

Optimalisatie Landelijk Meetnet Water

Volkerak Zoommeer



Optimalisatie Landelijk Meetnet Water

Volkerak Zoommeer

Auteur(s)

Sonja Pans

Nena Vandebroek

Dave de Koning

Luuk van der Heijden

Nathalie Dees

Optimalisatie Landelijk Meetnet Water
Volkerak Zoommeer

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Peter Heinen
Referenties	Plan van Aanpak KPP 2020 project - DI01 2020 - Efficiënte monitoring
Trefwoorden	Volkerak Zoommeer, LMW2, informatiestrategie, kostenefficiëntie

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	18-12-2024
Projectnummer	11205232-006
Document ID	11205232-006-ZKS-0002
Pagina's	61
Status	definitief

Auteur(s)		
	Sonja Pans	Deltares
	Nena Vandebroek	Deltares
	Bob van Rongen	Deltares
	Luuk van der Heijden	Deltares
	Nathalie Dees	Deltares

Samenvatting

Deltares is gevraagd om een onafhankelijk advies te geven over kostenefficiënte strategieën voor het inwinnen van informatie voor toepassing in het Landelijk Meetnet Water (LMW). Het gaat hier om de grootheden waterstand, geleidbaarheid, watertemperatuur en debiet. Deltares heeft hiervoor in 2017 en 2018 een optimalisatiemethodiek ontwikkeld en toegepast op drie deelgebieden, het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal (Schroevens & Vandebroek, 2017), de kanalen van Brabant en Midden-Limburg (Schroevens, Vandebroek, & de Koning, 2019) en de Twentekanalen (de Koning & Vandebroek, 2019). Door meer gebruik te maken van data van RWS-objecten, data van waterschappen, slimme datatechnieken en een kritische beschouwing van de informatiebehoefte, blijkt het in deze deelgebieden mogelijk het aantal LMW meetlocaties te reduceren zonder dat de beschikbaarheid of kwaliteit van informatie in het geding komt.

In 2021 is begonnen de methodiek op het deelgebied Zeeuwse Wateren toe te passen, waarbij binnen de Zeeuwse Wateren, het deelgebied Volkerak-Zoommeer is onderzocht in 2021.

Het Volkerak-Zoommeer is een zoetwatermeer met een afgesproken peilbeheer over het jaar. Hiervoor zijn waterstanden en debieten belangrijke informatie. Door de rol van het Volkerak-Zoommeer in de zoetwatervoorziening van de omliggende gebieden is ook de chlorideconcentratie belangrijk en wordt actief een zoutbeheer uitgevoerd op limieten in chlorideconcentratie.

Meetgegevens van sluizen worden nu vaak alleen voor operationele sluis-doeleinden gebruikt en beperkt of enkel achteraf beschikbaar gesteld (bijvoorbeeld berekening van debieten op basis van deurstanden). Er wordt gewerkt aan een ontsluiting via Object Data Services (ODS). De waterschappen meten waterstanden op de meeste van hun inlaten en gemalen voor operationele doeleinden, maar deze metingen zijn niet van voldoende kwaliteit voor het LMW.

Lokale metingen van objecten en van de waterschappen laten in vergelijking met RWS? meetpunten goede overeenkomst zien. Hierdoor is het in principe mogelijk, mits de data goed ontsloten is, het aantal benodigde LMW waterstandsmetingen te reduceren, zoals bijvoorbeeld bij de Bathsebrug en Bathse Spuisluis Inloop. Debieten worden vooral gebruikt om een beter beeld van de waterhuishouding (waterbalans) te krijgen of voor lokaal operationeel gebruik. Een optimalisatie van meetpunten voor debieten is hierdoor niet te voorzien. Voor geleidbaarheid (en temperatuur¹) wordt op dit moment gewerkt aan een numeriek model voor het Volkerak-Zoommeer. Hierdoor zijn chloridemetingen waardevol en is een vermindering op dit moment niet gewenst. De metingen van het LMW meetpunt Nieuw-Vossemeer en van de waterschappen in het Schelde-Rijnkanaal komen grotendeels overeen en er zou met minder metingen kunnen worden volstaan. Anderzijds ontbreken metingen in de buurt van de Krammersluizen, met name de putten, en is het daardoor niet bekend in welke mate het zout vanuit de diepe putten doorstroomt. Door de locatie van sommige geleidbaarheidsmeters van de waterschappen achter/in de inlaten, zijn deze metingen niet representatief als de inlaat niet in gebruik is.

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

1. Neem bij renovatie/groot onderhoud aan de sluizen informatiebehoefte in acht (incl. kwaliteit data) en ga na of noodzakelijke objectmetingen met bestaande informatiebehoefte gecombineerd kunnen worden. Met name debieten en waterstanden kunnen extra in het meetnet worden ontsloten.

¹ Temperatuur wordt met name gemeten voor het omzetten van geleidbaarheid in chlorideconcentratie.

2. Verdere ontsluiting van ODS data en verbetering van informatie over debieten zal ook tot een algemene verbetering van de waterbalans leiden. Het is wenselijk dat ontsloten ODS data goed wordt gevalideerd zodat deze voldoet aan de kwaliteitseisen.

3. Verbetering van het ontsluiten van geleidbaarheid data door combinaties met temperatuurmetingen om zo chlorideconcentraties te kunnen bepalen. Gesprekken met waterschappen aangaan of metingen betrouwbaar genoeg zijn om mogelijk een zoutmeter te vervangen.

4. Het rapport gaat niet verder in op het voornemen voor een toegevoegd meetpunt voor chlorideconcentraties achter de Krammersluizen om zoutlekken kunnen bepalen.

Het is belangrijk om in acht te nemen dat in dit rapport het volgende tijdpad geldt:
De rapportage van dit project is gebaseerd op data en informatie verzameld in de periode 2020-2021 en is daarom deels verouderd. Echter heeft er dit jaar (2024) een workshop plaatsgevonden met mensen uit de regio die wel nieuwe inzichten heeft gegeven in de beschreven informatie. Deze inzichten zijn meegenomen in de aangepaste versie van het concept rapport uit 2021/2022.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Vraagstelling en globale aanpak	8
1.1	Vraagstelling	8
1.2	Globale aanpak	8
1.3	Diepgang van het advies	9
1.4	Uitgangspunten voor deze studie	9
1.4.1	Tijdspad	10
1.5	Ondersteuning en begeleiding vanuit RWS, Deltares en waterschappen	10
2	Beschrijving van het watersysteem	11
2.1	Beschrijving van het Volkerak-Zoommeer	11
2.1.1	Locatie en dimensies	13
2.1.2	Streefpeilen	13
2.1.3	Recente en geplande aanpassingen	14
2.2	Gebruiksdoelen	15
2.3	Waterbeweging	15
2.3.1	Waterbalans	15
2.3.2	Pompen/gemalen	15
2.4	Waterstanden	18
2.5	Temperatuur	20
2.6	Zoutgehalte	21
3	Informatiebehoefte vanuit het watermanagementsysteem	23
3.1	Inventarisatie informatiebehoefte	23
3.2	Beschikbaarheid	25
3.3	Onzekerheidseisen	25
4	Inventarisatie monitoringssysteem	26
4.1	Vergelijking LMW-metingen met alternatieve databronnen	28
4.2	Landelijk Meetnet Water (LMW)-metingen	30
4.2.1	Beschrijving huidige meetnet in het Volkerak-Zoommeer	30
4.2.2	Beschikbaarheid en onzekerheden in meetwaarden LMW-metpunten	30
4.2.3	Onderlinge vergelijking en correlaties tussen LMW-punten	31
4.2.3.1	Waterstanden	31
4.2.3.2	Debieten	33
4.2.3.3	Geleidbaarheid en Temperatuur	33
4.3	Objectmetingen Rijkswaterstaat	34
4.3.1	Technische invulling metingen	34
4.3.2	Beschikbaarheid van de metingen op RWS-objecten en ontsluiting	34
4.3.3	Onzekerheid in de waterstandsmetingen op RWS-objecten	35
4.3.4	Vergelijking van de waterstandsmetingen van de objecten met LMW	35
4.4	Metingen waterschappen	36
4.4.1	Databeschikbaarheid waterschappen en ontsluiting	37
4.4.2	De onzekerheid in de data van de waterschappen	37
4.4.3	Meetnetstrategie van de waterschappen	37
4.4.4	Vergelijking van data van de waterschappen met LMW-data	37
4.5	Modellen en berekeningen Rijkswaterstaat en waterschappen	40
4.5.1	Numerieke modellen	40

4.5.2	Operationele systemen van de waterschappen	40
4.5.3	Operationele systemen: RWsOS-IWP-VZM	40
4.5.4	Conclusie modeldata en berekeningen	43
4.6	Data technieken zoals Multilineaire regressie en <i>graceful degradation</i>	44
4.6.1	Multilineaire regressie (MLR)	44
4.6.2	Graceful degradation	44
4.7	Korte analyse informatiebehoefte versus aanbod	44
4.7.1	Waterstand	45
4.7.2	Debiet	45
4.7.3	Temperatuur	45
4.7.4	Geleidbaarheid	45
5	Actualisering van het meetnet	46
5.1	Doorvoeren van de actualisering van de informatiebehoefte en de categorie indeling	46
5.2	Invullen van verschillende varianten van het meetnet	48
5.2.1	Waterstanden	48
5.2.1.1	Samenvatting analyse waterstanden	48
5.2.1.2	Optimalisatievoorstel waterstanden	49
5.2.2	Debieten	49
5.2.2.1	Samenvatting analyse debieten	49
5.2.2.2	Optimalisatievoorstel debieten	49
5.2.3	Temperatuur	50
5.2.3.1	Samenvatting analyse temperatuur	50
5.2.3.2	Optimalisatievoorstel temperatuur	50
5.2.4	Geleidbaarheid	50
5.2.4.1	Samenvatting analyse geleidbaarheid	50
5.2.4.2	Optimalisatievoorstel geleidbaarheid	50
5.3	Optimaliseren door innoveren	50
5.3.1	Satellietdata/Remote sensing voor meten waterstanden	50
5.4	Effect op de kosten	50
6	Conclusies en adviezen	51
6.1	Conclusies voor het Volkerak Zoommeer	51
6.1.1	Conclusies over de informatiebehoefte	51
6.1.2	Conclusies over het informatieaanbod	51
6.2	Aanbevelingen	52
7	Referenties	53
Bijlagen	54	
A	Indeling deelgebieden meetnet	55
B	Beschikbaarheid data LMW	57
C	Overzicht verplichtingen met betrekking tot metingen Volkerak-Zoommeer (Waterakkoord 2016)	59

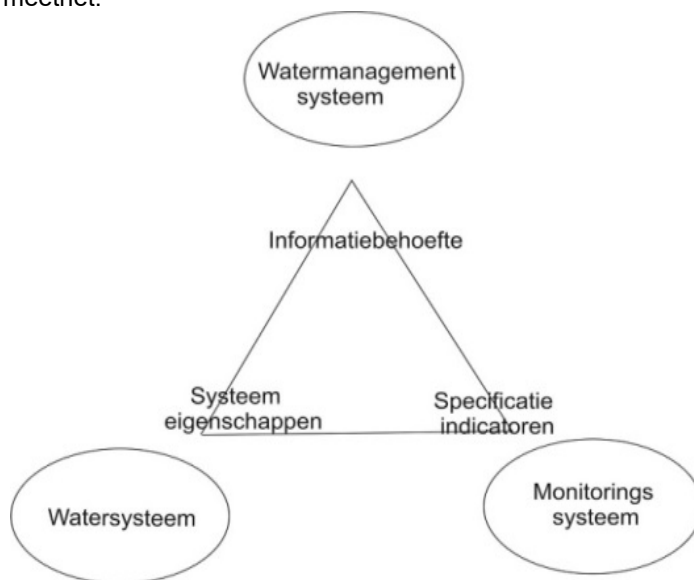
1 Vraagstelling en globale aanpak

1.1 Vraagstelling

Deltares is gevraagd om een onafhankelijk advies te geven over kostenefficiënte strategieën voor het inwinnen van informatie voor de toepassing in het Landelijk Meetnet Water (LMW). Het gaat hier om de grootheden waterstand, geleidbaarheid, watertemperatuur en debiet. Deltares heeft hiervoor in 2017 en 2018 een optimalisatiemethodiek ontwikkeld en toegepast op drie deelgebieden, het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal (Schroevers & Vandebroek, 2017), de kanalen van Brabant en Midden-Limburg (Schroevers, Vandebroek, & de Koning, 2019) en de Twentekanalen (de Koning & Vandebroek, 2019). Door meer gebruik te maken van data van RWS-objecten, data van waterschappen, slimme datatechnieken en een kritische beschouwing van de informatiebehoefte, blijkt het mogelijk het aantal LMW meetlocaties te reduceren zonder dat de beschikbaarheid of kwaliteit van informatie in het geding komt. Het is nu de intentie om de methodiek de komende jaren per samenhangend deelgebied van het meetnet toe te passen (zie bijlage A). De vraagstelling voor deze rapportage was om de mogelijke optimalisatie binnen het deelgebied “Volkerak-Zoommeer” te onderzoeken en daarvoor scenario’s aan te dragen.

1.2 Globale aanpak

Deltares heeft gebruik gemaakt van een methode die gestoeld is op de methode van Mart van Bracht voor het optimaliseren van grondwatermonitoringsnetwerken (Van Bracht, 2001). Conform de methodiek wordt een analyse gedaan op basis van de drie hoekpunten van de informatievoorziening: watersysteem, watermanagementsysteem en monitoringssysteem (zie Figuur 1.1). Het achterliggende mechanisme is dat wijzigingen in het watersysteem of in het beleid of beheer (het watermanagement systeem) leiden tot een andere informatiebehoefte en andere eisen aan het monitoringssysteem. Anderzijds kunnen bijvoorbeeld nieuwe technische ontwikkelingen of druk op de kosten leiden tot een wens voor een andere invulling van het meetnet.



Figuur 1.1 De informatiedriehoek volgens van Bracht.

De inventarisatie van de drie hoekpunten is als volgt uitgevoerd:

Het watersysteem

Op basis van bestaande documenten over het watersysteem en interviews met informatiegebruikers van RWS en Deltares is een beeld geschetst van het watersysteem en de (mogelijke) veranderingen op korte termijn.

Informatiebehoefte van het watermanagementsysteem

De basis voor de inventarisatie van de informatiebehoefte is het overzicht van het huidige landelijk meetnet water, zoals aangeleverd door RWS (actualisatie in 2019). Deze is getoetst en waar nodig bijgesteld op basis van interviews met enkele sleutelgebruikers uit de regio die betrokken zijn bij het operationeel waterbeheer, scheepvaartbegeleiding of waterberichtgeving.

Informatieaanbod en technische mogelijkheden (het monitoringssysteem)

De informatiebronnen die in deze studie zijn meegenomen zijn de data van het landelijke meetnet van RWS, metingen uit de meetnetten van de waterschappen, de objectdata van RWS en informatie gegenereerd door de operationele modellen van RWS en de waterschappen. De kwaliteit van de data is bestudeerd op basis van opgegeven specificaties en data-analyse, waaronder het vergelijken van data van verschillende bronnen. Daarnaast is gekeken of er mogelijkheden zijn voor een meer kostenefficiënte inrichting van de meetlocaties, bijvoorbeeld door het combineren van verschillende metingen op één locatie of door inzet van goedkopere, maar wel volledig operationele, meetoplossingen.

Optimalisatiescenario's

Op basis van de resultaten van de inventarisatie zal het potentiaal om het meetnet binnen het Volkerak-Zoommeer te verbeteren worden beschouwd. Hierbij zal rekening worden gehouden met het blijven voorzien in informatiebehoeftes met betrekking tot het meetnet. Focus van de studie is op het gebruik van objectdata en waar mogelijk alternatieve databronnen zoals modellen, radar of satellietbeelden.

1.3 Diepgang van het advies

Het advies is opgesteld op basis van eerder uitgevoerd onderzoek en parate kennis van gebiedsdeskundigen en van informatie-experts van RWS, Deltares en de waterschappen. Daarnaast is er een analyse uitgevoerd op de beschikbare data van 2018 en 2019. Gezien het aantal meetlocaties en het niet altijd volledig zijn van de data blijven de analyses globaal, maar daar waar nodig zijn diepteanalyses uitgevoerd voor bewijsvoering. Ondanks de zorgvuldigheid waarmee getracht is de analyses uit te voeren blijft het resulterende rapport grotendeels een expertbeoordeling, welke mogelijk niet volledig is.

1.4 Uitgangspunten voor deze studie

- Er wordt uitgegaan van de huidige informatiebehoefte. Deze informatiebehoefte is vastgelegd in een database van RWS, waarvan Deltares een Exceltabel heeft verkregen. Daarbij hoeven de locaties niet exact gehanteerd te worden, maar wel bij benadering. De informatie is verwerkt in de tekst van dit rapport.
- Deltares heeft uitdrukkelijk opdracht gekregen om niet uit te gaan van een blanco meetnet, maar te adviseren vanuit het bestaande meetnet.
- Om te komen tot resultaten die binnen enkele jaren implementeerbaar zijn, wordt uitgegaan van metingen die op dit moment direct beschikbaar zijn of snel beschikbaar gemaakt kunnen worden.

- Bij alternatieve mogelijkheden wordt gezocht naar de oplossingen met de laagste kosten. Dit kan slechts op hoofdlijnen in de studie meegenomen worden. Hier wordt wel rekening gehouden dat over het algemeen meetopstelling op een object goedkoper zijn dan een op zichzelf staande meetopstelling vanwege de al aanwezige infrastructuur (elektriciteit en datacommunicatie) en toegankelijkheid voor onderhoud.
- In deze studie wordt gebruik gemaakt van de termen geleidbaarheid en zoutgehalte, ook wel uitgedrukt in chlorideconcentratie (mg/L). Geleidbaarheid is een maatstaaf voor het zoutgehalte van het water, maar is afhankelijk van de temperatuur. De geleidbaarheid wordt gemeten en wanneer het dus over metingen gaat zal over geleidbaarheid worden gesproken. Zoutgehalte wordt bepaald door geleidbaarheid om te zetten naar chlorideconcentraties, hiervoor is ook informatie over de temperatuur nodig. Wanneer het zoutgehalte wordt besproken gaat het dus over chlorideconcentraties in dit rapport.

1.4.1 Tijdsplan

Het is belangrijk om in acht te nemen dat in dit rapport het volgende tijdsplan geldt:

(1) eerste oplevering van rapport 2022 gebaseerd op informatie en data opgehaald in de periode 2020-2021. Deze informatie, data en behoefte is daarom deels verouderd.

(2) workshop plaatsgevonden in februari 2024, gezamenlijk met de rapportage van Oosterschelde, Veerse Meer en Grevelingen. Deze workshop met mensen uit de regio heeft deels nieuwe inzichten gegeven in de beschreven informatie.

(3) verwerken van deze nieuwe inzichten in de vernieuwde rapportage (aangepaste versie van het concept rapport uit 2021/2022).

1.5 Ondersteuning en begeleiding vanuit RWS, Deltares en waterschappen

De dagelijkse begeleiding is uitgevoerd door: Peter Heinen en Rinus Schroevers. Daarnaast hebben we ondersteuning en expertkennis gekregen van:

- Roy Schrijver (RWS)
- Stefan Nieuwenhuis (RWS)
- Peter Scherpenisse (RWS)
- Edwin Rontberg (RWS)
- Desiree Uitdewilligen (Waterschap Scheldestromen)
- Jaap Oosthoek (Waterschap Brabantse Delta)
- Rutger Ouwerkerk (Waterschap Brabantse Delta)
- Thijs Ijpelaar (Waterschap Hollandse Delta)
- Arno Nolte (Deltares)
- Marc Weeber (Deltares)

2 Beschrijving van het watersysteem

In dit hoofdstuk wordt het watersysteem voor Volkerak-Zoommeer kort samengevat met betrekking tot waterstand, debiet, temperatuur, en zoutgehaltes aangevuld met een vooruitblik naar de toekomst. Hiervoor zijn bestaande documenten geraadpleegd en zijn een aantal interviews afgenomen met de in hoofdstuk 1 genoemde personen.

2.1 Beschrijving van het Volkerak-Zoommeer

Het Volkerak-Zoommeer is een zoetwatermeer bestaande uit vier met elkaar verbonden watersystemen, te weten: Volkerak, Krammer, de Eendracht en het Zoommeer. Het Volkerak ligt tussen Noord-Brabant en het Zuid-Hollandse eiland Goeree-Overflakkee. Voor 1987 waren deze wateren een onderdeel van de Oosterschelde. Na de aanleg van zogenaamde compartimenteringsdammen zijn ze hiervan gescheiden en ontstond het Volkerak-Zoommeer.

De volgende kunstwerken hebben invloed op zowel de waterkwantiteit als -kwaliteit (Figuur 2.1). Op de Bergse Diepsluis na worden deze ook gebruikt als “regelkranen” voor het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer.

- **Volkeraksluizen:** De Volkeraksluizen zijn een complex van drie schutsluizen voor de beroepsvaart, vier spuisluizen en een jachtensluis, gelegen in de Volkerakdam tussen het Hollands Diep en het Volkerak bij Willemstad. Via de spuisluizen kan per dag gemiddeld tot 67,5 m³/s water ingelaten worden in het Volkerak-Zoommeer.
- **Krammersluizen:** De Krammersluizen hebben als belangrijkste functie om scheepvaart door te laten. Bij dreigende overschrijding van NAP +0,50 m op het Volkerak-Zoommeer kan via de riolen van de kolk extra gespuid worden, in dit geval wordt de scheepvaart gestremd. Er zijn twee duwvaartsluizen en twee kleine jachtensluizen.

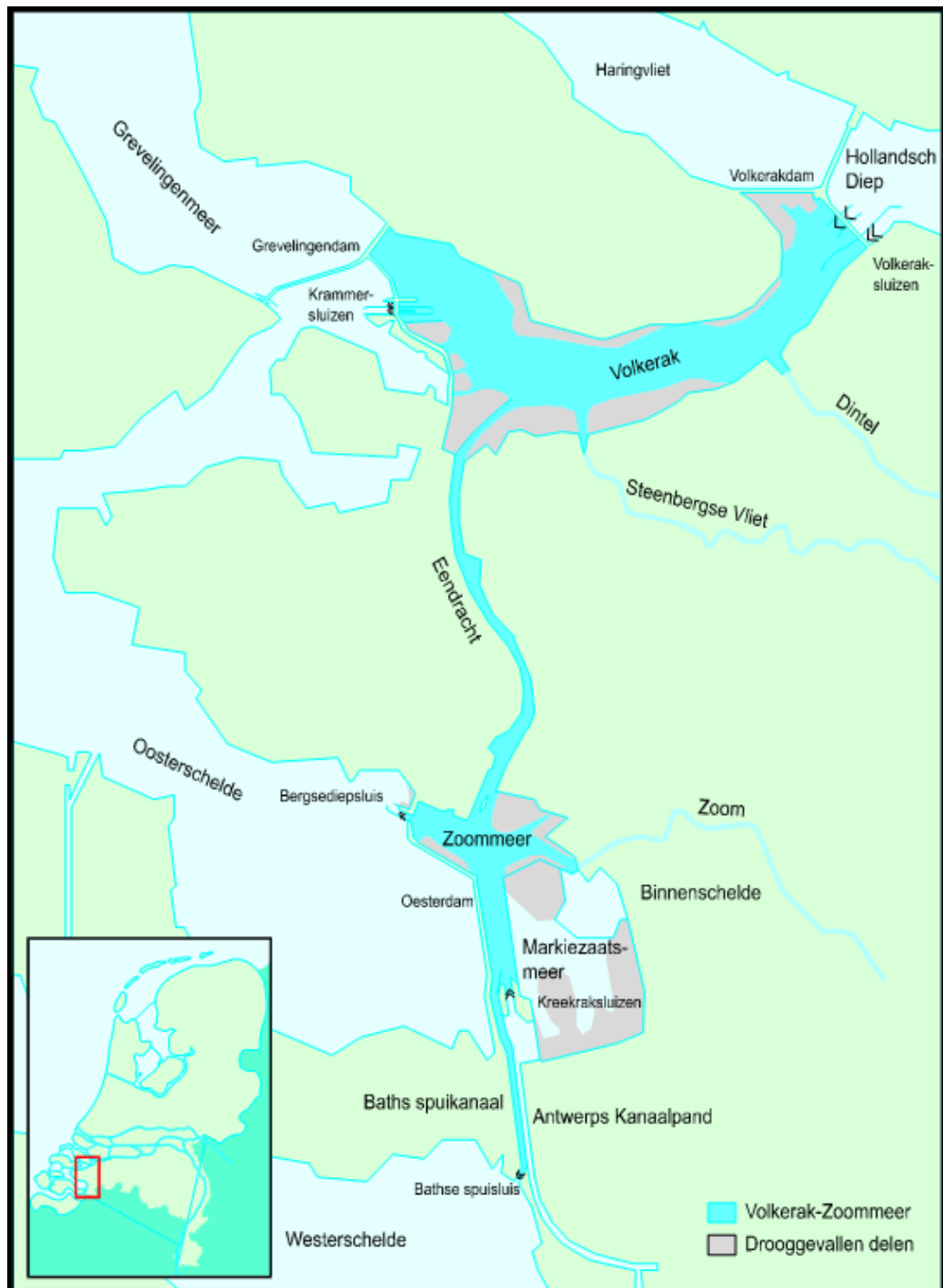
Het huidige zoet-zout scheidingssysteem in de duwvaartsluizen gaat vervangen worden door het Innovatieve Zoet-Zout Scheidingssysteem (IZZS). In de winter wordt voor het IZZS een maximaal doorspoeldebiet naar de Oosterschelde van 29 m³/s aangehouden. In de zomer is dit gereduceerd naar 9 m³/s. Voor het besturingssysteem van het IZZS wordt momenteel een beslissingsondersteunend systeem (BOS) ontwikkeld. De verwachting is dat het geheel in 2025 in bedrijf zal zijn.

- **Bergse diepsluis:** Deze sluis vormt een verbinding voor de (kleine) scheepvaart tussen de kom van de Oosterschelde en het Zoommeer. Door middel van visvriendelijk sluisbeheer wordt vismigratie bevorderd. Dit heeft een beperkte zoutlast op het Volkerak-Zoommeer tot gevolg.

Bathse Spuisluis: De Bathse Spuisluis is de belangrijkste kraan van het Volkerak-Zoommeer. Hiermee wordt water afgevoerd voor peilbeheer en voor doorspoeling. De Bathse Spuisluis kan per dag gemiddeld tot circa 130 m³/s afvoeren (volgens huidige doorspoel- regime beslistabel; persoonlijke correspondentie Stefan Nieuwenhuis). Hierbij worden alle zes spuiokers van de spuisluis ingezet.

- Kreekrakgemaal: het Kreekrakgemaal is onderdeel van het complex Kreekraksluizen. Door de inzet van een daggemiddelde debieten van 2 tot 4 m³/s wordt zoutlast op het Volkerak-Zoommeer bestreden door een 'zoete bel' in stand te houden aan de zijde van het Antwerps Kanaalpand.

De Brabantse rivieren Dintel en Steenbergse Vliet stromen onder vrij verval uit in het Volkerak. Het gemiddeld debiet is respectievelijk circa 12 m³/s en 1,5 m³/s. Het maximale debiet kan oplopen tot respectievelijk zo'n 85 m³/s en 10 m³/s (periode 2000-2016, bron: HMC). Momentane pieken bij grote neerslag kunnen nog hoger zijn.



Figuur 2.1 Volkerak-Zoommeer met geografische namen en kunstwerken (uit Hydrologic, 2017).

2.1.1 Locatie en dimensies

Het Volkerak-Zoommeer wordt omsloten door de provincies Zuid-Holland, Zeeland en Noord-Brabant in het verlengde de waterschappen Scheldestromen, Hollandse Delta en Brabantse Delta (Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Volkerak-Zoommeer met omliggende waterschappen.

Het Volkerak-Zoommeer en in het verlengde het Schelde-Rijnkanaal vormen een watersysteem dat door spui- en scheepvaartsluizen afgesloten is van de andere hoofdwaters. Het vormt een onderdeel van de hoofdtransportas Amsterdam-Rotterdam-Vlaanderen. Bij de Volkeraksluizen zijn in 2017 meer dan 100.000 scheepspassages geregistreerd en bij de Kreekraksluizen 67.000 volgens RWS.

2.1.2 Streefpeilen

Het peil op het VZM wordt gehandhaafd tussen NAP -0,10 m en NAP +0,15 m. De variabiliteit in de waterstand over enkele tientallen minuten tot uren wordt bepaald door het starten en stoppen van het spuien, het schutten van schepen, en wind. De variabiliteit in de waterstand op de schaal van dagen is afhankelijk van de totale aanvoer en afvoer van water en door verhang ten gevolge van wind.

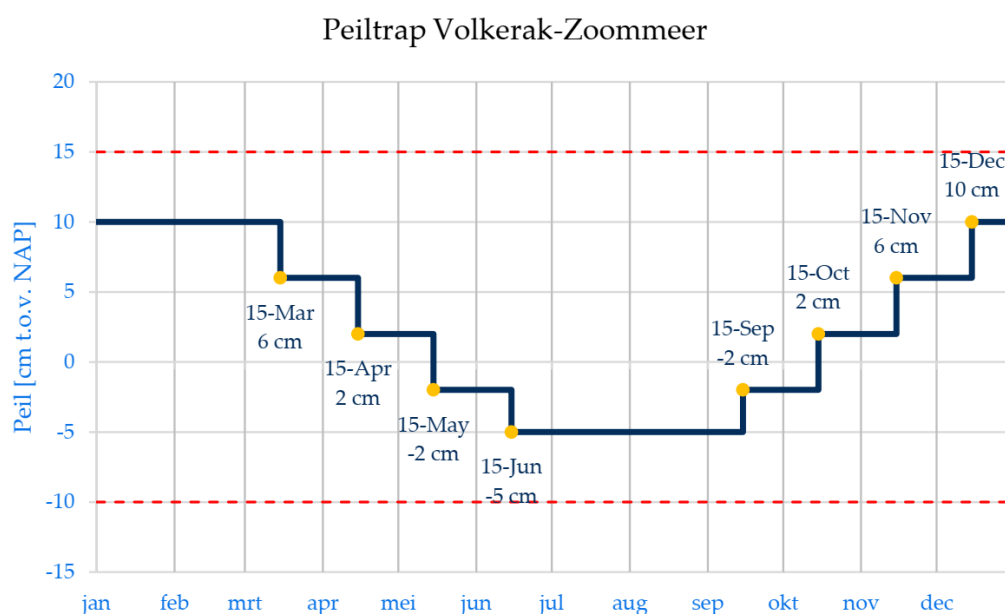
In het huidige beheer mag de waterstand van het Volkerak-Zoommeer fluctueren volgens een natuurlijk peilverloop (Waterakkoord, 2016). Binnen deze grenzen wordt getracht het meerpeil de voor natuurbeheer wenselijke peiltrap te laten volgen (Figuur 2.3). Van ernstige wateroverlast is sprake als het meerpeil boven NAP +0,50 m stijgt en van watertekort als het meerpeil onder NAP -0,25 m zakt. Bij een verwachte overschrijding van NAP + 0,50 m gaat de

calamiteitenregeling in met extra spuien via de Krammersluizen. In zeer extreme gevallen kan het Volkerak-Zoommeer ingezet worden voor berging van overtollig water uit het Haringvliet/Hollands Diep. Het peil kan dan tot NAP +2,30 m stijgen. Deze bergingsoptie bestaat sinds 2016 en is nog nooit toegepast.

In het groeiseizoen van 15 maart tot 15 september mag de chlorideconcentratie bij Bathsebrug niet hoger zijn dan 450 mg/l. Buiten het groeiseizoen zijn de KRW doelen maatgevend maar niet limiterend, omdat het zoutgehalte niet zover mag oplopen dat de kans groot is dat het meer bij de start van het groeiseizoen te ver opgeladen is. Voor zover bekend is hier geen maximaal zoutgehalte voor afgesproken.

In het kader van Slim Watermanagement is door de waterschappen en Rijkswaterstaat gewerkt aan redeneerlijnen die weergeven hoe het beheer is geregeld en welke stuurregels gelden (Hydrologic, 2017).

Sturing op bovenstaande eisen en doelen wordt door de peilbeheerder van het HMC bepaald. Parallel hieraan worden door de waterbeheerder doelen nagestreefd, zoals het bevorderen van vismigratie door middel van visvriendelijk spui- en schutbedrijf.



Figuur 2.3 Streefpeil voor het Volkerak-Zoommeer gedurende het jaar, zogenaamde 'peiltrap' (bron: Hydrologic, 2018).

2.1.3 Recente en geplande aanpassingen

De volgende projecten en aanpassingen zijn recent uitgevoerd of binnen de komende jaren gepland.

- Onderhoud Bathse spuisluis (afdichting in relatie tot zoutlek) is afgerond (herfst 2020);
- Wateraanvoer via de Rode Vaart (Zevenbergen, Brabantse Polder) naar de bovenstroom van de Dintel en Steenbergse Vliet als alternatieve watervoorziening voor het Volkerak-Zoommeer in het geval dat zoet water vanuit het Hollands-Diep beperkt is;
- Innovatieve Zoet-Zout Scheiding (IZZS) voor Krammersluizen (tot 2025);
- Vervanging civiele constructies en renovatie Bergse diepsluis (2021 – 2024);
- Renovatie Kreekraksluizen (2021 – 2024).

2.2 Gebruiksdoelen

In het Nationaal Waterplan 2016-2021 en het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren (Bprw) zijn beheer- en gebruiksfuncties benoemd. De beheerfuncties zijn de beheertaken waarvoor Rijkswaterstaat verantwoordelijk is: waterveiligheid, waterbeheer, waterkwaliteit en natuur. Gebruiksfuncties omvatten het menselijk gebruik van het Volkerak-Zoommeer in brede zin. Beheerfuncties en gebruiksfuncties zijn niet strikt te scheiden, omdat beheerfuncties (vaak) tot doel hebben om gebruiksfuncties mogelijk te maken. Waterbeheer regelt bijvoorbeeld het waterpeil voor scheepvaart.

De volgende beheerfuncties zijn vastgesteld:

- Waterveiligheid
- Noodwaterberging
- Waterbeheer/ Peilbeheer
- Waterkwaliteit
- Natuurbeheer
- Scheepvaart (beroeps):
- Zwemwater
- Beroepsvisserij
- Sportvisserij
- Landbouw
- Recreatievaart
- Overige waterrecreatie
- Woonomgeving

Voor waterkwaliteit en ecologie zijn de beheerdoelen vastgelegd in de beheerplannen van de Kaderrichtlijn water en Natura 2000 omdat twee gebieden als Natura 2000 gebieden zijn aangewezen.

2.3 Waterbeweging

2.3.1 Waterbalans

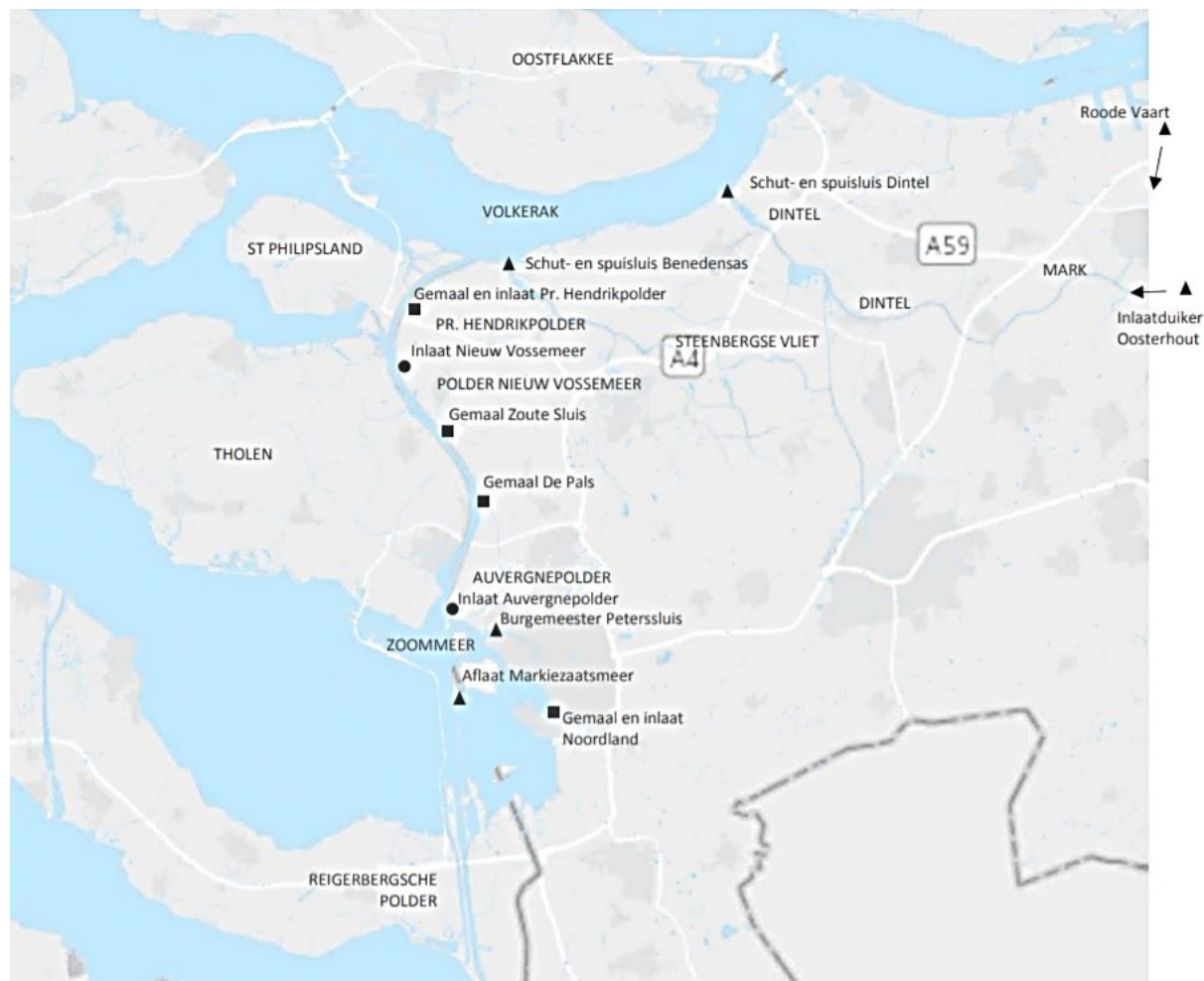
De normale doorvoer van water loopt vanuit het Hollands Diep (door de Volkeraksluizen), en vanuit de Dintel en Steenbergse Vliet via het Schelde-Rijnkanaal naar de Bathse spuisluis (afvoer mediaan 14 m³/s) en via de Krammer naar de Krammersluizen (afvoer mediaan 9 m³/s). Gedurende de winter is er een hoger debiet door het systeem dan in de zomer, afhankelijk van de neerslag. De waterschappen laten water in vanuit het VZM, maar voeren er ook water op af. Dit wordt niet alleen gestuurd door water teveel of tekort, maar onder sommige omstandigheden worden de polders doorgespoeld om zoute kwel kwijt te raken. De hoeveelheden uit de polders zijn relatief klein (max 1 m³/s per polder) maar tellen gezamenlijk wel op.

2.3.2 Pompen/gemalen

Naast de sluizen zijn er de volgende pompen/gemalen die op het Volkerak-Zoommeer uitkomen. Deze dienen voor afwatering vanuit de polder ("uitlaat") en als inlaten van zoet water ("inlaat"). Tabel 2.1 tot Tabel 2.3 en Figuur 2.4 tot Figuur 2.6 laten de gemalen en inlaten per waterschap zien.

Tabel 2.1 Gemalen en Inlaten in Waterschap Brabantse Delta; capaciteiten van gemalen van de Nederlandse gemalen stichting (<http://www.gemalen.nl/>).

Pomp/Gemaal	Inlaat of uitlaat	Opmerking
Gemaal Prins Hendrikpolder	uitlaat	Afvoergemaal Prins Hendrikpolder naar VZM
Gemaal Prins Hendrikpolder	inlaat	Inlaat onder vrij verval uit VZM
Inlaat Nieuw Vossemeer	inlaat	Inlaat onder vrij verval uit VZM
Gemaal Zoute Sluis	uitlaat	Afvoergemaal Zoute Sluis naar VZM (150 m³/minuut)
Gemaal De Pals	uitlaat	Afvoergemaal De Pals naar VZM (132 m³/minuut)
Inlaat Auvergnepolder	inlaat	Inlaat onder vrij verval uit VZM
Gemaal Noordland	inlaat	Gemaal en inlaat Noordland
Gemaal Noordland	uitlaat	Gemaal en inlaat Noordland



Figuur 2.4 Locaties gemalen en inlaten in Waterschap Brabantse Delta (Redermeerlijn Slim Watermanagement).

Tabel 2.2 Gemalen en Inlaten in Waterschap Hollandse Delta; capaciteiten van gemalen komen van de Nederlandse gemalen stichting (<http://www.gemalen.nl/>).

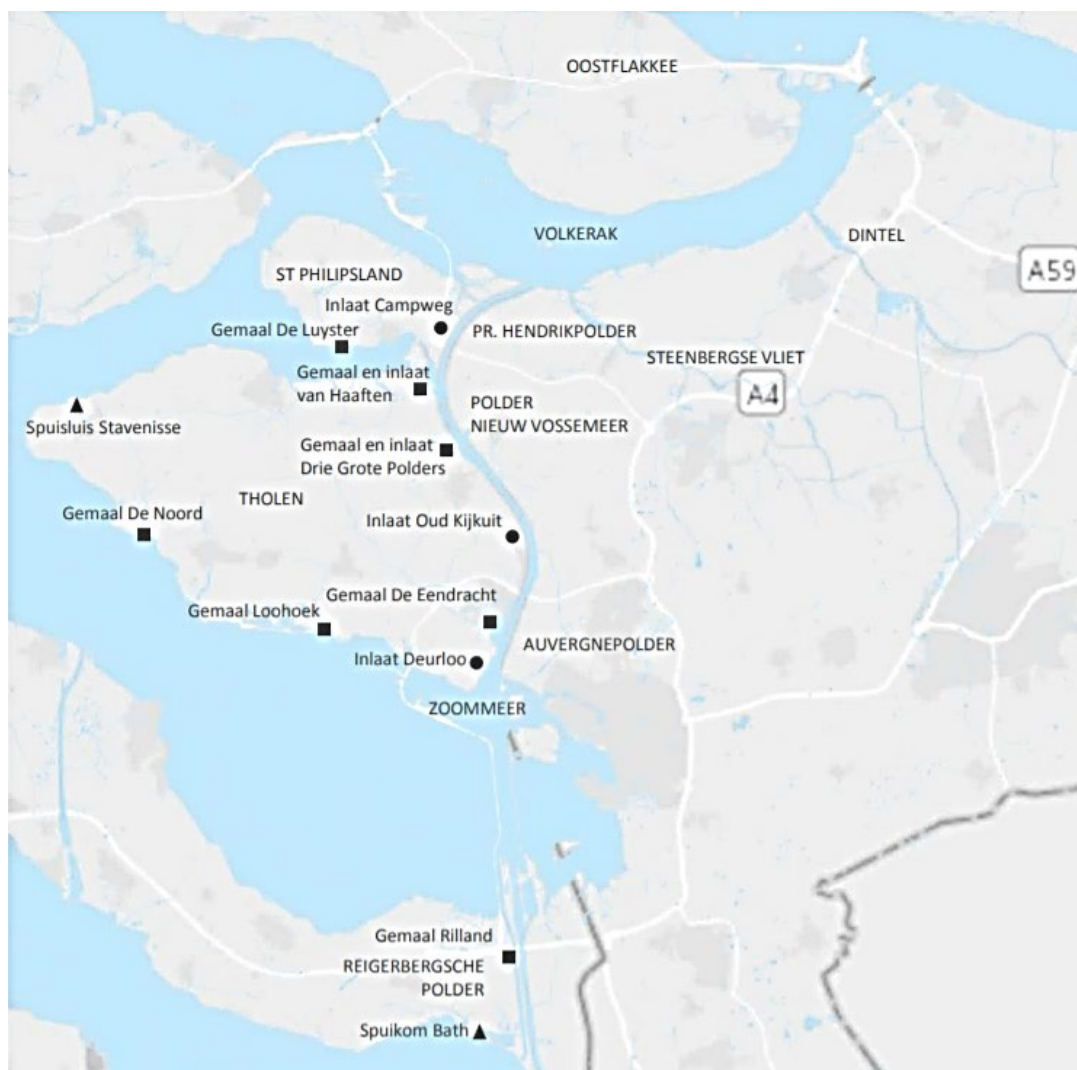
Pomp/Gemaal	Inlaat of uitlaat	Opmerking
Inlaatduiker Zuiderland	inlaat	Inlaatduiker onder vrij verval uit VZM
Inlaatduiker Aymon-Louise	inlaat	Inlaatduiker onder vrij verval uit VZM
Gemaal de Eendracht	uitlaat	Afvoergemaal naar VZM (145 m³/minuut)
Inlaat de Eendracht	inlaat	onder vrij verval uit VZM
Gemaal Galathee	uitlaat	Afvoergemaal Galathee (120 m³/minuut)
Inlaat Galathee	inlaat	Inlaat onder vrij verval uit VZM
Gemaal het Oudeland	uitlaat	Afvoergemaal Het Oudeland (77 m³/minuut)
Inlaat het Oudeland	inlaat	Inlaat onder vrij verval uit VZM
Gemaal De Haas van Dorsser	uitlaat	Afvoergemaal via Krammer op VZM (230 m³/minuut)



Figuur 2.5 Locaties gemalen en inlaten in Waterschap Hollandse (Redermeerlijn Slim Watermanagement).

Tabel 2.3 Gemalen en Inlaten in Waterschap Scheldestromen.

Pomp/Gemaal	Inlaat of uitlaat	Opmerking
Inlaat Campweg (St Philipsland)	inlaat	onder vrij verval uit VZM
Inlaat Van Haaften	inlaat	onder vrij verval uit VZM
Gemaal Van Haaften	uitlaat	Afvoergemaal naar VZM (32 m³/minuut)
Inlaat Drie Grote Polders	inlaat	onder vrij verval uit VZM
Gemaal Drie Grote Polders	uitlaat	Afvoergemaal naar VZM (135 m³/minuut)
Inlaat Oud-Kijkuit	inlaat	onder vrij verval uit VZM
Gemaal de Eendracht (Tholen)	uitlaat	Afvoergemaal naar VZM (380 m³/minuut)
Inlaat Deurloo	inlaat	onder vrij verval uit VZM
Gemaal Rilland	Inlaat/uitlaat	Inlaat en gemaal Rilland, uit VZM (max 27 m³/min), onder vrij verval via spuikom Bath



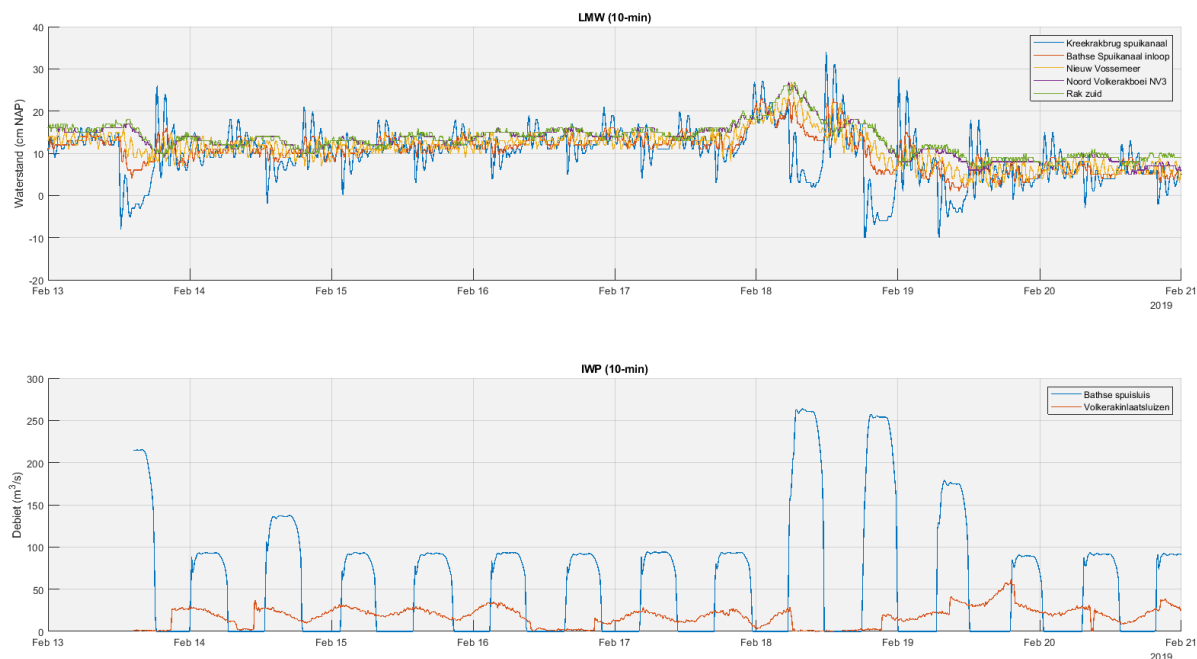
Figuur 2.6 Locaties gemalen en inlaten in Waterschap Scheldestromen (Redermeerlijn Slim Watermanagement).

2.4 Waterstanden

De minimale en maximale waterstanden in het Volkerak-Zoommeer zijn vastgesteld in het Waterakkoord. Natuurlijk schommelen de waterstanden over tijd. De grootste invloed op de waterstanden zijn de aan- en afvoer van water tot het systeem. Dat betekent dat met name rond de spuisluis in Bath de waterstanden met de spuicyclus variëren.

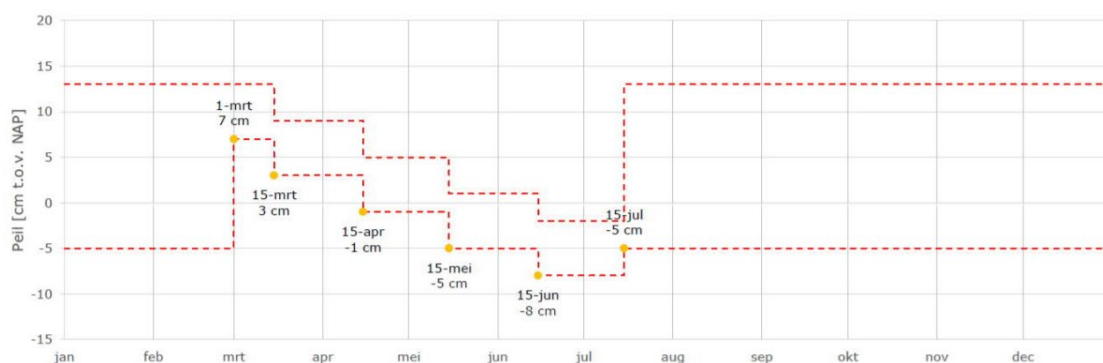
Door het spuien bij Bath ontstaat een waterstandsverlaging die binnen enkele uren terug te zien is in het hele systeem (Figuur 2.7). Het openen en sluiten van de spuiokers veroorzaakt daarnaast een puls (haling) met een periode van 1 1/2 uur². De amplitude ligt tussen de 5 en 15 cm bij de Bathsebrug.

² De golf die wordt veroorzaakt door het spuien loopt door het systeem als een ondiep water golf. Een schommeling van anderhalf uur komt overeen met een loopafstand van de golf van 42 km, wat ongeveer de afstand is tussen het spui en de Volkeraksluizen.

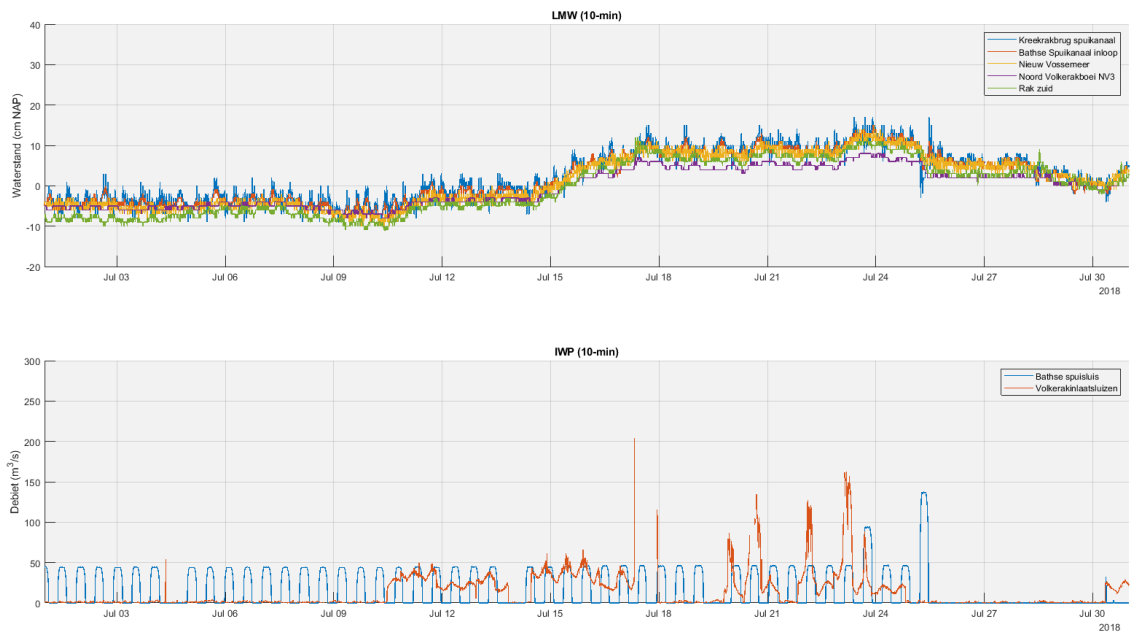


Figuur 2.7 Waterstanden over het Volkerak-Zoommeer samen met het spuidebiet bij Bath en toevoer door de Volkeraksluizen in februari 2019. De haling door het spuien bij Bath is vooral terug te zien bij de Bathsebrug (=Kreekrakbrugspuikanaal in blauw). Omdat de waterstand redelijk gelijk wordt gehouden, staat het spuidebiet bij Bath niet alleen de toevoer door de Volkeraksluizen maar ook water vanuit de Brabantse rivieren en neerslag tegen over.

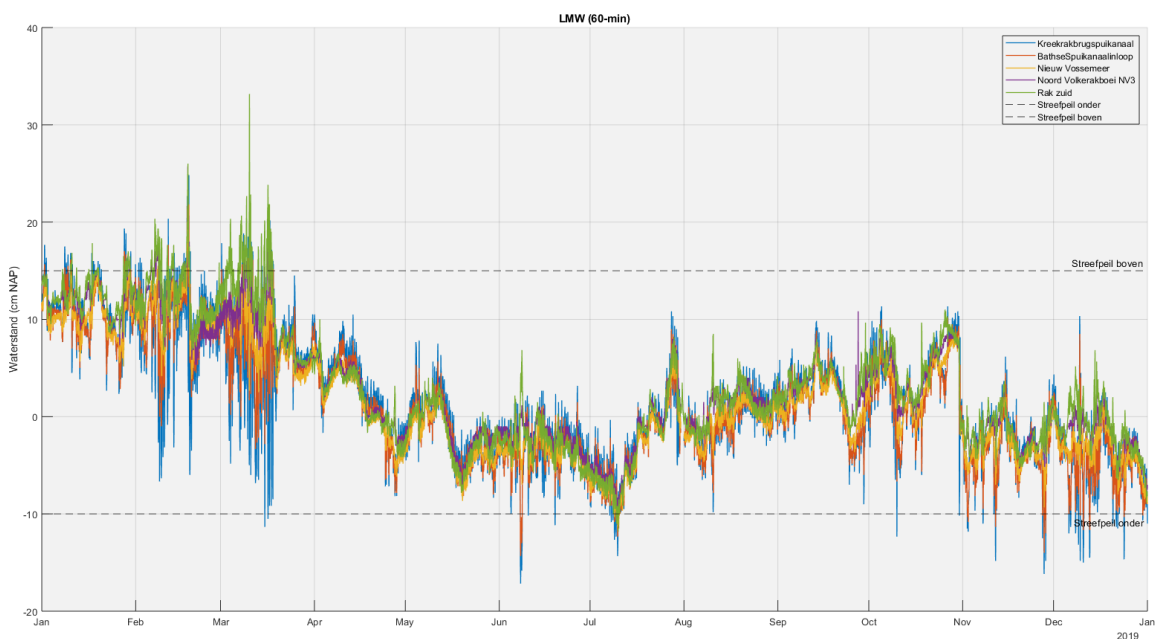
Voor de bescherming van broedende vogels, volgt het streefpeil van het Volkerak-Zoommeer een peiltrap voor de periode van maart tot juli (Figuur 2.8). Deze is terug te zien in de toename van waterstand in juli 2018 (Figuur 2.9) en over het hele jaar 2019 (Figuur 2.10).



Figuur 2.8 Peiltrap Volkerak-Zoommeer t.b.v. broedvogels (source: HMC, presentatie 26.9.2019).



Figuur 2.9 Waterstanden over het Volkerak-Zoommeer samen met het spuidebiet bij Bath en toevoer door de Volkeraksluizen in juli 2018. Het oplopen van het peil en de toename van watertoevoer vanaf 15 juli is duidelijk te zien.



Figuur 2.10 Waterstanden over het Volkerak-Zoommeer in 2019.

2.5 Temperatuur

Figuur 2.11 toont de gemeten temperaturen voor 2018 en 2019 bij de boven sensor van Willemstad, Volkerak (Galathea), Nieuw Vossemeer, Bathsebrug (Deltanuts) en Bathse Spuikanaal Inloop. De temperaturen variëren over het jaar: juli en augustus zijn de warmste maanden, februari en maart de koudste maanden. De trend voor de jaren is vergelijkbaar, maar 2018 heeft duidelijk een koudere winter (temperaturen rond 0 graden Celsius) in maart, terwijl in

2019 de temperatuur nauwelijks onder 4 graden Celsius zakt. Dagelijkse fluctuatie in temperatuur is klein (meestal niet meer dan 0,5 graad Celsius).



Figuur 2.11 Watertemperatuur in het Volkerak-Zoommeer in 2018 en 2019 gemeten bij Willemstad, Volkerak (Galathea), Nieuw-Vossemeer, Bathsebrug (Deltanuts) en Bathse spuikanaal inloop).

2.6 Zoutgehalte

De chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer is vooral veroorzaakt door de indringen van zoutwater door de sluizen (b.v. door schutten van schepen). Het gewenste zoethouden van het Volkerak-Zoommeer gaat niet vanzelf omdat het meer van nature een zeearm met variabele zoet-/zoutgradiënten was. Tegenwoordig is het een zoet meer in een zoute omgeving, hierdoor vergt het zoethouden continue inspanning en zoetwateraanvoer (doorspoelen).

In het groeiseizoen (15 maart - 15 september) wordt door de aanvoer van water vanaf de Volkeraksluizen gestuurd op een maximale chlorideconcentratie van 450 mg/l ter hoogte van Bathsebrug. Buiten het groeiseizoen wordt niet gestuurd op zoutgehaltes.

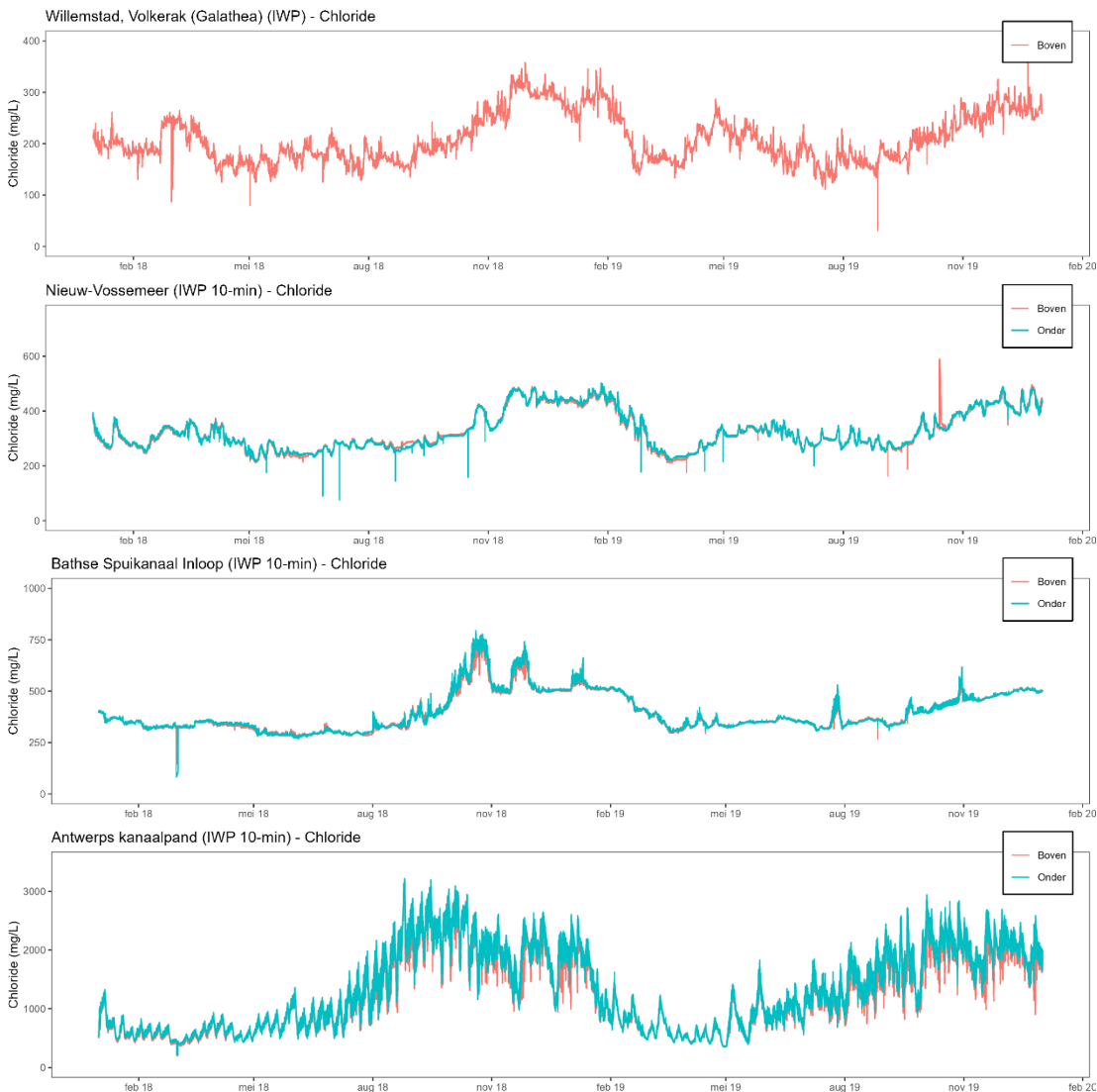
De zoutlek door de Krammersluizen, veroorzaakt door het schutten van schepen, wordt dominant geacht voor de zoutgehaltes in het noordelijke Volkerak-Zoommeer. Hogere chlorideconcentraties (tot boven 1000 mg/l) in het Volkerak bevinden zich in de geulen en putten, afhankelijk van het seizoen (Mens, 2017). De aanname is dat zoutwater uit de putten en geulen soms “overstroomt” en door het watertransport de Eendracht (het Schelde-Rijnkanaal) wordt ingetrokken richting Bathse Spuisluis.

Indien niet gespuid wordt, wordt de zoutlek door de spuisluis bij Bath dominant geacht voor de chlorideconcentratie voor het zuidelijk deel van het Schelde-Rijnkanaal (Bathse spuikanaal en Zoommeer) ook is dat met afronden van de renovatie in eind 2020 sterk verminderd.

Andere maar beduidend kleinere bronnen zijn:

- Zoutlek vanuit de Oosterschelde via de Bergse diepsluis
- Zoutlek vanuit de Oosterschelde door vistrap bij Bergse diepsluis
- Zoutlek vanuit het Antwerps kanaalpand via de Kreekraksluizen
- Uitpompen van zout water uit polders (zoute kwel), vooral vanuit Tholen
- Zoute kwel in het watersysteem zelf

In Figuur 2.12 is duidelijk te zien dat chlorideconcentraties in de wintermaanden (16 september t/m 31 januari) hoger zijn en vaak duidelijk boven de 450mg/l liggen die tijdens het groeiseizoen wordt aangehouden. Het doorspoelregime bij Bath geeft aan hoeveel bij welke chlorideconcentraties gespoeld wordt en tot welke drempel (Tabel 2.4).



Figuur 2.12 Chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer in 2018 en 2019 (Willemstad Volkerak (Galathea), Nieuw-Vossemeer, Bathse Spuikanaal Inloop en Antwerps kanaalpand).

Tabel 2.4 Doorspoelregiem Bathse Spuisluis van 1 februari tot 15 september (HMC, presentatie 26.9.2019).

Start (mg/l Cl)	Stop (mg/l Cl)	Aantal kokers bij Bath
370	340	1 (20 m ³ /s daggemiddeld)
450	370	2 (40 m ³ /s daggemiddeld)
550	450	3 (60 m ³ /s daggemiddeld)

3 Informatiebehoefte vanuit het watermanagementsysteem

De hoofdfuncties van het systeem zijn waterveiligheid, waterverdeling en scheepvaart. Een nevenfunctie van het systeem is de ecologie. Voor deze functies zijn verscheidene parameters van belang. Binnen de context van deze studie worden de volgende vier parameters beschouwd: waterstanden, debiet en temperatuur en zout (geleidbaarheid/chlorideconcentratie). Met de verschillende gebruikers is geïnterviewd wat de behoefte aan informatie is vanuit die verschillende hoofdfuncties (samengevat in Tabel 3.1). Daarnaast worden in dit hoofdstuk kort de eisen met betrekking tot beschikbaarheid en nauwkeurigheid toegelicht.

RWS en waterschappen hebben actuele informatie van debieten nodig op alle significante in- en uitlaatpunten van het watersysteem voor het water-, peil- en zoutbeheer. Beheer gebeurt door middel van spuien, sluizen, gemalen en inlaten (objecten). Voor de sturing van de objecten zijn de waterstanden aan beide zijden van het object nodig.

Daarnaast is het van belang om te weten wat het zoutgehalte is van het water dat wordt ingelaten omdat te hoge zoutgehalten schadelijk zijn voor gewassen. De informatie voor zoutgehalten moet representatief zijn voor de gegeven inlaat (voor de locatie en de gehalte). Meestal is de sturing van in- en uitlaten een operationele taak die, of automatisch door het besturingssysteem van het object gebeurt, of op afstand gebeurt. Hierdoor moet de informatie actueel en online beschikbaar zijn. In het Volkerak-Zoommeer wordt op meerdere LMW punten zoutgehalten gemeten met vaste sensoren. Deze metingen worden aangevuld met de TSO (varende) metingen die vooral geschikt zijn om een indicatie van zoutgehalten in de diepere delen te geven.

In het Waterakkoord (2016) staat:

Primair wordt gestuurd op de huidige en verwachte Cl-gehalten bij meetpunt Bathsebrug bij Deltanuts, ondersensor, locatiennaam is BBDDTo omdat daar de Cl concentratie normaliter het hoogst is. De verwachte chlorideconcentratie bij BBDDTo wordt mede gebaseerd op meetpunten Volkerak (VK) en Nieuw Vossemeer (VOSM). De grenswaarde op het Volkerak-Zoommeer voor de chlorideconcentratie is in het groeiseizoen 450 mg Cl/l.

Op locaties waar geleidbaarheid wordt gemeten, zou ook temperatuur moeten worden gemeten om geleidbaarheid in zoutgehalten (chlorideconcentraties) om te zetten. Er wordt ook op meerdere locaties watertemperatuur gevraagd vanuit de informatiebehoefte in het kader van watertemperatuurbepaling, watersysteemkennis en het berekenen van bijvoorbeeld primaire productie.

Naast de bovengenoemde informatiebehoefte voor operationeel beheer is er is langjarige informatie nodig voor trendbepaling in het systeem (met name waterstanden en zoutgehalten) en het kunnen evalueren dan wel voorbereiden van maatregelen.

3.1 Inventarisatie informatiebehoefte

Waterveiligheid vraagt om actuele waarden en verwachtingen van waterstanden en afvoeren op het Volkerak-Zoommeer. Historische gegevens van diezelfde waterstanden en debieten maken het ook mogelijk om berekeningen te doen. Het peil in het Volkerak-Zoommeer wordt actief

beheerd op basis van de gewogen gemiddelde waterstand van Volkerak-Galathea, Nieuw-Vossemeer, Bathse Spuikanaal en Bathsebrug.

Waterverdeling vraagt om actuele waarden en verwachtingen van waterstanden en afvoeren over alle spui- en sluiscomplexen en alle (grote) afvoeren en inlaten vanuit de waterschappen. De regio maakt hiervoor gebruik van gemiddelde waarden (10 min, 15 min, uur). De behoefte aan informatie voor waterverdeling is breder: kwel, wegzijging, neerslag, verdamping, maar deze vallen buiten de scope van deze studie. In het waterakkoord is vastgelegd dat debieten binnen 10% nauwkeurigheid moeten worden bepaald (direct of indirect).

Scheepvaart gaat ervan uit dat de waterstand op het Volkerak-Zoommeer binnen het kader van het Waterakkoord (2016) wordt gehouden. Er zijn geen bruggen of objecten die doorvaarhoogte limiteren. Bij de sluizen is er ook behoefte aan lokale metingen. De sluisbeheerders hebben een verval nodig tussen de schutkolk en het bovenstrooms en benedenstrooms gelegen pand. De deuren van de kolk kunnen namelijk alleen geopend worden als het verschil niet te groot is, oftewel als er “gelijk water” is tussen de kolk en het pand.

Voor **ecologie** is er binnen de Rijkswateren geen informatiebehoefte bij Rijkswaterstaat. Wel wordt er in de omliggende waterschappen goed naar de kwaliteit van het water gekeken ten behoeve van de ecologie. Dit geldt ook voor de eisen vanuit de KRW. Watertemperatuur kan gebruikt worden voor het berekenen van primaire productie en voor achtergrondinformatie voor het monitoring van blauwalg in de zomer, maar hiervoor bestaat geen officiële informatiebehoefte.

Er zijn geen lozingen van koelwater op het Volkerak-Zoommeer, maar er is een vraag naar temperatuurmetingen ten behoeve van het **watertemperatuurbeheer** bij de sluizen in verband met de kans op ijsvorming in winter. Ook dient de temperatuur in sommige plaatsen voor de omrekening van geleidbaarheid naar chlorideconcentratie.

Voor de **implementatie van de hydrodynamische modellen** voor het Volkerak-Zoommeer is informatie over de debieten en waterstanden op het Volkerak-Zoommeer van belang. Naast hydrodynamica, worden ook zout en temperatuur, waterkwaliteit, primaire productie en graasdruk gemodelleerd. Hiervoor zijn zout en temperatuurmeting belangrijk voor de kalibratie en validatie van de modellen.

Tabel 3.1 Overzicht van informatiebehoefte voor verschillende doelen.

Gebruiksdoel	Informatiebehoefte
Waterveiligheid/ waterbeheer	• Totale debieten door alle sluis en spuicomplexen beheer (per sluis/spui) • Gemiddeld meerpeil • Indirect: lokale waterstanden voor berekening debieten • Actueel, verwacht en historisch
Scheepvaart	• Gemiddeld meerpeil • Lokale waterstanden in sluizen (diepte)
Watertemperatuurbeheer	• Ijsvorming (zie sluisbeheer) • Berekening van chlorideconcentraties
Sluisbeheer	• Waterstand vlak voor en achter deuren • Watertemperatuur voor de detectie van ijsvorming
Ecologie	• Geen informatiebehoefte die actief gebruikt wordt, maar er is mogelijk een verband tussen temperatuur en (blauw)alg
Modelontwikkeling	• Debieten, waterstanden, zoutgehaltes

3.2 Beschikbaarheid

Voor RWS is voor het operationele waterbeheer actuele online informatie nodig met een frequentie van 10 minuten. Ook is bij voorkeur een voorspelling van de verwachte waterstanden, debieten en zoutgehalten beschikbaar, zodat daar op geanticipeerd kan worden. Voor het beleid en systeemonderzoek mag deze informatie achteraf beschikbaar zijn, maar voor de beheerfuncties is actuele (real-time) informatie vereist.

Er zijn geen meetlocaties of parameters in het gebied aangewezen als missie-kritisch. Wel is voor de geleidbaarheidswaarden bij Bathsebrug en het Antwerps kanaalpand en de waterstanden van Volkerak Galathea, Nieuw Vossemeer, Spuikanaal en Bathsebrug een grotere beschikbaarheid vereist (gemiddelde uitvalduur van 12 uur t.o.v. 48 uur).

De waterschappen geven aan dat gegevens van RWS vooral secundair gebruikt worden voor kalibratie/validatie van eigen gegevens (dus geen korte termijn beschikbaarheid nodig).

Het operationele peil- en zoutbeheer stellen de hoogste eisen aan de beschikbaarheid van de informatie, namelijk een uitvalduur van 12 uur voor de volgende locaties (voor waterstand BZO uitvalduur maar 6 uur):

Waterstand - Bathsebrug - Nieuw Vossemeer - Volkerak	Temperatuur - Antwerps Kanaalpand - Bathsebrug	Geleidbaarheid - Antwerps Kanaalpand - Bathsebrug
--	--	---

3.3 Onzekerheidseisen

Vanuit gebruiksdoelen RWS gelden de volgende maximale onzekerheden voor de 10-minuutgemiddelde metingen:

- Waterstand 2,5 cm
- Afvoer 10% (zie ook Waterakkoord 2016)
- Watertemperatuur 0,1 °C

De door RWS gewenste nauwkeurigheid voor zoutgehalten, uitgedrukt in de gemeten geleidbaarheid, is gegeven in Tabel 3.2. Geleidbaarheid in het Volkerak-Zoommeer liggen meestal in of onder de 2000µS/cm range.

Tabel 3.2 Onzekerheid vereist door RWS voor geleidbaarheid (bron: RWS CIV IGA).

Range (µS/cm)	Onzekerheid (µS/cm)
0-1000	30
1000-2000	50
2000-5000	100
5000-15000	300
15000-42000	700

De eisen vanuit RWS gebruikersdoelen worden gesteld aan de informatie en niet aan de individuele metingen. Bij uitval van een meting kan en mag een waarde berekend worden uit de omliggende meetpunten als dit kan met behoud van de vereiste onzekerheid.

4 Inventarisatie monitoringssysteem

In de volgende paragrafen is een overzicht gegeven van de informatiebronnen van het Volkerak-Zoommeer voor waterstanden, debieten, geleidbaarheid en temperatuur. In overleg met RWS, is uitgegaan van metingen/informatie die op dit moment direct beschikbaar zijn of snel beschikbaar gemaakt kunnen worden. Dit zijn:

- Metingen van RWS binnen het LMW
 - 10 minuten waarden via rws.waterinfo.nl
- Metingen van RWS bij RWS-objecten
 - Data beschikbaar via de object data services (ODS) ontsluiting
- Metingen van waterschappen
 - Voor Waterschap Hollandse Delta (via RWsOS-IWP) en direct via Waterschap
 - Voor Waterschap Brabantse Delta (via RWsOS-IWP en HydroNet)
 - Voor Waterschap Scheldestromen (via RWsOS-IWP)
- Informatie beschikbaar binnen het informatieplatform RWsOS-IWP

Alle meetpunten zijn samengevat in Tabel 4.1 en per parameter is aangegeven of die informatie op deze meetpunt beschikbaar is en wie de eigenaar van het meetpunt is.

Een groot deel van de databronnen wordt al ontsloten en gebruikt door RWS. Om te zien of deze data ook werkelijk LMW-data zou kunnen vervangen is een data-analyse nodig. Er is een onderlinge vergelijking gemaakt van alle beschikbare data. In de volgende paragrafen worden vergelijkingen getoond voor waterstanden en debieten die illustratief zijn voor de bruikbaarheid van verschillende bronnen.

Tabel 4.1 Samenvatting van alle meetpunten binnen en aangrenzend aan het Volkerak-Zoommeer. Alleen de punten binnen het Volkerak-Zoommeer zijn in de analyse meegenomen. H (waterstand), Q (debiet), TW (temperatuur), GE (geleidbaarheid) (x) incidentele metingen. WSSS = Waterschap Scheldestromen, WSBD = Waterschap Brabantse Delta. De locatie omschrijving bevat de LMW locatie omschrijving, behalve wanneer deze niet beschikbaar is dan wordt de DONAR locatie omschrijving gegeven (aangeduid met ^).

LMW Code / Waterschap code	DONAR Codes	Locatie omschrijving	H	Q	TW	GE	Beheerder
VG01/2/3/4	RAKZOPNG2 / RAKZOPNG3	Willemstad Volkeraksluizen gat 1/2/3/4		x			LMW
RAKZ	RAKZD	Willemstad, Volkerak (voorheen Rak Zuid)	x				LMW
VJO		Volkerak Jachtsluis					Object RWS (niet LMW)
P_KRAM		Krammersluizen		x			Object RWS (niet LMW)
KV1 / KV2		Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid			x*	x*	LMW
KPT		Bruinisse Krammersluis krammerput			x*	x*	LMW
VK	NOORDVKRK	Dinteloord, Volkerak (Galathea)	x		x*	x*	LMW
DSAS		Dintelsas	x	x			WSBD
BSSS		Benedensas	x	x			WSBD
VOSM	NIEUWVSMR	Nieuw-Vossemeer	x		x*	x*	LMW
SPUI	BATHSSKNILP	Rilland, Bathse Spuikanaal, inloop	x		x*	x*	LMW
KREE		Rilland Kreekraaksluis noord		x			Object RWS (niet LMW)
BBDT	KREEKRBSKNL	Rilland, Bathsebrug	x		x*	x*	LMW
ANKA	BATHSBLKOVr	Rilland, Antwerps kanaalpand					LMW
BSBS(Z/D)	BATHSSKNSSS	Rilland Bathse spuisluis	x	x			LMW
KGM18		Inlaat Campweg	x	x		x	WSSS
KGM00123		Gemaal Prins Hendrikpolder			(x)	(x)	WSBD
KGM22		Inlaat van Haften	x	x		x	WSSS
AKN00312		Inlaat Werkhaven Nieuw Vossemeer			(x)	(x)	WSBD
KGM25		Inlaat Drie Grote Polders	x	x		x	WSSS
KGM26		Inlaat Oude Kijkuit	x	x		x	WSSS
KGM00019		Gemaal De Eendracht		x			WSBD
KGM28		Inlaat Deurloo	x	x		x	WSSS
AKN00483 / AKN00183		Inlaat Auvergnepolder			(x)	(x)	WSBD
KGM00107		Gemaal Noordland			(x)	(x)	WSBD
KGM69		Gemaal Rilland	x	x			WSSS

* Geleidbaarheid wordt gemeten op twee verschillende dieptes, -0.75 m (KV1b/KV2b) en -6 m (KV1o/KV2o) t.o.v. NAP voor de Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid, -0.75 m (VKb) en -4 m (VKo) t.o.v. NAP voor de Dinteloord, Volkerak, -0.75 m (VOSMb) en -3 m (VOSMo) t.o.v. NAP voor de

Nieuw-Vossemeer, -0.75 m (SPUIb) en -3 m (SPUIo) t.o.v. NAP voor de Rilland, Bathse Spuikanaal, inloop, -0.75 m (BBDTb) en -3 m (BBDTo) t.o.v. NAP voor de Rilland, Bathsebrug. Geleidbaarheid wordt gemeten op vier verschillende dieptes, -0.75 m (KPTb), -8 m (KPTmb), -10 m (KPTmo) en -15 m (KPTo) t.o.v. NAP voor de Bruinisse Krammersluis krammerput.

4.1 Vergelijking LMW-metingen met alternatieve databronnen

In de volgende paragrafen wordt de methode toegelicht hoe een aantal (alternatieve) databronnen worden vergeleken met de LMW metingen. De bestaande LMW meetpunten worden eerst met elkaar vergeleken en daarna met objectmetingen en metingen die zijn verzameld door de waterschappen. Er zijn geen alternatieve metingen van de provincies. De data zal kort worden beschreven aan de hand van de technische invulling en beschikbaarheid van de data. Daarnaast is er een data analyse uitgevoerd om te kijken naar de nauwkeurigheid van de metingen. Voor het begrip van deze analyse dienen een aantal zaken en aannames verder te worden toegelicht. In de uitleg hieronder wordt als voorbeeld de vergelijking tussen LMW metingen en objectmetingen gebruikt, maar dezelfde concepten gelden ook voor de vergelijken tussen LMW meetpunten en andere alternatieve databronnen.

Ten eerste geldt er binnen het LMW voor alle meetpunten een onzekerheidseis van 2,5 cm voor de 10 minutengemiddelde metingen van waterstand. Deze eis houdt in dat de standaardafwijking en een mogelijk vast verschil gezamenlijk niet meer mogen zijn dan 2,5 cm als de gemiddelde meetfout (structurele afwijking) nul (0) is. In de praktijk kan dit niet worden getoetst aan een onafhankelijke nauwkeurige meting op dezelfde locatie. Er kan wel een schatting worden gemaakt op basis van nabij gelegen stations, of interpolatie op basis van omliggende stations. Het nulpunt/structurele afwijking wordt ter plaatse gecontroleerd en bijgesteld aan de hand van een vast referentiepunt ten opzichte van NAP. Er wordt aangenomen, en dit is naar alle waarschijnlijkheid terecht, dat met de huidige manier van inmeten, en installeren van de meetinstrumenten aan deze onzekerheidseis wordt voldaan (Rijkswaterstaat, 2008). Voor de vergelijking met de objectmetingen is het van belang een redelijke schatting te hebben van de onzekerheid van de LMW-meting. Er wordt immers eenzelfde onzekerheidseis aan de objectmeting gesteld op het moment dat deze gebruikt gaat worden om te voorzien in de informatiebehoefte. Bij een vergelijking tussen twee locaties is de standaardafwijking van het verschil tussen de twee meetpunten gelijk aan de wortel van de som van de gekwadrateerde onzekerheid van de afzonderlijke meetpunten

$$s = \sqrt{x_{LMW}^2 + x_{object}^2}$$

Waarbij:

s = de standaardafwijking van de verschillen tussen de LMW- en objectmetingen

x_{LMW} = de standaardafwijking van de verschillen met de werkelijkheid (onzekerheid) in de LMW metingen (eis: maximaal 2,5 cm)

x_{object} = de standaardafwijking van de verschillen met de werkelijkheid (onzekerheid) in de objectmetingen (eis: maximaal 2,5 cm)

De formule geldt onder de aanname dat het verschil tussen de LMW-meting en de werkelijkheid (meetfout LMW-meting), en verschil tussen de objectmeting en de werkelijkheid (meetfout objectmeting) niet met elkaar gecorreleerd zijn³. Dit lijkt een goede aanname aangezien de

³ In dat geval mag namelijk de formule van Bienaymé worden toegepast. Die stelt dat de variantie van het verschil tussen (of de som van) twee variabelen hetzelfde is als de som van de varianties van de variabelen zelf, ofwel $\text{Var}(X - Y) = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y)$.

meetpunten fysiek gescheiden zijn en de metingen door verschillende sensoren worden gedaan. Er wordt dus niet verwacht dat zij elkaars meetfout beïnvloeden.

Als verder aangenomen wordt dat de LMW-meting exact voldoet aan de onzekerheidseis, mag de standaardafwijking van de verschillen tussen de object- en LMW-metingen maximaal 3,5 cm zijn op basis van bovenstaande formule:

$$s = \sqrt{x_{LMW}^2 + x_{object}^2} = \sqrt{2,5^2 + 2,5^2} \sim 3,5$$

In dat geval is de onzekerheid van de objectmeting namelijk maximaal 2,5 cm, waarmee aan de eis wordt voldaan. Dit gaat echter alleen op als de onzekerheid van de LMW-meting exact gelijk is aan de maximale fout. Eerder is gesteld dat de onzekerheid van de LMW-meting vermoedelijk lager is, wat betekent dat eigenlijk een strengere eis (lager dan 3,5 cm) ten aanzien van de standaardafwijking van de verschillen tussen de LMW en objectmeting aangehouden moet worden. Voor deze studie is de aanname dat de statistische meetonzekerheid van de LMW-metingen in dit gebied niet hoger is dan 1,5 cm. Volgens bovenstaande formule moet de standaardafwijking van de verschillen tussen de LMW- en objectmetingen dan lager zijn dan 2,9 cm. Als dat zo is, zou de standaardafwijking van de verschillen tussen de objectmetingen en de werkelijkheid niet groter dan 2,5 cm moeten zijn. Daarmee zouden de objectmetingen moeten voldoen aan de onzekerheidseisen (zie paragraaf 3.3).

Bovenstaande betekent het volgende:

- Als de standaardafwijking van de verschillen tussen de LMW- en objectmetingen onder de 2,9 cm is, wordt er aangenomen dat de objectmeting voldoet aan de 2,5 cm onzekerheidseis. De aanname hierbij is dat de onzekerheid van de LMW-metingen niet minder is dan 1,5 cm. Wel is het in dit geval de verwachting dat de objectmeting een grotere meetfout heeft dan de LMW-meting. Wat dus een (acceptabele) verslechtering van de kwaliteit inhoudt.
- Als de standaardafwijking van de verschillen onder de 2,1 cm is, wordt op basis van de bovenstaande formule aangenomen, dat zowel de meetfout van de LMW-meting als de meetfout van de objectmeting kleiner zijn dan 2,1 cm (en dus voldoen aan de 2,5 cm onzekerheidseis). Onder de aanname dat de meetfout van de LMW-metingen rond de 1,5 cm ligt, ligt de onzekerheid van de objectmeting ook rond de 1,5 cm. Er wordt dus aangenomen dat er geen verbetering, noch een verslechtering van kwaliteit optreedt.
- Als de standaardafwijking van de verschillen tussen de LMW- en objectmetingen onder de 1,5 cm is, klopt de aanname dat de meetfout van de LMW-metingen niet minder dan 1,5 cm is niet meer. De meetfout van beide metingen is dan per definitie onder de 1,5 cm. Er kan op dat moment niet met zekerheid gezegd worden welke meting nauwkeuriger of minder nauwkeurig is.
- Alles onder de aanname dat de structurele afwijkingen (bias) die worden gevonden bij de objectmetingen verholpen kunnen worden. In dat geval geeft de standaardafwijking van de verschillen tussen de metingen namelijk de volledige onzekerheid weer. Anders geformuleerd zou je kunnen stellen dat de standaardafwijking van de verschillen tussen de object- en LMW-metingen de potentie van de objectmeting als vervanging van de LMW-meting weergeeft, mits de structurele afwijking verholpen wordt.

$Y = \text{Var}(X) + \text{Var}(Y)$. De variabele X is het verschil tussen de LMW-meting (L) en de werkelijkheid (W), de variabele Y is het verschil tussen de objectmeting (O) en de werkelijkheid. Hiermee wordt de volgende formule gevonden: $\text{Var}(L-W-O+W) = \text{Var}(L-W) + \text{Var}(O-W)$. In de linker kant van de formule vallen dan de W's eruit, en blijft deze formule over: $\text{Var}(L-O) = \text{Var}(L-W) + \text{Var}(O-W)$. Met de definities in de hoofdttekst wordt dit: $s^2 = x_{LMW}^2 + x_{object}^2$. Door hiervan de wortel te trekken wordt de formule gevonden die in de hoofdttekst staat.

4.2 Landelijk Meetnet Water (LMW)-metingen

4.2.1 Beschrijving huidige meetnet in het Volkerak-Zoommeer

RWS meet onder het Landelijke Meetnet Water (LMW) op 4 vaste meetlocaties in het VZM continu de waterstand, geleidbaarheid en temperatuur. Die locaties zijn Dinteloord, Volkerak (Volkerak Galathee), Nieuw-Vossemeer, Bathse Spuikanaal Inloop, en Bathsebrug. Waterstanden in het VZM worden daarnaast ook gemeten bij Willemstad, Volkerak en Bathse spuisluis. Net buiten het Volkerak-Zoommeer maar meegenomen in deze studie is het LMW meetpunt van Antwerps kanaalpand.

Geleidbaarheid en temperatuur worden over het algemeen 'boven' (nabij het wateroppervlak, op 0,75 m NAP) en 'onder' (op 4 m NAP) gemeten. De metingen worden gedaan met geleidbaarheidsmeters op basis van inductie. De sensoren worden jaarlijks gekalibreerd en maandelijks schoongemaakt. De geleidbaarheidsmetingen worden gearhiveerd zoals gemeten. Correctie voor temperatuur gebeurt pas in de omrekening naar chlorideconcentraties.

Op de direct aangrenzende wateren, worden ook metingen uitgevoerd van waterstanden en geleidbaarheid die van belang zijn voor het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer. De belangrijkste zijn:

- Debiet Rijnaivoer bij Lobith
- Waterstand Rak Noord (inlaat Volkerak-Zoommeer door Volkeraksluizen onder vrij verval)
- Waterstanden Oosterschelde en Westerschelde (spui-operaties bij Bath, Bergse Diepsluis, Krammersluizen)

In het kort de meest in het oog springende zaken:

- Er worden waterstanden gemeten net bovenstrooms en benedenstrooms van alle sluizen en bij de belangrijkste in- en uitlaten van de waterschappen en de gemeenten.
- LMW maakt waar mogelijk gebruik van de objectinfrastructuur.
- LMW- en objectenmetingen zijn niet in onmiddellijke nabijheid.
- Bij elk van de sluizen wordt ook het debiet berekend uit waterstandsmetingen en/of openingstanden schuiven.
- Er bestaat de wens om het meetnet uit te breiden met een zoutmeting in de geul achter de Krammersluizen (persoonlijke communicatie met Stefan Nieuwenhuis).

4.2.2 Beschikbaarheid en onzekerheden in meetwaarden LMW-metpunten

Alle LMW-metpunten in het Volkerak-Zoommeer zijn enkelvoudig uitgevoerd. Er zijn lokaal geen extra meters aanwezig voor het opvangen van uitval. Wel wordt op veel locaties geleidbaarheid & temperatuur (voor omzetting naar chlorideconcentratie) met twee sensoren gemeten (boven en onder). Uit analyse van de data van 2018/2019 is afgeleid dat de beschikbaarheid per locatie en parameter varieert tussen de 88 en 100% (zie bijlage B) en verplichtingen onder het Waterakkoord Volkerak-Zoommeer in bijlage C.

4.2.3 Onderlinge vergelijking en correlaties tussen LMW-punten

4.2.3.1 Waterstanden

In Tabel 4.2 zijn alle resultaten van de vergelijkingen en correlaties van de 10-minutengemiddelde waterstandsmetingen per LMW meetpunt weergegeven. Om een mogelijke bias door een verschuiving van de meetreeks in de tijd tussen 2 meetpunten te verwijderen, worden de tijdseries in de bewerking verschoven (in minuten) om een betere correlatie te bereiken. Het aantal minuten met welke de tijdsreeks is verschoven wordt weergegeven, net als de nieuwe correlatie als standaard deviatie (of Root Mean Square Deviation/RMSD), bias en standard deviatie.

*Tabel 4.2 Resultaten van vergelijkingen en correlaties van de 10 minuten gemiddelde waterstandsmetingen per gebied voor 2019, waarbij **Stdev**: standaarddeviatie van de verschillen tussen de metingen (0 = groen, 6 = rood) **RMSD**: Wortel van het gemiddelde gekwadrateerde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 6 = rood), **Bias**: absoluut gemiddelde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 2 = rood).*

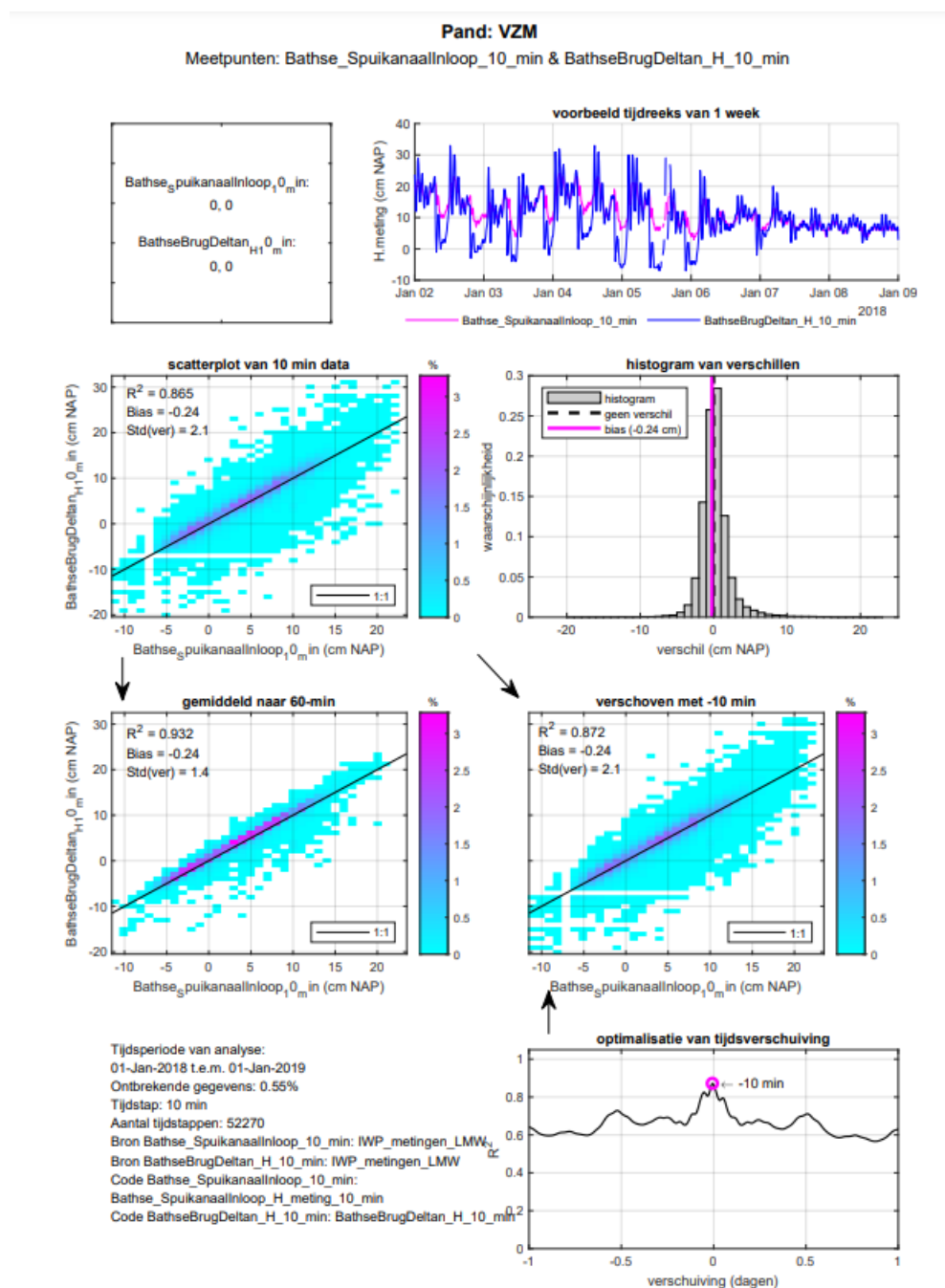
Locatie 1	Locatie 2	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)	min	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)
10 min gemiddelde waterstandsmetingen					Shift	Shift	Shift	Shift
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Nieuw-Vossemeer	2,7	-0,9	2,5	-140	2,6	-0,9	2,5
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Bathse Spuikanaal Inloop	3,2	-1,1	3,0	-200	3,0	-1,1	2,8
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Bathsebrug Deltanuts	4,2	-1,3	4,0	-220	3,9	-1,3	3,7
Nieuw-Vossemeer	Bathse Spuikanaal Inloop	2,0	-0,2	2,0	-50	1,8	-0,2	1,8
Nieuw-Vossemeer	Bathsebrug Deltanuts	3,3	-0,5	3,3	-60	2,9	-0,5	2,8
Bathse Spuikanaal Inloop	Bathsebrug Deltanuts	2,1	-0,2	2,1	-10	2,1	-0,2	2,1

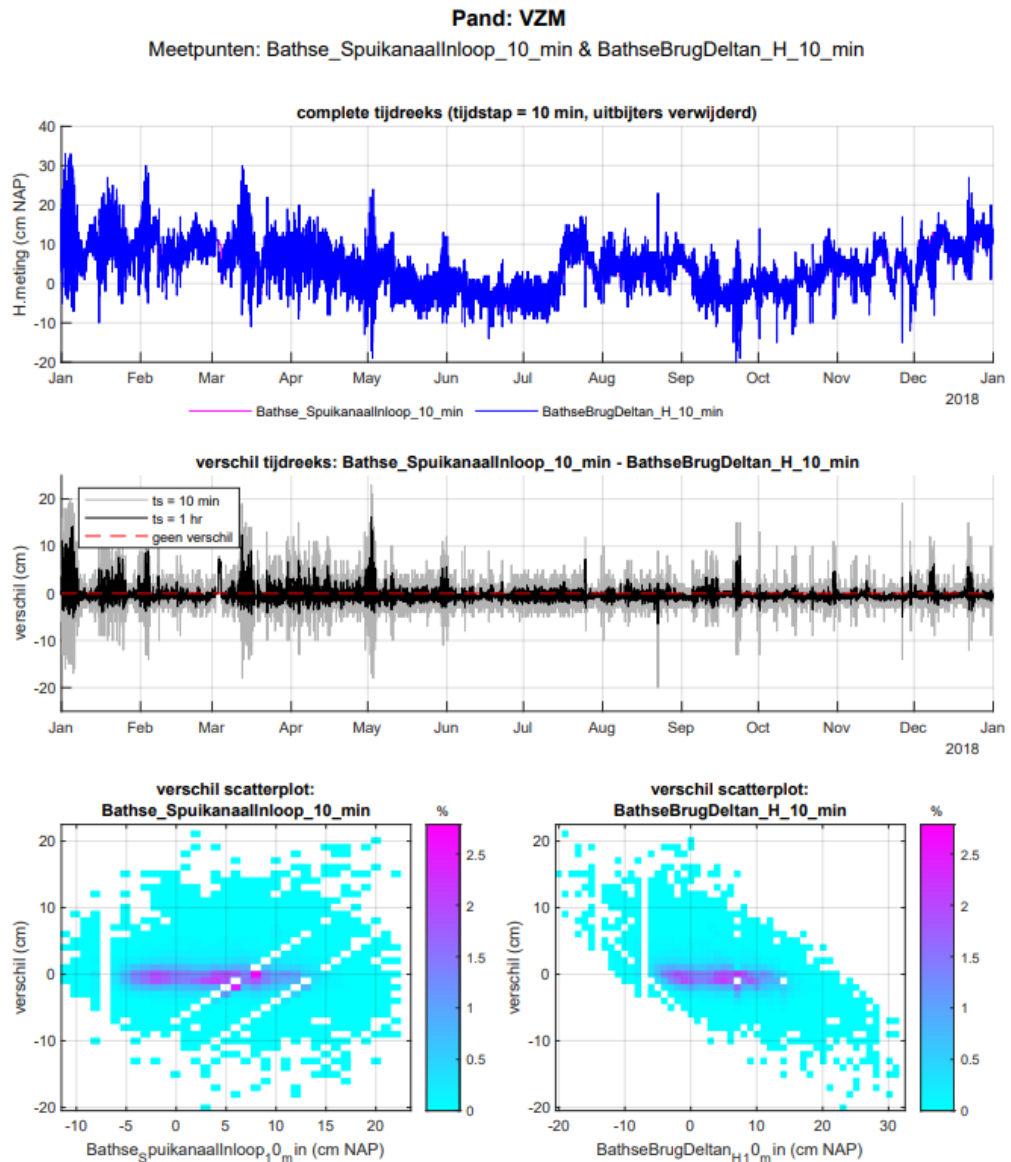
*Tabel 4.3 Resultaten van vergelijkingen en correlaties van de uurgemiddelde waterstandsmetingen per gebied voor 2019, waarbij **Stdev**: standaarddeviatie van de verschillen tussen de metingen (0 = groen, 6 = rood) **RMSD**: Wortel van het gemiddelde gekwadrateerde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 6 = rood), **Bias**: absoluut gemiddelde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 2 = rood).*

Locatie 1	Locatie 2	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)	min	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)
uurgemiddelde waterstandsmetingen					Shift	Shift	Shift	Shift
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Nieuw-Vossemeer	2,5	-0,9	2,3	-120	2,4	-0,9	2,3
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Bathse Spuikanaal Inloop	3,1	-1,1	2,9	-180	2,9	-1,1	2,7
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Bathsebrug Deltanuts	3,9	-1,3	3,6	-240	3,5	-1,3	3,3
Nieuw-Vossemeer	Bathse Spuikanaal Inloop	1,5	-0,2	1,5	-60	1,5	-0,2	1,5
Nieuw-Vossemeer	Bathsebrug Deltanuts	2,6	-0,5	2,5	-60	2,4	-0,5	2,3
Bathse Spuikanaal Inloop	Bathsebrug Deltanuts	1,5	-0,2	1,4	0	1,5	-0,2	1,4

Voor waterstanden laten de LMW metingen voor verschillende punten een goede overeenstemming zien. Zo zijn de waterstandsmetingen tussen Nieuw Vossemeer en Bathse Spuikanaal Inloop als tussen Bathse Spuikanaal Inloop en Bathsebrug uitstekend met een standaard deviatie van rond de 1,5 voor het uurgemiddelde. De standaardafwijkingen in de 10 minuten gemiddelde zijn hoger, maar nog steeds acceptabel (zie ook Figuur 4.1).

Operationeel wordt de waterstand in het Volkerak-Zoommeer als gewogen gemiddeld uit Volkerak (40x), Nieuw Vossemeer (5x) en Bathse spuisluis (15x) meegenomen om het klotsbakeffect van waterstand op de Nieuw Vossemeer tegen te gaan.





Figuur 4.1 Vergelijking meetpunten Bathsebrug en Bathse Spuikanaal Inloop.

4.2.3.2 Debieten

Voor de locaties van de meetpunten in het meer worden geen debieten gemeten.

4.2.3.3 Geleidbaarheid en Temperatuur

De vaste LMW meetpunten hebben geen duidelijke correlatie in geleidbaarheid. Het zoutgehalte (chlorideconcentratie) in de zomermaanden wordt actief gestuurd om het zoutgehalte onder 450mg/l te houden (referentie punt Bathsebrug). Temperatuur wordt beschouwt als ondersteunde functie voor het berekenen van chlorideconcentratie en is daarom niet apart gecorreleerd. Voor de vergelijking zijn de geleidbaarheidsmetingen van RWS omgerekend naar de geleidbaarheid bij 25 °C, conform de werkwijze van de waterschappen.

De chlorideconcentraties voor de verschillende LMW stations zijn niet uitwisselbaar en zijn nodig om het systeem te karakteriseren.

4.3 Objectmetingen Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat meet voor het aansturen en beheer van de sluizen in het Volkerak-Zoommeer de waterstanden in de schutkolken en aan de boven- en benedenstroomse kant van het sluiscomplex. Daarnaast zijn er metingen boven- en benedenstrooms van de gemalen. Dit komt neer op drie (waarvan twee bruikbare) metingen per schutsluis en minimaal twee per gemaal (voor data van gemalen zie waterschappen). Daarnaast zijn er ook metingen beschikbaar boven- en benedenstrooms van de spuikanalen.

De meetdata worden op de objecten ingewonnen door SCADA-systemen (Supervisory control and data acquisition) en vervolgens naar LMW ontsloten via het tool Object Data Service (ODS). ODS is reeds ontsloten voor de Volkerak inlaatsluizen en de Bathse spuisluis. De ontsluiting van de overige sluizen (Krammersluizen, Bergse Diepsluis) is gepland in lijn met de renovatie van de sluizen in de komende jaren. Voor deze studie was geen informatie beschikbaar van de Krammersluizen en Bergse Diepsluis omdat de gegevens op dit moment niet worden bewaard. Wel was een beperkte reeks van de Volkerak-Jachtsluis beschikbaar.

4.3.1 Technische invulling metingen

De gehanteerde meetmethode voor waterstanden is op alle sluizen op basis van de waterdruk. De metingen worden uitgevoerd met luchtdruk gecorrigeerde druksensoren (van het merk VEGA) die opgehangen zijn langs de damwand van het pand of de kolk. De stand van de kleppen in de spuiroten wordt elektronisch geregistreerd.

4.3.2 Beschikbaarheid van de metingen op RWS-objecten en ontsluiting

Op dit moment is er nog geen complete ontsluiting van de gegevens van de objecten richting LMW. Een deel van de objectmetingen worden wel ontsloten richting IWP (Instrument voor het waterpeilbeheer), een computersysteem van Rijkswaterstaat dat de operator op een sluis of stuw een overzicht geeft over de actuele situatie en van de te verwachten aan- en afvoeren en waterstanden. Hier wordt deze informatie gebundeld en gemiddeld. Een ander deel van de objectmetingen wordt naar LMW ontsloten via ODS. De Volkeraksluizen en Bathse spuisluis zijn de eerste objecten die eind 2021 volledig ontsloten kunnen zijn.

Voor deze studie zijn de volgende parameters van de objecten van belang:

- Klepstanden, hefhoogten van schuiven
- Pompduur/pompdebieten
- Aantal schuttingen (of status van de sluisdeuren)
- Debieten bij sluizen
- Waterstanden bij sluizen

De eerste drie punten zijn vooral van belang voor het bepalen van de debieten. Dit gebeurt deels op de objecten (voor de pompdebieten), en eerder deels in RWSOS-IWP (schut- en spuidebieten). Dat laatste gebeurt voor een deel niet meer, want de benodigde gegevens zijn niet meer beschikbaar. Berekening van totale debieten door de sluizen (combinatie van bekende pomp-, schut-, lek- en spuidebieten) gebeurt niet op het object, maar daarbuiten (zie paragraaf 4.5.3 over RWSOS-IWP). Voor deze studie is gebruik gemaakt van de debieten zoals deze van het object komen of in IWP zijn berekend. Om die reden is er niet gekeken naar de klepstanden en hefhoogten van de schuiven.

4.3.3 Onzekerheid in de waterstandsmetingen op RWS-objecten

De eis aan de onzekerheid in de waterstanden van de objectdata is bij Deltares niet bekend. De aannemer zal dan de meetapparatuur binnen en buiten de schutkolk zo kalibreren dat deze bij gelijk water ook dezelfde waarde aangeven. De metingen worden niet gekalibreerd ten opzichte van NAP.

Op basis van de gebruikte gestandaardiseerde meettechnieken moeten de metingen kunnen voldoen aan de LMW-eis van 2,5 cm. In de evaluatie in de volgende paragraaf wordt een vergelijking van de data van de objecten met naastgelegen LMW-punten gemaakt.

Hierbij dient in acht genomen te worden dat de onzekerheid van de LMW-punten vaak lager ligt dan de maximaal toegestane 2,5 cm. Zo geldt er dus voor elke vergelijking tussen object en LMW-punt een iets andere nauwkeurigheidseis welke tussen de 2,5 (geen onzekerheid in de LMW-meting) en 3,5 cm (2,5 cm onzekerheid in de LMW-meting) zal liggen. Elke vergelijking waarbij de standaardafwijking van de verschillen tussen de twee metingen kleiner is dan 2,5 cm, laat dus zien dat de objectmeting een voldoende hoge nauwkeurigheid haalt. Hierbij wordt aangenomen dat in de toekomst gecorrigeerd zal worden voor een eventuele structurele afwijking tussen de object en LMW metingen.

4.3.4 Vergelijking van de waterstandsmetingen van de objecten met LMW

De door de objecten gemeten waterstanden zijn vergeleken met de LMW-metingen die beschikbaar zijn voor de volgende object: Bathse spuisluis en Willemstad, Volkerak (Rak Zuid). Tabel 4.4 toont een overzicht van de vergelijking van de objectmeting en de dichtstbijzijnde LMW-meting in het Volkerak-Zoommeer.

Tabel 4.4 Resultaat van de vergelijking tussen de waterstand gemeten door LMW en door het object voor de 10-minuten gemiddelden. Stdev: standaarddeviatie van de verschillen tussen de metingen (0 = groen, 6 = rood), RMSD: Wortel van het gemiddelde gekwadrateerde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 6 = rood), Bias: absoluut gemiddelde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 2 = rood).

Locatie 1	Locatie 2	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)	min	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)
10 min gemiddelde waterstandsmetingen					Shift			
Bathse spuisluis	Bathse spuikanaal inloop (IWP)	4,2	-1,9	3,8	10	4,2	-1,9	3,7
Bathse spuisluis	Bathsebrug Deltanuts	3,1	2,1	2,2	0	3,1	2,1	2,2
Willemstad, Volkerak (Rak Zuid; IWP)	Dinteloord, Volkerak (Galathea; IWP)	3,3	1,0	3,2	0	3,3	1,0	3,2
Willemstad, Volkerak (Rak Zuid; Waterinfo)	Dinteloord, Volkerak (Galathea; Waterinfo)	2,5	2,3	1,1	0	2,5	2,3	1,1

Tabel 4.5 Resultaat van de vergelijking tussen de waterstand gemeten door LMW en door het object voor de uurgemiddelden. Stdev: standaarddeviatie van de verschillen tussen de metingen (0 = groen, 6 = rood), RMSD: Wortel van het gemiddelde gekwadrateerde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 6 = rood), Bias: absoluut gemiddelde verschil tussen de twee tijdreeksen (0 = groen, 2 = rood).

Locatie 1	Locatie 2	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)	min	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)
uur gemiddelde waterstandsmetingen					Shift			
Bathse spuisluis	Bathse Spuikanaal Inloop (IWP)	3,7	-1,9	3,2	0	3,7	-1,9	3,2
Bathse spuisluis	Bathsebrug Deltanuts	2,9	2,1	2,0	0	2,9	2,1	2,0
Willemstad, Volkerak (Rak Zuid; IWP)	Dinteloord, Volkerak (Galathea; IWP)	3,2	1,0	3,1	0	3,2	1,0	3,1
Willemstad, Volkerak (Rak Zuid; Waterinfo)	Dinteloord, Volkerak (Galathea; Waterinfo)	2,5	2,3	0,9	0	2,5	2,3	0,9

Debieten

Debieten worden op de sluizen gemeten of door deurstanden bepaald. Een aansluiten hiervan in het ODS zal ervoor zorgen dat waterbalansen beter kunnen worden berekend. Er worden gezien de geografie van het Volkerak-Zoommeer geen debiet metingen in het meer verricht.

Zout

Op dit moment worden geen geleidbaarheid metingen uitgevoerd op de objecten.

Conclusie

Op het moment van het rapport (data 2019) zijn de metingen aan de objecten schaars. Wel zullen de ODS metingen van de Volkeraksluizen en Bathse spuisluis binnenkort volledig ontsloten worden. Ook informatie aan andere sluizen (Krammersluizen, Bergse Diepsluis) worden ontsloten met de aankomende renovatie/onderhoudsronde. Gegevens hiervoor zullen niet voor 2023 beschikbaar zijn. Voor de Bathse spuisluis zijn de waterstanden in redelijk goede overeenkomst met de waarden gemeten bij de inloop van de Bathse Spuikanaal.

Op basis van de bovenstaande paragrafen kan geconcludeerd worden dat de objectmetingen schaars zijn en op dit moment niet genoeg zijn om LMW meetpunten te vervangen.

4.4 Metingen waterschappen

Het uitgangspunt voor de waterschappen is dat de pompen en inlaten onafhankelijk moeten kunnen werken en niet afhankelijk zijn van informatie van buitenaf. Waterstanden worden daarom altijd ter plekke gemeten met druksensoren aan beide zijden van het gemaal of inlaat.

Bij **Waterschap Scheldestromen (WSSS)** worden waterstanden op de gemalen en inlaten gemeten via drukdozen (Siemens) als hoogfrequente metingen (per cm of zelfs grotere stappen). Waterstanden worden vastgesteld op 5 cm en daarom is een nauwkeurigheid van 3 cm voldoende bij metingen.

WSS experimenteert o.a. in het Schelde-Rijnkanaal met goedkope flexibele meetoplossingen: de Multiflexmeter. Dit open platform stimuleert het gebruik van goedkope sensoren met laag energieverbruik, eenvoudige opstellingen en beperkt data communicatie (zoals LoRaWAN).

Debieten worden berekend op basis van schuifstanden voor inlaten en gemalen behalve voor Campweg, waar een debietmeter is aangebracht.

Bij WSS is op een deel van de locaties ook de zoutinformatie (gemeten geleidbaarheid) in de lokale sturing opgenomen. WSS meet daarom continu de geleidbaarheid op de zes punten in het VZM waar water wordt ingelaten. Deze meetapparatuur wordt in maart gekalibreerd en gedurende het groeiseizoen enkele malen onderhouden. Na onderhoud liggen de meetwaarden dicht bij de controlemetingen die worden uitgevoerd. Dit duidt erop dat de sensoren niet intern driften. De uitvoer van de geleidbaarheidsmeters is genormaliseerd naar 25 °C. Vanwege regelmatige storingsen aan de sensoren stapt WSS geleidelijk af van automatische sturing op basis van de geleidbaarheidsmetingen en wordt handmatig gestuurd.

Waterschap Brabantse Delta (WSBD) meet waterstanden in de Benedensas, Dintelsas en operationeel op de inlaten. De waterschap gebruikt voor het meten van de waterstanden luchtdruk gecompenseerde druksensoren (Vega) vergelijkbaar met die op de RWS objecten. Waterstanden worden elke 10 seconden gemeten welke tot 15 minuten worden gemiddeld. Behalve in de Dintelsas, hier is nog een floater aanwezig om waterstanden te meten.

Debieten in de Dintel worden gemeten met een akoestische debietmeter iets stroom opwaarts en in de Benedensas bij de sluis. Verder heeft WSBD een BOS (Fews) systeem wat de debieten ondersteund.

WSBD meet continu geleidbaarheid en temperatuur bij Benedensas en Dintelsas. De uitvoer van de geleidbaarheidsmeters is genormaliseerd naar 25 °C. De sensoren worden jaarlijks gekalibreerd en maandelijks onderhouden. WSBD ervaart de metingen als storingsgevoelig en kwetsbaar. WSBD meet daarnaast gedurende het groeiseizoen door middel van steekwaarden de geleidbaarheid op andere inlaatlocaties.

Waterschap Hollandse Delta (WHD) meet de waterstanden bij de 3 grote gemalen (Eendracht, Galathee en Het Oudeland) binnen- en buitendijks om op basis hiervan debieten te kunnen berekenen. Sinds 2020 wordt hier ook geleidbaarheid, maar geen temperatuur, gemeten. Gegevens hiervan waren niet beschikbaar.

4.4.1 Databeschikbaarheid waterschappen en ontsluiting

Op basis van een periode van 6 maanden (eerste helft 2019) is de beschikbaarheid van de waterschapdata vergelijkbaar met het LMW. De beschikbaarheid ligt rond de 98% voor de waterstandsm Meetpunten en voor de debieten is dit 100%. De data worden steeds meer beschikbaar gesteld voor onderlinge uitwisseling tussen de waterschappen en daarnaast ook beschikbaar gesteld aan Rijkswaterstaat voor RWOS-IWP. De uitwisseling tussen waterschap vindt ook plaats via een eigen digitale scherm op het slim watermanagement dashboard (<https://hydronet.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e79244d83c0c4df79dca422f61b654d8>).

4.4.2 De onzekerheid in de data van de waterschappen

De waterstandsm Meetpunten worden ingemeten op basis van de lokale peilschalen, die weer worden ingemeten ten opzichte van NAP. Hierbij kan een bias van enkele centimeters ontstaan.

Voor debietmetingen proberen alle drie waterschappen zo goed mogelijk de in het waterakkoord gesteld eis van 10% nauwkeurigheid te halen. Het overgroot deel wordt berekend op basis van waterstanden. Behalve in de inlaat Campweg (Scheldestromen) en bij Benedensas (Den Heen, in sluis) worden debieten continu gemeten met een akoestische sensor.

4.4.3 Meetnetstrategie van de waterschappen

De waterschappen hebben over het algemeen vele honderden objecten die bediend moeten worden. Op deze objecten wordt dan ook gemeten. Daarmee wordt bijna alle informatie verkregen die de waterschappen nodig hebben m.b.t. waterstand, debiet en watertemperatuur. Als er geen objecten in de buurt van een interessepunt zijn, wordt in sommige gevallen een aanvullend meetpunt toegevoegd. Meten op de objecten is kostenefficiënt, omdat voeding en datacommunicatie al aanwezig zijn. Vanwege de grote hoeveelheden meetpunten gebruiken de waterschappen relatief goedkope sensoren en opstellingen.

4.4.4 Vergelijking van data van de waterschappen met LMW-data

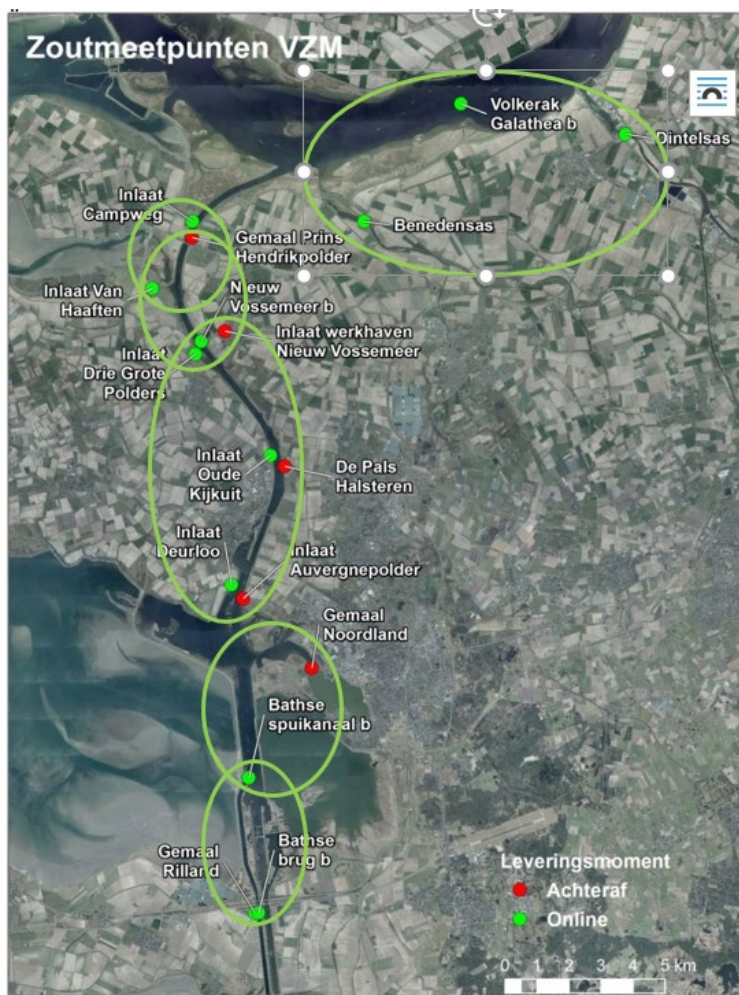
In deze paragraaf wordt een korte beschouwing gegeven op de waterstanden van de waterschappen door deze te vergelijken met het dichtstbijzijnde LMW-meetpunt. Voor Dintel en met name Benedensas is er een redelijke overeenstemming met Dinteloord, Volkerak (Galathea), de inlaten in WSSS correleren slecht met het LMW meetpunt Nieuw Vossemeer. .

Tabel 4.6 Resultaten van vergelijkingen en correlaties van de uurgemiddelde waterstandsmeting met het dichtstbijzijnde LMW meting.

Locatie 1	Locatie 2	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)	min	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)
10 min gemiddelde waterstandsmetingen					Shift			
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Gemaal de Eendracht - buiten (WSHD)	2,7	1,7	2,1	30	2,7	1,7	2,1
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Gemaal Galathee - buiten (WSHD)	2,2	-1,5	1,6	90	2,1	-1,5	1,4
Willemstad, Volkerak (Rak Zuid)	Gemaal Het Oudeland - buiten (WSHD)	4,3	-0,7	4,3	60	4,3	-0,7	4,2
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Benedensas (WSBD)	1,1	0,6	1,0	30	1,1	0,6	0,9
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Dintelsas (WSBD)	2,2	1,8	1,2	30	2,2	1,8	1,2
Nieuw-Vossemeer	Campweg	21,5	21,5	1,7	0	21,5	21,5	1,7
Nieuw-Vossemeer	Deurloo	74,9	74,6	7,5	1440	75,4	75,0	7,5

Locatie 1	Locatie 2	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)	min	RMSD (cm)	BIAS (cm)	STD(re s) (cm)
uur gemiddelde waterstandsmetingen					Shift			
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Gemaal de Eendracht - buiten (WSHD)	2,6	1,7	2,0	60	2,6	1,7	2,0
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Gemaal Galathee - buiten (WSHD)	2,0	-1,5	1,3	120	1,9	-1,5	1,2
Willemstad, Volkerak (Rak Zuid)	Gemaal Het Oudeland - buiten (WSHD)	4,2	-0,7	4,2	60	4,2	-0,7	4,1
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Benedensas (WSBD)	1,1	0,6	0,9	0	1,1	0,6	0,9
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	Dintelsas (WSBD)	2,1	1,8	1,1	0	2,1	1,8	1,1
Nieuw-Vossemeer	Campweg	21,5	21,5	1,3	0	21,5	21,5	1,3
Nieuw-Vossemeer	Deurloo	74,9	74,6	7,4	1440	75,4	75,0	7,4

Voor zoutgehaltes zijn dezelfde locaties (Figuur 4.2) vergeleken als voor het rapport zoutmeetnet Volkerak-Zoommeer (2018) gebruikt zijn. De conclusies blijven daarom ook hetzelfde.



Figuur 4.2 Gegroepeerde meetlocaties zout.

De meetlocaties Dinteloord (Galathea), Dintelsas en Benedensas geven voor zoutmetingen en temperatuur gezamenlijk de benodigde informatie voor RWS en het waterschap. De conclusie is dan ook dat deze niet uitwisselbaar zijn.

De conclusie is dat de meetlocatie Haaften representatief is voor het kanaal als er water wordt ingelaten, maar anders niet. De verwachting is dat als de meting bij de inlaat Campweg het jaar door regelmatig wordt onderhouden het een goede graadmeter kan zijn voor de zoutgehalten in het Noordelijk deel van het Schelde-Rijnkanaal.

De conclusie is dat de meetlocatie bij Drie Grote Polders 's winters niet representatief is voor het zoutgehalte in het kanaal. Vanwege het waargenomen verloop zal deze sensor ook wat meer onderhouden worden om bruikbaar te zijn voor de bepaling van het zoutgehalte in de groeiperiode.

De metingen van het gemaal Rilland en Bathsebrug (pal voor het innamepunt van het gemaal) volgen elkaar in het groeiseizoen goed, maar door het plaatsen van de sensor in de pompkelder zijn de metingen niet representatief als er geen water wordt ingelaten.

4.5 Modellen en berekeningen Rijkswaterstaat en waterschappen

4.5.1 Numerieke modellen

Van het VZM is een 1D, 2D en 3D waterbewegingsmodel beschikbaar (respectievelijk een SOBEK, WAQUA en Delft3D-FLOW model). Op dit moment zijn er geen operationele systemen die gebruik maken van deze modellen voor dit gebied.

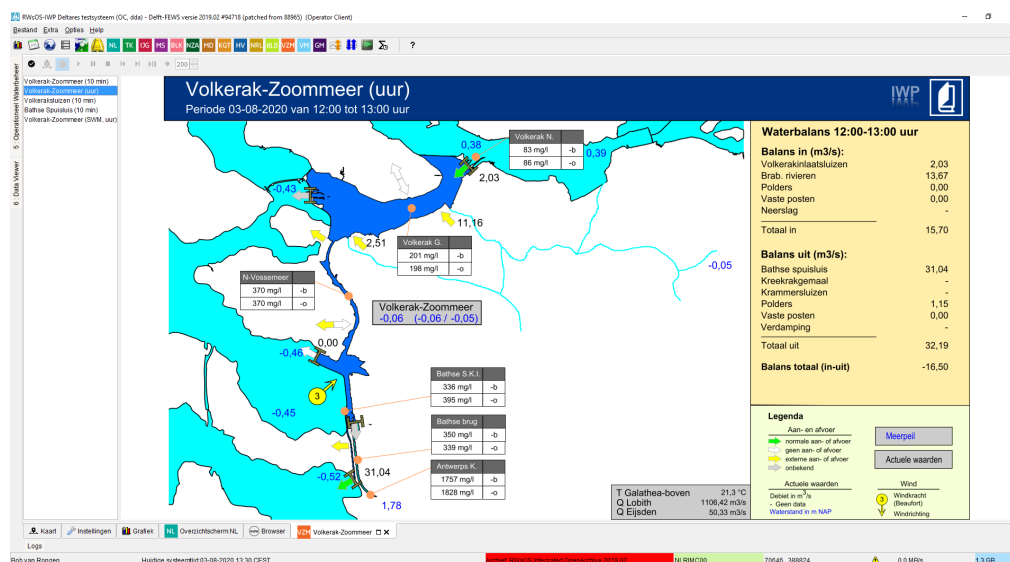
Operationele verwachtingen en vooral het door kunnen rekenen van de effecten van verschillende sturingsmogelijkheden vraagt om een snel rekenmodel. Daarvoor worden nu een waterbalans en historische relaties ingezet. Voor zoutindringing zou het passender zijn om een 3D model in te zetten, maar dat is reken technisch een zware oplossing. Een haalbare tussenoplossing is om een 2DV (2D verticaal) model op te zetten. Wat ook één op één getoetst kan worden aan de historisch gegevens van de TSO metingen (traject metingen). 2DV modellen zijn nog geen onderdeel van het modelinstrumentarium van RWS maar worden op dit moment ontwikkeld. Essentieel is een goede water- en stoffenbalans. Hiervoor is recent een studie afgerond die de Water- en Stoffen Balans Volkerak-Zoommeer in kaart moest brengen. Deze dient als basis om een model voor de zoutindringing te ontwikkelen.

4.5.2 Operationele systemen van de waterschappen

De waterschappen maken gebruik van verschillende modellen voor het operationele gebruik. Waterschap Scheldestromen gebruikt Delft-FEWS en een customised viewer om tijdseries in het beheergebied te kunnen opvragen en nodige informatie te ontsluiten. Waterschap Brabantse Delta (WSBD) ontsluit hun data via HydroNet en gebruikt daarna ook FEWS als motor van het Beslissing Ondersteunend Systeem (BOS-Brabant). WSBD is van plan om Hydronet met een eigen AP systeem te vervangen om zelf de kwaliteitscontrole van metingen te waarborgen.

4.5.3 Operationele systemen: RWsOS-IWP-VZM

RWsOS-IWP is het landelijk operationele instrumentarium voor de peil gereguleerde watersystemen van Rijkswaterstaat. Het modelinstrumentarium van RWsOS-IWP kent op dit moment vijf verschillende niveaus, ook wel plateaus genoemd. Per watersysteem kan het aantal plateaus verschillen. Dit hangt samen met de specifieke behoefte van de regionale dienst. Voor Volkerak-Zoommeer zijn er drie plateaus. Een gedetailleerde beschrijving van het systeem is hier te vinden: <https://publicwiki.deltares.nl/display/FEWSWTD/Home>.



Figuur 4.3 Weergave van wind, waterstanden, afvoeren en chloride gehalte in het VZM in RWsOS IWP.

Plateau 1 – Inwinnen en presenteren

IWP wint voor het Volkerak-Zoommeer data in van onder anderen LMW. Uit LMW wordt data van waterstanden, debiet, chlorideconcentratie en/of geleidbaarheid, watertemperatuur en wind geïmporteerd. Voor de belangrijke locaties rondom het VZM levert het WMCN-HMC waterstand verwachtingen. Daarnaast wordt er data ingewonnen vanuit de waterschappen voor debieten van de Brabantse rivieren, omliggende polders, gemalen en inlaten. Deze gegevens worden getoond in een overzichtsscherm zoals weergegeven in Figuur 4.3. De waarden die worden getoond zijn de uur waarden zoals die zijn berekend op basis van de 10 minuten metingen. Op basis van deze informatie wordt er een waterbalans opgesteld voor het VZM. De posten van de waterbalans worden beschreven in Tabel 4.7 en Tabel 4.8. De totale waterbalans wordt uiteindelijk berekend door:

$$\text{Balans Totaal} = \text{Totaal in} - \text{Totaal uit}$$

Tabel 4.7 Beschrijving van de inkomende posten in de waterbalans van VZM.

Balans In	Beschrijving
Volkeraksluizen	Som van gemeten debieten door koker 2 en koker 3, zoals geïmporteerd uit LMW (waarde kan negatief zijn).
Brabantse rivieren	Som van gemeten aanvoer debieten uit de Dintel en Steenbergsche Vliet, zoals geïmporteerd uit LMW.
Polders	Som van aanvoer debieten door gemaal uitslag uit de omliggende polders, zoals aangeleverd door de waterschappen Scheldestromen en Hollandse Delta voor Tholen, St. Phillipsland, de Reigersbergsche polder en Goerree.
Vaste posten	Som van vaste aanvoer posten die het WMCN-HMC aanneemt voor: (1) debiet van de Zoom, (2) het schut- en lekverlies door de Volkerakschutssluis naar het VZM, en (3) het schut- en lekverlies door de Bergse-Diep sluis naar het VZM.
Neerslag	Aanvoer door directe neerslag op het natte oppervlak en buitendijkse gebieden van het Volkerak-Zoommeer. Deze flux wordt berekend uit het KNMI radar product.
Totaal In	Totaal In = debiet Volkeraksluizen + debiet Brabantse Rivieren + aanvoer uit polders + aanvoer door vaste posten + aanvoer door neerslag.

Tabel 4.8 Beschrijving van de uitgaande posten in de waterbalans van VZM.

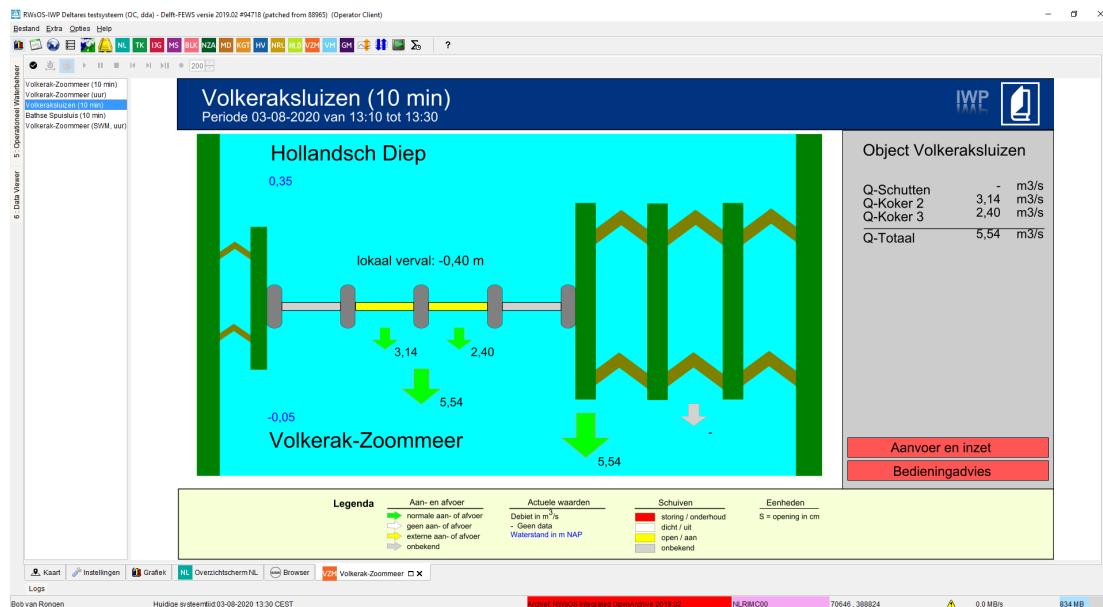
Balans Uit	Beschrijving
Bathse spuisluis	Afvoer door de Bathse spuisluis, zoals geïmporteerd uit LMW.
Kreekrakgemaal	Debiet naar het Antwerps Kanaalpand door het Kreekrakgemaal, zoals aangeleverd door WMCN-HMC.
Krammersluizen	Debiet naar de Oosterschelde, zoals aangeleverd door WMCN-HMC.
Polders	Som van debieten door inlaten naar de omliggende polders, zoals aangeleverd door de waterschappen Scheldestromen en Hollandse Delta voor Tholen, St. Phillipsland, de Reigersbergsche polder en Goerree.
Vaste posten	Som van vaste afvoer posten die het WMCN-HMC aanneemt voor: (1) lekverlies door de Bathse spuisluis, (2) het schut- en lekverlies door de Krammersluizen naar de Oosterschelde, en (3) het schut- en lekverlies door de Bergse-Diep sluis naar de Oosterschelde.
Verdamping	Aanvoer door verdamping uit het meer. Deze flux wordt berekend uit de KNMI verdampingsschatting voor het dichtstbij gelegen meetpunt.
Totaal Uit	Totaal Uit = debiet Bathse_spuisluis + debiet Kreekrakgemaal + inlaat naar polders + afvoer door vaste posten + afvoer door verdamping.

In het overzichtsscherm wordt een gewogen gemiddeld meerpeil van het VZM getoond. Dit meerpeil wordt in IWP berekend door de formule:

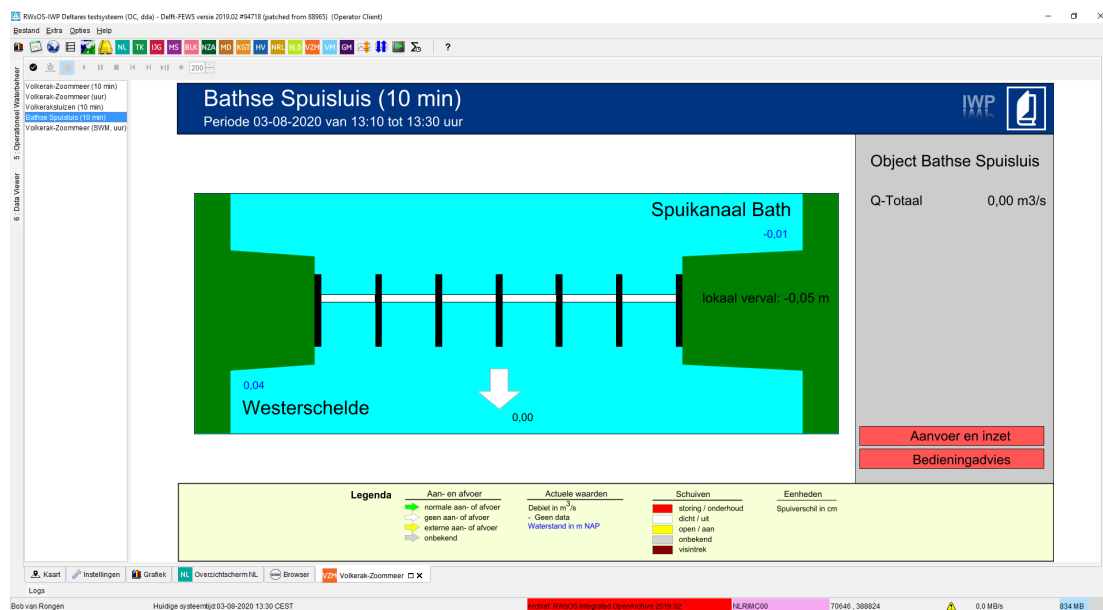
$$H_{\text{VZM}} = (5 * H_{\text{VOSM}} + 40 * H_{\text{VKG}} + 15 * H_{\text{BSKI}}) / 60$$

Waarbij

- H_VZM = gewogen gemiddelde meerpeil van het Volkerak Zoommeer
- H_VOSM = waterstand op locatie Nieuw-Vossemeer (VOSM)
- H_VKG = waterstand op locatie Volkerak Galathea (VKG)
- H_BSKI = waterstand op locatie Bathse Spuikanaal Inloop (BSKI)



Figuur 4.4 Schematische weergave van de Volkeraksluizen.



Figuur 4.5 Schematische weergave van de Bathse Spuisluis.

Voor de Volkeraksluizen (Figuur 4.4) en Bathse spuisluis (Figuur 4.5) zijn in IWP ook overzichtsschermen gemaakt om de huidige toestand weer te geven. De waterstanden en spuidebieten in de schermen worden uit LMW ingewonnen. Het lokale verval en schutdebiet wordt niet ingewonnen maar bepaald. Het lokale verval wordt berekend door het verschil tussen de waterstanden binnen en buiten de sluizen. Het schutdebiet wordt bepaald door WMCN-HMC gehanteerde schattingen van het schutverlies voor de tijd van het jaar. In het geval van de Volkeraksluizen wordt het totale debiet bepaald door de som van het debiet door de twee

spuikokers en het schutverlies. Bij de Bathse spuisluis zijn geen schuttingen en dus is het totale debiet gelijk aan het spuidebiet.

Plateau 2 – Voorspellen

Voor VZM worden in IWP geen verwachtingen gegenereerd. De berekeningen bestaan alleen uit het aggregeren van 10 minuten geïmporteerde data naar uur waarden. Daarnaast wordt op basis van de door het KNMI geleverde HIRLAM en ECMWF-HRES data verwachtingen voor het aanvoerdebiet door neerslag berekend voor het totale oppervlak aan natte en droge buitendijkse gebieden. Ontbrekende waarden worden met 0 opgevuld. Door het WMCN-HMC goedgekeurde verwachtingen van de buitenwaterstand bij de Bathse spuisluis, de Krammersluizen en de Volkeraksluizen worden uit LMW getrokken (locaties BATH, KRSL, en RAKN).

Plateau 3 – Adviseren

Het adviescomponent binnen IWP maakt gebruik van RTC-Tools (RealTimeControl-Tools). Dit zijn ten opzichte van SOBEK hydraulisch eenvoudiger en daardoor snellere modellen. De modellen zijn gericht op het adviseren over de optimale bediening van de kunstwerken, waarvoor het model iteratief tientallen keren wordt doorgerekend. Voor VZM wordt er een maal per dag de optimale inzet van de Volkerakspuisluizen, Krammersluizen en Bathse spuisluis voor de komende 120 uur berekend.

De optimalisatie heeft tot doel om het peil van het VZM volgens de bepalingen in het Waterakkoord te beheren met minimale inzet van de Volkerak- en Krammersluizen. Daarnaast berekent het model ook de optimale doorspoeling die benodigd is in het groeiseizoen volgens de door Rijkswaterstaat geformuleerde sturingsregels. Binnen deze regels adviseert het model de inzet van de Bathse spuisluis en Volkerakspuisluizen om zo snel mogelijk tot een lager zoutgehalte te komen. Op basis hiervan zijn zeven doelen opgesteld voor het RTC-Tools model, hieronder beschreven op volgorde van prioriteit:

1. Behoudt waterstand tussen -0.25 m NAP en +0.5 m NAP (absoluut min en max).
2. Minimaliseer inzet van Krammersluizen.
3. Behoudt waterstand tussen -0.10 m NAP en +0.15 m NAP (regulier beheer).
4. Behoudt waterstand tussen de seizoensgebonden grenzen ('peiltrap').
5. Laat bij Volkeraksluizen en Bathse Spuisluis gemiddeld $X \text{ m}^3/\text{s}$ in/uit.
6. Breng meerpeil aan het einde van de zichttijd precies midden tussen de streefgrenzen uit de peiltrap (prioriteit 4).
7. Minimaliseer aanvoer door de Volkerakspuisluizen.

4.5.4 Conclusie modeldata en berekeningen

Er is een aantal modellen beschikbaar voor het Volkerak-Zoommeer maar die zijn beperkt bruikbaar om bestaande meetpunten te vervangen. Er is begonnen met het opzetten van een zoutindringingsmodel dat mogelijk in de toekomst een perspectief biedt om chlorideconcentratie metingen met model resultaten te vervangen of te ondersteunen. Deze ontwikkeling zal niet op korte termijn worden kunnen uitgevoerd. Sterker nog, op dit moment zijn extra metingen (punt) en varende TSO metingen nodig om het model grondig te kunnen kalibreren. Ook is het essentieel om de zoutlekken door de sluizen aan hand van nauwkeurig operationele gegevens mee te nemen.

De operationele berekeningen en verwachtingen verzameld in IWP vullen de informatie van de metingen in het LMW en de objecten aan. Het geeft ook waterstanden op de Rijkswateren, maar de waarde daarvan is onbekend. De berekening van gemiddelde peilen uit meerdere metingen zorgt voor een hogere beschikbaarheid van het peil dan vanuit een enkel meting beschikbaar zou zijn. Bij uitval van een van de metingen wordt deze dat iets minder nauwkeurig (degradatie van

informatie). Eenzelfde methodiek wordt ook toegepast voor de debieten, waarbij er bij uitval van een meting gekeken kan worden naar empirische formules voor de invulling van de missende data.

4.6 Data technieken zoals Multilineaire regressie en *graceful degradation*

Vanuit de datatechnieken worden hier de mogelijkheden voor het verhogen van de databeschikbaarheid door (Multi)lineaire regressie en *graceful degradation* aangestipt.

4.6.1 Multilineaire regressie (MLR)

MLR is een krachtig middel om ontbrekende data in te vullen uit omringende meetpunten en om nieuwe data te genereren, maar het moet met kennis van het systeem en de nodige voorzichtigheid ingezet worden. In dit geval is MLR niet bruikbaar om uitvallen van meetpunten te vervangen. Wel is er een mogelijkheid om MLR toe te passen met de nodige voorzichtigheid om ontbrekende data in datareeksen aan te vullen. Vaak wordt hiervoor voor een makkelijkere aanpak gekozen, het middelen van de overige data punten.

4.6.2 Graceful degradation

Met de term *graceful degradation* wordt bedoeld dat bij uitval van de basisbron van de informatie er geen gat valt in de informatie, maar dat deze wordt opgevangen door informatie van een bron met wat lagere kwaliteit. Mocht deze tweede optie ook uitvallen dan wordt deze weer vervangen door een derde bron van weer iets mindere kwaliteit, enzovoort. Deze elegante (Engels: graceful) manier van het laten degraderen van de informatie voorkomt uitval van informatie. In de vorige paragrafen is aangegeven dat de huidige kwaliteitscontrole op de objectmetingen niet de nauwkeurigheid in de waterstanden levert die Rijkswaterstaat vereist voor het LMW. Zonder verdere aanpassingen zou deze informatie wel degelijk gebruikt kunnen worden als de eis voor een vervangende waarde lager ligt. In die zin kan de huidige data bij ontsluiting direct gebruikt worden. Het is hierbij wel zaak om bij gebruik van minder nauwkeurige data een schaalindeling te gaan hanteren. In navolging van de USGS (United States Geological Survey) zou een volgende classificatie voor de onzekerheid gehanteerd kunnen worden door RWS (Tabel 4.9). Ook bij onnauwkeurigere data kan MLR ingezet worden om de beschikbaarheid te verhogen.

Tabel 4.9 Voorstel voor classificering van degradatie op basis van onzekerheden.

	Uitstekend	Goed	Voldoende
Waterstand	1 cm	2,5 cm	5 cm
Debiet	5 %	10 %	15%
Temperatuur	0,1 C	0,2 C	0,3 C

4.7 Korte analyse informatiebehoefte versus aanbod

Voor het beheer worden alle bronnen aangesproken die beschikbaar zijn (Tabel 4.10).

Tabel 4.10 Overzicht van informatiebehoefte voor verschillende doelen met de huidige bron.

gebruiksdoel	Informatiebehoefte
Waterveiligheid/ waterbeheer	- Totale debieten door alle sluis en spuicomplexen beheer (per sluis/spui) ← objectmetingen RWS (LMW) - Indirect: lokale waterstanden voor berekening debieten ← objectmetingen en LMW - Actueel, verwacht en historisch
Scheepvaart	Lokale waterstanden (indirect via nautische kaart) ← LMW metingen
Sluisbeheer	Waterstand vlak voor en achter deuren (actueel) ← objectmetingen

Ecologie	• -
Watertemperatuurbeheer	• Ten behoeve van omzetting geleidbaarheid metingen naar chlorideconcentraties ← Waterschappen & LMW
Modelontwikkeling	• Zoutindringing ← LMW metingen, objectmetingen en IWP

4.7.1 Waterstand

Waterstanden zijn essentieel voor het peilbeheer. De waterstanden bij objecten dienen alleen operationele doeleinden en zijn volgens de waterschappen in nauwkeurigheid onvoldoende om LMW metingen te vervangen. Ten behoeve van het sluisbeheer is er ook minder focus op de "juiste" waterstanden en meer op de vergelijkbaarheid van waterstanden, zodat de waterstand binnen en buiten de sluis "gelijk" is om de deuren te openen. Correctie van waterstanden voor drukverschillen in zoet/zoutwater bij sluizen die op een zoet/zoute scheidingslijn zitten wordt niet uitgevoerd.

4.7.2 Debiet

Debieten worden over het algemeen berekend op basis van waterstanden, klep- en schuifstanden en sluisoperatieparameters (aantal schuttingen) met uitzondering van continue metingen in de Inlaat Campweg en de sluis Benedensas. Ontsluiting van het ODS en directe berekening van debieten door sluizen op basis van schuifstanden is in ontwikkeling. Op dit moment wordt deze berekening 1 keer per jaar uitgevoerd (communicatie met Roy Schrijver),

4.7.3 Temperatuur

Temperatuur wordt op de volgende locaties gemeten en opgeslagen door LMW, bij de Volkeraksluizen (buiten VZM), Dinteloord Volkerak (Galathea), bij de Bruinisse Krammersluis Volkerak (Noord/Zuid), bij Nieuw-Vossemeer, bij het Bathse Spuikanaal Inloop en bij de Bathsebrug. De informatiebehoefte voor temperatuurgegevens zijn essentieel om geleidbaarheidsmetingen om te kunnen rekenen naar chlorideconcentratie (zie volgende paragraaf). Verder kan de temperatuur bij de sluizen informatie geven wat betreft ijsvorming in de winter.

4.7.4 Geleidbaarheid

Geleidbaarheidsmetingen, al dan wel omgezet naar zoutgehalte (chlorideconcentratie), zijn essentieel voor het zoutbeheer binnen het Volkerak-Zoommeer. Met name tijdens de groeiperiode wordt water door de waterschappen ingelaten voor irrigatiedoeleinden. Dat kan alleen als het water niet te zout is. In het Waterakkoord (2016) is enkel afgesproken dat de chlorideconcentratie bij Bathsebrug tijdens de groeiseizoen onder 450 mg/l blijft, maar echter wordt dat bij de inlaten gemeten, zowel in de Dintel en Vliet die op het VZM lozen.

5 Actualisering van het meetnet

De laatste stap in het proces is aanpassingen van het meetnet voorstellen. Daarbij wordt zowel gekeken naar de wijzigingen in de informatiebehoefte als mogelijke wijzigingen in het aanbod. Als hulpmiddel wordt daarbij gewerkt met de prioritering van de informatiebehoefte volgens drie categorieën. De wijze van invullen van die informatie en daarbij geldende voorwaarden is als volgt geformuleerd (en geaccordeerd door de stuurgroep LMW2):

Categorie 1: missiekritieke en strategisch belangrijke locaties

- Waterberichtgeving voor crisisadviesgroepen
- Scheepvaartbegeleiding naar grote zeehavens
- Primaire locaties voor operationeel waterbeheer
- Bediening stormvloedkeringen

Categorie 2: belangrijke locaties in een keten, wegvallen van een locatie kan worden opgevangen door anderen- redundantie

- Dagelijkse waterberichtgeving
- Scheepvaartbegeleiding naar regionale havens
- Secundaire locaties voor operationeel waterbeheer
- Bediening sluizen, stuwen, keersluizen

Categorie 3: minder belangrijke locaties

Bovenstaande categorie-indeling wordt als volgt vertaald naar een gewenste informatieverzamelstrategie per categorie:

Categorie 1: RWS meet zelf conform huidige geaccepteerde invulling

Categorie 2: Zowel RWS als anderen meten (en voldoen aan eisen RWS)

Categorie 3: Geen eigen RWS-metingen of goedkope oplossingen met lagere eisen toegestaan (degradatie van informatie)

5.1 Doorvoeren van de actualisering van de informatiebehoefte en de categorie indeling

Bij het inrichten van het meetnet worden de volgende stappen gevolgd:

- Doorvoeren van de actualisering van de informatiebehoefte en indeling van de metingen volgens de drie categorieën
- Invullen van verschillende varianten van het meetnet op basis van de behoefte, waarbij eerst de missiekritieke punten en vervolgens de andere informatie wordt ingevuld.
- Optimalisatie door combineren van parameters, zover nog niet doorgevoerd.

Er zijn geen meetlocaties gekenmerkt als missie-kritisch in het Volkerak-Zoommeer, maar wel extra hoge beschikbaarheid (Tabel 5.1)..

Tabel 5.1 Metingen die een extra hoge beschikbaarheid moeten hebben onder bijzondere omstandigheden.

Waterstand

- Rilland, Bathsebrug (Deltanuts)
- Nieuw-Vossemeer
- Dinteloord, Volkerak (Volkerak-Galathea)

Alle andere gevraagde informatie, waar momenteel een meetpunt voor bestaat, wordt onder categorie 2 geschaard. De onderstaande tabellen (Tabel 5.2 tot en met Tabel 5.5) tonen de indeling op basis van de hierboven genoemde methode.

Tabel 5.2 Indeling van de waterstandsmetpunten binnen het Volkerak-Zoommeer. De locaties waarvan de categorie blauw is, moeten een extra hoge beschikbaarheid hebben.

Waterstand		
Locatie	Categorie	Motivatie
Dinteloord, Volkerak	1	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, gestuurd waterpeil, waterberging (calamiteiten peilbeheer)
Willemstad, Volkerak (voorheen Rak Zuid)	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, alternatief gestuurd waterpeil voor Volkerak Galathea
Nieuw-Vossemeer	1	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, gestuurd waterpeil, waterberging (calamiteiten peilbeheer)
Rilland, Bathse Spuikanaal, inloop	1	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, gestuurd waterpeil, waterberging (calamiteiten peilbeheer)
Rilland, Bathsebrug(Deltanuts)	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving
Rilland Bathse spuisluis	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving
Rilland, Antwerps kanaalpand	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, scheepvaart begeleiding (doorvaarhoogte)

Tabel 5.3 Indeling van de debietmeetpunten binnen het Volkerak-Zoommeer. De locaties waarvan de categorie blauw is, moeten een extra hoge beschikbaarheid hebben.

Debiet		
Locatie	Categorie	Motivatie
Willemstad Volkeraksluizen gat 1/2/3/4	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, operatie sluizen, waterberging
Rilland, Bathse Spuikanaal, inloop	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, waterberging
Rilland Bathse spuisluis debiet	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, waterberging
Rilland, Antwerps kanaalpand	2	Operationeel peilbeheer, waterberichtgeving, waterberging

Tabel 5.4 Indeling van de temperatuurmeetpunten binnen het Volkerak-Zoommeer. De locaties waarvan de categorie blauw is, moeten een extra hoge beschikbaarheid hebben.

Temperatuur		
Locatie	Categorie	Motivatie
Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)
Bruinisse Krammersluis krammerput	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)
Dinteloord, Volkerak	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)
Nieuw-Vossemeer -	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)
Rilland, Bathse Spuikanaal Inloop	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)
Rilland, Bathsebrug (Deltanuts)	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)
Rilland, Antwerps kanaalpand	2	Watertemperatuurbeheer, modellen (kalibratie en validatie)

Tabel 5.5 Indeling van de geleidbaarheid meetpunten binnen het Volkerak-Zoommeer. De locaties waarvan de categorie blauw is, moeten een extra hoge beschikbaarheid hebben.

Geleidbaarheid		
Locatie	Categorie	Motivatie
Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid	2	Zoutbeheer
Bruinisse Krammersluis krammerput	2	Zoutbeheer (zoetwatervoorziening), modellen (kalibratie en validatie)
Dinteloord, Volkerak	2	Zoutbeheer (zoetwatervoorziening), modellen (kalibratie en validatie)
Nieuw-Vossemeer	2	Zoutbeheer (zoetwatervoorziening), modellen (kalibratie en validatie)
Rilland, (Deltanuts)	1	Zoutbeheer (zoetwatervoorziening), modellen (kalibratie en validatie)
Rilland, Bathse Spuikanaal inloop	2	Zoutbeheer (zoetwatervoorziening), modellen (kalibratie en validatie)
Rilland, Antwerps kanaalpand	1	Zoutbeheer (zoetwatervoorziening), modellen (kalibratie en validatie), sturing zout/zoet water

5.2 Invullen van verschillende varianten van het meetnet

Vanwege het feit dat de meetpunten voor de verschillende variabelen weinig tot geen afhankelijkheden lijken te hebben is er voor gekozen het uiteindelijke voorstel (scenario) per parameter te presenteren (waterstand, debiet, geleidbaarheid en watertemperatuur). Voor elk van de variabelen wordt in de volgende paragrafen het voorstel weergegeven, waarbij eerst een korte samenvatting wordt gegeven van de informatiebehoefte, beschikbaarheid en de data-analyse voordat het scenario wordt toegelicht.

Een evaluatie van gebruikers van de voorgestelde variatie wordt verzameld aansluitend op deze conceptrapportage.

5.2.1 Waterstanden

5.2.1.1 Samenvatting analyse waterstanden

Voor waterstanden zijn er 4 meetpunten van het LMW. Verder bestaat er een groot aantal objectmetingen. Zo worden waterstanden bij de inlaten van de omliggende waterschappen gemeten en in de rivieren Dintel & Vliet.

5.2.1.2 Optimalisatievoorstel waterstanden

Een vervanging van LMW punten met waterstandsmetingen bij objecten (sluizen) of inlaten/gemalen van de waterschappen, is op korte termijn niet denkbaar. Dat komt met name ook omdat de kwaliteit van de metingen slechter is omdat ze alleen voor operationele functies gebruikt worden.

Een vervanging moet wel kunnen garanderen dat de kwaliteit van de metingen niet slechter is. Hierbij zijn de volgende drie punten van belang:

- Ontsluiting van de data
- Kwaliteit van de data
- Beschikbaarheid van de data

De **dataontsluiting van de objecten** is op dit moment nog niet op orde, althans niet op een manier die operationeel te gebruiken is voor missiekritieke processen of algemeen LMW. Hiervoor lopen op dit moment wel ontwikkelingen in de vorm van object data services (ODS). Het is niet de verwachting dat de objectmetingen de LMW metingen kunnen vervangen.

Voor operationeel beheer wordt op de inlaten en gemalen waterstand gemeten. Deze is met name voor operationeel gebruik en de metingen voldoen niet aan de geëiste kwaliteit van het LMW. Ook worden de metingen van het LMW als kalibratiemetingen gebruikt voor de operationele waterstandsmeters.

De **kwaliteit** van de metingen van de waterschappen is voldoende voor operationeel gebruik, maar de waterschappen uiten in interviews twijfels dat deze voldoende kwaliteit hebben om cruciale functie van peilbeheer op het Volkerak-Zoommeer kunnen vervangen.

5.2.2 Debieten

5.2.2.1 Samenvatting analyse debieten

Voor het Volkerak-Zoommeer bestaan een aantal “regelknoppen” om het waterpeil en daarmee debieten te beheren. Water wordt over het algemeen ingelaten door de Volkerakinlaatsluizen en door de Brabantse rivieren Dintel en Vliet (niet afgesloten). De Bathse spuisluis is de sluitpost en wordt gebruikt om het peil te reguleren en enige zoutlekken door te spoelen. Debieten door de Krammersluizen worden op dat moment niet direct bepaald maar kunnen met terugwerkende kracht brekend worden met behulp van ODS.

Verder worden debieten gemeten (op basis van waterstanden of pompcapaciteit) bij de inlaten en gemalen. De debietbepalingen kunnen nauwkeuriger worden door de daadwerkelijke schuttingen mee te nemen en niet enkel een schatting van de schuttingen (zoals nu in IWP gebeurt). De debietbepaling wordt nu deels gedaan op de objecten (pompdebieten) en deels gedaan in IWP (schut en lek verliezen, en spuidebieten). Het is wenselijk dit allemaal op de objecten te bepalen en vervolgens te ontsluiten, aangezien alle data al op het object beschikbaar is.

5.2.2.2 Optimalisatievoorstel debieten

Zoals aangegeven zal het ontsluiten van debietbepalingen in de sluizen (Krammer, Bergse Diepsluis) een positieve bijdrage leveren aan het bepalen van waterstromen in het Volkerak-Zoommeer. Dat komt zowel het beheer als ook het onderhoud ten goede. Ook kan hier aan de informatiebehoefte richting modellen (waterbalans) worden voldaan.

5.2.3 Temperatuur

5.2.3.1 Samenvatting analyse temperatuur

De voornaamste redenen voor het meten van de temperatuur is het omzetten van geleidbaarheid in chlorideconcentratie. Verder hebben temperatuurmetingen ecologische functies (botulisme/blauwalgen). Het is voor de informatiebehoefte belangrijk om een representatieve waarde voor het systeem Volkerak-Zoommeer te krijgen.

5.2.3.2 Optimalisatievoorstel temperatuur

Er is geen potentie om temperatuurmetingen op zich zelf te optimaliseren. Verandering samen met geleidbaarheidsmetingen is wel mogelijk zoals beschreven in het volgende hoofdstuk.

5.2.4 Geleidbaarheid

5.2.4.1 Samenvatting analyse geleidbaarheid

RWS en waterschappen meten op 13 locaties continu de geleidbaarheid. Dit schept kansen voor optimalisatie. Doordat de meetlocaties bij de inlaten gedeeltelijk zo gepositioneerd zijn dat alleen representatieve waarden worden gemeten tijdens de inlaatperiode (e.g. Schelde-Rijnkanaal, inlaat Campweg, Gemaal Rilland) zou alleen al het verplaatsen van de meter mogelijkheden voor optimalisatie geven. Voor de Inlaat Deurloo (WSSS), Inlaat Drie Grote Polders (WSSS), Inlaat Oud Kijkuit (WSSS), meetboei Zoommeer (WBD) en Inlaat Campweg (WSSS) waren de resultaten volgens de optimalisatiestudie zout niet representatief voor het Volkerak-Zoommeer (afwijking tot 20%).

5.2.4.2 Optimalisatievoorstel geleidbaarheid

Er is geen potentie om geleidbaarheidsmetingen op zich zelf te optimaliseren.

5.3 Optimaliseren door innoveren

5.3.1 Satellietdata/Remote sensing voor meten waterstanden

In het kader van data-analyse en modelvalidatie van het Volkerak-Zoommeer ecosysteem wordt onderzocht om satelliet data en remote sensing technieken te gaan gebruiken voor blauwalgen en nutriënten verspreiding in het VZM. Data van de Sentinel satellieten kan echter mogelijk ook voor waterstandsmetingen gebruikt worden. Vooralsnog is de nauwkeurigheid van deze aanpak onduidelijk. Deltares is in September 2021 aan het tweejarige project Global Water Watch begonnen waarin data van Sentinel satellieten wereldwijd zal worden gebruikt voor waterstandsinformatie. Ervaringen die hier worden opgedaan kunnen in toekomst mogelijk een bijdrage leveren aan optimalisatievoorstellen.

5.4 Effect op de kosten

Doordat geen significante veranderingen met betrekking tot het bestaande meetnet zijn vastgesteld, worden hier verder geen opmerkingen gemaakt op het effect op kosten.

6 Conclusies en adviezen

6.1 Conclusies voor het Volkerak Zoommeer

Het is belangrijk om in acht te nemen dat in dit rapport het volgende tijdpad geldt: De rapportage van dit project is gebaseerd op data en informatie verzameld in de periode 2020-2021 en is daarom deels verouderd. Echter heeft er dit jaar (2024) een workshop plaatsgevonden met mensen uit de regio die wel nieuwe inzichten heeft gegeven in de beschreven informatie. Deze inzichten zijn meegenomen in de aangepaste versie van het concept rapport uit 2021/2022.

6.1.1 Conclusies over de informatiebehoefte

Het Volkerak-Zoommeer speelt een belangrijke rol in de zoetwatervoorziening van de omliggende gebieden. Het peil wordt gestuurd volgens de afgesproken peiltrap tussen +15 cm NAP en -10 cm NAP. Vanuit het peilbeheer is het dan ook belangrijk om de inkomende debieten, pompdebieten, spuidebieten en waterstanden tot de beschikking te hebben. Waterstand wordt gestuurd op het gewogen gemiddelde peil, maar doordat de meeste inlaten en de Brabantse rivieren onder vrij verval innemen/lozen zijn lokale waterstanden van belang. Scheepvaart heeft alleen een indirecte informatiebehoefte, omdat ze zonder beperkende brug/doorvaarhoogtes gebruik maken van hun nautische kaarten. De temperatuurmetingen zijn vooral van belang voor het omrekenen van geleidbaarheid naar chlorideconcentraties. Als zoetwatervoorziening, is zoutbeheer van de omliggende polders ook van belang. Water uit het VZM wordt voor irrigatiedoeleinden tijdens het groeiseizoen gebruikt, hiervoor is een limiet in chlorideconcentratie belangrijk.

6.1.2 Conclusies over het informatieaanbod

Deze studie laat zien dat het informatieaanbod vanuit de objecten binnen het Volkerak-Zoommeer redelijk beperkt is. Na de renovatie van de Bathse spuisluis zijn op de locatie waterstands- en debietmetingen beschikbaar. Er wordt aan gewerkt om ODS data te ontsluiten zodat de andere sluizen ook kunnen dienen als informatiebron. De waterschappen meten wel waterstanden op de meeste van hun inlaten en gemalen maar voor het gebruik van operationele doeleinden zijn deze niet van voldoende kwaliteit voor het LMW.

De lokale metingen aan objecten en van de waterschappen zijn onderhevig aan lokale effecten en laten in vergelijking met de andere meetpunten een grote overeenkomst zien, al zijn er enkele afwijkingen te zien. Het is een mogelijkheid om met het toekomstige goed ontsluiten van waterstandsinformatie op alle sluizen en gemalen het aantal waterstandsmetingen in het meer te reduceren. Dat gaat zeker op wat betreft locaties zoals Bathsebrug en Bathse Spuikanaal Inloop, die met betrekking tot waterstanden zouden kunnen worden geoptimaliseerd.

Debieten worden vooral gebruikt om (1) een beter beeld van de waterhuishouding (waterbalans) te krijgen of (2) voor lokaal operationeel gebruik. Een optimalisatie van meetpunten voor debieten is hierdoor niet te voorzien. Omdat temperatuur met geleidbaarheidsmetingen hand in hand gaan, volgt een optimalisatie van temperatuurmetingen de aanbevelingen voor geleidbaarheid.

Voor geleidbaarheid wordt op dit moment gewerkt aan een model voor het VZM. Hierdoor zijn chloridemetingen waardevol en worden vaste metingen door varende metingen (TSO) aangevuld om zo proces- en systeemkennis af te leiden. De sturing van de zoutgehalten in het VZM vindt plaats op de meting bij Bathsebrug. Dit is dus de belangrijkste informatiebron en zou aangemerkt kunnen worden als missie kritisch.

De geleidbaarheid- en temperatuurmeet-locaties van LMW en waterschappen in het Schelde-Rijnkanaal komen grotendeels overeen en zouden met minder metingen kunnen

volstaan. Anderzijds ontbreken metingen in de buurt van de Krammersluizen, met name de putten, en is het daardoor niet bekend in welke mate het zout vanuit de diepe putten doorstroomt. Dat heeft wederom invloed op de optimalisatie van het sturen van de inlaat bij de Volkeraksluizen waarmee het VZM doorgespoeld wordt om zoutgehaltes tijdens groeiseizoen op het afgesproken niveau te kunnen houden. Veel geleidbaarheidsmetingen van de waterschappen voldoen niet aan de eisen die RWS stelt, omdat de metingen niet over het gehele jaar representatief zijn voor de hoofdgeulen of niet altijd betrouwbaar zijn.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van deze studie worden de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Bij renovatie/groot onderhoud aan de sluizen, neem informatiebehoefte in acht (incl. kwaliteit data) en ga na of noodzakelijke objectmetingen met bestaande informatiebehoefte gecombineerd kunnen worden. Met name debieten en waterstanden kunnen worden ontsloten.
2. Verdere ontsluiting van ODS data en verbetering van debieten zal ook tot een algemene verbetering van de waterbalans leiden. Het is wenselijk dat ontsloten ODS data goed wordt gevalideerd zodat deze voldoet aan de kwaliteitseisen.
3. Verbetering van het ontsluiten van geleidbaarheid data door combinaties met temperatuurmetingen om zo chlorideconcentraties te kunnen bepalen. Gesprekken met waterschappen aangaan of metingen betrouwbaar genoeg zijn (met geschikte plaatsing van sensoren) om mogelijk een zoutmeter te vervangen (Nieuw Vossemeer).
4. Het rapport gaat niet verder in op het voornemen voor een toegevoegd meetpunt voor chlorideconcentraties achter de Krammersluizen om zoutlekken te kunnen bepalen.

Pans, S., Vandebroek, N., & de Koning, D. (2021). Optimalisatie LMW Twentekanalen. Deltares, ref. 11203677-004-ZKS-0008

Rijkswaterstaat (2016). Waterakkoord Volkerak Zoommeer. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Waterschap Brabantse Delta Waterschap Hollandse Delta Waterschap Scheldestromen Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid Rijkswaterstaat Zuid Nederland.

Schroevers, R., & Vandebroek, N. (2017). Kosten efficiënte informatieverzamelstrategie LMW2.

Schroevers, R. & Vandebroek, N. (2018). Optimalisatie zoutmeetnet Volkerak-Zoommeer: Quickscan voor werkgroep Slim Watermanagement VZM. Deltares ref. 11202244-011-BGS-0002.

Schroevers, R., Vandebroek, N., & De Koning, D. (2019). Optimalisatie LMW Brabantse en Midden-Limburgse kanalen.

Bijlagen

A Indeling deelgebieden meetnet



De volgende volgorde van deze gebieden (roadmap) is begin 2018 voorgesteld aan de stuurgroep LMW2. Inmiddels is de doorlooptijd losgelaten, maar is het wel de intentie om het meetnet in deze volgorde te evalueren.

Planning optimalisatie LMW	
deelgebieden (aantal locaties, aantal parameter/locatie combinaties, soorten parameters)	Uitvoeringsjaar (zwaartepunt)
Noordzeekanaal/ARK (19, 39, 4)	2017/2018
Brabantsekanalen (35, 45, 3)	2018/2019
Twentekanalen (11, 16, 3)	2019/2020
Zeeuwse wateren (90, 128, 6)	2020/2021/2022
Rijn-Maasmonding (57, 89, 6)	2022/2023
IJsselmeer (33, 52, 5)	2023/2024
Rivierengebied (Rijn en IJssel) (31, 43, 3)	2024/2025
Maas en Julianakanaal (36, 47, 3)	2025/2026
Kust en Noordzee (60, 115, 5)	2026/2027
Waddenzee en Eems Dollard (15, 28, 5)	2027/2028

B Beschikbaarheid data LMW

% Data = Een numerieke waarde is beschikbaar

% Gemeten = Waterinfo code "Normale waarde"

% Geïnterpoleerd = Waterinfo code "In ruimte en tijd geïnterpoleerde waarde"

Soms ontbreekt de waterinfo code.

Data beschikbaarheid LMW waterstanden. Periode 1 jan 2018 – 31 dec 2019

Locatie	% Data	% Gemeten	% Geïnterpoleerd
Rilland, Antwerps kanaalpand	98.8	98.8	0
Rilland, Bathse Spuikanaal Inloop	99.9	99.9	0
Rilland, Bathsebrug linker oever (kilometer 1042)	98.9	98.9	0
Bathse Spuisluis Westerschelde	99.4	99.4	0
Bathse Spuisluis Zoommeer	99.4	99.4	0
Bergse Diepsluis West	99.9	99.9	0.3
Krammersluizen West	99.9	99.9	0.9
Kreekrakbrug Spuikanaal	99.7	99.7	0
Nieuw-Vossemeer	99.9	99.9	0
Noord Volkerak boei NV3	97.2	98.4	0
Willemstad, Volkerak (voorheen Rak zuid)	99.9	99.9	0.2
Rak Noord	99.9	99.9	0.3
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	97.1	97.1	0

Data beschikbaarheid LMW debiet. Periode 1 jan 2018 – 31 dec 2019

Locatie	% Data	% Gemeten	% Geïnterpoleerd
Rilland Bathse spuisluis	97.7	97.7	0
Benedensas	94.6	94.6	0
Dintelsas	88.0	88.0	0
Krammersluizen	93.0	93.0	0
Willemstad Volkeraksluizen gat 1/2/3/4	97.0	97.0	0

Data beschikbaarheid LMW temperatuur. Periode 1 jan 2018 – 31 dec 2019

Locatie	% Data	% Gemeten	% Geïnterpoleerd
Rilland, Antwerps kanaalpand	99.4	99.4	0
Rilland, Bathsebrug Deltanuts	99.4	99.4	0
Rilland, Bathse Spuikanaal Inloop	99.5	99.5	0
Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid	99.4	99.4	0
Nieuw-Vossemeer	99.4	99.4	0
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	98.9	98.9	0

Data beschikbaarheid LMW geleidbaarheid. Periode 1 jan 2018 – 31 dec 2019

Locatie	% Data	% Gemeten	% Geïnterpoleerd
Rilland, Antwerps kanaalpand	100	100	0
Rilland, Bathse Spuikanaal Inloop	97.6	97.6	0
Rilland, Bathsebrug linker oever (kilometer 1042)	99.5	99.5	0
Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid	95.5	95.5	0
Kreekrakbrug Spuikanaal	99.6	99.6	0
Nieuw-Vossemeer	99.8	99.8	0
Noord Volkerak boei NV3	99.4	99.4	0
Oesterdam	100	100	0
Steenbergen (Roosendaalsevliet)	100	100	0
Willemstad Volkeraksluizen gat 1/2/3/4	95.2	95.2	0

Data beschikbaarheid LMW chloride. Periode 1 jan 2018 – 31 dec 2019

Locatie	% Data	% Gemeten	% Geïnterpoleerd
Rilland, Antwerps kanaalpand	99.0	99.0	0
Rilland, Bathsebrug Deltanuts	97.9	97.9	0
Rilland, Bathse Spuikanaal Inloop	99.0	99.0	0
Bruinisse Krammersluis Volkerak Noord/Zuid	99.0	99.0	0
Nieuw-Vossemeer	99.2	99.2	0
Dinteloord, Volkerak (Galathea)	98.5	98.5	0

C Overzicht verplichtingen met betrekking tot metingen Volkerak-Zoommeer (Waterakkoord 2016)

Registratie van de debieten dient plaats te vinden op grond van meting dan wel berekening. De partijen dienen te streven naar een afwijking kleiner dan 10% ten opzichte van de werkelijk verplaatste hoeveelheid wat betreft de nauwkeurigheid van de resultaten van de meting of berekening.

Overzicht van alle meetpunten in Bijlage C van het Waterakkoord Volkerak-Zoommeer.

Bijlage C Tabellen raakpunten en gegevens per meetpunt die beschikbaar zijn over wateruitwisseling en waterkwaliteit

Rijkswaterstaat Zee en Delta

Lokatie / code	Inlaat of uitlaat	Debiet	Water-stand	Chloride gehalte	EC meting
Volkeraksluizen	Inlaat	Ja	Ja	Ja	-
Volkerak (Galathea)	Meetpunt	-	Ja	Ja	-
Nieuw Vossemeer / VOSM	Meetpunt	-	Ja	Ja	-
Markiezaatsmeer	Uitlaat	Ja	-	-	-
Bathse Brug Spuikanaal / BBDT	Uitlaat	Ja	Ja	Ja	-
Antwerps kanaalpand	Meetpunt	-	Ja	Ja	-
Bathse Spuisluis	Uitlaat	-	Ja	-	-

Waterschap Brabantse Delta

Lokatie / code	Inlaat of uitlaat	Debiet	Water-stand	Chloride gehalte	EC meting
Sluis Dintelsas	uitlaat	Ja	Ja	-	-
Sluis Benedensas	uitlaat	Ja	Ja	-	-
Gemaal Prins Hendrikpolder	uitlaat	Ja	Ja	-	Ja
Inlaat Nieuw Vossemeer	inlaat	-	-	-	Ja (buitenwater)
Gemaal Zoute Sluis	uitlaat	Ja	Ja	Ja	Ja
Gemaal De Pals	uitlaat	Ja	Ja	Ja	Ja
Inlaat Auvergnepolder	inlaat	-	-	-	Ja (buitenwater)
Burg.Peeterssluis	uitlaat	-	-	-	-
Gemaal Noordland	inlaat	berekend	-	-	-
Afsluit (stuw) Markiezaatsmeer	uitlaat	Ja	Ja	-	-

Waterschap Hollandse Delta

Lokatie / code	Inlaat of uitlaat	Debiet	Water-stand	Chloride gehalte	EC meting
Inlaatduiker Zuiderland	inlaat	-	-	-	-
Inlaatduiker Aymon-Louise - 260	inlaat	-	-	-	-
Gemaal de Eendracht	uitlaat	ja	-	-	-
Gemaal de Eendracht	inlaat	-	ja	-	-
Gemaal Galathee	inlaat	ja	ja	-	-
Gemaal Galathee	uitlaat	ja	-	-	-
Inlaat vest Fort Prins Frederik	inlaat	-	-	-	-
Gemaal het Oudeland	inlaat	-	ja	-	-
Gemaal het Oudeland	uitlaat	ja	-	-	-
Gemaal De Haas van Dorsser	uitlaat	ja	ja	-	-

Waterschap Scheldestromen

Lokatie / code	Inlaat of uitlaat	Debiet	Water-stand	Chloride gehalte	EC meting
St. Philipsland, Campweg (KGM18)	Inlaat	Ja	Ja	-	Ja (buitenwater)
Tholen, Van Haaften (KGM22)	Inlaat	Ja	-	-	Ja (buitenwater)
gemaal Van Haaften (KGM23)	Uitlaat	Ja	Ja	-	
Tholen, Drie Grote Polders (KGM25)	Inlaat	Ja	-	-	Ja (polderzijde)
Gemaal Drie Grote Polders (KGM 24)	Uitlaat	Ja	Ja	-	
Tholen, Oud-Kijkuit (KGM26)	Inlaat	Ja	Ja	-	Ja (polderzijde)
Tholen, gemaal De Eendracht (KGM27)	Uitlaat	Ja	Ja	-	Ja (polderzijde)
Tholen, Deurlooppolder (KGM28)	Inlaat	Ja	Ja	-	
Reigersbergsche polder, gemaal Rilland (KGM69)	Inlaat	Ja	Ja	-	Ja (polderzijde)

Ja = beschikbaar

- = niet beschikbaar

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