijdrage [mg Cl-/l]
<b>VZM op 1-1-2010</b>	<b>317</b>		<b>329</b>	
Neerslag		52.46	7	0.30
Volkerak spuisluizen		<b>513.39</b>	79	<b>32.67</b>
Dintel (netto: in – uit)		<b>365.54</b>	37	10.91
Steenbergse Vliet (netto: in – uit)		60.74	53	2.60
Haas van Dorsser		10.54	400	3.42
Eendracht (Flakkee-oost)		8.15	600	3.96
Galathee		6.91	400	2.24
Het Oude Land		4.86	194	0.76
Eendracht (Tholen)		23.93	722	13.99
Drie Grote Polders		1.25	370	0.37
Van Haaften		1.51	3350	4.09
Prins Hendrik		0.56	154	0.07
Zoute Sluis		6.76	153	0.84
De Pals		5.75	119	0.55
Volkerak buitendijks		8.65	283	1.99
Eendracht buitendijks		2.05	456	0.76
Zoommeer buitendijks		0.85	491	0.34
Kwel VZM water		11.78	2000	19.09
Dijkse kwel		0.58	10000	4.73
Lekverlies Krammer DVS1+2		12.62	10000	<b>102.29</b>
Lekverlies Krammer JS1+2		6.31	10000	<b>51.15</b>
Volkerak schutten DVS1+2+3		69.42	75	4.22
Volkerak schutten JS1		6.64	75	0.40
Volkerak lekverlies DVS1+2+3		37.87	75	2.30
Volkerak lekverlies JS1		9.47	75	0.58
Bathse spuisluis lekverlies		2.19	10000	17.76
Bergsediep lekverlies		3.16	10000	25.57
<b>Totaal met gemiddelde concentratie</b>		<b>1233.89</b>	<b>307.96</b>	<b>307.96</b>

Uit Tabel 9 blijkt dat de Volkerak spuisluizen de grootste bijdrage leveren aan de waterbalans, gevolgd door de Dintel. Door het lage chloridegehalte van deze twee instroomposten leveren zij niet de grootste bijdrage aan de chloridebalans. Die komt uit de lekverliezen van de Krammer duwvaart- en jachtensluizen. Daar komt volgens deze berekeningen ongeveer de helft van de chloridetoever naar het VZM vandaan. De nauwkeurigheid van de waarden van deze bijdragen zijn klein. De grootste relatief goed gemeten chloridebijdrage komt het VZM binnen via de Volkerak spuisluizen. Overall blijkt dat het chloridegehalte van de gemiddelde jaarlijkse watertoevoer kleiner is dan het initiële gemiddelde chloridegehalte van het VZM, dat is gebaseerd op de gemeten waarden op 1-1-2010.

## 5.2 Uitstromend water en chloride

Tabel 10 geeft een overzicht van de waterbalansposten voor VZM uitstromend water en het chloridegehalte van dat water.

Tabel 10 Analyse VZM uitstromend water voor de jaren 2010 – 2018

Post	Volume [miljoen m <sup>3</sup> ]	Water afvoer [miljoen m <sup>3</sup> /j]	Chloridegehalte [mg Cl/l]	Bijdrage [mg Cl/l]
<b>Volkerak-Zoommeer</b>	<b>317</b>		<b>329</b>	
Verdamping		49.05	0	0.00
Bathse spuisluis		<b>768.03</b>	463	<b>288.00</b>
Krammer schutsluizen		<b>278.21</b>	273	61.56
Kreekrak sluizen/gemaal (netto: uit-in)		73.88	456	27.29
Inlaat naar Flakkee-oost		10.54	246	2.10
Inlaat naar Tholen		27.24	385	8.49
Inlaat naar St. Philipsland		5.14	387	1.61
Inlaat naar Reigersbergspolder		2.85	422	0.97
Inlaat naar PAN-polders		6.45	375	1.96
Instroom naar buitendijks gebied VZM		8.16	282	1.86
Bergsediep schutten		4.73	450	1.73
<b>Totaal met gemiddelde concentratie</b>		<b>1234.27</b>	<b>395.57</b>	<b>395.57</b>

Tabel 10 is voor de VZM uitstromende waterbalansposten op vergelijkbare wijze opgebouwd als Tabel 9 voor de instromende posten. De tabel laat zien dat de Bathse spuisluizen de grootste bijdrage levert aan de waterafvoer, op gepaste afstand gevolgd door de Krammer schutsluizen. De bijdrage aan de chlorideafvoer van de Bathse spuisluizen is relatief nog groter. Verder valt op dat het chloridegehalte van de gemiddelde jaarlijkse waterafvoer groter is dan het initiële gemiddelde chloridegehalte van het VZM. De gemiddeld jaarlijkse waterafvoer is nagenoeg gelijk aan de gemiddelde jaarlijkse watertoevoer uit Tabel 9.

## 5.3 Relevante balansposten

Uit beide tabellen blijkt dat er in 1 jaar netto bijna 4 kiloton chloride meer het VZM uitgaat dan de ruim 104 kiloton chloride, die er bij aanvang aanwezig is. Zoals eerder al geconstateerd, duidt dit op overschatting van de totale chlorideafvoer en/of onderschatting van de chloridetoever.

Daarnaast is er op de waterbalans ook een tekort weggewerkt via een aantal instromende posten die niet gemeten zijn en voor een groot deel op aannames berusten. Zo vertonen de metingen van de Volkerak spuisluizen regelmatig grote negatieve waarden, terwijl in die perioden de gemeten waterhoogte op het Hollands Diep duidelijk hoger is dan de waterhoogte op het Volkerak.

Voor de waterbalans is aangenomen dat deze negatieve waarden vervangen moeten worden door positieve waarden op basis van peilverschillen tussen Hollands Diep en Volkerak. Volgens gebiedsdeskundigen van RWS Zee en Delta is het meer waarschijnlijk dat in periode met negatieve waarden er niet gespuid is en de negatieve waarden dus moeten worden vervangen door 0. In dat geval resteert er nog een tekort op de waterbalans van ca 3.0 m<sup>3</sup>/s aan VZM instromend water. In bovenstaande balans is dat echter niet gedaan en is gewerkt met de vervangen positieve waarden.

Een poging de chloridebalans te sluiten door voor de zoute constante instroomposten de chloridegehalten te verhogen van 10000 naar 14350, wat op basis van de gemeten chloridegehalten in het water van de Ooster- en Westerschelde zou kunnen, leidt tot een sluitende balans over de periode van 2010 – 2018. Maar dit resulteert ook tot een veel hoger berekend chloridegehalte in het VZM dan gemeten. Gemiddeld over de periode ruim 100 mg Cl/l hoger, naar het eind van de periode toenemend naar meer dan 200 mg Cl/l hoger dan gemeten. In de gepresenteerde balans (Figuur 60) liggen het berekende gemiddelde chloridegehalte ruim 10 mg Cl/l hoger dan gemeten.

Een gemiddeld watertekort van 3 m<sup>3</sup>/s is een kleine 95 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. De grootste post op de waterbalans is de Bathse spuisluis. 95 miljoen m<sup>3</sup>/jaar komt overeen met 12.3% van de jaarlijkse afvoer door de Bathse spuisluis en een daarmee gepaard gaande vermindering van de uitstromende chloridebijdrage met ruim 35 mg Cl/l. De gemeten spui feitelijk berust op een combinatie van waterstandsmetingen en een afvoerformule. Een fout daarin van gemiddeld 12.3% is niet onmogelijk. De 3 m<sup>3</sup>/s zou er bij de Volkerak spuisluisen afgaan (zie hierboven). Dat is een verandering van 18.4% op de waterbalans en een daarmee gepaard gaande vermindering van de instromende chloride bijdrage van 6 mg Cl/l. Bij de andere twee grote posten op de waterbalans, Dintel en Krammer schutsluizen, zou een dermate grote afwijking neerkomen op respectievelijk 25.9% en 34.0%. Bij geen van deze drie posten zou dit leiden tot een relevante verandering van de chloridebalans.

Voor alle overige posten betekent een verandering van gemiddeld 3 m<sup>3</sup>/s een verandering van meer tot veel meer dan 100% op de waterbalans, zelfs voor het Kreekrak sluizen complex. Dat is zeer onwaarschijnlijk.



## 6 Gedane constateringen

Bij het opstellen van de water- en chloridebalansen zijn de volgende zaken geconstateerd:

- Er zit een aantal grote onwaarschijnlijkheden in de gemeten waterstromen en chloridegehalten.
- De metingen van de Volkerak spuisluizen vertonen regelmatig grote negatieve waarden, terwijl in die perioden de gemeten waterhoogte op het Hollands Diep duidelijk hoger is dan de waterhoogte op het Volkerak. Omrekening op basis van statistiek resulteert in een gemiddelde toename van de instroom van ruim 4.5 m<sup>3</sup>/s. Daarmee wordt al een groot deel van het tekort op de gemeten waterbalans gedicht. Volgens gebiedsdeskundigen van RWS Zee en Delta is het meer waarschijnlijk dat in periode met negatieve waarden er niet gespuid is. In dat geval resteert er nog een tekort op de waterbalans van ca 3.0 m<sup>3</sup>/s aan VZM instromend water.
- Het meetpunt bij Bovensas ligt op ruim 10 km van de monding van de Steenbergse Vliet. Daardoor wordt een deel van de instromende hoeveelheid zoet water niet gemeten (schatting is 10%). Het verdient aanbeveling dit meetpunt te verplaatsen naar Benedensas.
- Er ontbreekt een aantal grote posten op de gemeten waterbalans. Deze posten zijn in deze benadering wel meegenomen. Een aantal daarvan is hier berekend, een aantal is ingeschat.
- De bemaling door polders is relatief klein en ruim onvoldoende om het tekort op de gemeten waterbalans te dichten.
- De belangrijkste posten voor de chloridebalans zijn de lekverliezen bij de Krammersluizen. Deze worden echter niet gemeten, noch voor debiet, noch voor chloride.
- Er zijn veel ontbrekende data voor polder inlaten en gemalen. Vaak is het onduidelijk of er die dag niet gemeten is, of dat er die dag geen water stroomde.
- Een gebiedsdeskundige van WS Scheldestromen meldde tijdens de presentatie van de resultaten dat waterinlaat in diverse gebieden pas rond 2015 goed op is gang gekomen. Dit onderschrijft de constatering dat er waarschijnlijk een of meerdere systeemwijzigingen hebben plaatsgevonden in de periode van 2010 – 2018. Het verdient daarom aanbeveling om een volgende waterbalans voor de jaren 2016 – 2019 (of 2020) op te stellen.
- Opmerkelijk is dat de gemeten chloridegehalten in alle vier de meetpunten relatief synchroon lopen aan de hoeveelheid neerslag die er in het gebied valt. Dat is opmerkelijk omdat neerslag nagenoeg geen chloride bevat. Daarnaast lijkt dit erop te duiden dat de invloed van meer constante zoute instromen als kwel en schut- en lekverliezen relatief beperkter is dan hier is aangenomen.
- Windinvloeden en verhoogde menging van zout water uit diepe geulen in het Volkerak daardoor zouden echter ook van invloed kunnen zijn. Het verdient daarom aanbeveling de chloridegehalten bij de belangrijkste in- en uitlaten van het VZM continu te meten.

Tenslotte is gebleken dat de toegepaste methode voor de water- en chloridebalans van het IJsselmeer om uit te gaan van gemeten waterstromen en chloridegehalten, aangevuld met berekeningen en literatuurwaarden, ook voor VZM te gebruiken is. De basisopzet is identiek, de afzonderlijke posten zijn gebied specifiek, zowel in aantal als in onderlinge verbindingen.

## 7 Gebruikte bronnen

- Alterra, 2014. Effect zout Volkerak-Zoommeer op de zoetwatervoorziening van de landbouw. Berekening droogte- en zoutschade met Eurekaopener 2.1 voor Tholen, St. Philipsland, Oostflakkee, Reigersbergsche en PAN-polders. Alterra-rapport 2511 ISSN 1566-7197.
- Arcadis, 2019a. Watersysteemanalyse Mark Dintel Vliet, Waterschap Brabantse Delta. Referentie nr. 083762597 0.3.
- Arcadis, 2019b. Watersysteemanalyse Rietkreek-Lange Water, Waterschap Brabantse Delta. Referentie nr. 083773945 0.6.
- Deltares, 2011a. Ontwerpstudie en Praktijkproef Zoutlekbeperving Volkeraksluizen. Eindrapport van het onderzoek naar mogelijkheden voor de zoutlekbeperving door de Volkeraksluizen na verzilting van het Volkerak-Zoommeer. Rapport nr. 1201226-015-ZKS-0002.
- Deltares, 2011b. Waterkwaliteit en water- en nutriëntenbalansen Volkerak-Zoommeer 1996-2009. Rapport nr. 1203266-000-VEB-0003.
- Deltares, 2011c. Waterkwaliteit en water- en nutriëntenbalansen Volkerak-Zoommeer 1996-2009. Technische documentatie balansmodel. Rapport nr. 1203266-000-VEB-0005.
- Deltares, 2012. Zoutlekbeperving Volkeraksluizen. Verdere reductie van de zoutlek middels een zoutvang. Rapport nr. 1204948-000-ZKS-0013.
- Deltares, 2013a. Zoetwateraanvoer Tholen. Rapport nr. 1202277-000-ZWS-0006.
- Deltares, 2013b. Gebiedsgerichte aanpak Tholen. Deelrapport Hoogwatertoetsing. Rapport nr. 1203812-000-ZWS-0014.
- Deltares, 2013c. Invloed van chloridevrachten van Tholen op de chlorideconcentraties in het VZM. Memo nr. 1207783-000-VEB-0014.
- Deltares, 2015. Perspectief toepassing IZZS op Krammerduwvaartsluizen. Functionele en hydraulische aspecten, Studie in het kader van de Pilot Krammerjachtensluis. Rapport nr. 1207406-005-HYE-0001.
- Deltares, 2016a. Gebruik van water- en stoffenbalansen. Memo nr. 1230069-000-ZKS-0034.
- Deltares, 2016b. Verzoeting en verzilting freatisch grondwater in de Provincie Zeeland. Zeeland model: 3D regionaal zoet-zout grondwater. Rapport nr. 1220185-000-BGS-0003.
- Deltares, 2018a. Eenvoudige zoutrelaties voor snelle zoetwateranalyses. Onderdeel van KPP-project Systeemanalyse Verzilting 2017. Rapport nr. 11200589-002-ZWS-0002.
- Deltares, 2018b. Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model. Rapport nr. 11202240-009-ZWS-0003.
- Deltares, 2018c. Optimalisatie zoutmeetnet Volkerak-Zoommeer. Quicksan voor werkgroep Slim Watermanagement VZM. Rapport nr. 11202244-011-BGS-0002.
- Deltares, 2019. Wel visintrek, geen zoutindringing. Rapport nr. 11203690-004-BGS-0002.
- Deltares, 2020. Afleiden waterbalans D-HYDRO model Volkerak-Zoommeer. Memo nr. 11205259-007-ZKS-0003.
- HydroLogic, 2017. Redeneerlijnen waterbeheer regio Volkerak-Zoommeer. Gezamenlijke uitwerking van Rijkswaterstaat (WVL, ZD, HMC) en de waterschappen Brabantse Delta, Scheldestromen en Hollandse Delta, 2017. Powerpoint presentatie December 2017.
- KNMI, 2020. Neerslag en verdamping meetreeksen 2010-2018.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012. Milieueffectrapportage Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer.

- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014a. Ontwerp-rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2014b. Joint Fact Finding zoet water Eindrapportage voor de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2019. Verslag spuioefening Krammer-DVS1 dd 25-3-2019. Memo 8 mei 2019.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, directie Zeeland, 1999. Calamiteitenregeling hoge waterstanden op Volkerak/Zoommeer. Inzet Krammersluizen voor extra afvoer bij dreigende peiloverschrijding NAP 0.50m.
- Nieuwenhuis, Stefan, 2019. Operationeel peil- en zoutbeheer VZM. Presentatie tijdens Kennisdag Zuidwestelijke Delta op 26 september 2019.
- Ontwerpnota Krammersluizen, 1981. Werking schutsysteem Krammer duwvaart sluisen.
- Projectgroep Water uit de Wal, 2012. Watersituatie Reigersbergsche polder.
- Rapport Onderzoek oorzaak sluitfout waterbalans Volkerak-Zoommeer. Werking Kreekraksluizencomplex.
- Rijkswaterstaat directie waterhuishouding en waterbeweging district zuidwest, 1983. Relatie geleidendheid – chloridegehalte Noordelijk Deltabekken. Nota nr. 71.004.04.
- Rijkswaterstaat Zee en Delta, Waterschap Brabantse Delta, Waterschap Hollandse Delta, Waterschap Scheldestromen, Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid en Rijkswaterstaat Zuid Nederland, 2016. Waterakkoord Volkerak-Zoommeer. Actualisatie 1 januari 2016.
- Rijkswaterstaat Zee en Delta, 2018. jaarbalans Volkerak / Zoommeer debieten in m<sup>3</sup>/sec. Document nr. 20180604 08h18 created by map2009 HPOST2EPS /home/tow/klerk/zoom/balans/balans\_jaar.inp.
- Rijkswaterstaat Zee & Delta, District Noord, team Waterbeheer, 2019. Procesbeheer/bewaking schut/spui-sluizen en gemalen watersysteem Volkerak-Zoommeer (VKZM) Controleperiode: juni-september 2019. Rapportage 14 oktober 2019.
- Rijkswaterstaat, 2020. Historische waterstaatkaarten. Website: <https://www.rijkswaterstaat.nl/apps/geoservices/geodata/dmc/waterstaatskaart>. geraadpleegd in 2020.
- Rijkswaterstaat, 2020. Online info van website: <https://waterinfo.rws.nl/>. Geraadpleegd in 2020.
- Royal HaskoningDHV, 2016. Onderzoek oorzaak sluitfout waterbalans Volkerak-Zoommeer. Stagerapport Avans Hogeschool 's-Hertogenbosch van Tom van Meurs.
- Schrijver, Roy, 2020. Bergingscapaciteit Volkerak-Zoommeer. Memo 17 maart 2020.
- Waterschap Goeree-Overflakkee, 2005a. Toelichting op het ontwerp peilbesluit voor bemalingsgebied De Haas van Dorsser (33). Projectnummer: 12070110.
- Waterschap Goeree-Overflakkee, 2005b. Toelichting op het ontwerp peilbesluit voor bemalingsgebied De Eendracht (43). Projectnummer: 12070110.
- Waterschap Goeree-Overflakkee, 2005c. Toelichting op het ontwerp peilbesluit voor bemalingsgebied Galathee (44). Projectnummer: 12070110.
- Waterschap Hollandse Delta, 2018. Gebiedsanalyse Ooltgensplaat.
- Waterschap Scheldestromen, 2012. Watergebiedsplan Tholen. Registratienummer: 2012009584.
- Waterschap Scheldestromen, 2013a. Toelichting peilbesluit Tholen. Registratienummer: 2013019531.
- Waterschap Scheldestromen, 2013b. Peilenkaart afvoergebieden Tholen. Kaart behorend bij peilbesluit Tholen [documentnr. 2013019565].
- Waterschap Scheldestromen, 2013c. Toelichting peilbesluit Sint Philipsland. Documentnummer: 2013026396.
- Waterschap Scheldestromen, 2014. Toelichting peilbesluit Zuid-Beveland-Oost. Documentnummer: 2014014628.

- Witteveen+Bos, 2016. Informatie- en systeemanalyse Volkerak-Zoommeer: bouwstenen voor Slim Watermanagement Rapport nr. RW1929-255/16-018.805.
- Witteveen+Bos, 2019. Regionale Watervraag/waterbalansen Volkerak-Zoommeer: pilot watervraagtool Sint Philipsland Eindrapport. Referentie nr. 116133/19-019.438.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)