

## Waarde van middellange-termijn verwachtingen voor de binnenvaart



## Waarde van middellange-termijn verwachtingen voor de binnenvaart

### Auteur(s)

Rolien van der Mark  
Maarten Smoorenburg

## Waarde van middellange-termijn verwachtingen voor de binnenvaart

<b>Opdrachtgever</b>	Topsector Logistiek, vertegenwoordigd door Connekt
<b>Contactpersoon</b>	Kim Hazelaar
<b>Referenties</b>	TSL51.00.090
<b>Trefwoorden</b>	Middellange-termijn verwachtingen, voorspellingen, forecasting, binnenvaart, laagwater

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	20-02-2024
<b>Projectnummer</b>	11209791-002
<b>Document ID</b>	11209791-002-ZWS-0003
<b>Pagina's</b>	32
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Rolien van der Mark	
	Maarten Smoorenburg	



# Samenvatting

De Topsector Logistiek heeft in 2023, mede naar aanleiding van een bijeenkomst over laagwater met een aantal vertegenwoordigers van de sector, kennisinstituten en overheid (Taskforce laagwater, 5 april 2023), het initiatief genomen onderzoek en samenwerking in gang te zetten rondom het onderwerp “multimodal resilience”. Een van de onderdelen hierin betreft onderzoek naar verbeterde waterstandsverwachtingen en het gebruik van verwachtingen voor optimale inzet van de binnenvaart (operationeel, tactisch, strategisch). Voorliggende rapportage betreft een eerste stap binnen dit onderdeel. Het doel van deze kortlopende opdracht is om een eerste verkenning te doen naar de waarde van waterstandsverwachtingen ten behoeve van verbeterde besluitvorming in de binnenvaartsector. We brengen (a) beschikbare informatie over verwachtingen van rivierafvoer en waterstand bij elkaar in de context van het gebruik ervan door de binnenvaartsector, en halen (b) informatie op via een eerste interview over hoe een middellange-termijn verwachting kan helpen bij het nemen van betere tactische beslissingen.

Deze rapportage presenteert een overzicht welke rivierafvoer- en waterstandsverwachtingen beschikbaar zijn, welke zichttijd voor welke gebruiker relevant is, en hoe verwachtingen in grote lijnen tot stand komen.

Er is vervolgens gekozen om in deze rapportage vooral de aandacht te richten op de middellange-termijn verwachtingen. Deze worden binnen de binnenvaartsector nog niet of nauwelijks gebruikt. Dit type verwachtingen is nog relatief nieuw, en nog vol in ontwikkeling. Het is in dit stadium nog niet duidelijk hoe deze verwachtingen door de sector goed benut of ingezet kunnen worden bij het nemen van tactische beslissingen, maar eerder onderzoek in het kader van het EU Horizon project IMPREX laat zien dat adequaat gebruik van waterstandsverwachtingen met langere zichttijden voor lagere transportkosten kan zorgen. In voorliggend onderzoek is dan ook een inventarisatie gemaakt van relevante initiatieven op het gebied van middellange-termijn verwachtingen en de mogelijke toepassing ervan voor de sector.

Middellange-termijn verwachtingen zijn probabilistisch van aard, dat wil zeggen, ze maken inzichtelijk wat de kans van optreden is. Omdat de dimensie “kans” als complex kan worden ervaren, is een fictief vereenvoudigd voorbeeld opgenomen hoe een kansverwachting van waterstand kan helpen om bij een tactische beslissing over modaliteitsinzet op een transparante manier een risicoafweging te maken.

Het is tijdens het interview met containeroperator Danser Group lastig gebleken om vast te stellen hoe middellange-termijn verwachtingen bij tactische besluiten van toegevoegde waarde kunnen zijn. Desalniettemin verwachten we dat zo'n verwachting meerwaarde kan hebben bij tactische beslissingen ten tijde van (verwacht) laagwater. Uit het interview en de inventarisatie van initiatieven kwamen beslissingen naar voren zoals de inhuur van extra schepen, inplannen van een andere modaliteit, informeren/afspraken maken met klanten, keuzes ten aanzien van al dan niet een boekingstop, keuzes ten aanzien van de vrachtverdeling over de nog beschikbare capaciteit, het maken van (contractuele) afspraken met schippers of het realiseren van opslagcapaciteit.

We bevelen aan om in ieder geval met een bulk operator in gesprek te gaan, omdat zij vaak ruim van tevoren weten welke hoeveelheden in de toekomst getransporteerd moeten worden. Partijen zouden de samenwerking kunnen zoeken bij de ontwikkeling van hulpmiddelen bij het gebruik van (en leren omgaan met!) middellange-termijn verwachtingen. Tot slot zou het goed zijn om actieve samenwerking te zoeken met Duitse partijen (overheid en marktpartijen) om daarmee kennis te delen en ervaringen uit te wisselen.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1	Achtergrond	7
1.2	Doelstelling	7
1.3	Aanpak	7
<b>2</b>	<b>Verwachtingen in afvoer/waterstand voor de binnenvaart</b>	<b>9</b>
2.1	Tijdschalen en doelgroepen	9
2.2	Totstandkoming van verwachtingen	11
2.3	Beschikbare informatie over verwachtingen	12
2.3.1	Verschillende verschijningsvormen van verwachtingen	12
2.3.2	Verwachtingen korte termijn (zichttijd dagen)	13
2.3.3	Verwachtingen middellange termijn (zichttijd weken)	14
2.3.4	Verwachtingen lange termijn (zichttijd jaren-decennia)	16
2.4	Focus in vervolg op middellange-termijn verwachtingen	17
<b>3</b>	<b>Inventarisatie van initiatieven rondom middellange-termijn verwachtingen</b>	<b>18</b>
3.1	Hydrologische 14-dagen en 6-weken verwachtingen van de BfG	18
3.2	Verwachting waterdiepte Rijntakken	20
3.3	Inventarisatie samen met Havenbedrijf Rotterdam	21
3.4	BASF	22
3.5	TRANS2	23
3.6	Conclusie	24
<b>4</b>	<b>Eenvoudig voorbeeld van risicoafweging op basis van middellange-termijn verwachtingen</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Belangrijkste bevindingen uit gesprek met Danser Group</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Conclusie en doorkijk richting mogelijk vervolg</b>	<b>29</b>
	<b>Referenties</b>	<b>31</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De Topsector Logistiek heeft meerdere vragen ontvangen vanuit de binnenvaartsector over de nauwkeurigheid van waterstandsverwachtingen, zoals of het mogelijk is om verwachtingen te verbeteren of verder vooruit te voorspellen. Ook leeft de behoefte om aansluiting te zoeken bij wat de Duitse overheid aanbiedt, en leeft de vraag over hoe verwachtingen bijdragen aan het handelingsperspectief bij beslissingen in tijden van hoogwater of droogte. Naar aanleiding van die ontvangen signalen is door de Topsector Logistiek een bijeenkomst georganiseerd (Taskforce laagwater, 5 april 2023) met een aantal vertegenwoordigers van de sector, kennisinstituten en overheid om over dit onderwerp door te praten, en om te bekijken welke onderzoeksvragen opgepakt zouden moeten worden.

De onderzoeksvragen en problematiek bleken breder dan aanvankelijk ingestoken. Na deze bijeenkomst en meerdere gesprekken heeft de Topsector Logistiek het initiatief genomen om het thema “*multimodal resilience*” verder te gaan onderzoeken, en dit onderzoek te coördineren. Op vier onderdelen worden eerste stappen gezet, als opmaat naar een mogelijk groter initiatief met meerdere partijen:

- 1 Verbeterde waterstandsverwachtingen en verbeterd gebruik hiervan voor optimale inzet van de binnenvaart (operationeel, tactisch, strategisch),
- 2 Maatregelen voor de binnenvaart voor het maximaliseren van de vervoerscapaciteit over water,
- 3 Ketenregie multimodaal vervoer zodra vervoerscapaciteit over water ontoereikend is,
- 4 Huidige kennis en stand van zaken rondom het thema “*multimodal resilience*”, met name op het gebied van voornoemde drie onderdelen.

Voorliggende rapportage betreft een stap binnen onderdeel 1. Binnen de andere onderdelen zijn/gaan andere partijen aan de slag om eerste stappen te zetten.

## 1.2 Doelstelling

Het doel van deze kortlopende opdracht is om een eerste verkenning te doen van hoe waterstandsverwachtingen voor de middellange termijn kunnen worden gebruikt ten behoeve van verbeterde besluitvorming in de binnenvaartsector. De focus ligt daarbij op het gebruik van middellange-termijn verwachtingen – d.w.z. voor een week tot enkele maanden in de toekomst – voor tactische beslissingen over aflading, modaliteit en het aanbieden van diensten.

## 1.3 Aanpak

De met elkaar vastgestelde aanpak is om enerzijds beschikbare informatie over verwachtingen van rivierafvoer en waterstand bij elkaar te brengen en om de huidige context te schetsen over het gebruik van verwachtingen door de binnenvaartsector, en anderzijds om samen met een binnenvaartondernemer in gesprek te gaan over hoe een middellange-termijn verwachting kan helpen bij het nemen van betere tactische beslissingen. Containeroperator Danser Group heeft aan de Topsector Logistiek toegezegd hier graag aan te willen meewerken. Op voorhand is er bewust voor gekozen om dit gesprek één op één te voeren (dus niet bijvoorbeeld een workshop met meerdere ondernemers tegelijk bij elkaar).

Dit doen we omdat de typen tactische beslissingen verschillend kunnen zijn voor verschillende ondernemers (een containeroperator kan eenvoudiger overstappen op wegvervoer dan een bulk operator, en bijvoorbeeld ook het moment van interventie kan anders zijn). Een gesprek met meerdere partijen tegelijkertijd zal daardoor waarschijnlijk onvoldoende specifiek en tot de kern van de tactische beslissingen in de bedrijfsvoering komen. Ook de zorg om bedrijfsgevoelige informatie te delen zou remmend kunnen werken. Op voorhand weten we ook dat door slechts met één partij te spreken, we waarschijnlijk niet alle kansen in beeld krijgen, omdat verschillende ondernemers verschillende werkwijzen en behoeften hebben. Deze verkenning is echt een eerste stap.



## 2 Verwachtingen in afvoer/waterstand voor de binnenvaart

### 2.1 Tijdschalen en doelgroepen

Bij verwachtingen in afvoeren of waterstanden ten behoeve van de binnenvaart, kan onderscheid gemaakt worden in:

- korte termijn: operationele beslissingen door bijvoorbeeld schippers op basis van de verwachtingen van enkele dagen vooruit;
- middellange termijn: tactische beslissingen door bijvoorbeeld rederijen of verladers op basis van de verwachtingen van een week tot enkele maanden vooruit;
- (heel) lange termijn: strategische beslissingen door bijvoorbeeld de vaarwegbeheerder of beleid op basis van de verwachtingen van een jaar tot meerdere jaren vooruit.

De binnenvaart gebruikt voor verwachtingen zowel Nederlandse informatiebronnen voor waterstands informatie als buitenlandse informatiebronnen (voor bijvoorbeeld de Rijnvaart). De verschillende informatie die beschikbaar wordt gesteld over verwachtingen staat enigszins versnipperd op verschillende websites (zie §2.3). De Nederlandse overheid stelt de Nederlandse informatie beschikbaar, en is ook de partij die wijzigingen, verbeteringen en aanpassingen aan voorspelmodellen kan initiëren als daar noodzaak en mogelijkheden voor zijn. De verschillende verwachtingshorizons, ook wel zichttijden genoemd, hebben verschillende toepassingsgebieden met verschillende gebruikers of doelgroepen.

Tabel 2-1 geeft een globaal overzicht van karakteristieke vragen die bij verschillende doelgroepen spelen, en waarbij informatie over de toekomst van rivierafvoeren nodig is. In de praktijk zal het aantal doelgroepen groter zijn, bijvoorbeeld om beleid te maken ten aanzien van het hoofdvaarwegennetwerk zijn tevens onderzoekers, ingenieursbureaus en de vaarwegbeheerder nodig. Hier beperken we ons voor nu tot de hoofdlijnen en de binnenvaartsector.

Tabel 2-1 Overzicht tijdschalen met typische vragen en belangrijkste doelgroepen.

Tijdschaal	Zichttijd verwachting	Typische vragen	Belangrijkste doelgroep
<b>Korte termijn</b>	Dagen	Hoeveel lading aan boord?	Schipper / operator
		Welke route varen?	Schipper / operator
		Wat is de verwachte aankomsttijd (ETA <sup>1</sup> )?	Schipper / operator
		Hoe hard varen om brandstof te besparen, CO <sub>2</sub> uitstoot te minimaliseren?	Schipper / operator
		Wat is / waar bevindt zich de MGD <sup>2</sup> ?	Vaarwegbeheerder / schipper
		Welke scheepsbegeleiding of vaarwegmarkering is benodigd?	Vaarwegbeheerder
<b>Middellange termijn</b>	Weken – enkele maanden	Hoeveel schepen inzetten?	Verlader / operator / bevrachter / rederij <sup>3</sup>
		Andere modaliteiten nodig?	Verlader / operator / bevrachter / rederij
		Tussenstops inplannen?	Verlader / operator / bevrachter / rederij
		Voorraadbeheer aanpassen?	Verlader
		Waar vaargeulonderhoud / baggeren?	Vaarwegbeheerder
<b>Lange termijn</b>	Jaren	Waar bevinden zich knelpunten in de vaarweg, hoe structurele knelpunten verwijderen?	Vaarwegbeheerder
		Planning groot onderhoud vaarweg/kunstwerken?	Vaarwegbeheerder
		Investeringen in schip / vloot?	Schipper / verlader / operator / rederij
<b>Heel lange termijn</b>	Decennia	Verplaatsen industrie?	Verlader
		Welke infrastructurele aanpassingen aan de vaarweg?	Beleidsmaker

Voor de korte termijn geldt dat operationele beslissingen worden genomen op basis verwachtingen met een zichttijd van enkele dagen. Het gaat voor een schipper (binnenvaartondernemer) dan bijvoorbeeld om het bepalen van de beladingsgraad van het individuele schip vóór vertrek aan de hand van beperkingen in waterdiepte of doorvaarthoogte, en het maken van een reisplan met routekeuze en vaarsnelheid (tijdstop passage knelpunten). Ook kan een schipper besluiten een reis niet aan te nemen. Operationele keuzes ten aanzien van het verkeersmanagement liggen bij de (operationeel) vaarwegbeheerder. Bijvoorbeeld het aanpassen van bedientijden bij bruggen en sluisen of het aanpassen van het schutregime, het verleggen van boeien of de wijze van communiceren (informatievoorziening) zijn beslissingen, die genomen worden aan de hand van de actuele situatie en korte-termijn verwachtingen.

<sup>1</sup> ETA = Estimated Time of Arrival (geschatte aankomsttijd)

<sup>2</sup> MGD = Minst Gepeilde Diepte

<sup>3</sup> De verlader is de partij die goederen vervoerd wil hebben ten behoeve van de industrie, een (binnenvaart) operator is een kantoororganisatie die een vloot van meerdere schepen inplant. In de praktijk is er niet altijd zo'n duidelijk onderscheid en zijn de definitie niet zo scherp. Verladers bezitten soms schepen en doen zelf de planning. Operators kunnen schepen in eigendom hebben of hebben schepen varen onder een langdurig contract. Een bevrachter of bevrachtingskantoor is een bemiddelaar tussen verlader en vervoerder. Een rederij is een bevrachter of operator met eigen schepen in hun bezit. Welke diensten een bevrachter aanbiedt verschilt per onderneming, maar zij zijn dus vergelijkbaar met een operator. Veelal bieden operators niet alleen binnenvaart aan (zoals een barge operator), maar ook spoordiensten of vervoer per vrachtwagen (Danser Group noemt zich een "multimodal operator").

Informatie over verwachtingen iets langer vooruit (weken tot maanden) kan worden ingezet voor tactische beslissingen. Als men bijvoorbeeld een droge periode tijdig ziet aankomen, dan kan daarop worden geanticipeerd door de verschillende spelers. De vaarwegbeheerder kan zorgen dat de rivier bij bekende knelpunten goed op diepte is (preventief baggeren) en de verdeling van het water over de verschillende waterlichamen aanpassen, er kunnen door verladings of bevrachters extra schepen worden ingezet, preventief voorraden worden aangelegd (buffer) of alternatieve vervoerswijzen worden ingekocht.

Strategische beslissingen worden genomen aan de hand van (heel) lange-termijn verwachtingen. Besluiten over de aanschaf van een nieuw schip, contracten, leveringsafspraken passen bij een tijdschaal van jaren. Zeer grote investeringen aan de vaarwegen zoals de aanleg van langsdammen, besluiten over het al dan niet aanleggen of aanpassen van stuwen, sluizen, keringen of een besluit over locatiekeuze (verhuizen van een complete fabriek vanwege afnemende bereikbaarheid) worden genomen mede met behulp van doorkijken tot enkele decennia vooruit.

## 2.2 Totstandkoming van verwachtingen

In deze paragraaf wordt zeer beknopt toegelicht hoe waterstandsverwachtingen doorgaans tot stand komen.

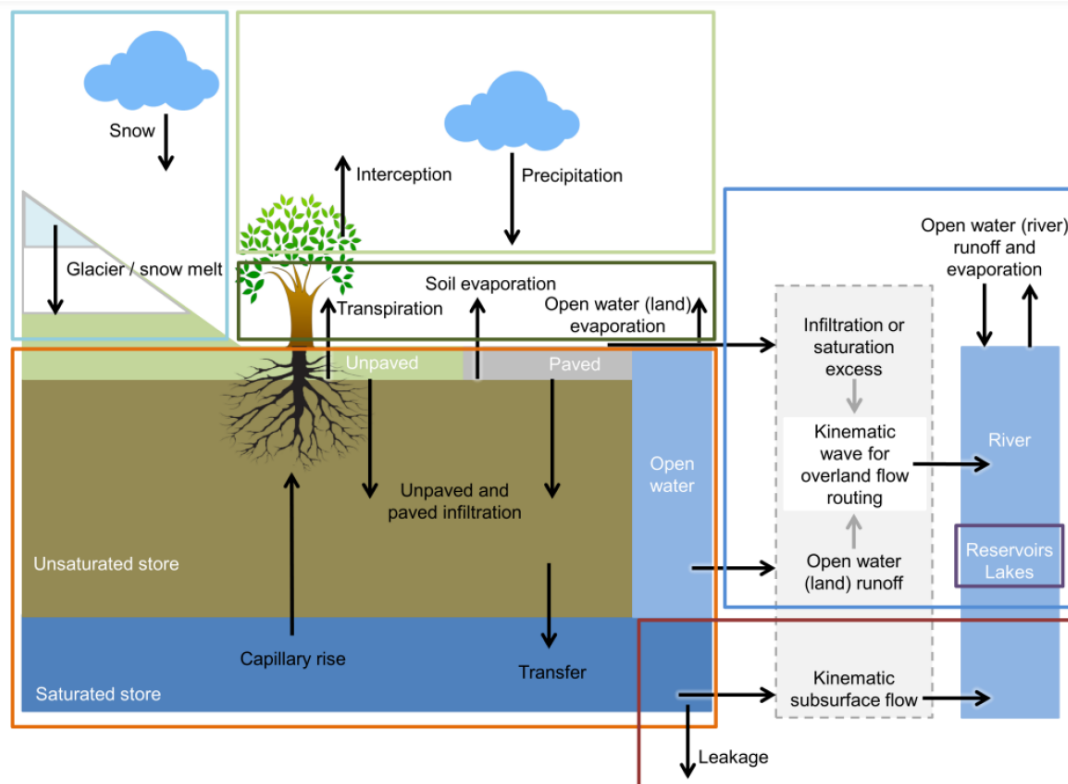
De hoeveelheid water die een rivier af te voeren krijgt op een zeker (toekomstig) moment wordt doorgaans berekend met behulp van een hydrologisch model, vaak neerslag-afvoermodel genoemd. Het is tegenwoordig goed mogelijk om een ruimtelijk gedistribueerd (gerasterd) model met hoge resolutie te gebruiken door het steeds meer beschikbaar komen van de benodigde ruimtelijke data zoals meteorologische forcering (zoals neerslag, temperatuur), landgebruik, vegetatie of bodemeigenschappen (zie bijv. Imhoff et al., 2020).

Ter illustratie worden in Figuur 2-1 de belangrijkste variabelen en processen weergegeven die in het hydrologisch model "wflow\_sbm" worden gesimuleerd om op basis van weersverwachtingen van o.a. neerslag en temperatuur tot een afvoerverwachting te komen. Het hydrologische wflow\_sbm model, ontwikkeld door Deltares, is een model waarin meerdere lagen in de grond kunnen worden gedefinieerd. In het model is de bodem gescheiden in een verzadigde en een onverzadigde zone per bodemlaag. Het model simuleert verdampings- en interceptieprocessen, en er worden ijs-aangroei en smeltprocessen in de gletsjers meegenomen.

Na het neerslag-afvoermodel wordt een hydrodynamisch model gebruikt (eendimensionaal of tweedimensionaal) om de waterstanden in de rivier te berekenen. Input voor een dergelijk fysisch model zijn de verwachte afvoer van bovenstroomse gebieden en zijrivieren, en de verwachte benedenstroomse waterstand. Intern maakt het model gebruik van o.a. terreingegevens (geschematiseerd) zoals de hoogte van de rivierbodem en uiterwaarden, rivierbreedte, ligging van kribben en dijken, sturing bij kunstwerken, en inschattingen over onttrekkingen en zij-instromingen.

In werkelijkheid verandert de zandige rivierbodem continu door de stroming. Een veranderde bodem zorgt ook voor andere waterstanden en waterdiepten. Morfologische modellen zijn in staat dergelijke bodemveranderingen te simuleren. De techniek, kennis en rekenkracht zijn nog niet zo ver dat we morfologische modellen operationeel draaien om de verwachtingen in waterstand en waterdiepte te maken.

De onzekerheden in een aantal model- en invoerparameters maken dat de waterstand bij gegeven afvoer tot zo'n 10-20 cm nauwkeurig te voorspellen is voor een zichttijd van enkele weken vooruit (zie ook Van der Mark et al., 2020).



Figuur 2-1 Voorbeeld van de verschillende processen en fluxen die in een hydrologisch model kunnen worden gesimuleerd (overgenomen uit Verseveld et al. (2022) waarin het zogenaamde `wflow_sbm` model wordt gepresenteerd).

## 2.3 Beschikbare informatie over verwachtingen

### 2.3.1 Verschillende verschijningsvormen van verwachtingen

De aard van een verwachting in rivierafvoer en de wijze waarop deze tot stand komt en beschikbaar gesteld wordt, is verschillend voor de verschillende zichttijden. De rivierafvoer bij Lobith, waar de Rijn ons land in stroomt, kan vrij nauwkeurig voorspeld worden voor de komende dagen; dit is vaak een deterministische verwachting (bijv: “overmorgen bedraagt de afvoer bij Lobith 1200 m<sup>3</sup>/s”). Voor verwachtingen van de afvoer bij Lobith met een zichttijd van een aantal weken blijkt dat de onzekerheid zo groot is (de hoeveelheid neerslag die valt over een paar weken en de exacte locatie zijn bijvoorbeeld niet goed bekend), dat een deterministische verwachting nauwelijks waarde heeft. De beschikbare verwachtingen zijn dan ook zonder uitzondering probabilistisch van aard (denk aan een afvoer met bandbreedtes, een zogenaamde pluim- of kansverwachting). De bijbehorende kansen worden vaak aan de hand van grenswaarden gecommuniceerd (bijv: “er is een kleine kans (10-20%) dat de waterstand volgende week woensdag zakt tot onder 10m +NAP”). Voor verwachtingen met zichttijd van decennia is het van groot belang om de verschillende langzame processen mee te nemen, zoals de rivierbodemosie en de effecten van klimaatverandering op het afvoerregime en zeespiegelstijging. Voor beleidskeuzes om bevaarbaarheid op de lange termijn te blijven garanderen is men niet geïnteresseerd in wat de afvoer bij Lobith is op 20 maart 2053, maar gaat het om statistieken zoals jaarminima en -maxima samen met trends en variabiliteit over de jaren en binnen een jaar. Klimaatscenario's en daarvan afgeleide afvoerreksen bieden deze informatie. Dit soort analyses worden meestal klimaatprojecties genoemd vanwege de meer verkennende aard vergeleken met (waterstands)verwachtingen.

Hieronder wordt een overzicht gepresenteerd welke informatie ten aanzien van verwachtingen openlijk beschikbaar is. Mogelijk is het overzicht niet geheel compleet, hier worden in ieder geval de meest relevante benoemd.

### 2.3.2 Verwachtingen korte termijn (zichttijd dagen)

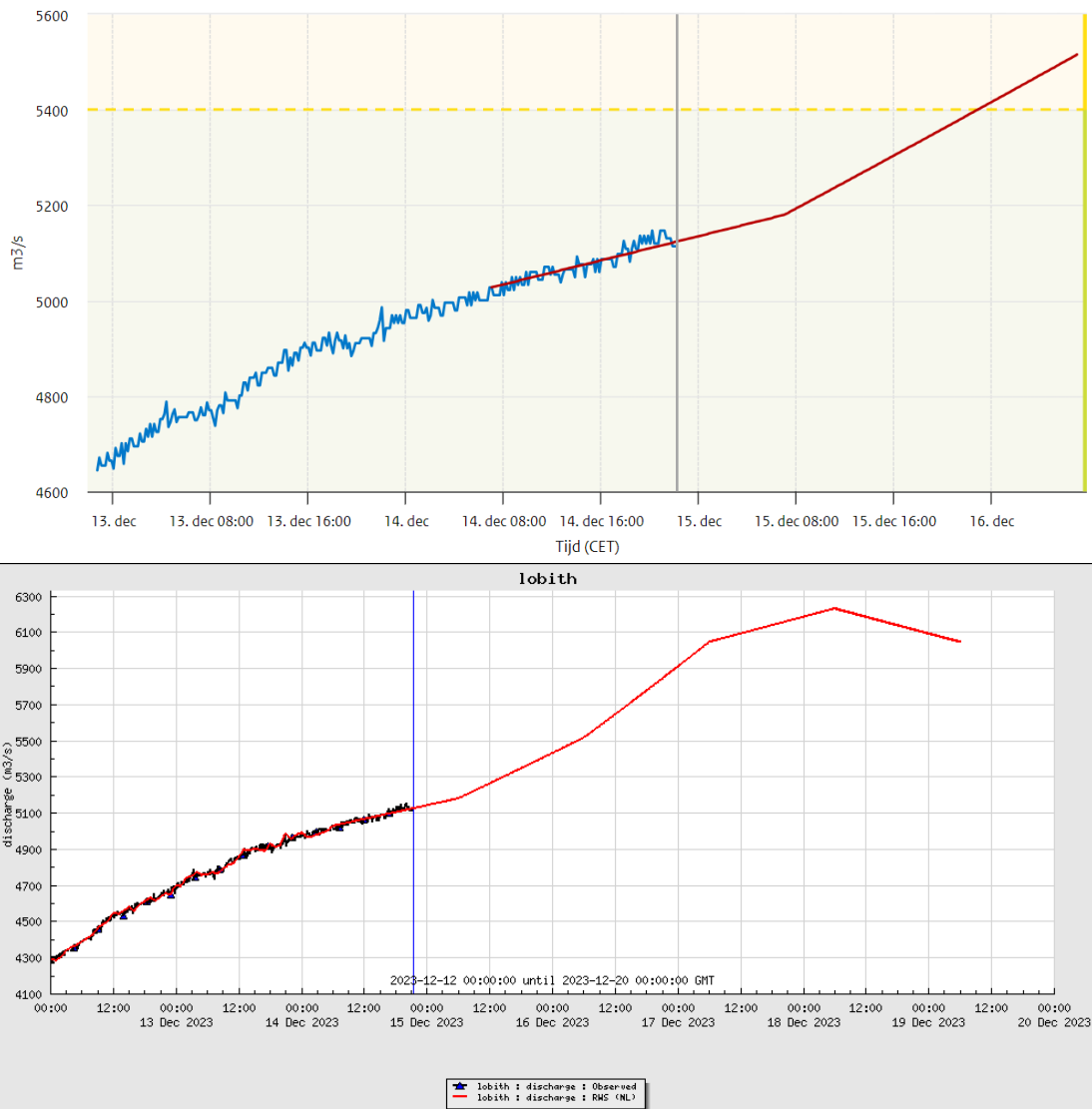
In Tabel 2-2 staat weergegeven welke bronnen van informatie beschikbaar zijn ten aanzien van verwachtingen voor de korte termijn. Opvallend is dat de informatie op vaarweginformatie vrij beperkt is met betrekking tot verwachte waterstanden, terwijl deze website juist bedoeld is om informatie voor de binnenvaart te ontsluiten (NB: over de actuele toestand is meer informatie op de website te vinden, maar we beperken ons hier tot verwachtingen).

Voor andere locaties dan Lobith en ook de afvoer kan men terecht op [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl), maar hier is de zichttijd 2 dagen (Figuur 2-2). ELWIS is de Duitse informatiedienst, en wordt aangeboden door de Duitse overheid (BfG) en wordt veelvuldig door de binnenvaart gebruikt. De openbare MATROOS (<https://noos.matroos.rws.nl>) website zal bij de binnenvaart minder goed bekend zijn. Deze dienst biedt iets meer informatie dan vaarweginformatie en [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl) (resp. 1 en 3 dagen extra en meerdere stations), zie ook Figuur 2-2.

De diensten aangeboden door de overheden stellen verwachtingen van afvoer en waterstand beschikbaar. Voor de binnenvaart zijn de beschikbare waterdiepte en doorvaarthoogte bij bruggen van belang. CoVadem biedt een service (niet openbaar) die in deze behoeften voorziet. Zij ontwikkelden in het TKI-project CoVadem+ een pilot applicatie die de verwachte (minimale) waterdiepte op het Rijn-traject Werkendam – Iffezheim en de verwachte doorvaarthoogte door gebruik te maken van de waterstandsverwachtingen met zichttijd van 5 dagen uit MATROOS (Van der Mark & Lemans, 2020). Als een schipper bijvoorbeeld pas over 3 dagen langs een knelpunt komt, is het van belang om te weten wat op dat moment de maatgevende diepte of doorvaarthoogte ter plaatse is. Of deze applicatie momenteel nog steeds draait is bij de auteurs onbekend. Zonder deze applicatie maken schippers met hun ervaring zelf deze berekening door de verwachting te bekijken (en of het water in de komende dagen stijgt of daalt).

Tabel 2-2 Beschikbare informatie ten aanzien van verwachtingen voor de korte termijn.

Bron	Zichttijd	Parameter	Locatie
Waterinfo.rws.nl	2 dagen	Waterstand + Afvoer	NL meetstations
Vaarweginformatie.nl	4 dagen	Waterstand	Lobith
NOS teletekst	4 dagen	Waterstand	Lobith
MATROOS	5 dagen	Waterstand + Afvoer	NL meetstations
ELWIS	4 dagen	Waterstand	DE meetstations (pegels)
CoVadem	5 dagen	Waterdiepte + Doorvaarthoogte	Overal waar CoVadem-schepen varen



Figuur 2-2 Verwachting in rivierafvoer bij Lobith. Boven: informatie uit waterinfo.rws.nl (zichttijd 2 dagen), onder: informatie uit MATROOS (zichttijd 5 dagen). De verticale lijn is het huidige tijdstip.

### 2.3.3 Verwachtingen middellange termijn (zichttijd weken)

Tabel 2-3 bevat de beschikbare informatie ten aanzien van verwachtingen voor de middellange termijn. Zowel de Nederlandse (Figuur 2-3) als Duitse vaarwegbeheerder (Figuur 2-4) bieden een 14-daagse verwachting aan. De 14-daagse voor Lobith volgt direct uit de modellen, er vindt geen controle en bijstelling plaats door experts. Ook een verwachting voor 6 weken vooruit wordt door beide landen gemaakt, echter is die van Rijkswaterstaat (RWsOS<sup>4</sup>) niet openbaar en draait enkel als piloottoepassing. De methodiek en modellen waarmee de beide verwachtingen tot stand komen verschillen. Op basis van expertkennis, ervaringen en kwalitatieve vergelijking is in Van der Mark et al. (2020) geconcludeerd dat inhoudelijk de verwachting van de BfG momenteel aantrekkelijker is dan die van Rijkswaterstaat. De BfG presenteert de verwachtingen in verschillende vormen, namelijk als spaghettiplots (Figuur 2-5), boxplots en taartdiagrammen. In §3.1 geven we meer detail over de verwachtingen van de BfG.

<sup>4</sup> RWsOS (Rijkswaterstaat – Samenhangende Operationele Systemen): Het instrumentarium van Rijkswaterstaat (RWS) voor het maken van verwachtingen voor het hoofdwatersysteem (waterstanden, debiet, golven en stroming).

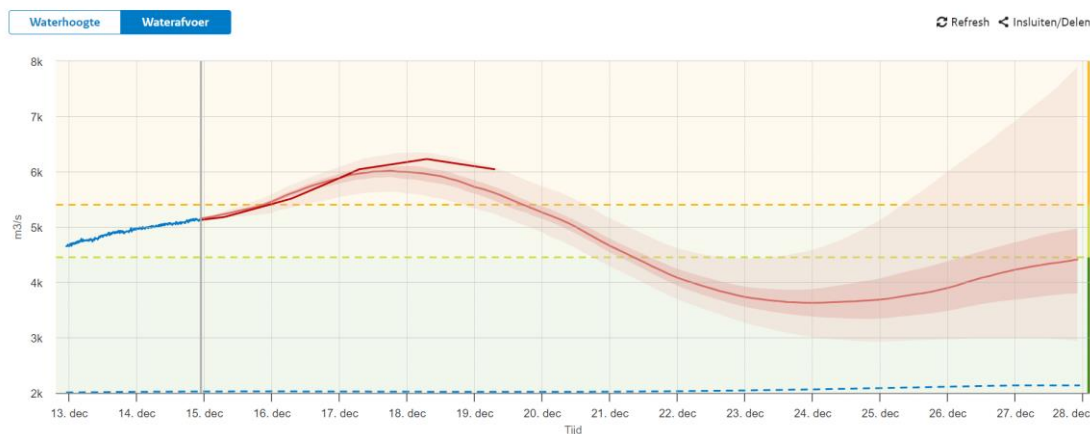


Tabel 2-3 Beschikbare informatie ten aanzien van verwachtingen voor de middellange termijn.

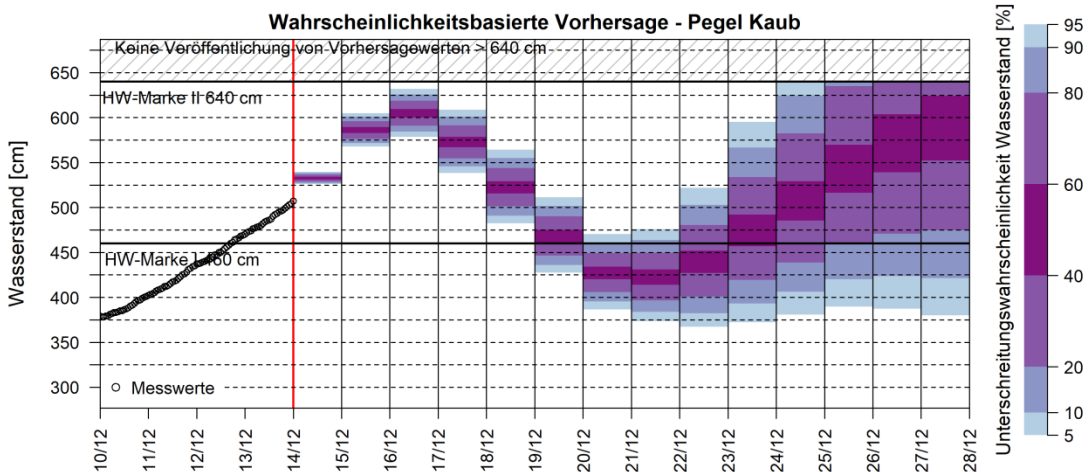
Bron	Zichttijd	Parameter	Locatie
Pluimverwachting v14.rws.nl	14 dagen	Waterstand + Afvoer	Lobith
Pluimverwachting BfG	14 dagen	Waterstand	Selectie van DE meetstations (pegels)
Pilot toepassing RWsOS	6 weken	Afvoer	Lobith
Verwachting BfG	6 weken	Waterstand + Afvoer	Kleinere selectie DE meetstations (pegels)

Verwachting waterafvoer meetpunt Lobith

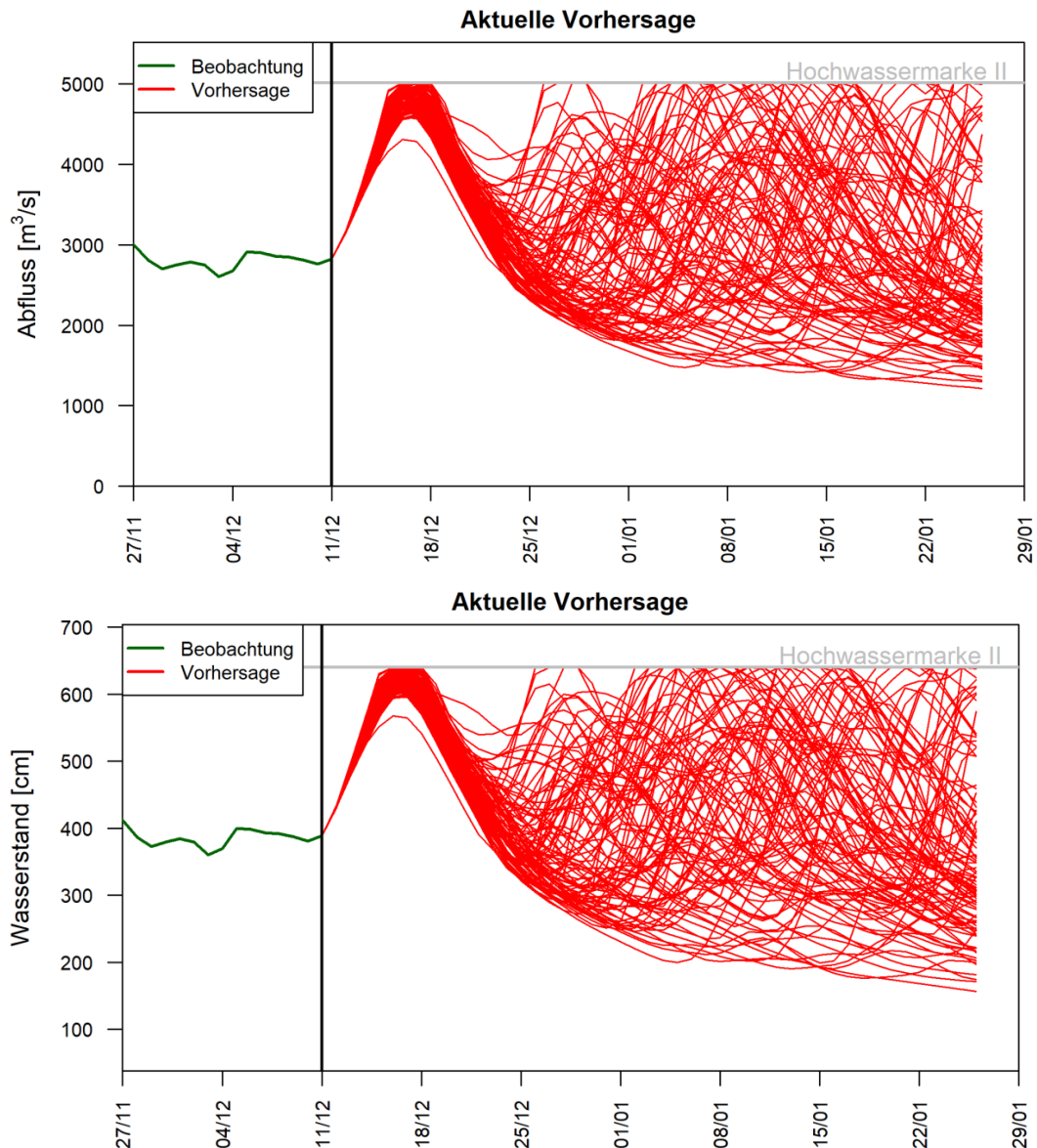
Lobith Laatste meting: 5141,4m<sup>3</sup>/s op 14-12-2023, 22:30:00



Figuur 2-3 Voorbeeld van een pluimverwachting voor de rivierafvoer bij Lobith (zichttijd 14 dagen).



Figuur 2-4 Voorbeeld van een pluimverwachting voor de waterstand bij meetstation Kaub (zichttijd 14 dagen), zoals beschikbaar gesteld door de BfG.



Figuur 2-5 Ensemble verwachting van de BfG voor meetstation Kaub (zichttijd 6 weken). Boven: afvoer, onder: waterstand.

### 2.3.4 Verwachtingen lange termijn (zichttijd jaren-decennia)

Verwachtingen voor de (hele) lange termijn worden door de binnenvaart niet of nauwelijks gebruikt. Voor beleidsvraagstukken worden toekomstige afvoerreksen voor zichtjaren 2050 en 2085 gebruikt die zijn afgeleid van de KNMI '14 klimaatscenario's. Eind 2023 zijn de nieuwe afvoerreksen beschikbaar gekomen die horen bij de nieuwe KNMI '23 klimaatscenario's met zichtjaren 2050, 2100 en 2150 (Buitink et al., 2023).

Vermeldenswaardig is verder de rapportage van de Internationale Commissie voor de Hydrologie van het Rijnstroomgebied, de CHR (Stahl et al., 2022), waarin de fracties van regen, sneeuwsmelt en gletsjer ijssmelt voor een toekomstig klimaatscenario zijn gekwantificeerd voor de Rijn en alle zijrivieren. De berekeningen laten zien dat de winters natter worden en de zomers droger in de toekomst. Voor het kunnen blijven garanderen van transport over water via betrouwbare vaarwegen, is deze informatie essentieel bij het opstellen en aanpassen van beleid.

## 2.4 Focus in vervolg op middellange-termijn verwachtingen

Er is gekozen om in het vervolg van deze rapportage de aandacht te richten op de middellange-termijn verwachtingen.

Korte-termijn verwachtingen zijn redelijk nauwkeurig en worden al veelvuldig gebruikt in de sector. Slechts kleine winst zal te behalen zijn als de aandacht gaat naar verbetering van deze verwachtingen. Rijkswaterstaat en Deltares werken bovendien al nauw samen om het operationele voorspelsysteem voor de Nederlandse watersystemen continu te verbeteren. De binnenvaartsector gebruikt de korte-termijn verwachtingen dagelijks bij operationele beslissingen.

De lange-termijn verwachtingen (2050 en verder) worden ook wel gebruikt door de binnenvaartsector, zij het in kwalitatieve zin. De verwachtingen laten zien dat langdurige periodes van laagwater vaker gaan voorkomen en extremer worden. Daarop wordt geanticipeerd door de sector, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van nieuwe “ondiepwaterschepen”. Er lopen momenteel ook studies naar de klimaatbestendigheid van het hoofdvaarwegennetwerk zoals binnen het programma “Klimaatbestendige Netwerken (KBN) – Hoofdvaarwegennetwerk” van Ministerie IenW en Rijkswaterstaat. Met de uitkomsten van deze studies wordt de uitvoeringsagenda Klimaatbestendige Netwerken opgesteld.<sup>5</sup>

De middellange-termijn verwachtingen worden binnen de binnenvaartsector nog niet of nauwelijks gebruikt, terwijl geregeld wordt gesteld dat die informatie van waarde kan zijn voor de sector. Dit type verwachtingen is nog relatief nieuw, en nog vol in ontwikkeling. Het is in dit stadium nog niet duidelijk hoe deze verwachtingen door de binnenvaartsector goed benut of ingezet kunnen worden bij het nemen van tactische beslissingen. Bij toegepast onderzoek naar deze tijdshorizon mag daarom de grootste meerwaarde worden verwacht.

---

<sup>5</sup> Zie bijvoorbeeld: <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/nieuws/2022/rijkswaterstaat-uitvoeringsagenda/>, en [https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/?zoeken=true&zoeken\\_term=klimaatbestendige+netwerken+hoofdvaarwegennet&se\\_arch\\_in\\_field=text&zoeken\\_daterange\\_start=&zoeken\\_daterange\\_end=](https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/?zoeken=true&zoeken_term=klimaatbestendige+netwerken+hoofdvaarwegennet&se_arch_in_field=text&zoeken_daterange_start=&zoeken_daterange_end=)

## 3 Inventarisatie van initiatieven rondom middellange-termijn verwachtingen

In dit hoofdstuk inventariseren we welke relevante initiatieven er tot nu toe zijn geweest op het gebied van middellange-termijn verwachtingen en de mogelijke toepassing ervan voor de binnenvaartsector. Zoals hiervoor al gesteld is dit onderwerp nog nieuw, en zijn alle initiatieven (met uitzondering van de verwachting van de BfG) tot op heden verkennend van aard.

### 3.1 Hydrologische 14-dagen en 6-weken verwachtingen van de BfG

De BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde), het Duits federaal instituut voor hydrologie, onder andere belast met het uitvoeren van onderzoek naar het verbeteren van verwachtingen ten behoeve van de scheepvaart, maakt zeer geavanceerde verwachtingen van afvoer en waterstand voor de relevante meetstations in de Rijn en de Elbe. Deze service draait operationeel en de producten zijn publiek toegankelijk.

De BfG publiceert elke ochtend voor de Rijn een nieuwe waterstandsverwachting voor de komende 14 dagen voor de meetlocaties (*Pegels*) Oestrich, Kaub, Koblenz, Keulen, Düsseldorf, Duisburg-Ruhrort en Emmerich (nabij Nederlandse grens).<sup>6</sup> Deze verwachtingen zijn beschikbaar als PDF-file met grafiek en tabel (voorbeeld in Figuur 3-1), en de ruwe data kunnen als CSV-file gedownload worden. De grafiek voor de daggemiddelde waterstand toont de kans van optreden aan de hand van een kleurenschaal. De eerste tabel toont de kans op overschrijding van relevante grenswaarden, zoals de *Gleichwertiger Wasserstand (GIW)*; de waterstand die gemiddeld genomen slechts 20 dagen per jaar overschreden wordt, een belangrijke waarde bij het bepalen van de aflading van schepen in droge tijden. De tweede tabel toont de kans op overschrijding van relevante hoogwater grenswaarden. Voor waterstanden boven *Hochwassermarkte II* (HSW) worden door BfG geen verwachtingen gepubliceerd, omdat in die situatie het mandaat ligt bij de hoogwaterdiensten van het betreffende *Bundesland*.

De ontwikkeling van dit product (en ook de 6-weken verwachting die hierna aan bod komt) is grotendeels gefinancierd in het kader van het EU Horizon 2020 project IMPREX. In dat project is door Klein & Meissner (2019) ook onderzocht in hoeverre de binnenvaart baat heeft bij de 10-14 dagen vooruit verwachtingen op de Rijn. Dit onderzoek heeft laten zien dat adequaat gebruik van kansverwachtingen veel voordeel oplevert ten opzichte van de deterministische verwachtingen die tot dan toe beschikbaar werden gesteld door de BfG. Dit vertaalt zich in lagere transportkosten voor verschillende typen binnenvaartondernemers.

Sinds juli 2022 publiceert de BfG 2 keer per week, op dinsdag en vrijdag, ook weekgemiddelde afvoer- en waterstandsverwachtingen voor 6 weken vooruit voor de Rijn en de Elbe. Ook deze producten zijn als PDF- en CSV-files beschikbaar.<sup>7</sup> Voor de Rijn is dit product voor de meetstations Maxau, Kaub, Keulen en Duisburg-Ruhrort beschikbaar, zodat hiermee vrijwel de gehele vrij stromende Duitse Rijn wordt afgedekt. Sinds november 2023 is er een interactieve webapplicatie beschikbaar waarmee ook verwachtingen uit het recente verleden kunnen worden getoond (tot 4 weken terug).<sup>8</sup>

---

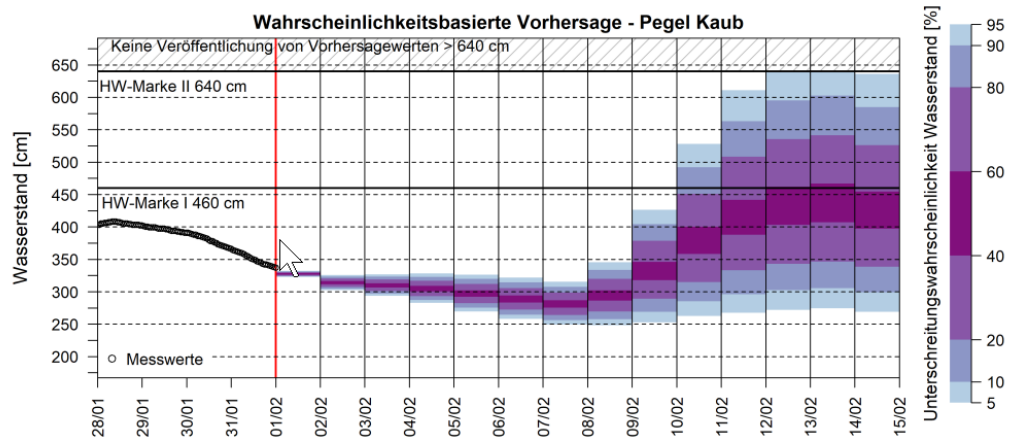
<sup>6</sup> Zie <https://vorhersage.bafg.de/14-Tage-Vorhersage>.

<sup>7</sup> Zie <https://vorhersage.bafg.de/6-Wochen-Vorhersage>.

<sup>8</sup> Zie <https://6wochenvorhersage.bafg.de>.

Hierin kan een gebruiker bijvoorbeeld ook scenariosommen van droge jaren tonen in combinatie met de standaard producten, en de onderschrijdingskansen voor zelf te definiëren grenswaarden. Figuur 3-2 toont een voorbeeld van deze applicatie voor de locatie Kaub. Bijzonder aan dit product is dat naast de verwachtingen op basis van weersverwachtingen (in rood) ook scenario's op basis van het weer in de periode 1991-2020 getoond worden (zgn. ESP verwachting, in blauw). Daarnaast worden ook de gemeten afvoer en waterstand van diezelfde periode getoond (zwart). Hiermee kan een gebruiker eenvoudig zien of het om een uitzonderlijke situatie gaat, en bijvoorbeeld uitgaan van de scenario-analyse wanneer voor die periode minder vertrouwen is in de onderliggende weersverwachtingen. De *Witterungsvorhersagen*<sup>9</sup> die de *Deutscher Wetterdienst* (DWD) interactief beschikbaar stelt kunnen behulpzaam zijn bij het duiden van de actuele betrouwbaarheid van de lange-termijn neerslag- en temperatuurverwachtingen op basis van een evaluatie van de betrouwbaarheid over de afgelopen 20 jaar.

De BfG geeft vrij veel informatie over de kwaliteit van bovengenoemde verwachtingen.<sup>10</sup> Zo stellen ze bijvoorbeeld dat de deterministische verwachtingen voor 1-2 dagen vooruit 80% van de tijd met +/- 10 cm nauwkeurig voorspeld worden, en voor de komende 3-4 dagen met zo'n +/- 20 cm. Frielingsdorf et al. (2022) bieden een uitvoerige analyse, waaruit o.a. blijkt dat voor meetstation Kaub tot zo'n 10 dagen vooruit de waterstandsverwachting ruim 60% van de tijd minder dan 30 cm afwijken van de metingen. Zij tonen ook meerwaarde van het "6-weken product" ten opzichte van bijv. de ESP scenario's, en hoe de nauwkeurigheids door het jaar varieert. Anekdotisch wordt het laagwater van 2018 genoemd, dat met dit product inderdaad 6 weken van te voren goed in beeld kwam.



**Überschreitungswahrscheinlichkeiten definierter Wasserstände [%]**

	01.02	02.02	03.02	04.02	05.02	06.02	07.02	08.02	09.02	10.02	11.02	12.02	13.02	14.02
GIW: 77 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
157 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

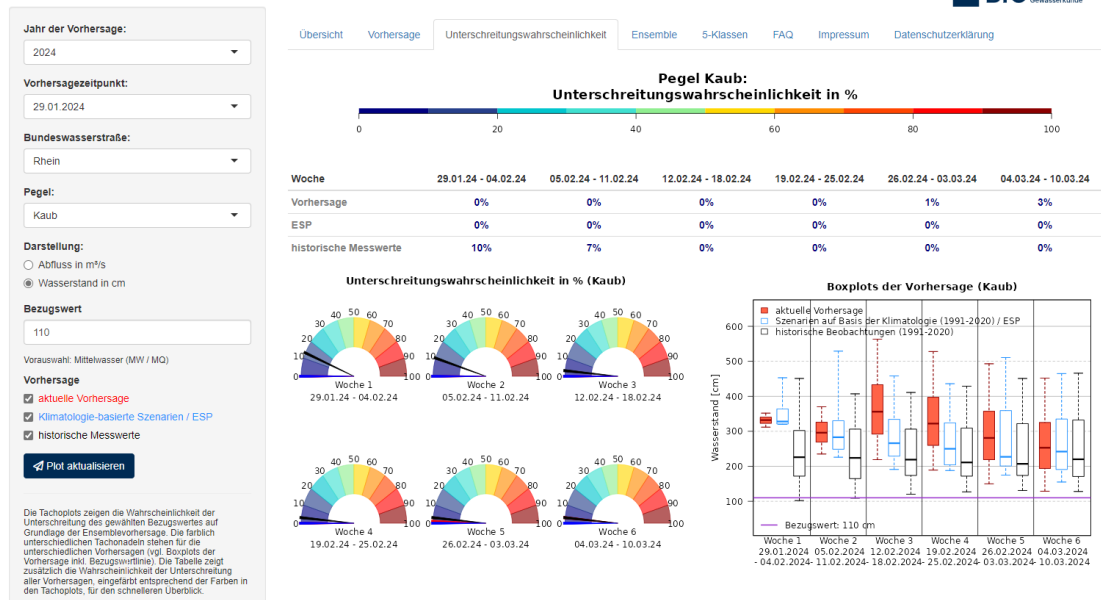
**Überschreitungswahrscheinlichkeiten HW-Marke I und HW-Marke II (HSW) [%]**

	01.02	02.02	03.02	04.02	05.02	06.02	07.02	08.02	09.02	10.02	11.02	12.02	13.02	14.02
Marke I: 460 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	2	17	34	40	42	38
Marke II: 640 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	6	5

Figuur 3-1 Voorbeeld van de waterstandsverwachting voor de komende 14 dagen die de BfG elke ochtend publiceert (hier meetstation Kaub).

<sup>9</sup> Zie [https://www.dwd.de/DE/leistungen/kvhs\\_de/1\\_basic\\_de/week\\_de/weekly\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/kvhs_de/1_basic_de/week_de/weekly_node.html).

<sup>10</sup> Zie [https://www.bafg.de/DE/08\\_Ref/M2/04\\_Vorhersagen/Genauigkeit/genauigkeit\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/08_Ref/M2/04_Vorhersagen/Genauigkeit/genauigkeit_node.html).



Figuur 3-2 Voorbeeld van de interactieve webapplicatie waarmee gebruikers inzicht kunnen krijgen in onderschrijding van voor hen relevante grenswaarden voor afvoer of waterstand voor de komende 6 weken. (hier meetstation Kaub).

### 3.2 Verwachting waterdiepte Rijntakken

Tijdens de langdurige droogte in 2018 trad aanzienlijke schade aan landbouw en natuurgebieden op en ontstonden flinke problemen voor enkele bedrijven doordat de aan- en afvoer van goederen over water stokte. Om vragen die leefden bij partijen over verantwoordelijkheden, bevoegdheden, keteneffecten en effectiviteit van maatregelen te bespreken, werd na die droogte de zogenaamde Beleidstafel Droogte ingericht.

De Beleidstafel Droogte heeft in het najaar van 2019 een aantal aanbevelingen en adviezen uitgebracht, waaronder het advies om, vanuit het perspectief van internationaal belang, te onderzoeken of en hoe het mogelijk is om MGD's op de Nederlandse Rijntakken verder vooruit te voorspellen, namelijk 6 à 8 weken. De MGD's worden dagelijks ingewonnen en gepubliceerd (zodra de waterstand onder een bepaald niveau daalt) en ondersteunen het operationeel dagelijks vervoer van goederen over water. De bevinding vanuit de Beleidstafel was dat zowel logistieke sector als de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling (LCW) die actief wordt bij dreigende watertekortsituaties, baat kunnen hebben bij een beschikbare langere termijn verwachting in MGD, ofwel de minimale waterdiepte in de vaargeul op een traject. De logistieke sector kan met deze informatie anticiperen op de verwachte beschikbare capaciteit van vervoer van goederen over water. Als de capaciteit reduceert als gevolg van verminderde waterdiepte, dan kan men zijn processen beter afstemmen op basis van deze informatie. De LCW kan met deze informatie mogelijk beter onderbouwd haar afwegingen maken ten aanzien van de waterverdeling in droge omstandigheden, die impact hebben op waterstanden, c.q. beschikbare waterdieptes.

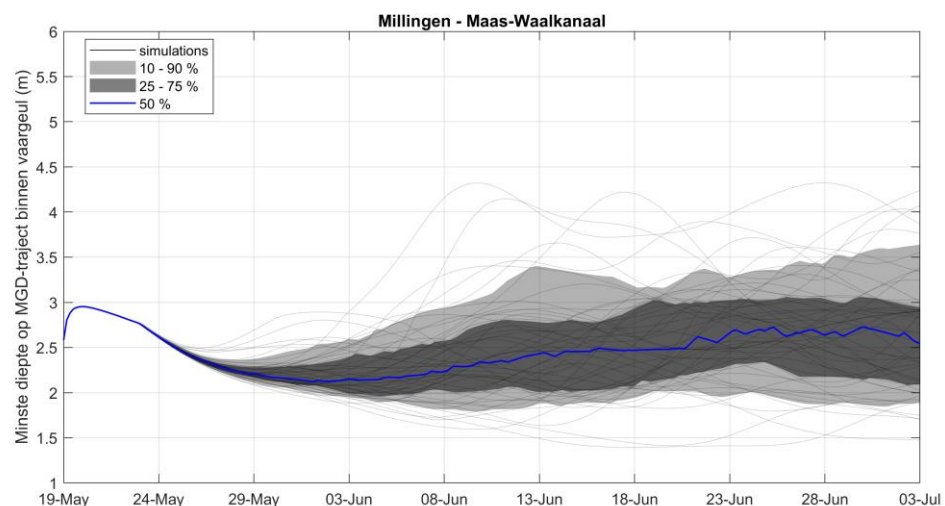
De eerder aangehaalde studie "Verwachting waterdiepte Rijntakken (Van der Mark et al., 2020)" ging aan de slag met de aanbeveling van de Beleidstafel Droogte. Het doel was om inzicht te verkrijgen in hoeverre het mogelijk is om, met gebruikmaking van *bestaande* modellen, data en tools, een verwachting van de waterdiepte af te geven voor de Rijntakken voor een voorspeltermijn van 6-8 weken. Daarnaast werd opgehaald bij de binnenvaartsector wat de toepassingswaarde is van een verwachting van de waterdiepte.



In de studie werd een procesbeschrijving opgesteld hoe te komen tot een verwachting van de waterdiepte voor de Rijntakken op basis van bestaande informatie, zowel voor een scenario met een statische bodem als met een dynamische bodem (eerste aanzet). Zodra een droge periode zich aankondigt, kan dit proces doorlopen worden en zo een diepteverwachting afgegeven worden. Het proces is eenmalig doorlopen (Figuur 3-3), en er is een kwalitatieve beschouwing gegeven van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid waarmee de verwachting kan worden afgegeven.

Een verwachting heeft alleen waarde, als deze de juiste informatie levert om een beslissing te kunnen nemen. Er is een beknopte verkenning uitgevoerd naar de toepassingswaarde van de diepteverwachtingen. Dit is gedaan enerzijds via een scan van literatuur, anderzijds door in gesprek te gaan met een klankbordgroep (bijeenkomst) en de transportsector (enquête). Aan de hand van literatuur, media-aandacht en eerdere onderzoeken werd geconstateerd dat er behoefte is binnen de natte transportsector naar langere-termijn verwachtingen. De uitgevoerde enquête wees ook in die richting, al was het aantal respondenten niet groot en werd de meest relevante doelgroep (verladers, bevrachters) waarschijnlijk niet goed bereikt. Circa de helft van de respondenten was varend ondernemer, zij hebben aan een zichttijd van enkele dagen genoeg.

Belangrijke bevindingen m.b.t. de techniek waren dat de afvoerreksen van de Duitse BfG nodig zijn, omdat die momenteel de beste verwachting geven, en dat de wijze waarop een dynamische bodemverwachting wordt meegenomen nog aanvullende analyse vraagt.



*Figuur 3-3 Verwachting minste diepte binnen de vaargeul in de Boven-Rijn/Waal op het MGD-traject Millingen – Maas-Waalkanaal.*

### 3.3 Inventarisatie samen met Havenbedrijf Rotterdam

De langdurige laagwaterperiode van 2018 raakte ook Het Havenbedrijf Rotterdam (HbR) en haar klanten (pers. comm. HbR). Duwboden konden niet meer varen, lading moest overgenomen worden door meerdere kleinere schepen met kortere verblijftijden in de haven voor de binnenvaart, maar langer voor de zeevaart. De opslagruimte lag vol, terwijl bedrijven in het achterland juist productie moesten terugschroeven.

De haven van Rotterdam heeft daarop in 2019 en daarna enkele rondetafelgesprekken gehouden met stakeholders voor de chemie, de droge en natte bulk en containers. Daaruit kwam ook de behoefte naar voren naar verwachtingen die verder vooruit voorspellen (pers comm. HbR).

Om die reden hebben HbR en Deltares na afloop van het onderzoek “Verwachting waterdiepte Rijntakken” gezamenlijk een A4 opgesteld met de verwachting die afgegeven zou kunnen worden. Dit A4 is gedeeld met enkele stakeholders die bij de rondetafelgesprekken aanwezig waren, met de vraag of een dergelijke informatievoorziening (zoals in de vorm van een waterdieptepluim voor een zeker traject, Figuur 3-3) van waarde zou zijn voor hun organisatie en hoe ze dit zouden inzetten in hun operatie.

De reacties die hierop terugkwamen waren eensgezind positief. Iedere bewezen betrouwbare bron van informatie is welkom en zal gebruikt worden. De vraag hoe de informatie gebruikt zou worden is echter niet beantwoord.

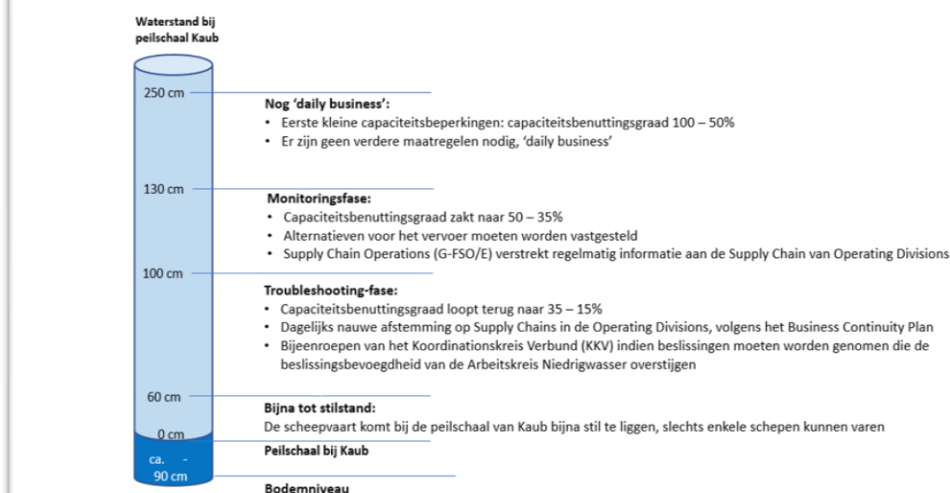
Uit de reacties blijkt dat men vooral belang hecht aan nauwkeurige en betrouwbare informatie. Vermoedelijk is een pluimverwachting lastig interpreteerbaar voor de stakeholders, omdat die geen nauwkeurige inschatting geeft van de afvoer of diepte over een aantal weken, maar een brede range geeft. Echter is het feitelijk onmogelijk om een preciezere verwachting (nauwere bandbreedte) af te geven. Dergelijke langere-termijn informatie is niet geschikt voor het operationeel plannen van belading van schepen, en er zal op andere wijze naar deze informatie gekeken moeten worden (en misschien ook door andere personen binnen een organisatie). Het “anders kijken naar informatie” is iets dat waarschijnlijk gezamenlijk (opstellers verwachting en gebruikers) gedaan moet worden. Vervolgens kan geëvalueerd worden hoe deze informatie daadwerkelijk van waarde is voor de eindgebruikers.

### 3.4 BASF

Inmiddels is BASF een bekend voorbeeld als het gaat om de proactieve wijze waarop zij na het laagwater van 2018 maatregelen hebben genomen om goed gesteld te staan bij een volgende toekomstige droogte. BASF is een chemisch concern met een groot complex in Ludwigshafen. Grofweg 50% van de benodigde grondstoffen wordt per schip (barges) aangevoerd over de Rijn.

BASF heeft meerdere maatregelen getroffen om minder kwetsbaar te zijn ten tijde van laagwater. Zij gebruiken de 6-weekse verwachting bij Kaub van de BfG (zie paragraaf 3.1) en hebben een beslisboom ontwikkeld (Figuur 3-4).

De scheepvaart komt bij een waterstand van  $\leq 60$ cm bijna stil te liggen; in oktober 2018 bereikte de waterstand op de Rijn bij Kaub, een recorddieptepunt van 31cm



Figuur 3-4 Beslisboom of besluitvormingsketen van BASF in geval van laagwater, overgenomen uit de discussienota “Act Now” van de CCR, versie 2.0 van 23 februari 2021 (er is inmiddels ook een versie 3.0 beschikbaar). Bron: BASF.

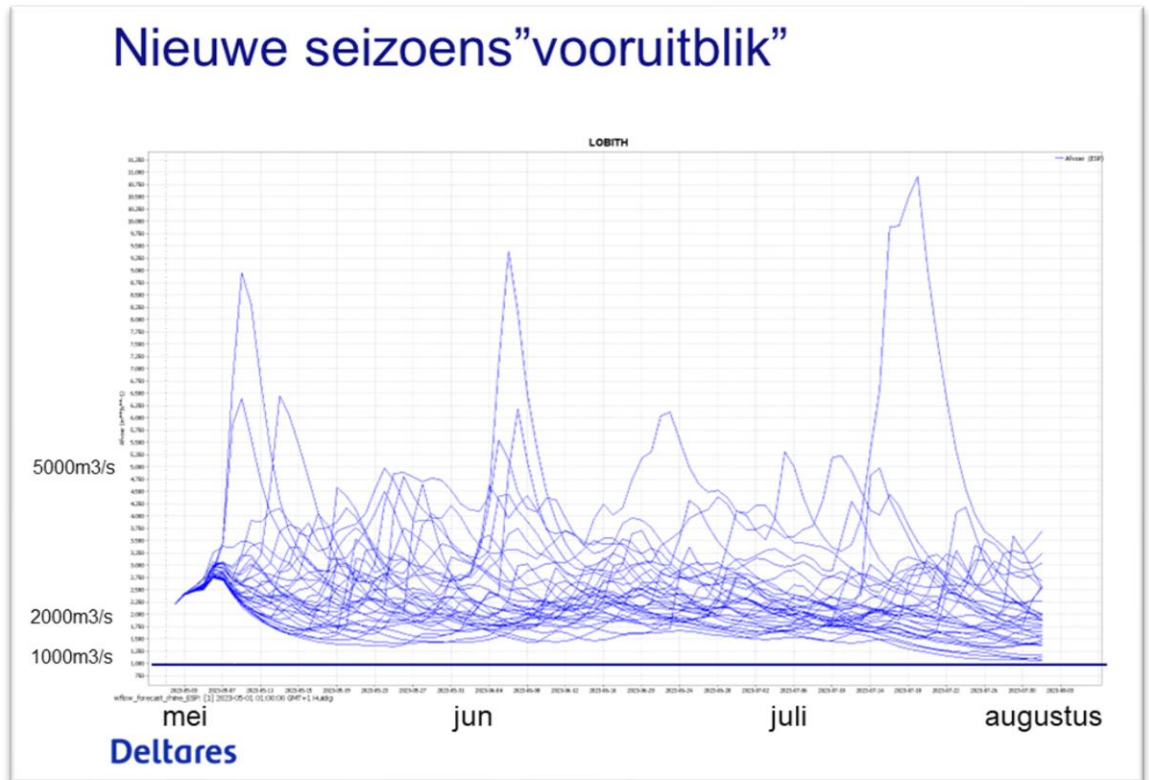
### 3.5 TRANS2

TRANS2, een samenwerking tussen 14 partijen, richt zich op de TRANSitie naar een klimaatbestendig en duurzaam Rotterdams achterland TRANSport. Het doel is om meer grip op het binnenvaarttransport te verkrijgen onder een veranderend klimaat en met oog voor synergie met andere lopende transitieën door middel van het definiëren, uitwerken, testen en vergelijken van klimaatadaptieve scenario's of business cases. Hiermee kan de sector beter geïnformeerd en met vertrouwen nadenken over hoe verladen, plannen, beheren en varen er in de toekomst uit gaan zien. De scenario's/cases komen binnen het project tot stand via de gezamenlijke dialoog tussen de partners en betrokkenen en helpen om operationele planning-strategieën of investeringsbeslissingen te onderbouwen of desinvesteringen te voorkomen, zowel in het publieke als in het private domein. TRANS2 stimuleert en ondersteunt hiermee de systeemtransitie die benodigd is voor een klimaatbestendig transportsysteem.

Eén van de activiteiten binnen TRANS2 betrof het eenmalig genereren van een seizoensvoorblick. Dit houdt in dat in april/mei een vooruitzicht werd gegeven in de afvoer bij Lobith voor de komende 3 maanden, aan de hand van de huidige sneeuwvoorraad en mogelijke realisaties van het weer (op basis van historie; vergelijkbaar met de ESP-verwachting van BfG). Dit levert een aantal realisaties van toekomstige afvoeren (Figuur 3-5), die daarna kunnen worden gevisualiseerd als boxplots, staafdiagrammen, of pluim met waarschijnlijkheidsbanden. Open voor discussie staat welke weergavevorm behulpzaam is voor de gebruiker. Een mogelijke invalshoek voor vervolg kan zijn om te kijken naar een “value of risk benadering” (wat is de kans dat de waterstand ergens lager wordt dan X meter tov NAP, en wat zijn de bijbehorende kosten?).

De TRANS2 partners gaven aan dat in de praktijk dergelijke informatie niet gebruikt wordt. Deze vooruitblik voor de komende 3 maanden (tot augustus) is eenmalig opgesteld. Alvorens verder te automatiseren/operationaliseren is het nodig nader te bekijken wat de waarde van de informatie is. Deze aanbeveling heeft mede geleid tot voorliggend project rapport.

## Nieuwe seizoenen”vooruitblik”



Figuur 3-5 Seizoensvooruitblik voor 12 weken vooruit, opgesteld begin mei 2023.

### 3.6 Conclusie

Deze inventarisatie laat duidelijk zien dat het technisch haalbaar is om voor 6 weken tot 3 maanden vooruit een waterstandsverwachting te maken. Deze verwachtingen zijn probabilistisch van aard, dat wil zeggen, ze maken inzichtelijk wat de kans van optreden is. Onderzoek laat zien dat deze verwachtingen nauwkeuriger zijn dan eenvoudige inschattingen op historische reeksen. Omdat de dimensie “kans” voor veel gebruikers als extra complexiteit wordt ervaren, en het per gebruiker verschilt welke kans van optreden relevant is, zijn waarschijnlijk verschillende visualisaties nodig om optimaal gebruik te maken van de informatie (zoals de BfG biedt). De ene gebruiker wil bijvoorbeeld weten wat de kans is dat de waterstand op een bepaald moment onder de 7 m komt, terwijl een andere gebruiker wil weten welke waterdiepte met 10% kans wordt overschreden in een bepaalde periode. In het volgende hoofdstuk geven we met een fictief en vereenvoudigd voorbeeld aan hoe met middellange-termijn verwachtingen een risicoafweging gemaakt kan worden.

## 4 Eenvoudig voorbeeld van risicoafweging op basis van middellange-termijn verwachtingen

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van een eenvoudig voorbeeld uitgelegd hoe een kansverwachting van waterstand kan helpen om bij een tactische beslissing over modaliteit op een transparante manier een risicoafweging te maken.

### Uitgangspunten

- Een ondernemer vaart iedere dag van Rotterdam naar Bazel.
- Pegel Kaub is het kritieke punt.
- Bij te laagwater komt lading niet op tijd aan op de bestemming. De kosten (schade) hiervan bedragen € 1M per dag.
- De ondernemer heeft de mogelijkheid om het transport via de weg te laten plaatsvinden als het laagwater is.
- Het organiseren van het transport via de weg i.p.v. via het water zorgt voor extra kosten (regelen vrachtwagens, chauffeurs, overige). Deze kosten bedragen € 100.000 per dag. De lading komt dan wel op tijd aan, zodat hiermee de schade wordt voorkomen.

### Rekenvoorbeeld

Stel, we hebben een serie van 1000 onafhankelijke situaties waarin een laagwater is voorspeld met 20% waarschijnlijkheid. We werken daarmee eerst twee scenario's uit:

- 1 In alle 1000 situaties kiest de ondernemer voor transport via de weg.
- 2 In geen van de 1000 situaties kiest de ondernemer voor transport via de weg.

De 1000 situaties en 20% waarschijnlijkheid betekenen dat er ongeveer 200 laagwaters en 800 niet-laagwaters optreden.

#### Scenario 1: Transport via de weg

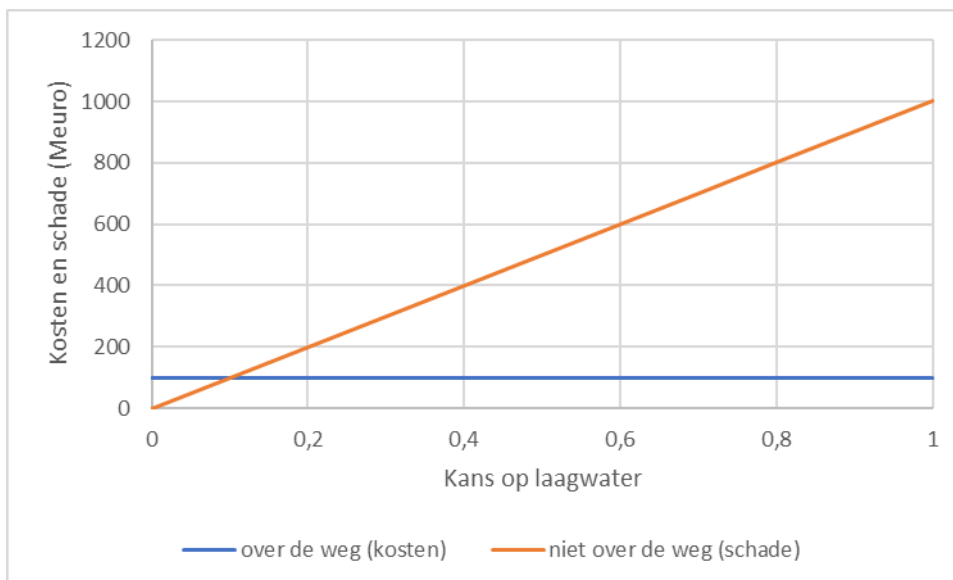
Als de ondernemer in alle 1000 situaties kiest voor transport via de weg, dan bedragen de kosten daarvoor  $1000 \times € 100.000$  per dag = € 100M in totaal. De 200 laagwaters zorgen niet voor schade door te late aankomst.

#### Scenario 2: Geen transport via de weg

Als de ondernemer in geen van de 1000 situaties kiest voor transport via de weg, dan resulteren de 200 laagwaters in een totale schade van  $200 \times € 1M$  per dag = € 200M.

In deze combinatie van kans op laagwater, schade door laagwater en kosten van mitigatie, kan de ondernemer er beter voor kiezen om altijd via de weg te transporteren.

Hoe zit dat bij andere kansen op laagwater? Onderstaande grafiek (Figuur 4-1) toont de kosten of schade voor de twee scenario's als functie van de kans op laagwater. Scenario 1 (altijd via de weg) is onafhankelijk van de kans op (of ook het aantal) laagwaters. Scenario 2 is lineair afhankelijk van het aantal laagwaters (elk laagwater resulteert in schade).

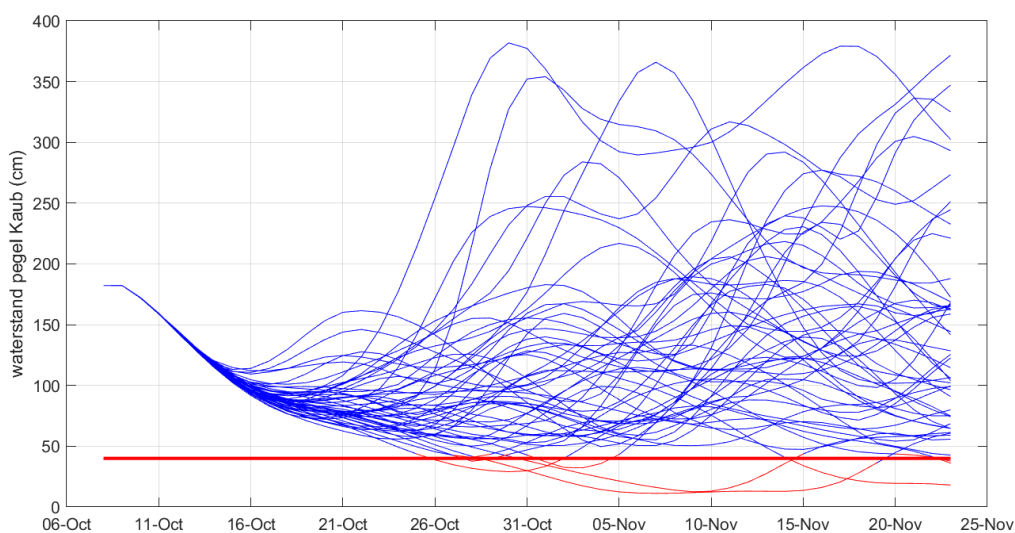


Figuur 4-1 Kosten of schade bij scenario's 1 (blauw) en 2 (oranje), waarbij de beslissing wordt genomen om wel of niet via de weg te transporteren bij een kans op laagwater.

De grafiek laat zien dat bij een kans vanaf 10% het meer kosten-efficiënt is om via de weg te transporteren dan over water. Dit wordt de kritieke kosten/schade ratio genoemd (Eng: cost-loss ratio).

### Gebruik van verwachtingen

Stel nu dat de drempelwaarde voor laagwater 40 cm bij Kaub is (*pegelstand*). Als deze drempelwaarde wordt overschreden, kan er niet meer gevaren worden en wordt besloten over te stappen op de weg. Figuur 4-2 toont de beschikbare waterstandsverwachting (51 even plausibele verwachtingen). Met de verwachtingen kunnen we de scenario's identificeren waarin de laagwater drempelwaarde wordt overschreden (weergegeven in rood).



Figuur 4-2 Voorbeeld van een waterstandsverwachting met 51 realisaties, waarbij enkele realisaties (rood) onder de drempelwaarde (dikke rode lijn) komen.



In deze verwachting wordt voor de periode 26 okt – 25 nov in 8 van de 51 scenario's de drempelwaarde onderschreden. Dat correspondeert met een waarschijnlijkheid van zo'n 15%. Echter, het aantal dagen van overschrijding verschilt sterk per realisatie. Op iedere dag in die periode zijn er maar 1 tot 4 realisaties met een te lage waterstand, oftewel 2 tot 8%. Bij bovenstaand rekenvoorbeeld met een kosten-schade ratio van 10%, zou men dus voor geen enkele dag in die periode transport over de weg inplannen. De verwachte schade door te laat aankomen is immers minder dan de kosten om deze te voorkomen.

De praktijk is uiteraard aanzienlijk ingewikkelder, want schade zal niet zo eenvoudig per dag worden uitgedrukt, en de modaliteit ook niet per dag worden ingepland. Het gebruik van de waterstandsverwachting om een kans op schade te bepalen blijft echter vergelijkbaar met een complexere situatie, namelijk op basis van grenswaarden.

Voor geheel andere toepassingsgebieden (denk bijvoorbeeld aan een situatie met een kans op een aankomende hoogwatergolf en de daarmee samenhangende beslissing om wel of niet buffer te creëren in een meer om de piek af te vlakken) zijn wel beslissingsondersteunende tools ontwikkeld waarmee de risico's automatisch uitgerekend en gepresenteerd worden voor de beslisser. Voor binnenvaart-toepassing zou onderzocht kunnen worden hoe zo'n beslissingsondersteunende tool eruit kan zien en ontwikkeld kan worden. In de basis zal zo'n tool, net als hierboven, inzichtelijk moeten maken wat de winst of schade is bij verschillende combinaties van hydrologische scenario's voor de komende tijd (de verwachtingen) en de mitigerende maatregelen.

## 5 Belangrijkste bevindingen uit gesprek met Danser Group

Onderdeel van het project is om samen met een binnenvaartondernemer in gesprek te gaan over hoe middellange-termijn verwachtingen zouden kunnen helpen bij het nemen van betere tactische beslissingen. We zijn de containeroperator Danser Group erkentelijk voor hun toezegging aan de Topsector Logistiek om hier graag aan te willen meewerken.

Dit hoofdstuk somt de belangrijkste conclusies op die zijn opgehaald uit het gesprek met Danser Group. We beperken ons hier tot bevindingen die betrekking hebben op de inzet van middellange-termijn verwachtingen.

Bevindingen:

- Danser kijkt nauwelijks verder dan de 4-6 dagen verwachting, want de boekingen zijn zover vooruit niet bekend. Typisch is op vrijdag pas bekend wat er de week daarna te transporteren is. Op maandag is er dan een check op de actuele weersverwachtingen, om de plausibiliteit van de actuele waterstandsverwachtingen in te schatten.
- We denken dat dit voor bulk vervoerders anders zou kunnen zijn, want voor hen is wel eerder bekend hoeveel lading er is, of hoeveel ze in een periode ergens moeten leveren. Bij hen wordt de vraag dan bijvoorbeeld: hoeveel schepen zijn er nodig, en wanneer gaan ze varen? Het is aan te bevelen om ook met een bulk vervoerder in gesprek te gaan.
- Omdat middellange-termijn verwachtingen niet worden bekeken of gebruikt, lag de nadruk in het gesprek op de operationele beslissingen, dat wil zeggen hoe wordt gehandeld als het in de komende week laagwater is.
- Het is lastig gebleken om vast te stellen hoe middellange-termijn verwachtingen bij tactische besluiten van toegevoegde waarde kunnen zijn. Twee onderwerpen zijn ter sprake gekomen waarbij een tactisch besluit genomen moet worden: beslissen tot een boekingstop bij extreem laagwater en het voorsorteren op een capaciteitsverdeling bij laagwater (wijze waarop ondercapaciteit wordt verdeeld over de klanten). Hierbij zouden middellange-termijn verwachtingen wellicht aanvullend inzicht kunnen geven (zoals eerder acties inzetten).
- Tactische beslissingen zoals het inhuren van extra schepen of bijboeken van treincapaciteit zijn bij Danser niet of nauwelijks aan de orde.
- Tot slot is ook gesproken over contractuele afspraken met binnenvaarders over het vaargebied (Rijndienst overnemen bij laagwater) en over de mogelijkheid om met kleinere schepen te varen (achterland beter te bedienen met laagwater). Als in een vroeg stadium bekend is dat er een droge periode aan zit te komen, is het wellicht mogelijk om contracten nog aan te passen. Maar misschien is het aanpassen van contracten naar een meer adaptieve vorm eerder een strategische dan tactische beslissing.
- Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat er aspecten zijn waarbij middellange-termijn verwachtingen van toegevoegde waarde zouden kunnen zijn voor Danser (en andere ondernemers).

## 6 Conclusie en doorkijk richting mogelijk vervolg

Het doel van deze beknopte opdracht was om een eerste verkenning te doen naar hoe waterstandsverwachtingen kunnen worden gebruikt ten behoeve van verbeterde besluitvorming in de binnenvaartsector. De focus lag daarbij op het gebruik van middellange-termijn verwachtingen – d.w.z. voor een week tot enkele maanden in de toekomst – voor de meer tactische beslissingen over vloot of modaliteit.

Uit de studie komt naar voren dat de binnenvaart momenteel nauwelijks of geen weet heeft van bijvoorbeeld de 6-weken verwachting die de Duitse BfG twee keer per week uitbrengt, en daar dus ook geen gebruik van maakt. Het is lastig gebleken om vast te stellen welke tactische besluiten voorliggen en waarbij middellange-termijn verwachtingen van toegevoegde waarde kunnen zijn. Desalniettemin verwachten we dat bij tactische beslissingen ten tijde van (verwacht) laagwater, zo'n verwachting meerwaarde kan hebben. Denk hierbij aan beslissingen zoals de inhuur van extra schepen, organiseren van een andere modaliteit, informeren/afspraken maken met klanten, keuzes ten aanzien van het instellen van een boekingstop, keuzes ten aanzien van de vrachtverdeling over de nog beschikbare capaciteit, het maken van (contractuele) afspraken met schippers, of het realiseren van opslagcapaciteit. Wat die meerwaarde is in kwantitatieve zin, is op basis van ons onderzoek nog niet uit te drukken. Een eerste poging daartoe is uitgevoerd door Klein & Meissner (2019). Hun studie laat zien dat er potentieel flinke reductie in transportkosten mogelijk is wanneer in plaats van 4-daagse deterministische verwachtingen gebruikt gemaakt wordt van kansverwachtingen tot zo'n 14 dagen vooruit. Vanwege de duidelijke relatie tussen meerwaarde en maximale zichttijd die zij vonden, mag verwacht worden dat bij adequate inpassing in beslisprocedures ook de 2-6 weken verwachtingen bij kunnen dragen aan een efficiënter transport over water.

De verkenning laat zien dat het technisch haalbaar is om voor enkele weken tot zo'n drie maanden vooruit verwachtingen van afvoer of waterstand te maken, die qua nauwkeurigheid waardevol zijn. Deze verwachtingen zijn probabilistisch van aard, dat wil zeggen, ze maken inzichtelijk wat de kans van optreden is. Het is zowel voor ons (op afstand van het besluitvormingsproces bij operators) als voor een gebruiker best lastig om in te schatten wat de waarde kan zijn van dit type verwachtingen. Er is beperkt vertrouwen in de nauwkeurigheid van korte-termijn verwachtingen, en middellange-termijn verwachtingen bieden nóg minder houvast door het probabilistische karakter. Middellange-termijn verwachtingen moeten op heel andere wijze ingezet worden, bijvoorbeeld door een kansberekening en risicoafweging te maken.<sup>11</sup> Hiermee leren werken zal een gezamenlijk leertraject zijn voor zowel de opsteller als de gebruiker van verwachtingen.

De 2- en vooral 6-weken verwachtingen die de Duitse BfG momenteel aanbiedt, kunnen voor de binnenvaartsector heel nuttig zijn. Het is aan te bevelen om eerst te onderzoeken hoe die informatie gebruikt kan worden en welke wijze van weergave benodigd of gewenst is, alvorens binnen Nederland vergelijkbare producten te ontwikkelen. Daarbij is het de vraag in hoeverre vergelijkbare verwachtingen voor Nederlandse stations nuttig zijn; de Rijnvaart baseert besluitvorming veelal op Duitse stations (omdat Kaub vaak het ondiepste knelpunt is). We zouden eerst gezamenlijk moeten bekijken welke Nederlandse stations relevant zijn.

---

<sup>11</sup> Omgaan met kansen vraagt een andere manier van denken. Voor wie daarmee een beetje bekend is, is een illustratief voorbeeld misschien het pokerspel. Soms win je en soms verlies je, maar als je de juiste structurele afweging maakt, levert dit op termijn netto winst. Het is geen puur geluksspel.

Van belang in dit opzicht is dat Rijkswaterstaat vanwege vraagstellingen rondom waterverdeling en verzilting op dit moment ook werkt aan middellange-termijn afvoerverwachtingen voor de Rijn en de Maas, en aan het opstellen van een beslisboom en tool rondom verwachtingen van zoutindringing. De afvoerverwachtingen zouden ook omgewerkt kunnen worden tot waterstandsverwachtingen. Het verdient dan ook zeker aanbeveling om met Rijkswaterstaat het gesprek aan te gaan over de toekomstige informatievoorziening rondom middellange-termijn verwachtingen.

Er zijn verschillende (parallele) richtingen denkbaar om deze verkenning een vervolg te geven:

- Er is nu enkel gesproken met een container operator. Het is aan te bevelen om ten minste ook in gesprek te gaan met één of meerdere bulk operator(s), omdat zij vaak verder van tevoren weten welke hoeveelheden in de toekomst getransporteerd moeten worden.
- Partijen zouden de samenwerking kunnen zoeken bij de ontwikkeling van hulpmiddelen bij het gebruik van en leren omgaan met middellange-termijn verwachtingen. Denk hierbij aan:
  - Het opstellen van een soort beslisboom zoals BASF ook heeft. Hieraan ten grondslag kan een setje regels liggen dat gebruik maakt van middellange-termijn verwachtingen (we vermoeden dat BASF intern ook wel complexere sommetjes maakt).
  - Er kan een eenvoudige tool ontwikkeld worden dat in eerste instantie alarmerend werkt, of – geavanceerder – de verwachte schade uitrekent bij bepaalde combinaties van handelingsopties en weersscenario's.
  - Een eenvoudige interactieve grafiek waarin gebruikers kunnen experimenteren met grenswaarden in kans en beslisniveau, eventueel door te vertalen naar een risicoberekening met verwachtingswaarde (zie Hoofdstuk 4).
  - Het fictieve voorbeeld gepresenteerd in Hoofdstuk 4 kan uitgewerkt worden tot een realistischer praktijk.
  - Wellicht is een combinatie te maken met de in ontwikkeling zijnde Digital Twin Vaarwegen<sup>12</sup> waarmee de effecten van bijvoorbeeld de vaardiepte en infrastructuur (zoals sluisen) op de vaarsnelheid en wachttijden kunnen worden gesimuleerd voor een bepaalde reis. Hiermee zouden de verschillende handelingsopties kunnen worden doorgerekend.
- Misschien gaat een kwantitatieve verwerking van verwachtingen naar kansen en risico's (bovenstaand punt) momenteel nog te snel, en is het eerst nodig meer (be)grip te creëren van een pluimverwachting en hoe deze te duiden. Het begint ermee dat de sector de verwachting (de 6-weekse van de Duitse BfG) gaat bekijken en evalueren. Deltares kan hierbij een coördinerende of onderzoekende rol spelen, bijvoorbeeld in het kader van het 'decision-making under uncertainty lab', dat gericht is op het omgaan met onzekerheden bij operationele en tactische beslissingen.
- De BfG publiceert sinds 2022 de verwachting voor 6 weken vooruit. Waarschijnlijk is er inmiddels behoorlijk wat kennis en ervaring opgebouwd rondom het gebruik van deze verwachtingen door de transportsector. Heel concreet zouden we de BfG kunnen interviewen, en vragen welke feedback zij ontvangen vanuit de sector. Het zou in ieder geval goed zijn om de samenwerking te versterken met de Duitse overheid, en samen op te trekken, kennis te delen en ervaringen uit te wisselen.

---

<sup>12</sup> <https://smartport.nl/digital-twin-voor-grip-op-binnenvaartlogistiek/>

# Referenties

- Buitink, J., A. Tsiokanos, T. Geertsema, C. ten Velden, L. Bouaziz, & F. Sperna Weiland (2023). Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. Deltares rapport 11209265-002-ZWS-0003, 7 December 2023
- CCR (2021), Discussienota "Act now!" over laagwater en de gevolgen daarvan voor de Rijnvaart, Versie 2.0 van 23 februari 2021. Centrale commissie voor de Rijnvaart. [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/infovoienavigable/ien20\\_06en.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/infovoienavigable/ien20_06en.pdf)
- Frielingsdorf, B., B. Klein & D. Meißner. "Entwicklung längerfristiger hydrologischer Vorhersageprodukte im Rahmen der Forschungs- und Entwicklungsprojekte Seamless Prediction II und IMPREX: Bericht." Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 2022; DOI: [10.5675/BFG-2026](https://doi.org/10.5675/BFG-2026).
- Imhoff, R., W. van Verseveld, B. van Osnabrugge & A. Weerts (2020). Ruimtelijk schaalbare hydrologische modelparameters uit open-source omgevingsdata: een voorbeeld voor de Rijn. Stromingen 2020 (26), nr 3.
- Klein, B. & D. Meissner (2019). Potential Economic Benefit of Better Forecasts for Inland Waterway transport. IMPREX deliverable. <https://www.imprex.eu/system/files/generated/files/resource/d9-3-potecobenefit-navigation-v1-0.pdf>.
- Mark, R. van der & M. Lemans (2020). Operational 2D water depth prediction using echo sounder data of inland ships. Proc River Flow 2020. ISBN 978-0-367-62773-7.
- Mark, R. van der, M. den Toom, R. van der Wijk & K. Sloff (2020). Verwachting waterdiepte Rijntakken. Deltares-rapport 11205272-006-ZWS-0008, dd. 18 december 2020.
- Stahl, K., M. Weiler, M. van Tiel, I. Kohn, A. Häsler, D. Freudiger, J. Seibert, K. Gerlinger & G. Moretti (2022). Impact of climate change on the rain, snow and glacier melt components of streamflow of the river Rhine and its tributaries. Synthesis report. CHR report no. I 28. International Commission for the Hydrology of the Rhine basin (CHR), Lelystad.
- Verseveld, W.J. van, A.H. Weerts, M. Visser, J. Buitink, R.O. Imhoff, H. Boisgontier, L. Bouaziz, D. Eilander, M. Hegnauer, C. ten Velden, & B. Russell (2022). Wflow\_sbm v0.6.1, a spatially distributed hydrologic model: from global data to local applications, Geosci. Model Dev. Discuss. [preprint]; DOI: [10.5194/gmd-2022-182](https://doi.org/10.5194/gmd-2022-182)

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

**Deltares**

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