



Kennisprogramma Natte Kunstwerken  
*Kennisplan 2021*

*Vervangings- en renovatieopgave  
natte kunstwerken in Nederland:*

Kennisbijdrage:

## **Einde levensduur overige HWS-objecten**

Casestudy t.b.v. generieke aanpak  
functionele inspectie netwerkschakel  
(Kunnen we de functionele samenhang in een  
netwerk kwantificeren?)

### **Auteurs**

Joost Breedevelt	(Deltares)
Jurjen de Jong	(Deltares)
Anastasia Zubova	(Deltares)
Noor ten Harmsen van der Beek	(Deltares)
Hans van Twuiver	(Rijkswaterstaat)
Jourian Ligtenberg	(Rijkswaterstaat)

kenmerk : KpNK-2021-KV1.3-kunstwerk-d002  
versie : 1.0  
datum publicatie : 30 augustus 2023



## Voorwoord

### Kennisprogramma Natte Kunstwerken

Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets waarvoor beheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen verantwoordelijk zijn. Veel van deze natte kunstwerken in de waterinfrastructuur bereiken de komende decennia het einde van hun (technische en/of functionele) levensduur. Zij kunnen daardoor hun functies naar verwachting niet meer adequaat blijven uitoefenen. Dit zal ten koste gaan van de mate waarin de waterinfrastructuur voldoet aan betrouwbaarheidseisen. In het kader van goed assetmanagement staan we dan ook voor de enorme opgave om deze kunstwerken te vervangen of te renoveren. Welke kennis hebben we nodig om dat efficiënt, kostenbesparend en toekomst-bestendig aan te pakken?

**Deltares**

**MARIN**



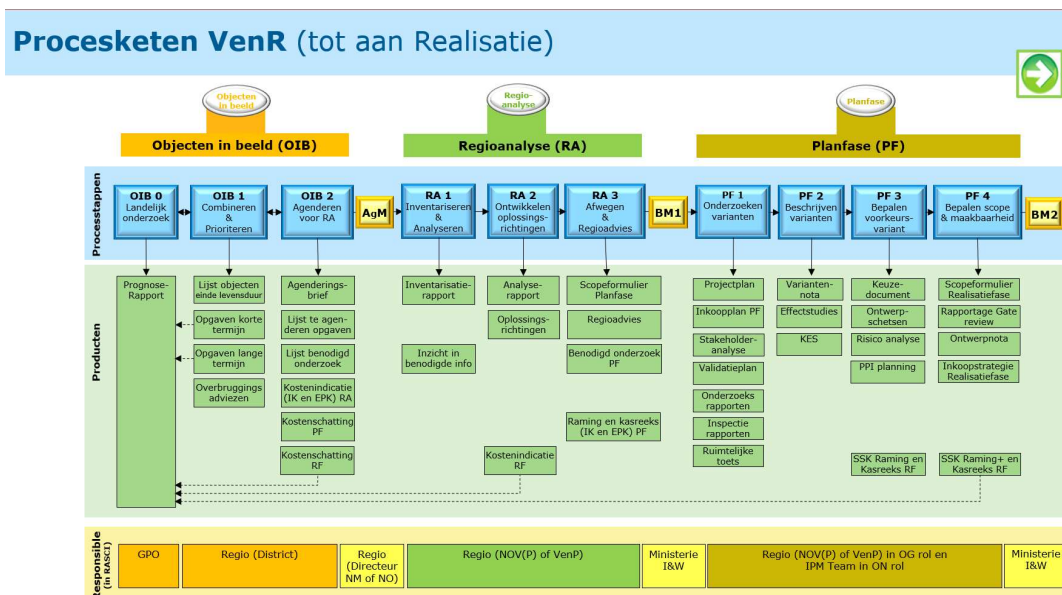
Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

**TNO**

In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) ontwikkelen en bundelen Deltares, MARIN, TNO en Rijkswaterstaat deze kennis op basis van de Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken.

### Werkwijze vervangings- en renovatieproces

De laatste jaren richten we ons niet meer uitsluitend op een-op-een vervanging van kunstwerken. We zoeken steeds meer naar mogelijkheden om hun levensduur te verlengen en (noodzakelijke) ingrepen te koppelen aan gebieds- en netwerkontwikkelingen en aan functionele ontwikkelingen. Rijkswaterstaat heeft als assetmanager een vernieuwde werkwijze voor dit vervangings- en renovatieproces (VenR) opgesteld om een uniform en systematisch proces te hebben waarmee een VenR-maatregel transparant onderbouwd kan worden (zie Figuur 1).



Figuur 1: Procesketen VenR binnen Rijkswaterstaat

Deze procesketen vormt de basis waar de kennisontwikkeling van het kennisprogramma aan bijdraagt.



### **Twee-stappen-benadering en drie kernvragen**

De kennis die we ontwikkelen binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken draagt bij aan de stapsgewijze-benadering binnen deze Procesketen VenR:

- stap 1 (*Objecten in Beeld*): richt zicht op (het einde van) de technische levensduur van een kunstwerk en het agenderen van de VenR-opgave in het *Prognoserapport*;
- stap 2 (*Regioanalyse*): brengt vooral de relatie in kaart tussen het kunstwerk en de netwerken waar het (samen met andere kunstwerken) deel van uitmaakt. In het resulterende *Regioadvies* gaat het ook over (het einde van) de functionele levensduur.

Inhoudelijk vindt het onderzoek plaats aan de hand drie *kernvragen*:

1. Hoe lang gaat mijn kunstwerk nog mee, zowel technisch als functioneel?
2. Welke alternatieven heb ik, behalve een-op-een vervanging?
3. Hoe weeg ik de alternatieven tegen elkaar af?

### **Programmaplan, jaarlijkse kennisplannen en samenwerking**

Het programmaplan omvat de achtergronden en ambities voor de gehele looptijd van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken. Jaarlijks worden deze ambities uitgewerkt in een kennisplan en een bijbehorend financieringsplan. Andere partijen zoals waterschappen, adviesbureaus en andere (commerciële) organisaties, nodigen we uitdrukkelijk uit om deel te nemen aan het gezamenlijk uitvoeren van een kennisplan, bijvoorbeeld met kennisbijdragen in voor hen relevante onderzoeksprojecten, met praktijkervaringen of financiële bijdragen.

### **Resultaten delen**

Bijdragen en onderzoeksresultaten uit ons Kennisprogramma Natte Kunstwerken delen we met de hele sector via onze website ([www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl](http://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl)) en op andere manieren.

Hieronder vindt u een kennisbijdrage binnen werkpakket 'Einde levensduur overige HWS-objecten' uit het kennisplan 2021. Het omvat eerst de samenvatting van het onderzoek naar een generieke aanpak voor de functionele inspectie van een netwerkschakel. Deze activiteit is namens het Kennisprogramma Natte Kunstwerken geleid door Deltares. Na de samenvatting vindt u het volledige onderzoeksverslag in de vorm van een casestudy naar de impact van een stremming van sluisolk Grave op het vaargedrag in de omliggende netwerkschakel voor de scheepvaart.

N.B. Het volledige onderzoeksverslag is gelijk aan de originele casestudy van Deltares, met uitzondering van het titelblad. Bij publicatie van dit onderzoeksverslag op de KpNK-website, is deze om privacyredenen verwijderd.



## Kennisprogramma Natte Kunstwerken *Kennisplan 2021*

### Meer informatie

- Het Kennisprogramma Natte Kunstwerken is de uitwerking van de onderzoekslijn 'Toekomstbestendige Natte Kunstwerken' binnen het Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat (NKWK). Zie [www.waterenklimaat.nl](http://www.waterenklimaat.nl)

**NKWK**

- Voor meer informatie over het programma Kennisprogramma Natte Kunstwerken, zie [www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl](http://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl).



- Voor vragen over het Kennisprogramma Natte Kunstwerken en het kennisplan 2021 kunt u terecht bij Daan Dunsbergen, email [daan.dunsbergen@rws.nl](mailto:daan.dunsbergen@rws.nl)
- Voor vragen over de voorliggende kennisbijdrage kunt u terecht bij de auteurs:

Joost Bredeveld - [Joost.Bredeveld@deltares.nl](mailto:Joost.Bredeveld@deltares.nl)

Hans van Twuiver - [Hans.van.Twuiver@rws.nl](mailto:Hans.van.Twuiver@rws.nl)



## Samenvatting

# Einde levensduur overige HWS-objecten

## Casestudy t.b.v. generieke aanpak functionele inspectie netwerkschakel

### (Kunnen we de functionele samenhang in een netwerk kwantificeren?)

Hieronder vindt u een kennisbijdrage van het werkpakket 'Einde levensduur overige HWS-objecten' uit het kennisplan 2021. De bijdrage, geleid door Deltares, omvat de samenvatting van het onderzoek naar een generieke aanpak voor de functionele inspectie van een netwerkschakel. Na de samenvatting vindt u het volledige onderzoeksverslag in de vorm van een casestudy.

### **Aanleiding en probleemstelling**

RWS baseert de besluitvorming over de aard en omvang van VenR-maatregelen in hun infrastructuur op levensduurprognoses bij (onzekere) toekomstige condities. Het onderbouwen van proportionele maatregelen (i.e. het voorkomen van onnodig grote VenR-ingrepen) vereist, dat in deze prognoses de functionele samenhang<sup>1</sup> binnen het netwerk kan worden meegenomen: welke samenhang tussen objecten in een netwerk kunnen we in kaart brengen en welke prestatie nemen we daarvan waar?

Daartoe stelden we in 2021 een concept aanpak op voor een zogenoemde 'functionele inspectie'. Deze functionele inspectie hebben we vervolgens uitgevoerd bij een case, zonder dat we wisten of deze geschikt was en of de benodigde informatie en tools voorhanden waren.

### **Onderzoeksvraag (WAT)**

In deze casestudy onderzoeken we twee algemene vragen en één case-specifieke vraag:

1. In hoeverre kunnen we met de concept aanpak (zie onderzoeksaanpak) een functionele inspectie uitvoeren?
2. Zijn vervolgens de (kwantitatieve) waarnemingen, tools en methoden voor deze functionele inspectie beschikbaar én inzetbaar?
3. Ligt het scheepvaartverkeer bij een stremming van sluiskolk Grave stil, of zit er redundantie in het netwerk waardoor schepen via alternatieve routes kunnen omvaren?

We inspecteren hiertoe de impact van een stremming van sluiskolk Grave op het vaargedrag tussen de sluizen bij Lith (Prinses Maxima), Sint Andries, Weurt, Sambeek en Grave (zie

---

<sup>1</sup> Hiermee bedoelen we de samenhang tussen objecten die éénzelfde functie vervullen in het beschouwde deel van het watersysteem, of de samenhang tussen verschillende netwerkfuncties waarin een individueel object een rol vervult.



Figuur 1). We zoeken hierbij naar het verschil in vaargedrag tussen de normale (i.e. nergens een stremming) en de gestremde situatie (i.e. alleen sluiskolk Grave gestremd).



Figuur 1: Beschouwd deel van het Hoofdvaarwegennet rondom Grave

Het onderzoek richt zich dus niet op een zo scherp mogelijke kwantitatieve diagnose van de functionele samenhang in het afgebakende stuk van het Hoofdvaarwegennet (zie Figuur 1).

Tot slot hebben we door het toepassen van de concept aanpak op deze case de terminologie rondom functionele levensduur, samenhang en inspectie op een begrijpelijke manier kunnen toelichten.

### Onderzoeksaanpak en -methode (HOE)

Volgens de concept aanpak – die tevens de onderzoeksaanpak in deze casestudy is – vraagt een functionele inspectie het doorlopen van de volgende stappen:

- (functioneel) afbakenen van het te beschouwen (deel van het) netwerk;
- overzicht maken van de uitgangspunten voor de analyse van het beschouwde netwerk(deel);
- overzicht maken van waarnemingen die je nodig hebt;
- overzicht maken van waarnemingen die per functie al beschikbaar zijn;
- de maximale bijdrage die een kunstwerk aan een netwerkprestatie kan leveren;
- afleiden van daadwerkelijke prestaties van de afzonderlijke objecten bij huidige drivers<sup>2</sup>;
- vaststellen van de mate waarin met de mogelijkheden van de huidige inrichting van het netwerk(deel) aan de functie-eisen kan worden voldaan.

<sup>2</sup> externe (autonome) ontwikkeling met invloed op de prestaties van het netwerk, waarbij in het KpNK de focus ligt op de gevolgen van klimatologische, socio-economische en beleidsmatige ontwikkelingen;



Het onderzoek hebben we uitgevoerd als een verkennende bureaustudie, op basis van waarnemingen die relevant zijn om het scheepvaartgedrag in kaart te brengen en die beschikbaar zijn bij Rijkswaterstaat: i.e. metingen van de rivierafvoer van Rijn en Maas via [www.waterinfo.nl](http://www.waterinfo.nl), stremmingsdata van sluizen uit het Netwerk Informatie Systeem (NIS) en scheepsbewegingsdata uit het Informatie- en Volgstelsel voor de Scheepvaart (IVS) en het Automatic Identification System (AIS).

### **Onderzoeksresultaten en synthese**

In algemene zin blijkt uit de verkenning dat de concept aanpak voor een functionele inspectie ons in staat stelt op gestructureerde wijze de samenhang en redundantie in het netwerk rondom een specifiek object in kaart te brengen. Daartoe lijken voldoende sets van waarnemingen beschikbaar.

Specifiek voor de case lijkt het gestremd geraken van sluiskolk Grave geen significante impact te hebben op de netwerkprestatie voor de scheepvaart rondom Grave. De schepen varen in de normale situatie al veelvuldig om Grave heen. En ondanks een stremming van sluiskolk Grave blijft (beperkt) bestemmingsverkeer tussen Lith en Grave mogelijk.

### **Evaluatie en vooruitblik**

Achteraf gezien was de keuze voor deze casestudy – *mede door het ontbreken van eisen aan de kwantitatieve bijdrage die sluiskolk Grave in de beschouwde netwerkschakel moet leveren aan de netwerkprestaties voor de scheepvaart* – geen gelukkige. Kanttekeningen bij de betrouwbaarheid van de (beperkt) beschikbare waarnemingen dragen hieraan bij. Daardoor geeft het slechts een indicatief beeld over de samenhang in het scheepvaartnetwerk maar; zeker geen (wetenschappelijk verantwoorde) kwantitatieve trend in het veranderde vaargedrag tussen de normale en gestremde situatie! Dat was echter ook niet het doel van deze verkennende casestudy.

Wel heeft de toepassing van de concept aanpak voor een functionele inspectie laten zien hoe belangrijk het is om goed uit te zoeken wat de meest invloedrijke aspecten zijn, en daarmee vast te stellen welke scope en filtering op de beschikbare waarnemingen los te laten zijn vóórdat we hierop een analyse loslaten.

# Einde levensduur overige HWS-objecten

Kernvraag-overstijgend onderzoek naar functionele inspectie





## **Einde levensduur overige HWS-objecten**

Kernvraag-overstijgend onderzoek naar functionele inspectie

### **Auteur(s)**

Joost Breedevelt (Deltares)

Hans van Twuiver (Rijkswaterstaat-WVL)

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1	Achtergronden project	9
1.1.1	Vervanging en Renovatie (VenR)	9
1.1.2	Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK)	9
1.1.3	Ontwikkeling van VenR-alternatieven	10
1.2	Probleembeschrijving	10
1.2.1	Hypothese	10
1.2.2	Probleemstelling	10
1.2.3	Onderzoeksvragen	11
1.3	Doelstelling	11
1.3.1	Doel 2021-2024	11
1.3.2	Doel 2021-2022	11
1.4	Globale aanpak en leeswijzer	11
1.4.1	Case study	11
1.4.2	Aanpak bij validatie concept aanpak	12
<b>2</b>	<b>Aanpak en terminologie functionele inspectie</b>	<b>13</b>
2.1	Concept aanpak	13
2.2	Terminologie rondom het functioneren van object(onderdelen)	13
2.2.1	Eindelevensduur	13
2.2.2	Functie- en prestatie-eis	14
2.2.3	Functionele levensduur	14
2.2.4	Functionele capaciteit	15
2.2.5	Functionele samenhang	15
2.2.5.1	Interne functionele samenhang	15
2.2.5.2	Externe functionele samenhang	15
2.2.6	Functionele inspectie	16
<b>3</b>	<b>Beschrijving Grave en omliggend netwerk</b>	<b>17</b>
3.1	Context Maasstuwen	17
3.2	Geografische beschrijving	18
3.3	Functionele beschrijving	19
3.4	Operationele beschrijving	21
<b>4</b>	<b>Opzet case study</b>	<b>22</b>
4.1	Stap a – Afbakening case study	22
4.1.1	Sluiskolk Grave	22
4.1.2	Kleine ruit	22
4.1.3	Afvoercondities	23
4.1.4	Oorzaken niet-beschikbaarheid	24
4.2	Stap b – Uitgangspunten case study	24

4.2.1	Functies	24
4.2.2	Prestatie-eisen	25
4.2.3	Vaarroutes binnen en rondom kleine ruit	25
4.3	Stap c – Vereiste waarnemingen per functie	26
4.4	Stap d - Beschikbare waarnemingen	27
4.4.1	Stremmingsdata NIS	27
4.4.2	Scheepvaartdata: IVS en AIS	28
4.4.3	Rivierafvoer Maas en Rijn	28
<b>5</b>	<b>Analyse case study</b>	<b>29</b>
5.1	Overzicht van (data)vragen per stap	29
5.2	Stap e – Analyse functionele capaciteit in normale situatie	30
5.2.1	Stap e1 – Representatieve tijdsperioden voor normale situatie	30
5.2.2	Stap e2 – Aantal scheepspassages per dag in normale situatie	31
5.2.3	Stap e3 – Vaarroutes en scheepvaartintensiteit in normale situatie	31
5.2.4	Stap e4 – Aspecten die vaargedrag in normale situatie beïnvloeden	32
5.3	Stap f – Analyse functionele prestaties in gestremde situatie	34
5.3.1	Stap f1 – Representatieve tijdsperioden gestremde situatie	34
5.3.2	Stap f2 – Aantal scheepspassages per werkdag in gestremde situatie	35
5.3.3	Stap f3 – Vaarroutes en scheepvaartintensiteit in gestremde situatie	35
5.3.4	Stap f4 – Verloop van aantal scheepspassages in de tijd in gestremde situatie	36
5.3.5	Stap f5 – Specifieke vragen over omvaren in gestremde situatie	38
5.4	Stap g – Analyse functionele conditie	40
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>41</b>
6.1	Specifiek voor case study	41
6.1.1	Bruikbaarheid concept aanpak	41
6.1.2	Beschikbaarheid van waarnemingen, tools en methoden	41
6.1.3	Inzetbaarheid van beschikbare waarnemingen, tools en methoden	41
6.1.4	Redundantie van het Hoofdvaarwegennet rondom Grave	43
6.2	Generiek; definitieve aanpak	44
<b>7</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>Referentielijst</b>	<b>46</b>
<b>A</b>	<b>Vergelijking IVS- en AIS data</b>	<b>47</b>
A.1	Overzicht	47
A.2	IVS-data	47
A.3	AIS-data	48
<b>B</b>	<b>Resultaten</b>	<b>49</b>
B.1	Waterinfo-data rivierafvoer	49
B.1.1	Maasafvoer	49
B.1.2	Rijnafvoer	50
B.1.3	Vergelijking rivierafvoer Maas en Rijn	51
B.2	IVS90-data aantal scheepspassages per dag	53

B.2.1	Sluiskolk Grave	53
B.2.1.1.	Gedurende een heel jaar	53
B.2.1.2.	Rond een gestremde situatie	54
B.2.2	Sluiscomplex Weurt	58
B.2.3	Sluizen SambEEK	59
B.2.4	Vergelijking verschillende locaties	60
B.3	IVS90-data cumulatief (vergelijking met stremmingsdagen bij Grave)	63
B.3.1	Vrijdagavond 2 februari 2016	63
B.3.2	Vrijdagavond 10 maart 2017	64
B.4	IVS90-data cumulatief (alle weekdays in jaar)	65
B.4.1	Alle vrijdagen in 2016	65
B.4.2	Alle vrijdagen in 2017	66
B.4.3	Alle zaterdagen in 2019	67
B.5	IVS90-data vaarroutes o.b.v. telpunten	68
B.5.1	Normale situatie	68
B.5.1.1.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit via Grave in periode #n17	68
B.5.1.2.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit in periode #nL	69
B.5.1.3.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit via Grave in periode #n18	70
B.5.2	Gestremde situatie	71
B.5.2.1.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gA	71
B.5.2.2.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gB	72
B.5.2.3.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gH	73
B.5.2.4.	Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gK	74
B.5.3	Samenvatting	75
B.5.3.1.	Normale situatie	75
B.5.3.2.	Gestremde situatie	77
B.6	AIS-data	79
B.6.1	Heatmaps december 2016	79
B.6.2	Heatmaps februari 2019	82
B.6.3	Heatmaps februari 2020	83
B.6.4	Vaarbewegingen rondom Grave op vrijdag 21 februari 2020	84

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergronden project

### 1.1.1 Vervanging en Renovatie (VenR)

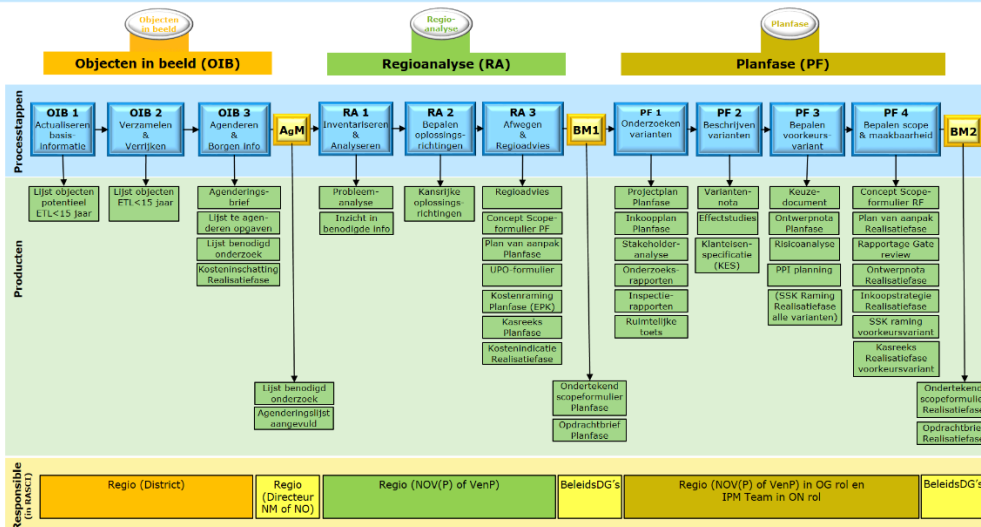
Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets waarvoor beheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen verantwoordelijk zijn. Veel van deze natte kunstwerken in de waterinfrastructuur bereiken de komende decennia het einde van hun levensduur, en kunnen daardoor hun functies naar verwachting niet adequaat blijven uitoefenen. Dat gaat ten koste van de mate waarin de infrastructuur presteert ten opzichte van de eisen.

In het kader van goed assetmanagement staan we dan ook voor de enorme opgave om deze kunstwerken binnen de waterinfrastructuur te vervangen of te renoveren (VenR). In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) ontwikkelen en bundelen Deltares, MARIN, Rijkswaterstaat en TNO de kennis die nodig is om dat voor de civiele en bewegende delen van deze kunstwerken efficiënt, kostenbesparend en toekomstbestendig aan te pakken.

### 1.1.2 Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK)

In de VenR-besluitvorming richten we ons de laatste jaren niet meer uitsluitend op één-op-één vervanging van kunstwerken. We zoeken steeds meer naar mogelijkheden om hun levensduur te verlengen en (noodzakelijke) ingrepen te koppelen aan gebieds- en netwerkontwikkelingen en aan functionele ontwikkelingen. Rijkswaterstaat heeft als assetmanager een vernieuwde werkwijze voor dit VenR-proces opgesteld, om een uniform en systematisch proces te hebben waarmee een VenR-maatregel transparant kan worden onderbouwd (zie Figuur 1).

## Procesketen VenR (tot aan Realisatie)



Figuur 1: Procesketen VenR binnen Rijkswaterstaat, zie ref [16]

Deze procesketen vormt de basis voor de KpNK-kennisontwikkeling die bijdraagt aan de besluitvorming in stap 1 (Objecten in Beeld<sup>3</sup>), stap 2 (Regioanalyse<sup>4</sup>) en stap 3 (Planfase).

<sup>3</sup> 'Objecten in Beeld' richt zicht op (het einde van) de technische levensduur van een kunstwerk en het agenderen van de VenR-opgave in het Prognoserapport.

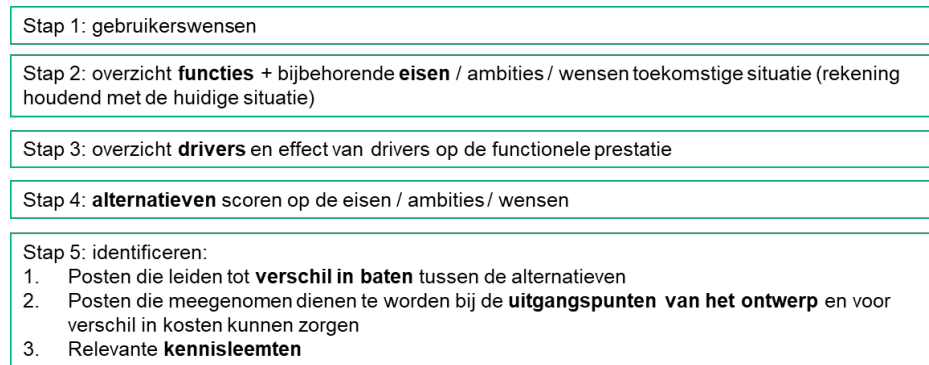
<sup>4</sup> 'Regioanalyse' brengt vooral de relatie in kaart tussen kunstwerk en netwerk waar het (samen met andere kunstwerken) deel van uitmaakt. In het Regioadvies gaat het ook over (het einde van) de functionele levensduur.

Conform ref [2] vindt inhoudelijk het onderzoek plaats langs drie kernvragen van de beheerder:

1. Hoe lang gaat mijn kunstwerk nog mee?
2. Welke alternatieven voor VenR heb ik, behalve één-op-één vervanging?
3. Hoe weeg ik de alternatieven voor VenR tegen elkaar af?

### 1.1.3 Ontwikkeling van VenR-alternatieven

Het voorliggende rapport maakt onderdeel uit van het onderzoek naar kernvraag 1. Het draagt ook bij aan het aanpalende onderzoek naar kernvraag 2, waarin we het stappenplan voor het systematisch uitwerken van VenR-alternatieven in Figuur 2 doorontwikkelen.



Figuur 2: Stappenplan KpNK voor het systematisch uitwerken van VenR-alternatieven op basis van functies, eisen/ambities/wensen en drivers, zie ref [15]

Voor de huidige resultaten van het onderzoek naar kernvraag 2 verwijzen we naar ref [15].

## 1.2 Probleembeschrijving

### 1.2.1 Hypothese

De aard en omvang van VenR-maatregelen richting toekomstbestendige waterinfrastructuur worden in de besluitvorming conform Figuur 1 gebaseerd op prognoses van de levensduur van de infrastructuur bij (onzekere) toekomstige condities. De mogelijkheid om proportionele VenR-maatregelen te onderbouwen hangt samen met de mate waarin de ‘functionele samenhang’ binnen de infrastructuur (zie Subparagraaf 2.2.5) in de analyse kan worden meegenomen.

De hypothese bij de aanleiding voor het voorliggende onderzoek is dan ook:

*Het kunnen meenemen van de daadwerkelijk functionele samenhang is van significant belang om tot proportionele VenR-ingrepen te kunnen besluiten.*

### 1.2.2 Probleemstelling

De basis voor prognoses inclusief functionele samenhang kan met behulp van waarnemingen in diagnoses van de huidige situatie worden gelegd. Om de daadwerkelijke samenhang binnen de infrastructuur te kwantificeren is de concept aanpak in Subparagraaf 2.1 voor een zogenaamde ‘functionele inspectie’ (zie Subparagraaf 2.2.6) opgesteld.

Het is op dit moment echter onduidelijk in hoeverre de concept aanpak daarvoor geschikt is. Daarbij komt dat er mogelijk nog waarnemingen, tools en methoden ontbreken die noodzakelijk zijn voor het kwantificeren van het functioneren van een object. En dat er nog geen handvatten beschikbaar zijn om een passend detailniveau te kiezen.

Door deze ontbrekende zaken kunnen we analyses binnen de procesketen VenR – vooral in de diagnoses (in Objecten in Beeld) en prognoses (in Regioanalyse en Planfase) naar de functionele eindelevensduur van objecten in het netwerk – niet scherp genoeg maken. Dit kan leiden tot onnodig grote VenR-ingrepen (al dan niet op verkeerde plekken) in het netwerk.

### 1.2.3 Onderzoeksvragen

Met dit onderzoek willen we uiteindelijk een functionele inspectie mogelijk maken om (voor een diagnose) de daadwerkelijke functionele samenhang binnen het netwerk te kwantificeren. Hierbij horen de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de generieke aanpak voor een functionele inspectie?
2. Welke waarnemingen, tools en methoden zijn hiervoor nodig en beschikbaar?
3. In welke mate zijn de bestaande waarnemingen, tools en methoden inzetbaar?
4. Welke waarnemingen, tools en methoden missen nog?
5. Welke (door)ontwikkelingen zijn er nodig?

In het voorliggende onderzoek wordt gewerkt aan de onderzoeksvragen 1 tot en met 3.

## 1.3 Doelstelling

### 1.3.1 Doel 2021-2024

Het doel voor 2021-2024 is om de beoogde doelgroep (i.e. beheerders van waterinfrastructuur en andere betrokkenen in de VenR-besluitvorming) een aanpak met tools en methoden aan te reiken om – op basis van (bij voorkeur kwantitatieve) waarnemingen – een zo scherp mogelijke diagnose van het functioneren van een object als onderdeel van het netwerk te kunnen stellen.

Oftewel: het uitvoeren van de vereiste methodiekontwikkeling voor een generieke aanpak voor een functionele inspectie in stap 2 ten behoeve van stap 3 van Figuur 2.

### 1.3.2 Doel 2021-2022

Het doel voor 2022 is ten eerste om met een verkennende case study na te gaan in hoeverre op dit moment een functionele inspectie via de conceptaanpak kan worden uitgevoerd. Ook de check op de beschikbaarheid en inzetbaarheid van (kwantitatieve) waarnemingen, tools en methoden hebben hierbij de prioriteit. Het inventariseren van missende waarnemingen, tools en methoden en van benodigde (door)ontwikkelingen blijft buiten beschouwing.

*Voor de duidelijkheid: De nadruk in deze bureaustudie ligt dus niet op een zo scherp mogelijke kwantitatieve diagnose van de functionele samenhang binnen de afgebakende case. Na deze case kan dus waarschijnlijk nog niet worden ingeschat of de hypothese in Subparagraaf 1.2.1 over het belang van de functionele samenhang klopt.*

## 1.4 Globale aanpak en leeswijzer

### 1.4.1 Case study

Vanwege de doelstelling heeft een duidelijk afgebakende, en daarmee behapbare case study de voorkeur. In ref [2] wordt aangegeven dat bij de kennisontwikkeling onder zowel kernvraag 2 als kernvraag 3 (zie Subparagraaf 1.1.2) de link is gelegd naar de praktijkcase Maasstuwen.

De case study naar een passende aanpak voor de functionele inspectie is dan ook binnen de scope van deze praktijkcase opgezet. De focus leggen we hierbij op de kwantitatieve bijdrage op basis van waarnemingen, die sluiskolk Grave (zie Figuur 3) onder normale afvoercondities levert aan de beschikbaarheid van het hoofdvaarwegennet rondom stuwcomplex Grave.



*Figuur 3: Stuwcomplex Grave met rechts de enige sluiskolk in operatie*

N.B Met de terminologie rondom het functioneren van objecten (en onderdelen daarvan) in Subparagraaf 2.2.5.2 kan de scope van deze case study nog duidelijker worden afgebakend. De concept aanpak voor functionele inspectie wordt in dit geval ingezet om de externe samenhang binnen het hoofdvaarwegennet rondom Grave te kwantificeren.

#### **1.4.2 Aanpak bij validatie concept aanpak**

De validatie van de concept aanpak in Paragraaf 2.1 pakken we als volgt aan:

- introduceren taalgebruik bij een functionele inspectie *zie Paragraaf 2.2*
- inleiden van de case study *zie Hoofdstuk 3*
- afbakenen van case study (stap a) *zie Subparagraaf 4.1*
- beschrijven van de functies en prestatie-eisen (stap b) *zie Subparagraaf 4.2*
- beschrijven van vereiste waarnemingen (stap c) *zie Subparagraaf 4.3*
- beschrijven van beschikbare waarnemingen (stap d) *zie Subparagraaf 4.4*
- analyseren functionele capaciteit sluis Grave (stap e) *zie Subparagraaf 5.2*
- analyseren functionele prestatie sluis Grave (stap f) *zie Subparagraaf 5.3*
- analyseren functionele conditie netwerk (stap g) *zie Subparagraaf 5.4*
- conclusies (specifiek voor case study en generiek) *zie Hoofdstuk 6*
- aanbevelingen *zie Hoofdstuk 7*



## 2 Aanpak en terminologie functionele inspectie

### 2.1 Concept aanpak

In de voorliggende rapportage wordt via een case study onderzocht of de volgende concept aanpak uit ref [4] een functionele inspectie conform Subparagraaf 2.2.6 mogelijk maakt:

- a) (functioneel) afbakenen van het te beschouwen (deel van het) netwerk;
- b) overzicht maken van de huidige uitgangspunten voor het beschouwde netwerk(deel);
- c) overzicht maken per functie-eis van vereiste waarnemingen inclusief locatie;
- d) overzicht maken per functie van waarnemingen die al worden verzameld (bronnen);
- e) analyseren van mate waarin de functionele capaciteit van het netwerk(deel), inclusief interne en externe functionele samenhang, daadwerkelijk wordt aangesproken;
- f) afleiden van (het verloop in de tijd van) de daadwerkelijke prestaties van de afzonderlijke objecten bij huidige drivers;
- g) vaststellen van mate waarin met de mogelijkheden van de huidige inrichting van het netwerk(deel) aan de functie-eisen kan worden voldaan (functionele conditie).

Bij het formuleren van deze concept aanpak zijn nog geen tools en methoden op een rij gezet die bij een functionele inspectie kunnen worden gebruikt; deze zijn waarschijnlijk ook afhankelijk van de te beschouwen functie(s). Ook is aan de benodigde diepgang van de functionele inspectie nog geen aandacht besteed; voor een inspectie in de initiatiefase is waarschijnlijk een andere detailniveau nodig dan in de planfase.

### 2.2 Terminologie rondom het functioneren van object(onderdelen)

Voor een passende inzet van de concept aanpak is het nodig om eerst de terminologie rondom het functioneren van objecten (of onderdelen daarvan) te verduidelijken. Deze is in lijn met ref [4], en ook heeft afstemming met de terminologie in ref [15] plaatsgevonden.

#### 2.2.1 Eindelevensduur

In lijn met ref [2] landen de resultaten onder kernvraag 1 in een 'toolbox eindelevensduur' om de restlevensduur<sup>5</sup> en dus de VenR-urgentie van een object<sup>6</sup>, vast te stellen. Met deze toolbox helpen we beheerders om, vanuit een diagnose<sup>7</sup> van de actuele conditie en prestatie van één of meer objecten (of onderdelen daarvan) binnen het netwerk, een prognose<sup>8</sup> te maken van het moment van eindelevensduur van objecten als onderdeel van dat netwerk.

Binnen het KpNK maken we daarbij onderscheid tussen technische<sup>9</sup>, functionele<sup>10</sup> en economische<sup>11</sup> eindelevensduur. Bij de technische eindelevensduur staat het object(onderdeel) vooral centraal, terwijl dat bij de functionele en economische levensduur het

---

<sup>5</sup> *resterende levensduur tot het moment dat niet meer aan de prestatie-eisen wordt voldaan;*

<sup>6</sup> *hiermee wordt zowel een afzonderlijk identificeerbaar fysiek onderdeel van een netwerk (zoals een kunstwerk, vaarwegpand en rivierstrekking) als een (nat) kunstwerk aangeduid;*

<sup>7</sup> *beoordelen in hoeverre de actuele objectconditie en/of -prestatie voldoen aan de huidige prestatie-eisen;*

<sup>8</sup> *beoordeling in hoeverre de toekomstige objectconditie en/of -prestatie (onder invloed van drivers) zal gaan voldoen aan de prestatie-eisen die dan naar verwachting zullen gelden;*

<sup>9</sup> *de levensduur die eindigt als het object(onderdeel) één of meerdere functies onder invloed van drivers niet meer kan uitvoeren door slijtage, degradatie technische staat of niet langer ondersteunde, verouderde technologie;*

<sup>10</sup> *de levensduur die eindigt als het object(onderdeel) één of meer bijdragen aan het functioneren van het netwerk, onder invloed van drivers, niet meer conform de prestatie-eisen aan het netwerk kan uitvoeren;*

<sup>11</sup> *de levensduur die eindigt als voor een object(onderdeel) de toekomstige kosten voor beheer en onderhoud (inclusief gedeelde baten) minus de toekomstige opbrengsten hoger zijn dan de kosten van vervanging ervan;*

netwerk<sup>12</sup> is waar het beschouwde object(onderdeel) onderdeel van uitmaakt. In het voorliggende onderzoek richten we ons op het mogelijk maken van een diagnose van de actuele functionele prestaties van een kunstwerk als onderdeel van het netwerk.

## 2.2.2 Functie- en prestatie-eis

In het beschouwen van de functionele levensduur van objecten (of onderdelen daarvan) draait het om de vraag tot aan welk moment in de levenscyclus<sup>13</sup> het naar behoren bijdraagt aan de functie(s) van het netwerk. In de formulering van prestatie-eisen<sup>14</sup> hoort ook onder welke randvoorwaarden het aan de netwerkfunctie(s) dient bij te dragen. Bijvoorbeeld met welke mate van betrouwbaarheid<sup>15</sup> of bij welke beschikbaarheid<sup>16</sup> aan de eis wordt voldaan.

*Toelichting: Zo kan er van een schutsluis worden geëist – als onderdeel van de functie ‘mogelijk maken van varen’ in een bepaalde scheepvaartcorridor – dat de wachttijd van alle schepen in 98% van de gevallen korter dan of gelijk aan 45 minuten moet zijn.*

We kunnen dus in theorie onderscheid maken tussen enerzijds functie- en prestatie-eisen voor het netwerk als geheel, en anderzijds de hieruit afgeleide bijdragen aan deze eisen van de objecten binnen dit netwerk. In de praktijk blijkt deze vertaling (in kwantitatieve zin) lastig.

## 2.2.3 Functionele levensduur

De functionele levensduur van een object(onderdeel) eindigt als het de benodigde bijdrage(n) aan de geëiste netwerkprestaties niet meer kan leveren. Dit kan ontstaan doordat:

- de benodigde prestatie-bijdrage in de loop van de tijd verandert (doordat de functie-eisen en/of de mate van betrouwbaarheid of beschikbaarheid veranderen) en/of
- de belastingcondities waaronder de prestatie-bijdrage te leveren veranderen.

*Toelichting: Zo kunnen de ontwerpafmetingen van de sluis kolk destijds zijn afgestemd op schepen t/m CEMT-klasse Va. De kolkbreedte kan bij een hogere prestatie-eis aan het netwerk een probleem opleveren, bijvoorbeeld als de corridor (waar de sluis onderdeel van is) een hogere CEMT-klasse moet gaan faciliteren. Bij veranderende lokale belastingcondities kan de drempelhoogte het faciliteren van de oorspronkelijke CEMT-klasse beperken. Zo kan de kolk bij een vaker voorkomende lage rivierafvoer (en dus beperkte vaardiepte) een kleiner deel van de tijd beschikbaar zijn, waardoor de betrouwbaarheid van het netwerk waar de sluis kolk onderdeel van is afneemt.*

De belastingcondities bij een object kunnen veranderen onder invloed van verschillende categorieën van (externe) drivers<sup>17</sup> op het netwerk. De invloed van een driver op een netwerk uit zich in locatie-specifieke belastingeffecten<sup>18</sup> op objecten.

<sup>12</sup> één van de drie beheergebieden van Rijkswaterstaat (i.e. het hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en hoofdwatersysteem) waarbij wordt opgemerkt dat de waternetwerken elkaar voor een groot deel overlappen;

<sup>13</sup> voor een constructie(onderdeel): periode van aanleg tot sloop;

<sup>14</sup> aan de functie(s) van een object gestelde eisen in termen van RAMSSHEEP;

<sup>15</sup> kans dat een object gedurende een bepaalde periode zonder falen de functie(s) onder gegeven condities vervult;

<sup>16</sup> verwachte fractie van de totale tijd dat een object onder gegeven condities functioneert óf kans dat een object onder gegeven condities functioneert wanneer het op een willekeurig tijdstip wordt aangesproken;

<sup>17</sup> externe ontwikkeling met invloed op functies (prestaties en eisen) netwerk, waarbij in het KpNK de focus ligt op de gevolgen van klimatologische, socio-economische en beleidsmatige ontwikkelingen;

<sup>18</sup> locatie-specifiek effect op een kunstwerk (bv hoger verval) onder invloed van een driver (bv zeespiegelstijging);

## 2.2.4 Functionele capaciteit

De functionele capaciteit<sup>19</sup> van een object(onderdeel) wordt in het ontwerp bepaald. De mate waarin deze capaciteit gedurende de levensduur daadwerkelijk kan worden aangesproken hangt af van de belastingcondities en de actuele (technische) conditie.

*Toelichting: Zo zal bij een afnemende rivierafvoer de bijdrage van een schutsluis aan het functioneren van een scheepvaartcorridor binnen het hoofdvaarwegennet (qua doorlaten van aantallen en/of grootten van schepen) als geheel kunnen afnemen. Ondanks dat de functionele capaciteit (wat de sluis in theorie kan bijdragen) hetzelfde blijft.*

## 2.2.5 Functionele samenhang

Het hangt vaak niet van de bijdrage van slechts één object af of aan een prestatie-eis van het netwerk wordt voldaan. De fysieke waterinfrastructuur<sup>20</sup> in Nederland is meestal zo ingericht, dat een combinatie van objecten en/of objectonderdelen daarvoor verantwoordelijk is. In een diagnose van de actuele functionele prestaties van een object(onderdeel) volstaat het dus niet om alleen de prestaties van dat object(onderdeel) te beschouwen; ook het omliggende deel van het netwerk is relevant. Daarmee komen we op de functionele samenhang<sup>21</sup>, die binnen een netwerk op twee niveaus van toepassing is: intern en extern.

### 2.2.5.1 Interne functionele samenhang

Bij een diagnose van de actuele functionele prestaties moet rekening worden gehouden met het feit, dat één object(onderdeel) veelal aan meerdere netwerkprestaties bijdraagt en dat deze bijdragen kunnen samenhangen. Het vergroten van de ene prestatie kan dus leiden tot extra beperkingen bij het naar behoren uitvoeren van andere functies. De samenhang binnen een object wordt in het vervolg met de term 'interne functionele samenhang' aangeduid.

*Toelichting: Zo kan de functionele capaciteit van een zeesluis worden vergroot door de kolk te vergroten. Dit leidt tot een hogere beschikbaarheid en/of kortere wachttijd voor schepen. Aan de andere kant is – zonder extra maatregelen – de zoutlast op het watersysteem achter de zeesluis per schutcyclus ook hoger met een grotere schutkolk.*

### 2.2.5.2 Externe functionele samenhang

Bij een diagnose van de actuele functionele prestaties moet rekening worden gehouden met het feit, dat er veelal bijdragen van meer dan één object nodig zijn om een functie-eis aan het netwerk naar behoren te kunnen invullen. Een verandering in mogelijkheden van één object kan dus invloed hebben op de mate waarin het de netwerkfunctie met andere objecten naar behoren kan vervullen. De samenhang tussen objecten in het netwerk wordt in het vervolg met de term 'externe functionele samenhang' aangeduid.

*Toelichting: Het beschikbaar zijn van een scheepvaartroute voor CEMT-klassen hangt o.a. samen met de doorvaarthoogte, die door vaste bruggen op een route wordt beperkt. Slechts één vaste brug kan een beperking opleggen aan een hele route. Verder kan de beschikbaarheid van een vaartroute in de loop van de tijd lager worden als – door slijtage van de sluisdeuren bij één van de complexen op de route als gevolg van vaker openen en sluiten – minder betrouwbaar wordt. De gemiddelde vaartijd door de corridor wordt dan langer en het gemiddeld aantal schepen dat de corridor kan gebruiken kleiner. Zeker als er geen alternatieve scheepvaartroutes binnen de corridor zijn.*

<sup>19</sup> de maximale bijdrage die een kunstwerk aan een functie-eis wat betreft een netwerkprestatie kan leveren;

<sup>20</sup> bestaande uit een samenstel van een groot aantal objecten: dus kunstwerken, die door kanaalplanden en rivierstrekkingen met elkaar zijn verbonden en door dijken, dammen en kades zijn ingesloten;

<sup>21</sup> samenhang tussen objecten die één zelfde vervullen in een watersysteem of complex, of samenhang tussen verschillende functies behorende tot één object;

De redundantie<sup>22</sup> van een netwerk hangt niet één-op-één samen met de externe samenhang in het netwerk; ook zonder externe samenhang kan een netwerk redundant zijn uitgevoerd.

Merk op dat het identificeren van de externe functionele samenhang binnen een netwerk wel helpt om de redundantie te karakteriseren. Bij veel samenhang is de kans groter dat bij uitval andere objecten in het netwerk ervoor kunnen zorgen dat het netwerk blijft functioneren.

### 2.2.6 Functionele inspectie

Met een functionele inspectie wordt bedoeld het op basis van (bij voorkeur kwantitatieve) waarnemingen de daadwerkelijke functionele prestatie van een object onder de huidige condities – als onderdeel van het omliggende gebied – vaststellen, om de functionele prestatie zo waarheidsgetrouw mogelijk in de schematisering van het gebiedsmodel voor diagnose en prognose van het netwerk af te kunnen dekken. Het uiteindelijke doel is het komen tot betrouwbare prognoses bij toekomstige condities van het functioneren van het object als onderdeel van het netwerk (inclusief de functionele samenhang).

Bij het in kaart brengen van de interne functionele samenhang is het volgende relevant:

1. Wat is volgens het ontwerp de functionele capaciteit van het beschouwde object?
2. Aan welke netwerkprestatie(s) levert het object bij de huidige conditie(s) een bijdrage?
3. Wat is binnen het object de interne samenhang tussen deze bijdragen?
4. In welke mate verandert de interne samenhang bij veranderende condities?

En bij het in kaart brengen van de externe functionele samenhang is het volgende relevant:

5. Welke objecten dragen bij aan het vervullen van een netwerkprestatie?
6. Hoe groot zijn deze bijdragen bij de huidige conditie(s)?
7. Hoeveel redundantie zit er in het netwerk? Kan de netwerkfunctie nog steeds naar behoren worden vervuld indien de bijdrage van één of meerdere objecten wegvalt?
8. In welke mate verandert de externe samenhang bij veranderende condities?

---

<sup>22</sup> *in de techniek: de mate waarin onderdelen van een systeem dubbel, of nog vaker, aanwezig zijn zodat het goed blijft functioneren wanneer er een onderdeel uitvalt;*

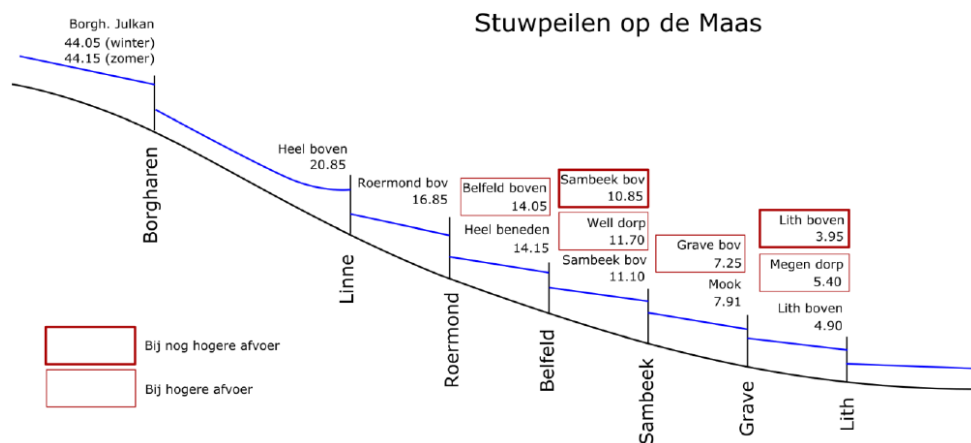
### 3 Beschrijving Grave en omliggend netwerk

In dit hoofdstuk wordt een geografische, functionele en operationele beschrijving van de waterinfrastructuur rondom de Maasstuwen gegeven ten behoeve van de afbakening (stap a) van de case study in Paragraaf 4.1. Deze is grotendeels aan ref [7] ontleend.

#### 3.1 Context Maasstuwen

In ref [1] wordt aangegeven dat het KpNK belang hecht aan het gebruik van casuïstiek bij het concreet onderbouwen van de gezamenlijke kennisontwikkeling door kennisinstelling en waterbeheerder. De bijdrage ref [7] aan de voorbereiding van de beleidsbeslissing over VenR van de Maasstuwen door RWS Zuid-Nederland en RWS-Ontwerpt is hier een voorbeeld van.

De beleidsbeslissing omvat de zeven stuwcomplexen in de Maas (zie Figuur 4) die begin 20<sup>ste</sup> eeuw zijn gebouwd. In het ontwerp van de complexen is van een zichtperiode van 100 jaar uitgegaan. Uit monitoring en inspecties blijkt dat enkele stuwen spoedig einde technische levensduur zullen bereiken en moeten worden vervangen. De regioanalyse Maasstuwen (zie ref [10]) heeft geconcludeerd dat de huidige leidende principes (waterafvoer en scheepvaart) ook voor de toekomst leidend blijven, en dat daarvoor stuwen op dezelfde locatie nodig zijn.



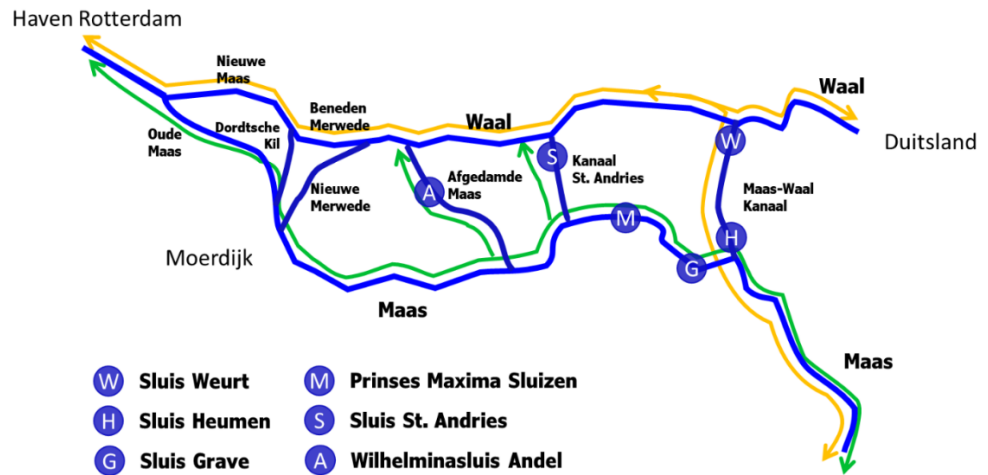
Figuur 4: Stuwpeilen op de Maas uit ref [6]

De huidige stuwen zijn bij hoge afvoeren op de Maas doorvaarbaar, maar de vraag is of dat in de toekomst ook zo moet blijven. Het al dan niet doorvaarbaar maken van de nieuwe stuwen is een keuze die op systeemniveau (en niet op objectniveau) moet worden gemaakt. RWS Zuid-Nederland en RWS-Ontwerpt hebben met betrekking tot deze doorvaarbaarheid een aantal vragen gesteld aan het KpNK.

Deze vragen hebben enerzijds betrekking op welke stappen moeten worden gezet en welke informatie er voor de beleidsbeslissing nodig is; dit heeft KpNK de mogelijkheid geboden om het stappenplan in Figuur 2 te valideren. Anderzijds is de vraag aan KpNK geweest om de inhoudelijke informatie zelf te verwerken; dit heeft KpNK gedaan door het in stap 3 uitvoeren van een data-analyse over klimaat en scheepvaartprestaties van de Maasstuwen. De antwoorden op de RWS-vragen zijn door KpNK vastgelegd in ref [7].

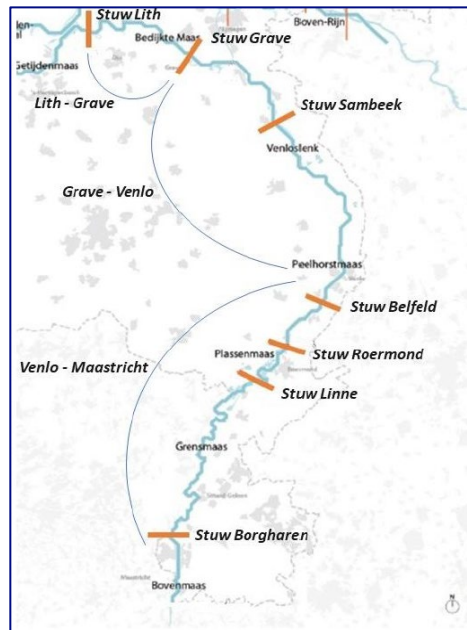
### 3.2 Geografische beschrijving

De Maas maakt deel uit van zowel het Hoofdwatersysteem als het Hoofdvaarwegennet. Op de functionele prestaties van dit gebied zijn zowel het stroomgebied van de Maas (gestuwd) als dat van de Rijn (niet gestuwd) van invloed. De aansluiting tussen beide stroomgebieden bevinden zich op meerdere locaties (zie Figuur 5).



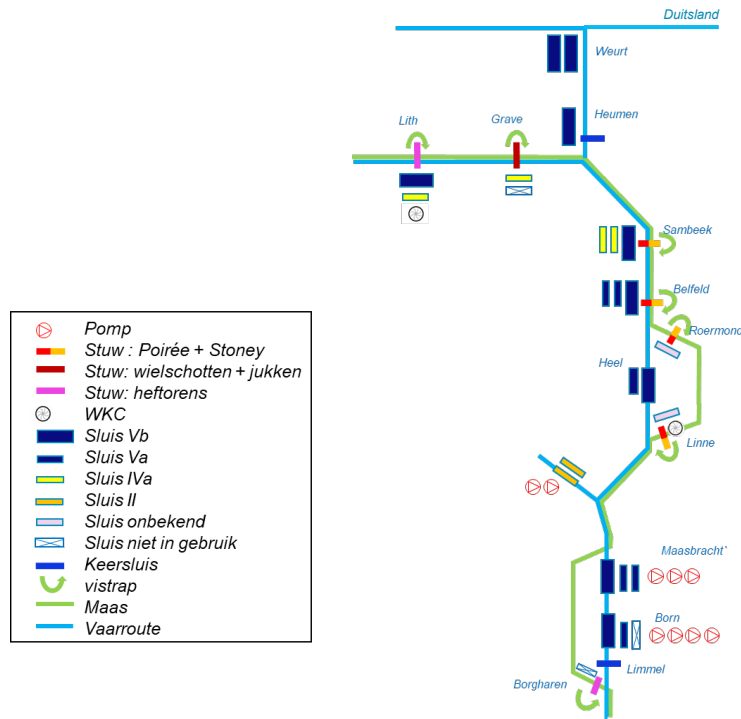
Figuur 5: Ligging van aansluitingen (via een object) van stroomgebieden Rijn en Maas ontleend aan ref [9]

De zeven stuwcomplexen in de Maas liggen in stroomafwaartse volgorde bij Borgharen, Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek, Grave en Lith (zie Figuur 6).



Figuur 6: Geografische ligging Maasstuwen

In Figuur 7 wordt een overzicht gegeven van objecten (stuwen, schut- en keersluizen, pompen, waterkrachtcentrales en vistrappen) binnen de waterinfrastructuur van de Maasstuwen.



Figuur 7: Inzicht in objecten binnen waterinfrastructuur Maasstuwen.

Hierin wordt ook al een doorkijk gegeven naar de functionele beschrijving. Zo is er bij stuwcomplex Grave één sluiscolk beschikbaar die zonder beperkingen passeerbaar is voor CEMT-klasse IVa en lager. Met diepgangsbeppering kan klasse Va echter ook de sluis passeren.

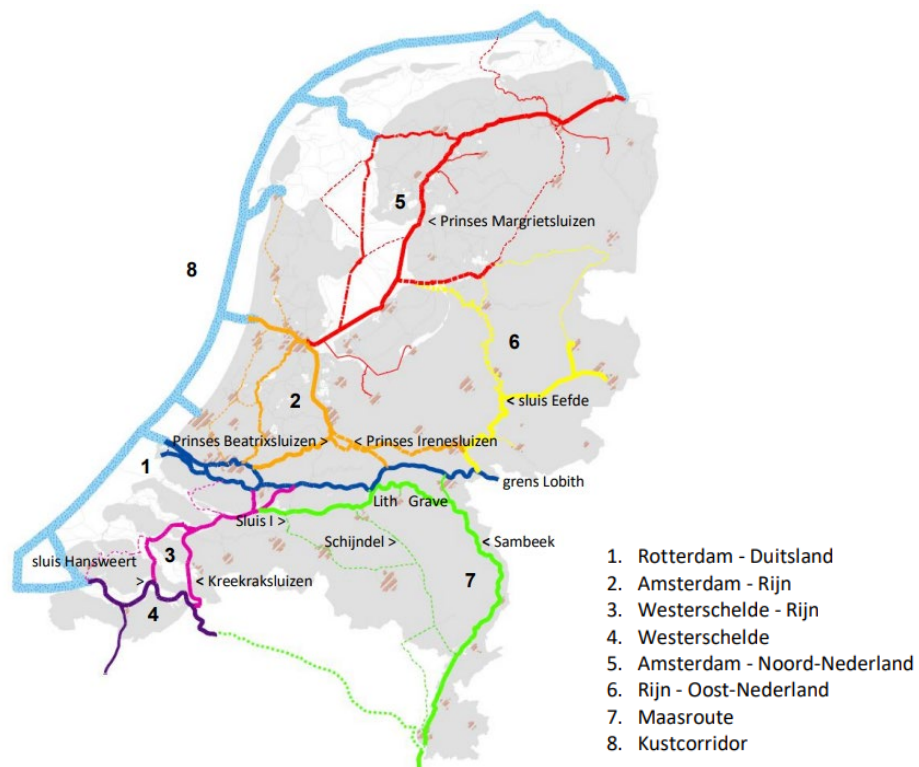
### 3.3 Functionele beschrijving

In Paragraaf 3.2 van ref [7] is per kerntaak een overzicht gegeven van alle (specifiek voor stuwcomplex Grave, dan wel generiek geldende) functies. De ondersteuning van de VenR-beleidsbeslissing over doorvaarbaarheid van de Maasstuwen heeft zich echter vooral gericht op de kerntaak<sup>23</sup> vlot en veilig scheepvaartverkeer. Vanuit dat perspectief is voor de Maas vooral de Zuidoost-corridor van belang, dus de onderdelen Rotterdam-Duitsland (#1 donkerblauw) en Maasroute (#7 groen) in Figuur 8.

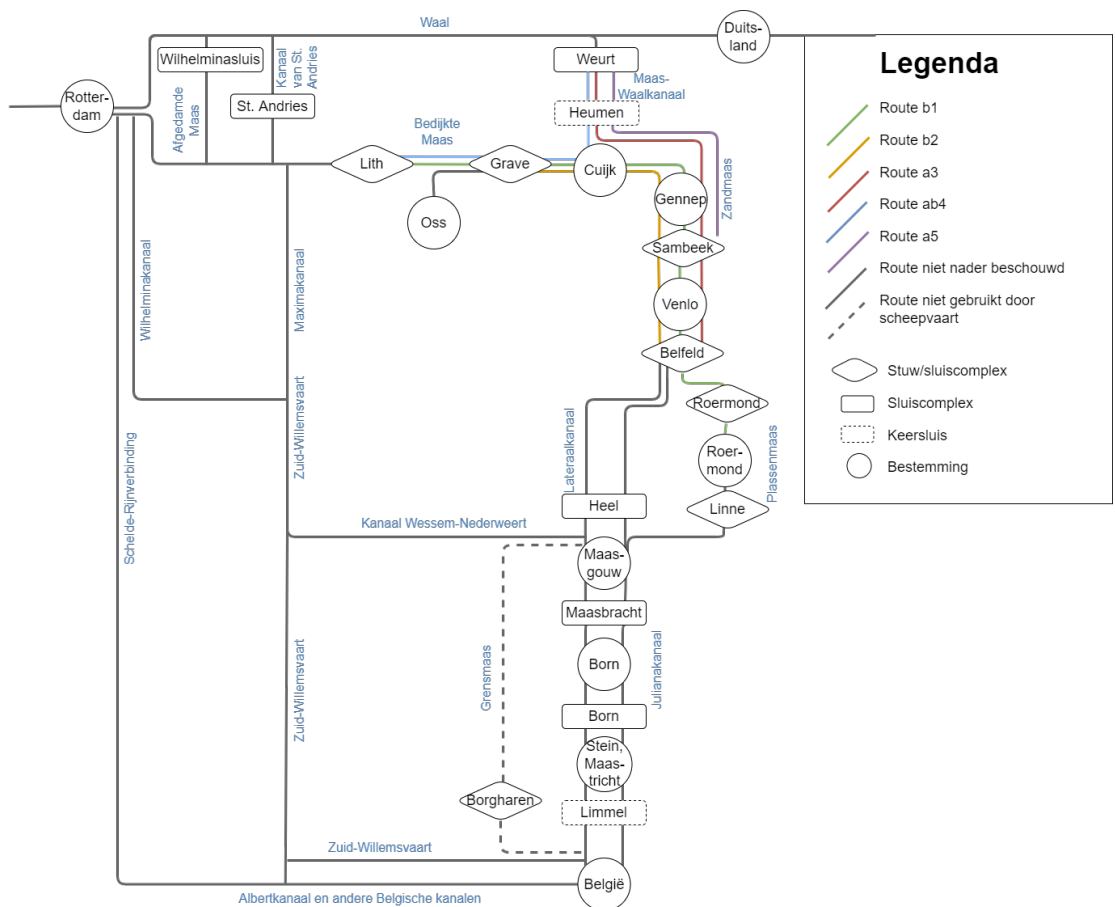
Voor de data-analyse gericht op de doorvaarbaarheid van de Maasstuwen is in ref [8] een inventarisatie gemaakt van regionale en lokale scheepvaartroutes (zie de routes b1, b2, a3, ab4 en a5 in Figuur 9). Voor een overzicht hiervan verwijzen we naar Figuur 3-2 van ref [6]. Een bruikbare data-analyse vereist inzicht in wat achter de keuzes van schepen kan zitten om (afhankelijk van de heersende condities) een route in Figuur 9 te kiezen. Hierover het volgende:

- De voorkeursroute voor de scheepvaart in de Zuidoost-corridor bij normale afvoercondities op de Maas en de Waal is via de Waal, dus via route a3 of route a5. Hierin liggen minder objecten die het doorvaren beperken wat optimalisering van vaarkosten (zo kort mogelijke reistijd, zo min mogelijk brandstofverbruik) mogelijk maakt. Bijvangst is de minimalisering van emissies (brandstof).

<sup>23</sup> aangewezen maatschappelijke functie van Rijkswaterstaat in het beheer van haar netwerk (te weten waterveiligheid, voldoende water, schoon en gezond water alsmede vlot en veilig verkeer over water);



Figuur 8: Verschillende onderdelen van het Hoofdvaarwegennet in Nederland



Figuur 9: Vaarroutes Maasstuwen die in ref [7] zijn gebruikt voor verdere analyses

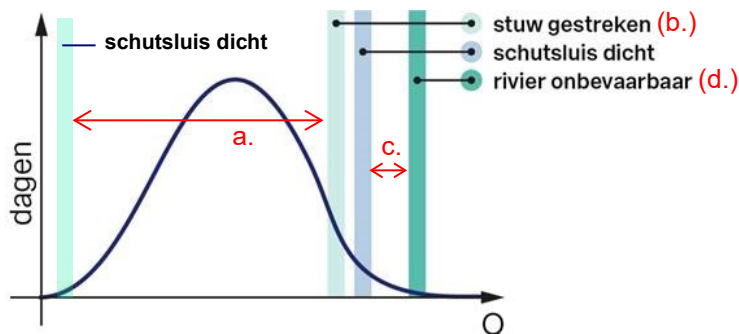


- Conform Figuur 3-2 in ref [7] ligt stuwcomplex Grave bij laagwater op de Waal in de hoofdroute voor de scheepvaart in de Zuidoost-corridor. Schepen tot en met CEMT-scheepvaartklasse Va varen bij lage afvoercondities op de Waal dan:
  - via route ab4, dus via sluiscomplex Weurt, het Maas-Waalkanaal en stuwcomplex Grave van Duitsland naar West-Nederland (en vice versa);
  - via route b1 en route b2, dus via stuwcomplex Sambeek, stuwcomplex Grave en stuwcomplex Lith van België naar West-Nederland (en vice versa).
- Conform Figuur 9 ligt Grave nabij verschillende lokale bestemmingen, waardoor lokaal verkeer voor route b1 en route b2 door stuwcomplex Grave kan kiezen. Kleinere schepen die vanuit Venlo (via stuwcomplex Sambeek), Gennep of Cuijk naar Oss willen varen (en vice versa) moeten via stuwcomplex Grave.

### 3.4 Operationele beschrijving

In Paragraaf 2.1 van ref [7] wordt de afvoer-afhankelijke operatie van stuw en sluiskolk(en) binnen een stuwcomplex beschreven, die in Figuur 10 wordt gevisualiseerd.

- Bij extreem lage en normale rivierafvoeren wordt via het aanpassen van de doorstroomopening van de stuw het gewenste stuwpeil in het stuwvand gehandhaafd.
- Als de rivierafvoer toeneemt en de maximale doorstroomopening is ingezet voor de waterafvoer, dan zal het op een gegeven moment niet meer mogelijk zijn het stuwpeil in het stuwvand te handhaven en wordt de stuw gestreken. De scheepvaart kan dan kiezen om het stuwcomplex te passeren via de stuw of via de sluis.
- Als de rivierafvoer nog verder toeneemt, dan zal op een gegeven moment het water over de sluisdeuren stromen en moet de schutsluis worden gestremd. De scheepvaart kan dan nog door de stuwopening varen.
- Bij nog hogere afvoeren zal het water deels via de uiterwaarden stromen. Schepen hebben dan nog de mogelijkheid om door de stuw het stuwcomplex te passeren, tot de rivier op een gegeven moment onbevaarbaar bevonden wordt.



Figuur 10: Schematische weergave van operatie stuw en sluiskolk(en) als functie van de rivierafvoer (Q) binnen een stuwcomplex

## 4 Opzet case study

### 4.1 Stap a – Afbakening case study

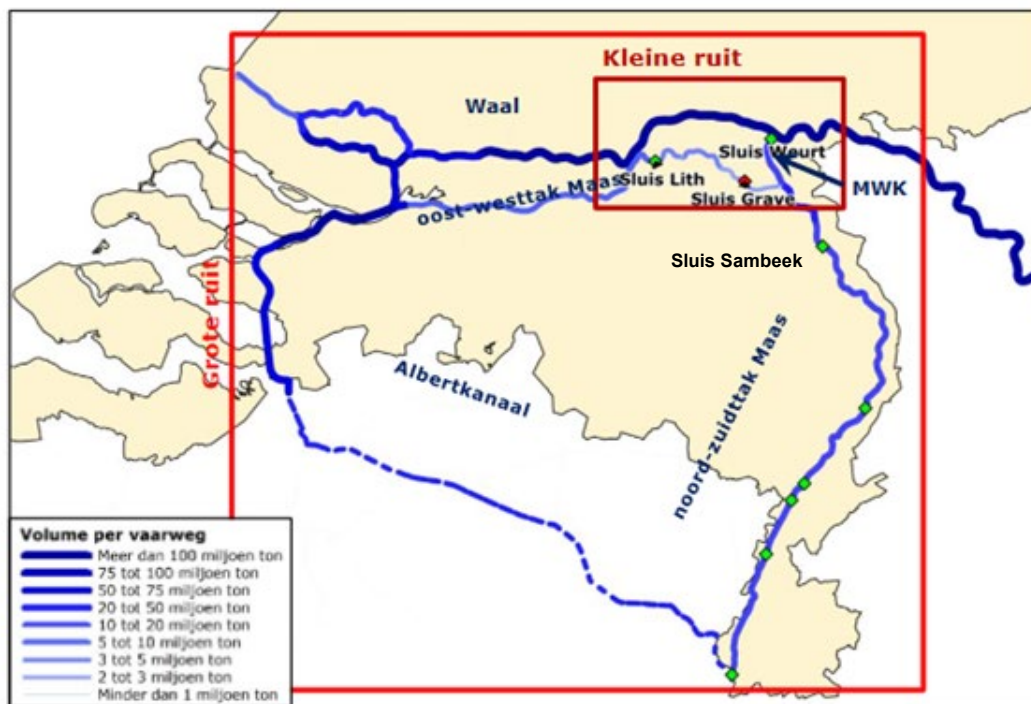
De voorliggende case study, waarin we vooral verkennen in hoeverre op dit moment een functionele inspectie via de concept aanpak in Paragraaf 2.1 kan worden uitgevoerd, is binnen de scope van de praktijkcase in Hoofdstuk 3 opgezet. We leggen de focus daarbij op de redundantie van het Hoofdvaarwegennet rondom stuwcomplex Grave, in het bijzonder de impact van een stremming van sluis Grave op het vaargedrag. De eerste stap in deze aanpak betreft de afbakening in geografische, functionele en operationele zin.

#### 4.1.1 Sluiskolk Grave

Het gaat in de case study om een functionele inspectie van de scheepvaartfunctie van het complex. Conform Paragraaf 3.2 is binnen stuwcomplex Grave slechts één sluiskolk in gebruik (kolkafmetingen 142 m bij 16 m). Het stuwcomplex uit 1929 bestaat conform Bijlage A.9 van ref [7] verder uit een Poirée-stuw (20 schotten van elk 5,5 m breed) en een vispassage.

#### 4.1.2 Kleine ruit

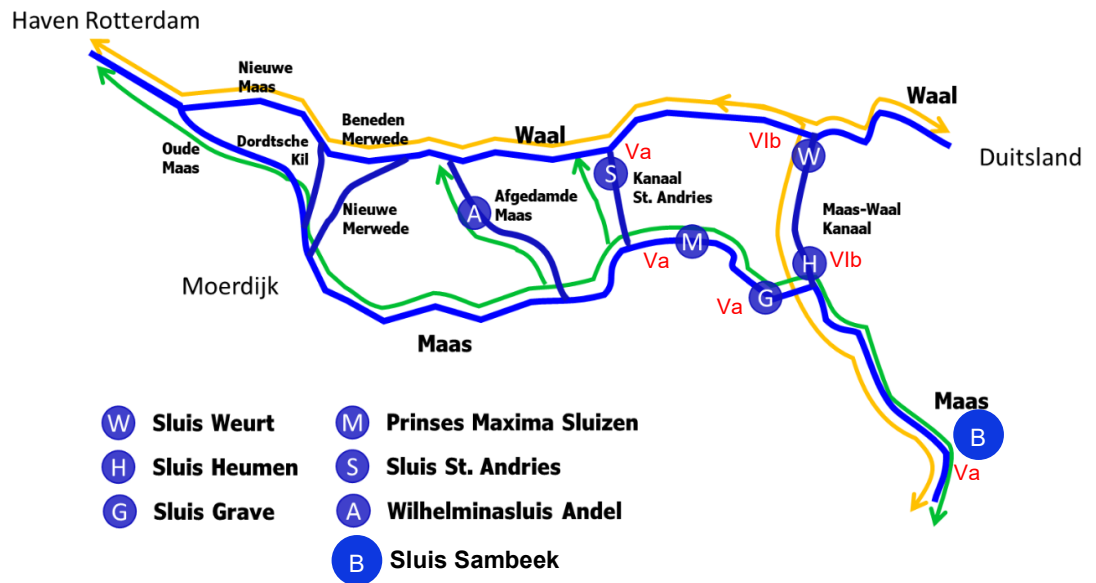
Wat betreft het hoofdvaarwegennet rondom Grave richten we de aandacht op de samenhang tussen sluiskolk Grave en de omliggende sluisen (i.e. Lith, Weurt en Sambeek). Zij moeten gezamenlijk de geëiste netwerkprestaties van het Hoofdvaarwegennet leveren. Daarmee valt de case study binnen de zogenaamde 'kleine ruit' in de Zuidoost-corridor in Figuur 11. Eventueel omvaren via de 'grote ruit' wordt in deze studie buiten beschouwing gelaten.



Figuur 11: Afbakening van in case study beschouwde deel van Zuidoostcorridor (bron ref [8])

Uit Figuur 11 kan al worden opgemaakt dat, als binnen dit deel van het hoofdvaarwegennet bij sluiskolk Grave een stremming optreedt, er (voor de grotere schepen) nog steeds verschillende mogelijkheden zijn voor het kiezen van een alternatieve route.

In Figuur 12 geven we een overzicht van de locaties van een aantal voor deze case study relevante objecten met betrekking tot de scheepvaartfunctie binnen de kleine ruit. Zo zijn voor een behapbare verkennende case de vaste bruggen in de kleine ruit, die bij een hoge rivierafvoer een beperking van de doorvaarthoogte kunnen vormen, buiten beschouwing gelaten.

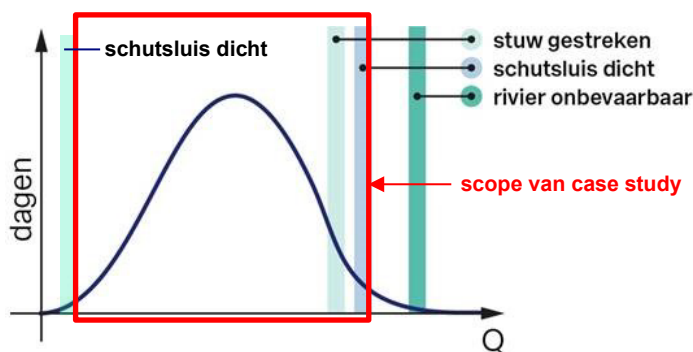


Figuur 12: Locaties en scheepvaartklassen van relevante objecten in case study uit ref [9]

Met deze afbakening bestrijken we een behapbaar deel van het netwerk met externe functionele samenhang tussen sluis Grave en de omliggende sluisen. Het wegvallen van de bijdrage van sluis Grave aan de netwerkprestatie scheepvaart van het hoofdvaarwegennet levert naar verwachting een beperkt aantal (te analyseren) alternatieve vaarroutes op.

#### 4.1.3 Afvoercondities

In de voorliggende case study gebruiken we alleen data die betrekking hebben op de 'normale afvoercondities' van de Maas. Het gaat daarbij om de afvoeren waarbij de sluiscolk normaal gesproken in operatie is, dus tussen een extreem lage en extreem hoge rivierafvoer. Conform Subparagraaf 3.4 betreft dat de afvoeren tot aan het moment dat de sluis wordt gestremd (i.e. combinatie operatiegebied a én b), zie Figuur 13.



Figuur 13: Operationele scope van deze case study

Conform Tabel 5-1 in ref [7] heeft sluiscolk Grave een maximaal schutpeil van NAP +9,00 m. Tot aan het strijken van de stuw (bij een afvoerdebiet van circa 1.600 m<sup>3</sup>/s) passeert alle scheepvaart het stuwcomplex via de sluiscolk. In het beperkte gebied tussen het gestreken

zijn van de stuw en het stremmen van de sluiskolk in Figuur 13 heeft de scheepvaart keuze tussen de sluiskolk en de stuwopening .

Voor een behapbare verkennende case veronderstellen we echter dat het strijken van de stuw en het stremmen van de sluiskolk op hetzelfde moment plaatsvinden. Gezien de focus van de case study wordt hierbij het stremmen van de sluiskolk voor aangehouden. Met die aanname speelt de keuze voor schepen hoe het complex te passeren geen rol.

#### 4.1.4 Oorzaken niet-beschikbaarheid

Wat betreft het niet-beschikbaar geraken van de sluis maken we in de verkennende case study, in lijn met de informatie uit het NIS<sup>24</sup>, onderscheid tussen verschillende oorzaken hiervoor:

- geplande niet-beschikbaarheid ('gepland onderhoud')
- ongeplande niet-beschikbaarheid, met onderscheid tussen
  - ongeplande niet beschikbaarheid binnen het dagelijkse beheer, zoals:
    - 'storing en ongepland onderhoud'
    - 'calamiteit/incident/aanvaring'
    - 'hydro/meteo'
    - 'overig'
  - ongeplande niet-beschikbaarheid buiten het dagelijkse beheer, zoals:
    - 'waterstand lager dan minimum'<sup>25</sup>
    - 'waterstand hoger dan maximum'

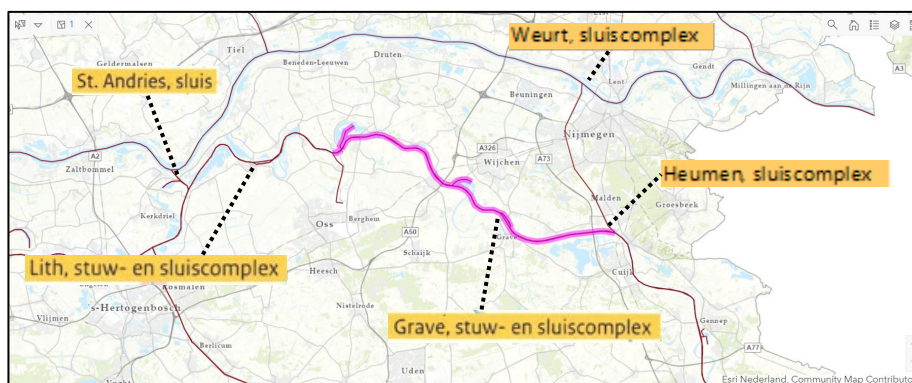
In het vervolg richten we ons op twee situaties qua beschikbaarheid van het Hoofdvaarwegennet rondom stuwcomplex Grave binnen de operationele scope in Figuur 13:

- In de normale situatie zijn sluiskolk Grave en de omliggende sluizen beschikbaar;
- In de gestremde situatie is alleen sluiskolk Grave (gepland dan wel ongepland) niet-beschikbaar, en zijn de omliggende sluizen wel beschikbaar.

## 4.2 Stap b – Uitgangspunten case study

### 4.2.1 Functies

In Figuur 14 is de netwerkschakel<sup>26</sup> voor de scheepvaartfunctie waar stuwcomplex Grave deel van uitmaakt paars weergegeven, alsmede een aantal stuw- en sluiscomplexen.



Figuur 14: Relevante netwerkschakel voor de scheepvaartfunctie van stuwcomplex Grave

<sup>24</sup> Netwerk Informatie Systeem;

<sup>25</sup> het is onduidelijk of perioden met extreem lage rivierafvoer ook in het NIS zijn opgenomen;

<sup>26</sup> een deel van het netwerk dat in een bepaalde functie voorziet;

In verband met de focus van de voorliggende case study op de scheepvaart van stuwcomplex Grave (en in het bijzonder de sluiskolk) is alleen Tabel 3-4 van ref [7] relevant, met de functies 'varen mogelijk maken' en 'faciliteren/verzorgen vaarwegverkeer' benoemd:

#### 4.2.2 Prestatie-eisen

Vanuit Tabel 3-4 van ref [7] is de volgende (vooral kwalitatieve) informatie over de huidige prestatie-eisen aan de sluiskolk Grave samenvat:

- Qua doorvaarthoogte, -diepte en -breedte moet zonder beperkingen sluiskolk Grave passeerbaar zijn voor CEMT-klasse IVa schepen en lager (zie Figuur 7), en met diepgangsbepijking kan klasse Va moet ook de sluis kunnen worden gepasseerd.
- Er geldt op dit moment blijkbaar geen ambitie over een percentage van de tijd dat het stuwcomplex beschikbaar<sup>27</sup> is voor het passeren door schepen.
- Er geldt op dit moment blijkbaar geen ambitie over een maximale wachttijd<sup>28</sup> voor schepen voor het stuwcomplex.

Er gelden volgens Tabel 3-4 van ref [7] geen specifieke (kwantitatieve) eisen gerelateerd aan de beschikbaarheid van de sluiskolk en de hoeveelheid vaartugverliesuren op jaarbasis (zoals het minimale aantal schepen dat per dag moet kunnen worden geschut, de maximale wachttijden of reistijden van schepen die normaliter door stuwcomplex Grave varen).

*Afgezien van de CEMT-klasse, is er dus geen eis (bekend) aan de kwantitatieve bijdrage die sluiskolk Grave moet leveren aan de netwerkprestatie-eisen voor de scheepvaart binnen de kleine ruit. De case study is daarom gericht op redundantie; i.e. de kwantitatieve impact die het niet-beschikbaar geraken van sluiskolk Grave heeft op de aantallen schepen kleiner dan of gelijk aan CEMT-klasse Va die noodgedwongen wachten<sup>29</sup> voor stuwcomplex Grave of een andere route kiezen (zie Subparagraaf 3.3).*

#### 4.2.3 Vaarroutes binnen en rondom kleine ruit

Wat betreft de scheepvaart clusteren we de vaarroutes – gebruikmakend van 'randknoten' (Lith, Weurt en Sambeek), een 'omvaarknoop' (Sint Andries) en een 'centrale knoop' Grave zoals weergegeven in Figuur 15 – in de volgende vijf typen vaarroutes:

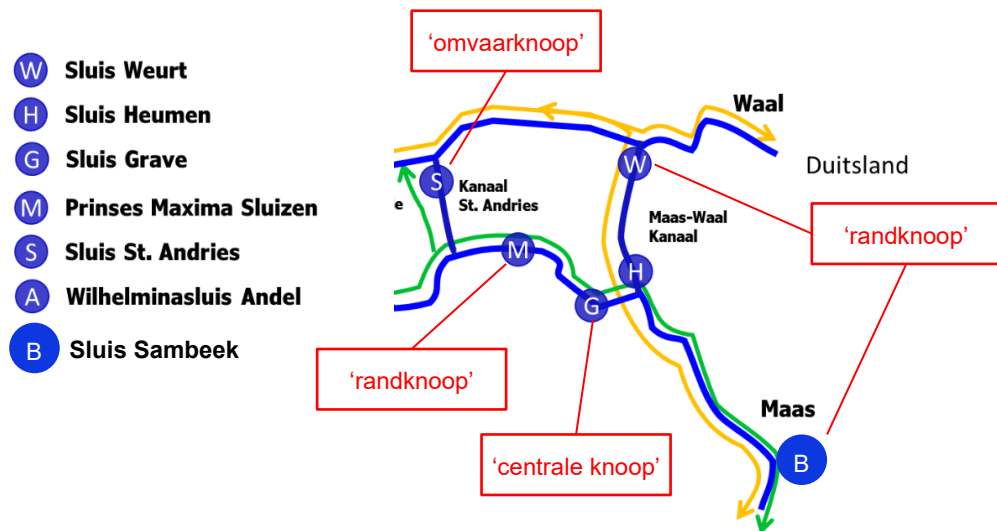
- **doorgaand verkeer**<sup>30</sup>, i.e. vaarroutes die via een randknoop de kleine ruit binnenkomen en via een andere randknoop de kleine ruit uitgaan;
- **'bestemmingsverkeer'**, i.e. vaarroutes die via dezelfde randknoop de kleine ruit binnenkomen en/of de kleine ruit uitgaan;
- **'lokaal verkeer'**, i.e. vaarroutes binnen de kleine ruit die geen randknoop raken;
- **'omvarend verkeer'**, i.e. vaarroutes die vanuit een randknoop via Sint Andries varen en/of via Sint Andries naar een randknoop varen.

<sup>27</sup> in Tabel 3-4 van ref [7] wordt aangegeven, dat na het vervangen van de stuw de ambitie geldt dat het stuwcomplex meer dan 98% van de tijd beschikbaar moet zijn voor het passeren door schepen;

<sup>28</sup> in Tabel 3-4 van ref [7] wordt aangegeven, dat na het vervangen van de stuw de ambitie geldt dat wachttijden voor schepen voor het stuwcomplex worden geminimaliseerd;

<sup>29</sup> Naar verwachting zullen veel aspecten meespelen in de beslissing van een schip om bij een lokale stremming van de voorkeursroute voor een alternatieve vaarroute te kiezen. Dit maakt het erg lastig om een inschatting te maken bij welke duur van een vertraging deze alternatieve vaarroutes worden gekozen.

<sup>30</sup> in lijn met Figuur 9 omvat deze de vaarroutes ab4, b1/b2 en a3/a5;



Figuur 15: Toelichting ligging centrale knoop, omvaarknoop en randknopen voor data-analyse vaarroutes

### 4.3 Stap c – Vereiste waarnemingen per functie

Het doel van de voorliggende case study is om via een functionele inspectie de redundantie van het Hoofdvaarwegennet rondom stuwcomplex Grave – in het bijzonder de impact van een stremming van sluiskolk Grave op het vaargedrag binnen de kleine ruit – in kaart te brengen. Deze functionele inspectie van het vaargedrag omvat in lijn met Subparagraaf 4.1.4:

- waarnemingen in de normale situatie, i.e. als alle sluizen binnen de kleine ruit in operatie horen te zijn en er geen sprake is van (on)geplande niet-beschikbaarheid;
- ten tweede waarnemingen in de gestremde situatie, i.e. als alleen sluiskolk Grave is gestremd en de overige sluizen 'gewoon' in operatie;
- tot slot een vergelijking van beide situatie, waaruit kan worden opgemaakt in hoeverre er sprake is van aangepast vaargedrag door de stremming van Grave.

In deze subparagraaf wordt nagageen welke (kwantitatieve) waarnemingen er vereist zijn om deze functionele inspectie uit te voeren. Vervolgens wordt in Subparagraaf 4.4 geïnventariseerd welke (kwantitatieve) waarnemingen beschikbaar zijn.

Gezien het bovenstaande richten we de functionele inspectie op het in kaart brengen van het verschillen in optredende scheepvaartintensiteit binnen de kleine ruit rondom sluiskolk Grave. Dat vereist inzicht in zowel aantallen scheepspassages per sluis als de intensiteit per vaarroute in zowel de normale als gestremde situatie. En dus de volgende (kwantitatieve) waarnemingen:

- representatieve tijdsperioden voor normale en gestremde situatie;
- in beide situaties de hoeveelheden passages per dag (schepen kleiner dan of gelijk aan CEMT-klasse Va) bij Grave, Weurt, Lith en Sambeek;
- in beide situaties en op dezelfde locaties hoe deze hoeveelheden scheepspassages per dag als functie van de tijd zich voordoen;
- in beide situaties inzichtelijk krijgen van representatieve vaarroutes van de schepen dus waar een schip de kleine ruit binnenkomt, welke tussenpunten deze passeert, waar deze de kleine ruit (eventueel) weer verlaat en/of waar deze wacht.

Aanvullend daarop veronderstellen we dat de volgende aspecten mogelijk invloed hebben op het waargenomen vaargedrag en, waar mogelijk, dus ook in kaart moeten worden gebracht<sup>31</sup>:

- verloop van rivierafvoer in de tijd op de Maas en de Rijn;
- CEMT-klasse;
- weekdag.

#### 4.4 Stap d - Beschikbare waarnemingen

De (kwantitatieve) waarnemingen in Tabel 1 zijn beschikbaar gebleken voor deze case study. Hieronder lichten de beschikbare waarnemingen en de gekozen afbakening in de tijd kort toe, waarna we constateren in hoeverre dit afdekt wat nodig is.

Gewenste waarneming	Bruikbare waarneming	Beschikbaar?
<b>Representatieve tijdsperioden voor normale en gestremde situatie</b>	• NIS-overzicht van perioden zonder geregistreeerde stremmingen bij Weurt, Heumen, Grave, Lith, Sint Andries en Sambeek (feb-2004 t/m mei-2022)	ja
	• NIS-overzicht van perioden met stremmingen sluis Grave (feb-2004 t/m mei-2022)	ja
<b>Hoeveelheden scheepspassages per dag per sluislocatie, incl. info over:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> <li>• AIS data (2016 t/m september 2021)</li> </ul>	ja ja beperkt
<b>- CEMT-klasse per passage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> <li>• AIS-data (2016 t/m september 2021)</li> </ul>	ja ja beperkt
<b>- ladingtype per passage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> </ul>	ja ja
<b>- beladingsgraad per passage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> </ul>	ja ja
<b>- dag van de week</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> </ul>	ja ja
<b>Hoeveelheden scheepspassages per dag als functie van de tijd per sluislocatie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> <li>• AIS-data (2016 t/m september 2021)</li> </ul>	ja ja beperkt
<b>Representatieve vaarroutes van schepen binnen de kleine ruit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IVS-90 data (t/m maart 2019)</li> <li>• IVS-Next data (vanaf maart 2019)</li> <li>• AIS-data (2016 t/m september 2021)</li> </ul>	ja ja beperkt
<b>Verloop rivierafvoer in de tijd</b>	<a href="http://www.waterinfo.nl">www.waterinfo.nl</a>	ja

Tabel 1: Overzicht van beschikbare scheepvaart-waarnemingen voor case study kleine ruit rondom Grave

##### 4.4.1 Stremmingsdata NIS

De stremmingsdata uit het Netwerk Informatie Systeem (NIS) bevat informatie over wanneer, hoe lang en door welke oorzaak een object gestremd is geweest. Voor de stremmingsoorzaak bestaan verschillende categorieën zoals toegelicht in Subparagraaf 4.1.4; het is onduidelijk of het NIS ook stremmingen door extreem lage afvoer omvat. Verder nog de volgende opmerkingen wat betreft de beschikbaarheid en/of inzetbaarheid van NIS-data:

- Het NIS-overzicht van stremmingen van sluis kolk Grave in ref [11] geeft aan dat de periode tijdens de aanvaring stuw Grave niet in de NIS-database is opgenomen. De vraag is dus hoe betrouwbaar deze dataset (van handmatig ingevoerde gegevens?) is voor het afleiden van representatieve tijdsperioden.

<sup>31</sup> we laten in deze verkennende studie de invloed van ladingtype, beladingsgraad/diepteligging van het schip en een eventuele verandering in transportmodaliteit als gevolg van de stremming buiten beschouwing;

- Het blijkt lastig om uit NIS-data specifieke informatie over stremmingsdata van kunstwerken (binnen complexen) te halen.

#### 4.4.2 Scheepvaartdata: IVS en AIS

Deze studie kijkt naar twee data-systemen die scheepvaartbewegingen vastleggen, te weten het Informatie- en Volgsysteem voor de Scheepvaart (IVS) en Automatic Identification System (AIS). De informatie in deze systemen is net verschillend. Ze zijn dan ook voor verschillende doeleinden ontwikkeld. In Bijlage A lichten we dat toe, en zetten we de verschillende IVS-databronnen en AIS-data naast elkaar.

Jaar	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Maand	December	December	Januari Februari	Februari December	Februari Maart December	Januari Februari Juli

Tabel 2: Perioden waarvoor AIS-data is aangevraagd

Opmerkingen wat betreft de beschikbaarheid en/of inzetbaarheid IVS- en AIS-data:

- In de beschikbare IVS- en AIS-datasets zitten waarnemingen uit de normale en de gestremde situatie binnen de afgebakende case study door elkaar heen. Een passende filtering op basis van invloedrijke aspecten is nodig om een juiste selectie ('uitsnede') hierin te maken.
- De beschikbare IVS- en AIS-datasets omvatten waarnemingen per dag waarin er – zeker als hieruit data voor beperkte periodes wordt gehaald – geen onderscheid zit tussen werk-, weekeinde- en feestdagen. Terwijl dit aspect wel een significante invloed heeft op de scheepvaartintensiteit (zie Subparagraaf 5.2.4).
- Subparagraaf 6.3.1 van ref [7] geeft aan dat na een korte verkenning van de IVS-Next data (i.e. IVS-waarnemingen na februari 2019) deze data inconsequent is bevonden. Vandaar dat de IVS-Next data in deze case study als niet betrouwbaar is aangehouden.
- Wat betreft AIS-data gebruiken we een geanonimiseerde set van Rijkswaterstaat die via de TU Delft beschikbaar is gekomen. Deze data is voor heel Nederland en per maand beschikbaar vanaf 2016 tot en met september 2021 (op moment van de data-aanvraag), hoewel niet alle maanden beschikbaar zijn. De keuze voor de perioden in Tabel 2 kwam voort uit de noodzaak om de hoeveelheid data enigszins te beperken.
- Het anonimiseren van de AIS-data heeft (mogelijk) een negatief effect gehad op de 'leesbaarheid' door, en daarmee op de inzetbaarheid van tooling.

#### 4.4.3 Rivierafvoer Maas en Rijn

Voor rivierafvoer van de Maas is het meetpunt bij Venlo, bovenstrooms van Grave, voor deze studie het meest relevant. Voor rivierafvoer van de Rijn is het meetpunt bij Lobith, bovenstrooms van Weurt, voor deze studie het meest relevant. Uit de vergelijking in Bijlage B.1.3 blijkt dat beide een overeenkomstig beeld van perioden met lage/hoge afvoer geven.

Opmerkingen wat betreft de beschikbaarheid en/of inzetbaarheid [www.waterinfo.nl](http://www.waterinfo.nl) :

- De data van rivierafvoer via deze website is voor een grote tijdsperiode in intervallen van 10-minuten beschikbaar vanuit Waterinfo.



## 5 Analyse case study

### 5.1 Overzicht van (data)vragen per stap

In Tabel 3 geven we een overzicht van de vragen die we vervolgens in dit hoofdstuk op basis van de beschikbare waarnemingen in Subparagraaf 4.4 gaan beantwoorden. Hierbij zijn – *in lijn met de doelstelling van de case study om de impact van een stremming van sluiskolk Grave op het vaargedrag binnen de kleine ruit te beschouwen* – de stappen in de concept aanpak voor een functionele inspectie als volgt vertaald:

- De analyse van het gebruik van het HVW rondom Grave in de normale situatie zien we als **stap e**, i.e. de analyse van de mate waarin in de kleine ruit de functionele capaciteit (zie Subparagraaf 2.2.4) daadwerkelijk wordt aangesproken.
- De analyse van het veranderde gebruik van het HVW rondom Grave – i.e. de daadwerkelijke prestatie (zie Subparagraaf 2.2.2) – in de gestremde situatie zien we als **stap f**.
- De analyse van de redundantie – i.e. het vergelijken van normale en gestremde situatie – van het HVW in de kleine ruit bij de huidige drivers zie we hier als **stap g**.

	Vraag	Subparagraaf
<b>stap e</b>	<b>In welke mate wordt de functionele capaciteit van het Hoofdvaarwegennet rondom Grave in de normale situatie aangesproken?</b>	
stap e1	Wat zijn representatieve tijdsperioden voor de normale situatie?	5.2.1
stap e2	Hoeveel schepen kleiner dan of gelijk aan CEMT-klasse Va passeren er in de normale situatie gemiddeld per dag per sluislocatie in de kleine ruit?	5.2.2
stap e3	Welke route kiezen de schepen die in de normale situatie via stuwcomplex Grave varen? En wat is per vaarroute via stuwcomplex Grave de gemiddelde intensiteit?	5.2.3
stap e4	Hoe hangt het aantal scheepspassages via Grave samen met: <ul style="list-style-type: none"> <li>• rivierafvoer op de Maas?</li> <li>• rivierafvoer op de Rijn?</li> <li>• CEMT-klasse en/of type lading van de schepen?</li> <li>• beladingsgraad (dus diepteligging) van de schepen?</li> <li>• weekdag?</li> </ul>	5.2.4
<b>stap f</b>	<b>Hoe presteert het Hoofdvaarwegennet rondom Grave (vertaald naar mate van redundantie) in de gestremde situatie bij de huidige drivers?</b>	
stap f1	Wat zijn representatieve tijdsperioden voor de gestremde situatie?	5.3.1
stap f2	Hoeveel schepen kleiner dan of gelijk aan CEMT-klasse Va varen in de gestremde situatie per dag de kleine ruit in, door en/of uit?	0
stap f3	Welke route kiezen schepen die in de gestremde situatie de kleine ruit in, door en/of uit varen? En wat is hierbij per vaarroute de intensiteit?	5.3.3
stap f4	Hoe ziet in de gestremde situatie het verloop in de tijd van het aantal scheepspassages op de beschouwde sluislocaties eruit?	5.3.4
stap f5	Wat betreft een aantal specifieke vragen in de gestremde situatie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoeveel schepen kiezen er voor om bij Grave te blijven wachten?</li> <li>• Wat is het gemiddelde reistijdverschil dat schepen bij omvaren ondervinden?</li> </ul>	5.3.5
<b>stap g</b>	<b>Wat is de functionele conditie van het Hoofdvaarwegennet rondom Grave, gezien het veranderde vaargedrag tussen de normale en gestremde situatie?</b>	5.4

Tabel 3: Samenvatting van analysevragen functionele inspectie

Hieronder volgt een overzicht van de resultaten op basis van de beschikbare waarnemingen voor sluiskolk Grave, het sluiscomplex Weurt en de sluisen bij Sambeek. Voor de leesbaarheid worden in deze paragraaf de locaties benoemd als Grave, Weurt en Sambeek.

## 5.2 Stap e – Analyse functionele capaciteit in normale situatie

### 5.2.1 Stap e1 – Representatieve tijdsperioden voor normale situatie

Rondom de stremmingsperioden in Tabel 7 selecteren we uit het NIS-overzicht perioden voor de normale situatie in Tabel 4, waarbij we verwachten dat er sprake was van soortgelijke afvoercondities als in de daaraan gekoppelde stremmingsperiode.

#	Jaar	Van	Tot	Weekdagen overlap zit tussen normaal (n) en stremming (g)	IVS	AIS
nA	2007	Woensdag 15 augustus	Maandag 20 augustus	Donderdag 16 augustus (n) Donderdag 30 augustus (g)	J	N
nG	2013	Zaterdag 7 september	Zondag 15 september	Maandag 9 september (n) Maandag 16 september (g)	J	N
nH	2014	Vrijdag 11 juli	Dinsdag 15 juli	Vrijdag 11 juli	J	N
nI1	2016	Zaterdag 3 december	Woensdag 14 december	Vrijdag 2 december (g) Vrijdag 9 december (n)	J	J
nJ	2017	Dinsdag 28 februari	Vrijdag 10 maart	Vrijdag 3 maart (n) Vrijdag 10 maart (g)	J	N
nL	2017	Zondag 19 maart	Woensdag 19 april	Maandag 13 maart (g) Maandag 20 maart (n)	J	N
nN1	2019	Donderdag 14 februari	Zaterdag 16 februari	Vrijdag 15 februari (n)	J	J
nN2	2019	Zaterdag 23 februari	Zaterdag 23 februari	Zaterdag 23 februari (n)	J	N
nO1	2020	Woensdag 12 februari	Donderdag 20 februari	Vrijdag 14 februari	J	J
nP	2021	Zaterdag 30 januari	Woensdag 3 februari	Zaterdag 30 januari	J	N

Tabel 4: Lijst van perioden op basis van NIS-overzicht ref [12] waarin er bij de sluiskolk(en) Weurt, Heumen, Lith, Sint Andries en Sambeek geen stremmingen zijn geregistreerd

Aanvullend zijn, waar nodig voor de analyse van het gemiddelde vaargedrag binnen de kleine ruit, de perioden in Tabel 5 geselecteerd. In deze perioden zijn ook stremmingen opgetreden.

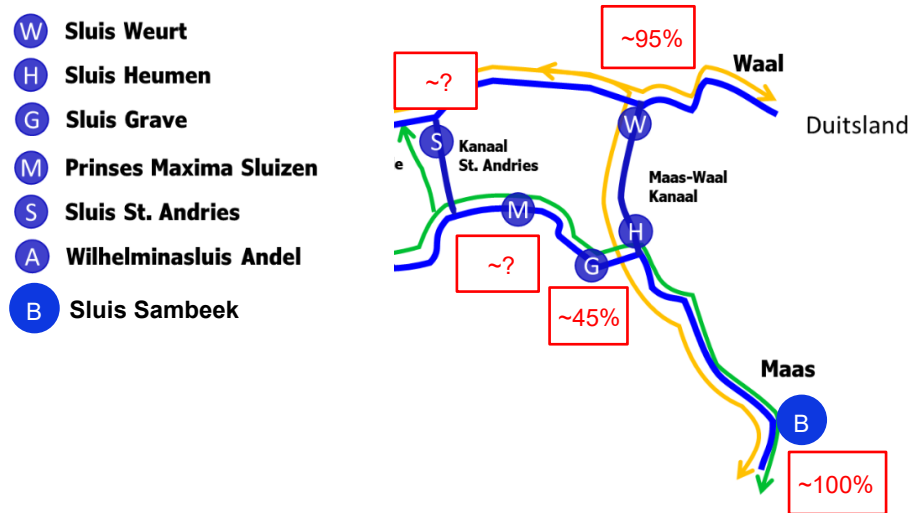
#	Jaar	Periode	IVS	AIS
nI2	2016	December	J	J
nI7	2017	jaar	J	N
nI8	2018	jaar	J	N
nN3	2019	Februari	J	J
nO2	2020	Februari	J	J

Tabel 5: Lijst van perioden met én zonder stremming ten behoeve van inzicht in gemiddeld vaargedrag

### 5.2.2 Stap e2 – Aantal scheepspassages per dag in normale situatie

Figuur 16 geeft ter indicatie van de normale situatie – in een percentage ten opzichte van het grootste aantal passages (in dit geval bij Sambeek) – een sterk versimpeld beeld van het gemiddelde aantal scheepspassages per dag kleiner dan of gelijk aan CEMT-klasse Va binnen de kleine ruit. Dit gemiddelde beeld komt voort uit de analyse van IVS-90 data (inclusief de stremmingsperioden in het netwerk, niet alleen in Grave) in Bijlage B.2.

Uit Figuur 16 blijkt dat in de normale situatie het gemiddelde aantal scheepspassages per dag bij Grave ruim een factor 2 kleiner is dan bij Weurt en Sambeek.



Figuur 16: Indicatief beeld per jaar qua aantal scheepspassages (in percentage per dag) t/m CEMT-klasse Va op basis van IVS-90 data voor de jaren 2017, 2019 en 2020 (hierin zitten ook stremmingsperioden)

Het volgende over hoe deze resultaten zich verhouden tot andere waarnemingen:

- Volgens de IVS-90 data (zie periode #n17 en periode #n18 in Tabel 17 van Bijlage B.5.3.1) passeren in totaal jaargemiddeld respectievelijk 28 en 34 schepen per werkdag sluis kolk Grave. Dat is ongeveer de helft van het aantal scheepspassages dat ten grondslag ligt aan de percentages in Figuur 16 op basis van dezelfde soort data. Het aanzienlijke verschil maakt duidelijk dat er sprake moet zijn van andere uitsneden uit de IVS-90 dataset.
- Figuur 11 toont dat er stroomafwaarts (vanuit Sambeek gezien) een relatief groot volume over het Maas-Waalkanaal gaat ten opzichte van het volume via Grave en Lith. Dat strookt met het beeld wat in Figuur 16 naar voren komt.

### 5.2.3 Stap e3 – Vaarroutes en scheepvaartintensiteit in normale situatie

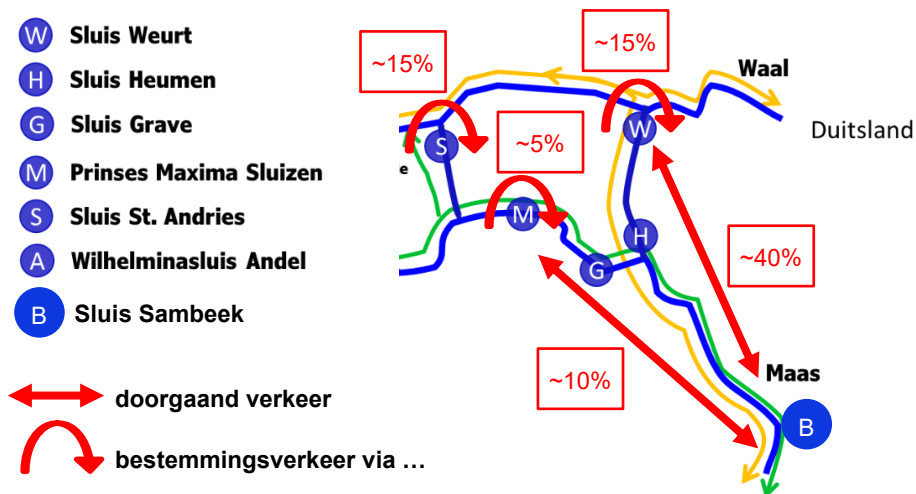
Er is in Bijlage B.5.1 slechts voor een beperkt aantal perioden een vaarroute-analyse vanuit IVS-90 data beschikbaar, doordat de datasets voor periode #n17 en periode #n18 alleen de vaarroutes via Grave omvatten (en dus niet de andere vaarroutes). Met alleen de beschikbare vaarroute-analyse voor de periode #nL – en daarbij laten we ook het ‘overige verkeer’ (zie Subparagraaf 4.2.3) buiten beschouwing – kunnen we dus slechts een grove indicatie van de scheepvaarroutes en -intensiteit in de normale situatie schetsen.

Type vaarroute	Deel van totaal aantal vaarroutes
Doorgaand verkeer	~50%
Bestemmingsverkeer	~35%
Lokaal verkeer	<1%
Omvarend verkeer (via Sint Andries)	~15%
Overig verkeer	<1%
<b>TOTAAL</b>	<b>100%</b>

Tabel 6: Samenvatting intensiteit op vaarroutes kleine ruit in normale situatie (in een percentage van totaal aantal geregistreeerde vaarroutes) op basis van IVS-90 data

Uit de samenvattende overzichten Tabel 17 en Tabel 18 in Bijlage B.5.3 blijkt dat een enkele vaarroute kan bestaan uit een combinatie van 1 tot en met 6 passeerpunten. Dit overzicht laat ook zien dat er sprake is van een grote variëteit aan opeenvolgende passeerpunten.

In Figuur 17 geven we een grove indicatie (op basis van alleen periode #nL) van de vaarroutes in de normale situatie met een scheepvaartintensiteit groter dan 5%.



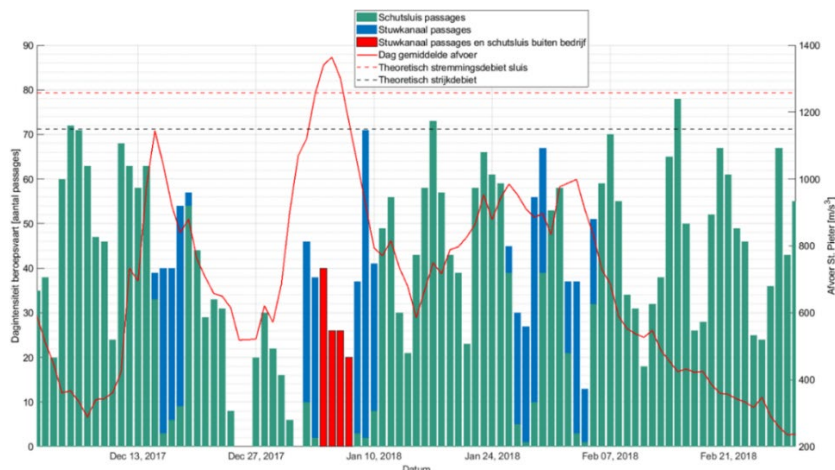
Figuur 17: Indicatief beeld van intensiteit op vaarroutes in normale situatie met een bijdrage groter dan 5%

Uit Tabel 6 blijkt dat ongeveer de helft van alle reizen door de kleine ruit (al dan niet via Grave) doorgaand scheepvaartverkeer betreft; Figuur 17 laat zien dat dit doorgaande verkeer vooral van het traject Weurt-Samebeek (en vice versa) gebruik maakt.

#### 5.2.4 Stap e4 – Aspecten die vaargedrag in normale situatie beïnvloeden

De invloed van de rivierafvoer op het vaargedrag (zie Subparagraaf 3.3) en de invloed van de CEMT-klasse en/of lading van schepen is in ref [7] geadresseerd. Naar de invloed van de beladingsgraad op het vaargedrag is hier geen nader onderzoek gedaan.

Figuur 18 toont IVS-90-data uit 2017 voor stuw Belfeld van het aantal scheepspassages per dag door beroepsvaart (linker verticale as) uitgezet tegen de tijd (horizontale as).



Figuur 18: Voorbeeld tijdserie IVS-90 data (aantal passages gebundeld per dag voor stuw Belfeld) uit ref [7]

### Invloed Maasafvoer op aantal scheepspassages

In Figuur 18 is op de rechter verticale as het verloop van de Maasafvoer bij Sint Pieter weer-gegeven. Bij deze locatie en binnen het weergegeven afvoerbereik - hierin is de schutsluis vanwege de hoge afvoer even buiten bedrijf geweest – zien we binnen het dagelijkse beheer geen duidelijke invloed van de afvoer op het aantal (groene) passages van de schutsluis.

### Invloed weekdag op aantal scheepspassages

In Figuur 18 zien we wel een duidelijk terugkerende patroon dat het aantal passages (van sluis en/of stuwkanaal) op feestdagen, zaterdagen en zondagen significant lager is. Op Kerstdagen (i.e. maandag 25 december en dinsdag 26 december 2017) zijn er geen passages vastgelegd, evenals op maandag 1 januari 2018 (Nieuwjaarsdag). In de overige weken is de intensiteit op weekdays relatief hoog, terwijl deze op de zaterdagen en zondagen het laagst is.

Kortom: De weekdag heeft wel een significante invloed op het aantal scheepspassages per dag door een object van de beroepsvaart. En voor analyses zijn daarbij zaterdagen en zondagen, vanwege de significant lagere intensiteit, minder interessant.

N.B. We kunnen in de analyse van de impact van een stremming op het vaargedrag dus alleen een eerlijke vergelijking maken, als we dezelfde weekdag in de vergelijking van de normale en gestremde situatie beschouwen. Dit is in Tabel 4 meegenomen.

## 5.3 Stap f – Analyse functionele prestaties in gestremde situatie

### 5.3.1 Stap f1 – Representatieve tijdsperioden gestremde situatie

Uit het NIS-overzicht halen we de perioden voor de gestremde situatie in Tabel 7, waaraan we een **indicator #** hebben gekoppeld om hier gemakkelijk aan te kunnen refereren.

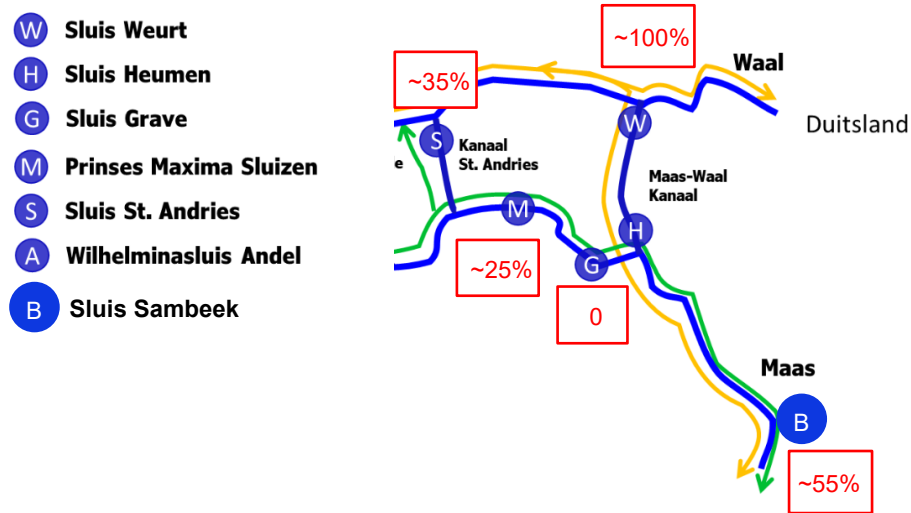
#	Jaar	Van	Tot	Tijdstip	Duur [uur]	Categorie stremming	IVS	AIS
<b>gA</b>	2007	Donderdag 30 augustus	Vrijdag 31 augustus	10:20u	25	Overig	J	N
<b>gB</b>	2008	Maandag 3 maart	Donderdag 14 april	6:20u	1.008	Gepland onderhoud	J	N
<b>gC</b>	2008	Vrijdag 25 april	Zaterdag 26 april	22:00u	15	Storing / ongepland onderhoud	J	N
<b>gD</b>	2008	Zaterdag 31 mei	Zondag 1 juni	11:13u	16	Storing / ongepland onderhoud	J	N
<b>gE</b>	2011	Vrijdag 14 januari	Vrijdag 14 januari	6:00u	10	Storing / ongepland onderhoud	J	N
<b>gF</b>	2012	Zaterdag 24 november	Zaterdag 24 november	7:00u	12	Gepland onderhoud	J	N
<b>gG</b>	2013	Zondag 15 september	Maandag 16 september	9:00u	28	Storing / ongepland onderhoud	J	N
<b>gH</b>	2014	Donderdag 10 juli	Vrijdag 11 juli	11:32u	25	Storing / ongepland onderhoud	J	N
<b>gI</b>	2016	Vrijdag 2 december	Zaterdag 3 december	23:03u	4	Gepland onderhoud	J	J
<b>gJ</b>	2017	Vrijdag 10 maart	Vrijdag 10 maart	06:14u	5,8	Hydro / meteo	J	N
		Vrijdag 10 maart	Vrijdag 10 maart	12:37u	2,4	Hydro / meteo	J	N
		Vrijdag 10 maart	Vrijdag 10 maart	15:55u	2,4	Hydro / meteo	J	N
		Vrijdag 10 maart	Zaterdag 11 maart	18:31u	19,8	Calamiteit / incident / aanvaring	J	N
<b>gK</b>	2017	Zaterdag 11 maart	Zondag 12 maart	14:40u	21	Calamiteit / incident / aanvaring	J	N
<b>gL</b>	2017	Zondag 12 maart	Maandag 13 maart	18:15u	12	Hydro / meteo	J	N
<b>gM</b>	2017	Woensdag 28 juni	Woensdag 28 juni	2:55u	13	Storing / ongepland onderhoud	J	N
<b>gN</b>	2019	Zaterdag 16 februari	Zaterdag 16 februari	8:00u	8	Gepland onderhoud	J	J
<b>gO</b>	2020	Vrijdag 21 februari	Vrijdag 21 februari	12:18u	4	Storing / ongepland onderhoud	N	J
<b>gP</b>	2021	Zaterdag 30 januari	Zaterdag 30 januari	6:50u	5	Gepland onderhoud	N	N

Tabel 7: Lijst van perioden op basis van NIS-overzicht ref [12] waarin sluiskolk Grave is gestremd

### 5.3.2

#### Stap f2 – Aantal scheepspassages per werkdag in gestremde situatie

In Figuur 19 geven we voor de gestremde situatie – in percentages ten opzichte van het grootste aantal passages (in dit geval bij Weurt) – een sterk versimpeld beeld van het gemiddelde gedrag van de scheepvaart kleiner dan of gelijk aan CEMT-klasse Va in de kleine ruit. Voor de onderbouwing verwijzen we naar Bijlage B.5.2 waarin slechts een beperkte hoeveelheid IVS-90 data beschikbaar is. De datasets voor de perioden #gA, #gB, #gH en #gK omvatten slechts een beperkt aantal werkdagen.



Figuur 19: Indicatief beeld gemiddeld aantal scheepspassages (in percentage per werkdag) in gestremde situatie t/m CEMT-klasse Va op basis van IVS-90 data voor perioden #gA, #gB, #gH en #gK

Uit Figuur 20 komt het beeld naar voren dat in de gestremde situatie sluiscomplex Weurt een belangrijke rol vervult in de kleine ruit. Van en naar Sambeek moet immers alle schepen, ook die normaal de Maas via Lith willen passeren, via het Maas-Waalkanaal varen.

### 5.3.3

#### Stap f3 – Vaarroutes en scheepvaartintensiteit in gestremde situatie

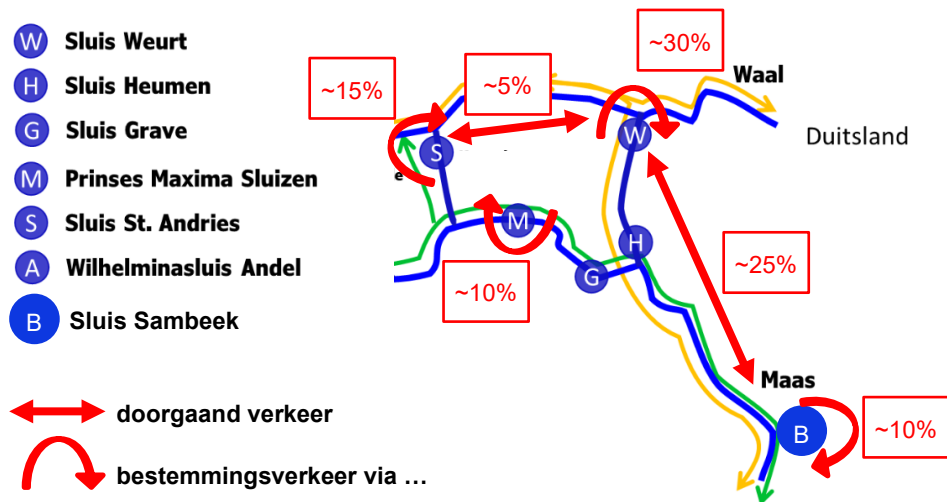
Er is slechts een beperkte hoeveelheid IVS-90 data in Bijlage B.5.2 beschikbaar, doordat de datasets voor perioden #gA, #gB, #gH en #gK slechts een beperkt aantal werkdagen omvatten. Als we het ‘overige verkeer’ (zie Subparagraaf 4.2.3) buiten beschouwing laten, dan geeft Tabel 8 een grove indicatie van de intensiteit op scheepvaarroutes in de gestremde situatie.

Type vaarroute	Deel van totaal aantal vaarroutes
Doorgaand verkeer	~25%
Bestemmingsverkeer	~45%
Lokaal verkeer	-
Omvarend verkeer (via Sint Andries)	~25%
Overig verkeer	~5%
<b>TOTAAL</b>	<b>100%</b>

Tabel 8: Samenvatting intensiteit op vaarroutes kleine ruit in gestremde situatie op basis van IVS-90 data

N.B. In Tabel 8 valt op dat er ten opzichte van Tabel 6 een duidelijker aandeel aan het totaal is van onmogelijke combinaties van passeerpunten (‘overig verkeer’).

In Figuur 20 geven we een grove indicatie (op basis van de periodes #gA, #gB, #gH en #gK) van de vaarroutes in de gestremde situatie met een scheepvaartintensiteit groter dan 5%.

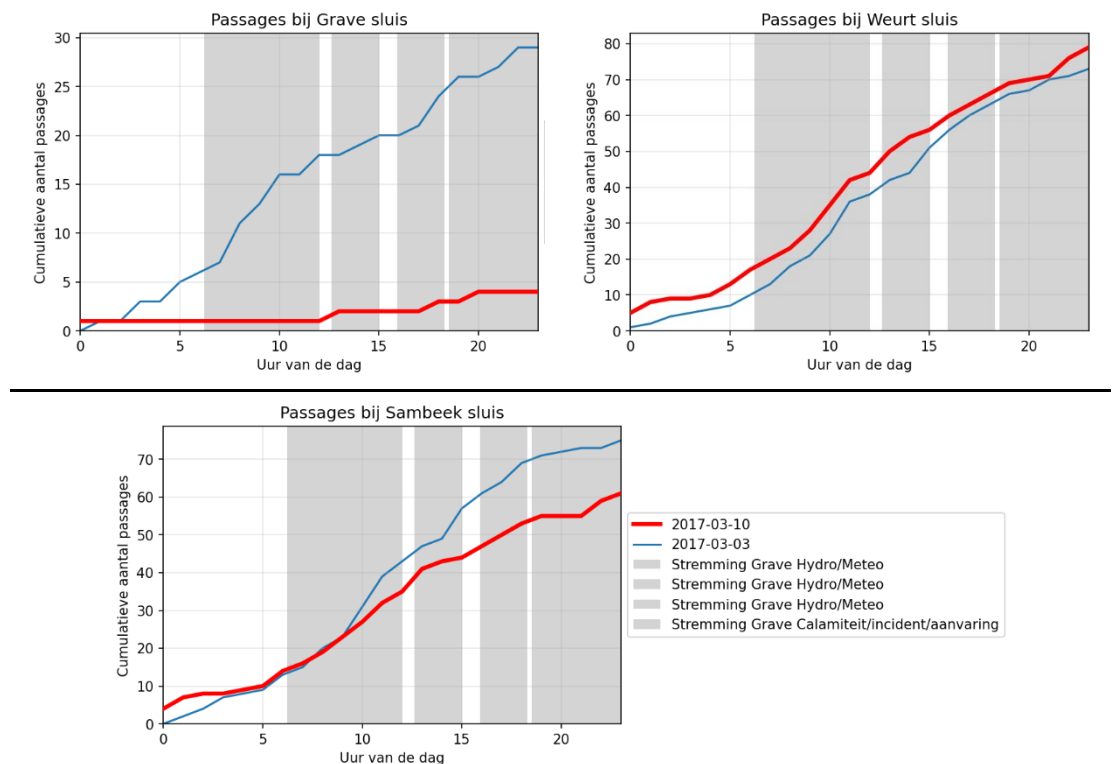


Figuur 20: Indicatief beeld van intensiteit op vaarroutes in gestremde situatie met een bijdrage groter dan 5%

### 5.3.4 Stap f4 – Verloop van aantal scheepspassages in de tijd in gestremde situatie

#### Gedrag scheepvaart op vrijdag 10 maart 2017 (periode #gJ)

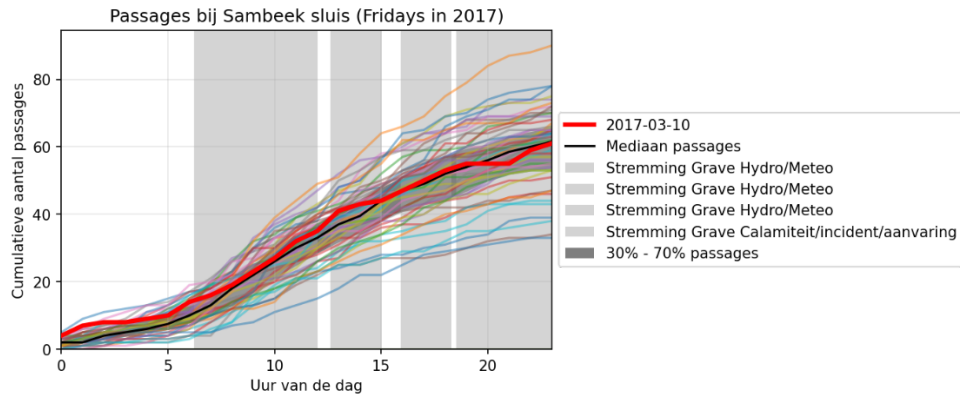
Conform Figuur 21 is er vrijdag 10 maart 2017 de hele dag bij sluiscolk Grave sprake geweest van een gestremde situatie. Vanaf 06:14u staan in het NIS drie relatief korte 'hydro/meteo'-perioden, en om 18:31u staat een 'calamiteit/incident/aanvaring' van circa 20u. In Figuur 21 wordt deze 'gestremde vrijdag' met de 'normale vrijdag' 3 maart 2017 vergeleken.



Figuur 21: Vergelijking cumulatief verloop van aantal scheepspassages per dag tussen 'gestremde vrijdag' 10 maart 2017 (rode lijn) en 'normale vrijdag' 3 maart 2017 (blauwe lijn)



Deze vergelijking laat zien dat sluis kolk Grave deze vrijdag inderdaad (grotendeels) gestremd is geweest. Het aantal scheepspassages bij de sluisen in Sambeek lijkt ten opzichte van de gekozen 'normale vrijdag' iets minder groot dan normaal; Figuur 22 laat echter zien dat dit een zeer gemiddelde vrijdag is. Ook bij sluiscomplex Weurt zijn er wel iets meer, maar zeker niet significant meer scheepvaartpassages dan de hier tevens weergegeven 'normale' vrijdag.

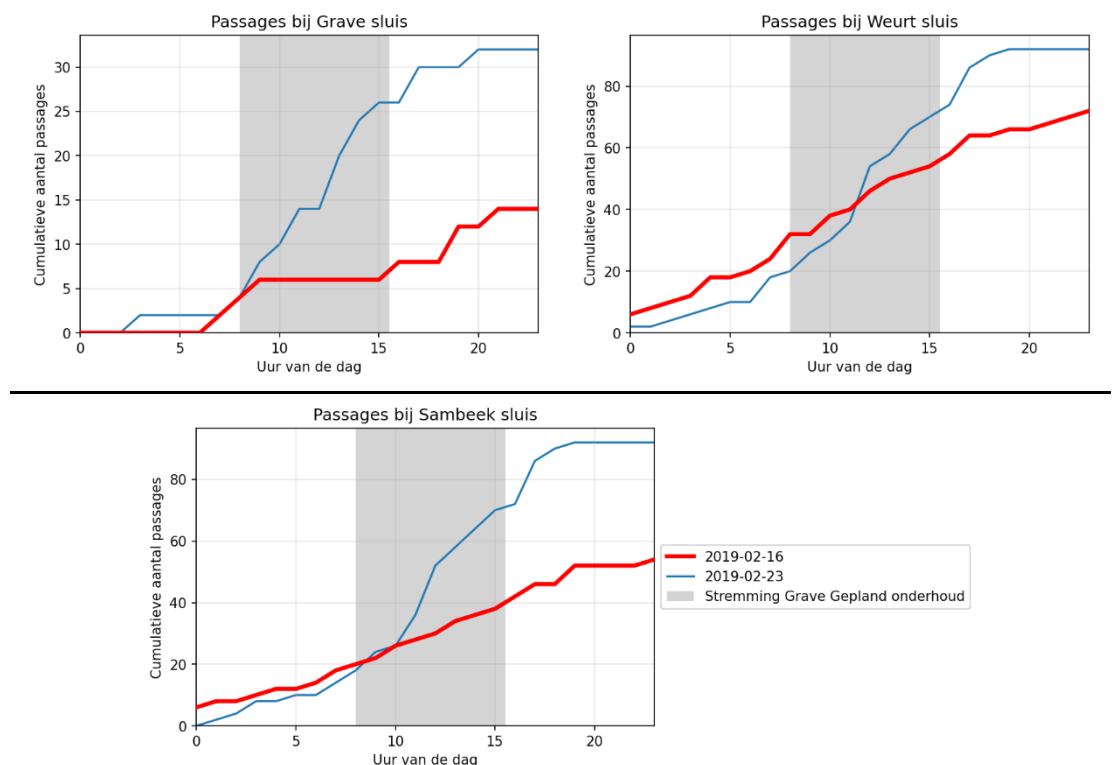


Figuur 22: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluisen Sambeek op alle vrijdagen in 2017

Dus lijkt de vergelijking aan te geven dat deze stremming van Grave geen noemenswaardige impact heeft op de netwerkprestaties in het beschouwde deel van het hoofdvaarwegennet.

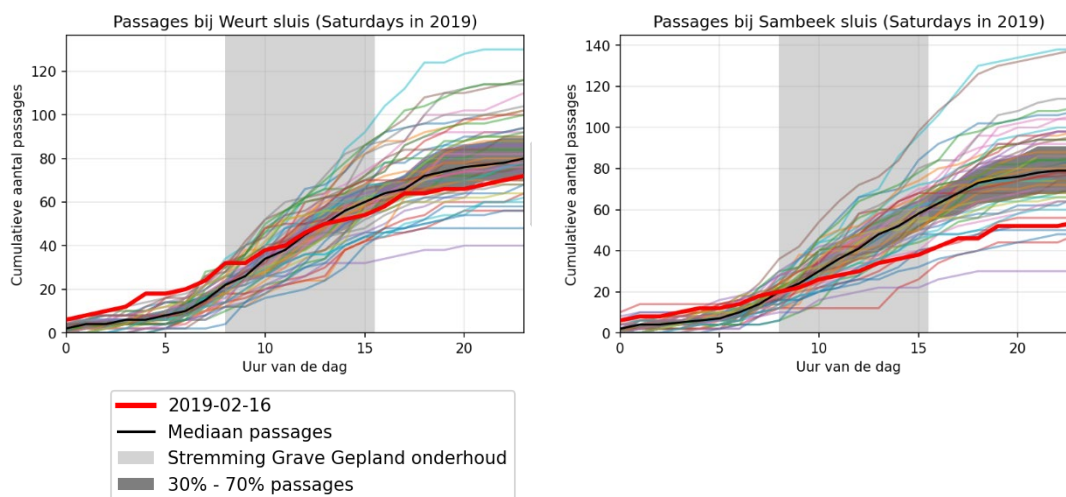
**Gedrag scheepvaart op zaterdag 16 februari 2019 (periode #gN)**

Conform Figuur 23 is er zaterdag 16 februari 2019 midden op de dag bij sluis kolk Grave sprake geweest van een gestremde situatie. Vanaf 08:00u staat in het NIS een relatief korte stremming vanwege 'gepland onderhoud' van bijna 8u. In Figuur 23 wordt deze 'gestremde zaterdag' met de 'normale zaterdag' 23 februari 2019 vergeleken.



Figuur 23: Vergelijking cumulatief verloop van aantal scheepspassages per dag tussen 'gestremde zaterdag' 16 februari 2019 (rode lijn) en 'normale zaterdag' 23 februari 2019 (blauwe lijn)

Deze vergelijking laat zien dat sluiscolk Grave deze zaterdag inderdaad op het midden van de dag gestremd is geweest. Het verschil met de gekozen 'normale zaterdag' lijkt groot, maar uit Bijlage B.4.3 blijkt dat dit een vertekend beeld is; het gaat om slechts 5 à 10 passages minder. Het aantal passages bij Sambeek en Weurt beginnen ten opzichte van de gekozen 'normale zaterdag' gemiddeld. Figuur 23 bevestigt dat dit voor Weurt (links) ook na de stremming het geval blijkt. Het aantal passages bij Sambeek (rechts) laat echter zien dat daar de intensiteit duidelijk (circa 20 passages) minder groot is dan normaal, mogelijk vanwege ontbrekend verkeer door de stremming bij Grave. Er lijkt een lichte toename van het verkeer voorafgaand aan de stremming te zijn, wat mogelijk erop wijst dat scheepvaartverkeer zich heeft aangepast aan de geplande stremming.



Figuur 24: Cumulatief verloop van scheepspassages bij zowel sluiscomplex Weurt (links) als sluisen Sambeek (rechts) op alle zaterdagen in 2019

Dus de vergelijking lijkt aan te geven dat deze stremming van Grave geen noemenswaardige impact heeft op de netwerkprestaties in het beschouwde deel van het hoofdvaarwegennet.

### 5.3.5 Stap f5 – Specifieke vragen over omvaren in gestremde situatie

In Bijlage B.6 vatten we de beschikbare AIS-data samen, die inzichtelijk is gemaakt in de vorm van AIS-heatmaps en AIS-plots van vaarbewegingen. De AIS-heatmaps geven met kleur (zie legenda) aan hoeveel scheepspassages er op het stukje traject zijn gesignaleerd, terwijl de AIS-plots met een lijn de vaarbeweging van een schip weergeven.

#### Hoeveelheid wachtende schepen

Bij het vergelijken van AIS-heatmaps (zie Figuur 25) voor perioden #nl1 en #gl lijkt er sprake van een duidelijk verschil tussen de normale en gestremde situatie. In Bijlage B.6 is te zien dat dit echter niet voor alle getoonde perioden duidelijk is.

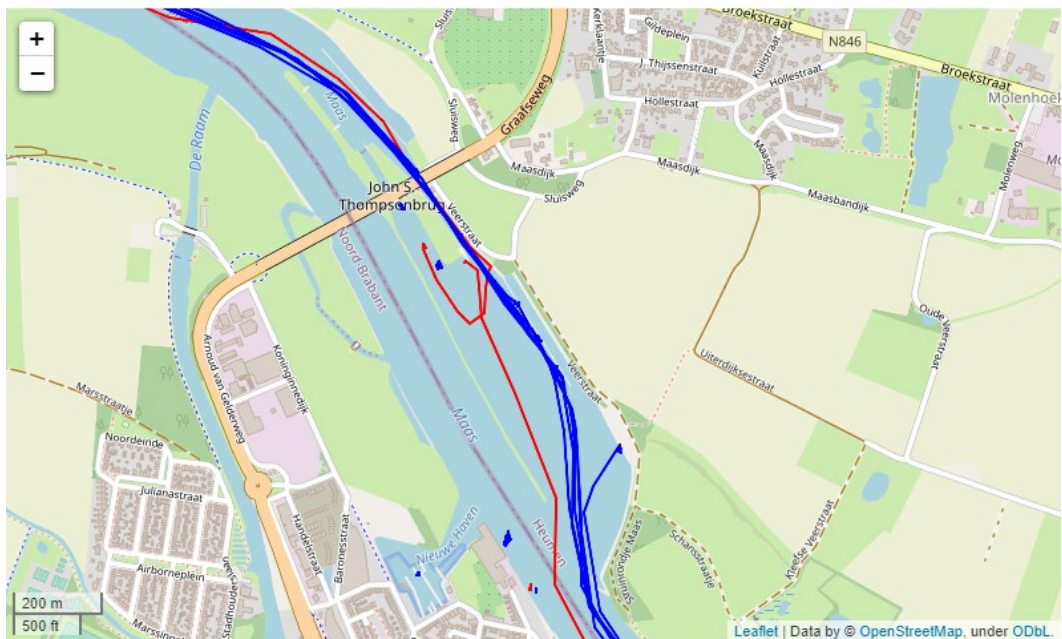
Verder is hier uit Bijlage B.6.4 ook een AIS-plot van de vaarbewegingen als Figuur 26 opgenomen. Deze laat voor de gestremde situatie geregistreerde vaarroutes zien van schepen die stroomopwaarts (rood) en stroomafwaarts (blauw) varen. Tegen de verwachting in passeren er volgens AIS-data dus gewoon schepen de schutsluis, en is er van wacht geen sprake...

#### Reistijdverschil als gevolg van omvaren

Er is vooraf ingeschat dat dit aspect mogelijk op basis van IVS-90 en AIS nader onderzocht zou kunnen worden. Uit IVS-90 data kwam geen betrouwbaar resultaat. In de analyse van de beschikbare AIS-data is er vanwege tijdgebrek geen poging gedaan.



Figuur 25: Vergelijking scheepvaartintensiteit Grave volgens AIS-heatmap normale situatie 9 december 2016 (periode #nl1, boven) en gestremde situatie 2 december 2016 (periode #gl, onder)



Figuur 26: Vaarbewegingen rondom sluis Grave volgens AIS data op vrijdag 21 februari 2020 (periode #gO) van 12:15u tot 16:15u in gestremde situatie (stroomafwaarts = blauw en stroomopwaarts = rood)

## 5.4 Stap g – Analyse functionele conditie

Het doel van de voorliggende case study is om via een functionele inspectie de redundantie van het Hoofdvaarwegennet rondom stuwcomplex Grave – in het bijzonder de impact van een stremming van sluiskolk Grave op het vaargedrag binnen de kleine ruit – in kaart te brengen.

*In Subparagraaf 4.4 t/m Subparagraaf 0 is een aantal keren naar voren gebracht dat de hoeveelheid beschikbare data beperkt en niet altijd betrouwbaar is. Vandaar dat deze alleen naar indicatieve beelden is vertaald. Daardoor is het onzinnig om hier de analyse naar de redundantie op kwantitatieve verschillen te richten. Hoogstens kan wat betreft het verschil in het vaargedrag in de kleine ruit naar verschillen in (kwalitatieve) trends tussen de normale en gestremde situatie worden gezocht.*

Uit het vergelijken van de normale en gestremde situatie blijkt zowel qua aantallen passages (Figuur 16 en Figuur 19) als qua intensiteit op de vaarroutes (Figuur 17 en Figuur 20) dat de doorgaande scheepvaart in de normale situatie al veelvuldig om Grave heen vaart. Het gestremd raken van sluiskolk Grave leidt binnen de kleine ruit dan ook niet tot een significant ander vaargedrag. Hetgeen wordt geïnterpreteerd als dat het gestremd geraken van sluiskolk Grave geen significante impact heeft op de vereiste netwerkprestatie in de kleine ruit.

## 6 Conclusies

### 6.1 Specifiek voor case study

Gegeven de 'generieke aanpak functionele inspectie' is het uitgangspunt dat de kunstwerken in het geheel van het netwerk worden bekeken. In de analyse is dan ook gekeken naar 'omvaarroutes' van schepen indien één van de kunstwerken uitvalt. Wat is dan het effect op het netwerk, of leveren alternatieve routes een oplossing? In de case study is op basis van beschikbare waarnemingen in kwalitatieve zin aangeven hoe redundant het scheepvaartnetwerk rondom sluis kolk Grave is. Daarbij is vooral gekeken naar hoe bruikbaar de concept aanpak is, en is gefocust op de beschikbaarheid én inzetbaarheid van gegevens.

#### 6.1.1 Bruikbaarheid concept aanpak

De concept aanpak voor de functionele inspectie in Subparagraaf 2.1 is met een vertaling van de stappen in Paragraaf 5.1 losgelaten op de case study. De concept aanpak heeft het mogelijk gemaakt om op een gestructureerde wijze de redundantie van het Hoofdvaarwegennet rondom stuwcomplex Grave – in het bijzonder de impact van een stremming van sluis kolk Grave op het vaargedrag binnen de kleine ruit – in kaart te brengen.

#### 6.1.2 Beschikbaarheid van waarnemingen, tools en methoden

Uit Subparagraaf 4.2.2 is gebleken dat er voor deze case study op dit moment qua scheepvaart geen harde prestatie-eisen aan het netwerk en de bijdrage van sluis kolk Grave zijn gesteld. Hiermee ontbreekt een belangrijke randvoorwaarde voor de functionele inspectie.

In Tabel 1 zijn voor deze specifieke case study de beschikbare waarnemingen opgenomen. Deze lijken daarmee in voldoende mate beschikbaar. Kanttekeningen daarbij zijn:

- dat we niet alle bronnen als betrouwbaar kunnen veronderstellen (NIS, IVS-Next);
- dat bij niet bij alle bronnen duidelijk is wat wel/niet in de waarnemingen zit (IVS-90);
- dat het daardoor lastig is binnen de beschikbare set een passende selectie ('uitsnede') van relevante waarnemingen te maken (IVS).

#### 6.1.3 Inzetbaarheid van beschikbare waarnemingen, tools en methoden

Ondanks dat we de beschikbare data hebben gebruikt om het (procesmatige) doel van dit onderzoek – *het valideren van de concept aanpak voor de functionele inspectie* – te bereiken, is geconstateerd dat de beschikbare waarnemingen bij deze case study een divers patroon in het vaargedrag rondom Grave laten zien. Dientengevolge hebben we hier slechts een indicatief beeld uit kunnen halen. En dus zeker geen (wetenschappelijk verantwoorde) kwantitatieve trends in het vaargedrag in de normale dan wel gestremde situatie!

Om de kwalitatieve conclusies bij deze case study in Subparagraaf 6.1.4 in het juiste perspectief te zetten, brengen we dan ook eerst een aantal kanttekeningen bij de inzetbaarheid van beschikbare waarnemingen bij deze functionele inspectie naar voren:

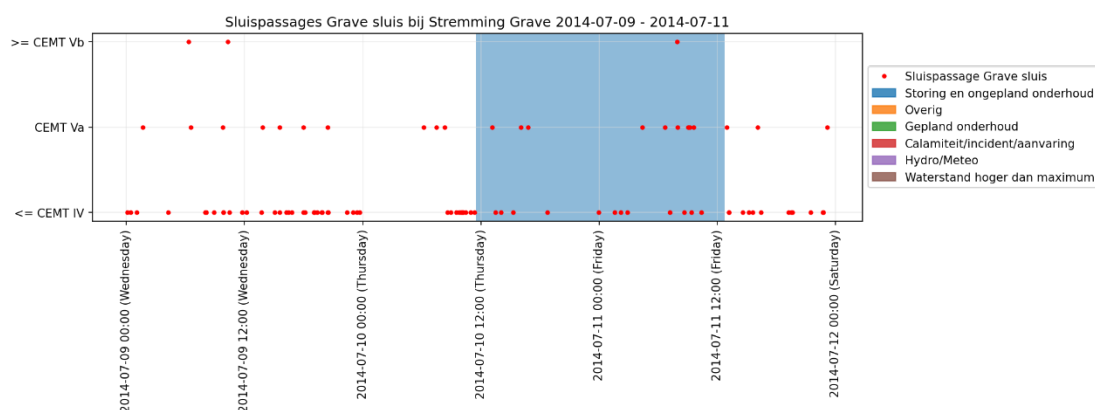
- Het NIS-overzicht van stremmingen van sluis kolk Grave in ref [11] geeft aan dat de periode tijdens de aanvaring stuw Grave niet in de NIS-database is opgenomen. De vraag is dus hoe betrouwbaar deze dataset (van handmatig ingevoerde gegevens?) is voor het afleiden van representatieve tijdsperioden.
- Het blijkt lastig om uit NIS-data specifieke informatie over stremmingsdata van kunstwerken (binnen complexen) te halen.

- In de beschikbare IVS- en AIS-datasets zitten waarnemingen uit de normale en de gestremde situatie binnen de afgebakende case study door elkaar heen. Passende filtering op basis van invloedrijke aspecten is nodig om een juiste selectie ('uitsnede') hierin te maken. Ter illustratie van deze kanttekening: *De beschikbare IVS- en AIS-datasets omvatten waarnemingen per dag waarin er – zeker als hieruit data voor beperkte periodes wordt gehaald – geen onderscheid zit tussen werk-, weekeinde- en feestdagen. Terwijl dit aspect wel een significante invloed heeft op de scheepvaart-intensiteit (zie Subparagraaf 5.2.4). Het is daarom van belang dit mee te nemen in de selectie van periodes en bij het analyseren van de resultaten.*
- Op basis van het resultaat van een korte verkenning vermeld in Subparagraaf 6.3.1 van ref [7] is geconcludeerd dat de IVS-Next data (i.e. IVS-waarnemingen na februari 2019) niet als betrouwbare bron van waarnemingen konden fungeren.
- Het anonimiseren van de AIS-data heeft (mogelijk) een negatief effect gehad op de 'leesbaarheid' door, en daarmee op de inzetbaarheid ervan middels tooling.

Deze kanttekeningen hebben het lastig gemaakt om binnen een beperkte hoeveelheid tijd tastbare informatie uit de beschikbare waarnemingen te halen. Voor de volledigheid volgen nog een aantal concrete constatering over de inzetbaarheid van de IVS-90 en AIS-data.

### IVS90-data

Op basis van de relatief beperkte analyse constateren we hieronder (met Figuur 27 als voorbeeld) een aantal onverklaarbare zaken in de beschikbare IVS-90 data. Dit dwingt ons voorzichtig te zijn met het trekken van stellige conclusies op basis van deze data.



Figuur 27: Aantal sluispassages Grave in de gestremde periode tussen 9 juli en 11 juli 2014

- In veel IVS-90 data plaatjes van een gestremde situatie bij Grave passeren er nog steeds schepen de sluis kolk ten tijde van het gestremd zijn.
  - In hoeverre is er sprake van aanmeldingen bij de sluis kolk, waar deze niet gepasseerd wordt (want gestremd)?
  - In hoeverre is er hierbij sprake geweest van een tijdelijke onderbreking van het stremmingsvenster?
- Daarbij komt dat er, ook tijdens het gestremd zijn van de sluis kolk (!), schepen groter dan CEMT-klasse Va sluis kolk Grave passeren.

### AIS-data

In Bijlage B.6 vatten we de beschikbare AIS-data samen, die inzichtelijk is gemaakt in de vorm van AIS-heatmaps en AIS-plots van vaarbewegingen. De AIS-heatmaps geven met kleur (zie legenda) aan hoeveel scheepspassages er op het stukje traject zijn gesignaleerd, terwijl de AIS-plots met een lijn de vaarbeweging van een schip weergeven.

- In Bijlage B.6 is te zien dat de AIS-heatmaps niet voor alle getoonde perioden een duidelijk verschil opleveren tussen de normale en gestremde situatie.
- Verder blijkt uit de AIS-plot van vaarbewegingen in Figuur 26 dat er in het kort tijdslot onvoldoende data beschikbaar is om goed inzicht krijgen het wachtgedrag van schepen tijdens een stremming. Ook geeft deze de indruk dat de stremming van Grave niet in beide richtingen gold; stroomopwaarts lijken er nog schepen te passeren.

#### 6.1.4 Redundantie van het Hoofdvaarwegennet rondom Grave

Uit het vergelijken van de waarnemingen voor normale en gestremde situatie blijkt, zowel qua aantallen scheepspassages als qua intensiteit op de vaarroutes, dat schepen in de normale situatie al veelvuldig om Grave heen varen. Het aantal passages via het Maas-Waalkanaal is in de normale situatie al significant groter dan het aantal via het traject Grave-Lith, en dat verschil wordt in de gestremde situatie groter. Het gestremd raken van Grave leidt binnen de kleine ruit dan ook niet tot een significant ander scheepvaargedrag. Dus:

*Het gestremd raken van sluis kolk Grave lijkt volgens de beschouwde waarnemingen van het vaargedrag geen significante impact te hebben op de netwerkprestatie voor de scheepvaart in de kleine ruit.*

Wat betreft het verschil tussen de normale en gestremde situatie bij sluis kolk Grave kunnen binnen de afgebakende case study nog de volgende opmerkingen worden geplaatst:

- Afgezien van de CEMT-klasse, is er geen eis (bekend) aan de kwantitatieve bijdrage die sluis kolk Grave moet leveren aan de netwerkprestatie-eisen voor de scheepvaart binnen de kleine ruit. Gezien het bovenstaande wordt – op basis van de beschouwde waarnemingen – de impact van het tijdelijk niet-beschikbaar raken van sluis kolk Grave onder normale afvoercondities als klein gekwalificeerd.
- Er is sprake van functionele samenhang tussen enerzijds sluis kolk Grave en anderzijds de naburige sluisen die mede bijdragen aan de netwerkprestaties scheepvaart in netwerkschakel Grave-Lith. Op basis van de beschouwde waarnemingen lijkt de bijdrage van sluis kolk Grave aan de netwerkprestaties hier echter beperkt. Ook in de situatie zonder stremming leveren de naburige sluisen op het traject Sambeek-Weurt een grotere bijdrage aan de netwerkprestatie dan Grave. En (beperkt) bestemmingsverkeer tussen Lith en Grave blijft ondanks de stremming mogelijk.

In deze case study zijn de volgende onderzoeksvragen – vanwege de scope, door gebrek aan geschikte data dat wel gebrek aan tijd – onbeantwoord gebleven:

- Wat zijn de redenen voor schippers om via Grave te varen (wanneer alle overige objecten het nog doen)? En hoe beïnvloed een melding over niet-beschikbaarheid het vaargedrag van schippers?
- Hoe hangt beschikbaarheid Grave samen met beschikbaarheid van Weurt en/of Lith?

- Hoe redundant zijn de netwerkprestaties qua scheepvaart rondom Grave indien niet sluisolk Grave, maar de sluiscomplex Weurt gestremd geraakt?

Tot slot. We hebben (vanuit de doelstelling voor deze case study) de focus op de bruikbaarheid van de concept aanpak en inzetbaarheid van beschikbare metingen gelegd. Zodoende hebben we geen gebruik gemaakt van aanvullende mogelijkheden voor een verdiepingsslag met:

- IVS-90 data door middel van BIVAS-simulaties voor het netwerk.
- SIVAK analyses voor afzonderlijke sluiscomplexen.

## 6.2 Generiek; definitieve aanpak

Voor toekomstige functionele inspecties is op basis van de case study Grave geconcludeerd dat de concept aanpak in ref [4] werkbaar is, en als volgt (met de in rood weergegeven aanvullingen) kan worden aangescherpt:

- (functioneel) afbakenen van het te beschouwen (deel van het) netwerk;
- overzicht maken van de huidige uitgangspunten voor het beschouwde netwerk(deel):
  - kerntaken/functies en deeltaken
  - meest belangrijke drivers
  - verwachte en maximale prestaties
  - functie-eisen of ambities op systeem- en objectniveau;
- overzicht maken per functie-eis van vereiste waarnemingen inclusief locatie:
  - over het functioneren van het netwerk
  - over het functioneren van het kunstwerk
  - over de bijdrage van afzonderlijke kunstwerken aan het functioneren;
  - ook inventariseren welke zaken niet (nauwkeurig genoeg) meetbaar zijn;
- overzicht maken per functie van waarnemingen die al worden verzameld (bronnen);
- analyseren van mate waarin de functionele capaciteit van het netwerk(deel), inclusief interne en externe functionele samenhang, daadwerkelijk wordt aangesproken;
  - wat betreft de interne samenhang:
    - Wat is volgens het ontwerp de functionele capaciteit van het object?
    - Aan welke netwerkprestatie(s) levert het object bij de huidige conditie(s) een bijdrage?
    - Wat is binnen het object de interne samenhang tussen deze bijdragen?
    - In welke mate verandert de interne samenhang bij veranderende condities?
  - wat betreft de externe samenhang:
    - Welke objecten dragen bij aan het vervullen van een netwerkprestatie?
    - Hoe groot zijn deze bijdragen bij de huidige conditie(s)?
    - Hoeveel redundantie zit er in het netwerk? Kan de netwerkfunctie nog steeds naar behoren worden vervuld indien de bijdrage van één of meerdere objecten wegvalt?
    - In welke mate verandert de 'externe' samenhang bij veranderende condities?
- afleiden van (het verloop in de tijd, zowel terugkijkend als naar de toekomst) de daadwerkelijke prestaties van de afzonderlijke objecten bij huidige drivers;
- vaststellen van mate waarin met de mogelijkheden van de huidige inrichting van het netwerk(deel) aan de functie-eisen kan worden voldaan (functionele conditie).



## 7 Aanbevelingen

Uit het bovenstaande onderzoek volgen de volgende aanbevelingen:

- Er is een heldere beschrijving nodig van de vereiste set(s) van waarnemingen. Zeker als deze waarnemingen uit een omvangrijke beschikbare dataset (waarin de invloed van verschillende aspecten zit ingebakken) moeten worden gefilterd.
  - Check goed hoe de scope van de beschikbare waarnemingen aansluit.
  - En geef voldoende aandacht aan het onderbouwen van een passende filtering, zoals het vaststellen wat de invloedrijke aspecten zijn.
- Onderzoek met een case study in hoeverre de kanttekeningen bij de waarnemingen ook voor een functionele inspectie van andere dan de scheepvaartfuncties gelden.
- Onderzoek met een case study de bruikbaarheid van de aanpak functionele inspectie voor de interne functionele samenhang (zie Subparagraaf 2.2.5.1).

## 8 Referentielijst

- [1] “Programmaplan 2021-2024”, Kennisprogramma Natte Kunstwerken, vastgesteld door KpNK-stuurgroep op 7 juli 2021 (*zie website*);
- [2] “Kennisplan 2021”, Kennisprogramma Natte Kunstwerken, vastgesteld door KpNK-stuurgroep op 6 december 2021 (*zie website*);
- [3] “Plan van Aanpak KV1 (einde levensduur) – Kernvraag-overstijgend onderzoek naar functionele inspectie”, Kennisprogramma Natte Kunstwerken, final, 21 september 2021;
- [4] “Product november 2021 – Kernvraag-overstijgend onderzoek naar functionele inspectie”, Kennisprogramma Natte Kunstwerken, versie 1, 12 november 2021;
- [5] “Raamwerk beslismomenten VenR Stormvloedkeringen – Gecombineerde technische en functionele prestaties en economische afweging met case Hollandsche IJsselkering”, Deltares, kenmerk 11206063-000-HYE-0002, definitief, 31 maart 2022;
- [6] “Ontwikkeling zesde-generatie Maas-model – Modelbouw, kalibratie en validatie”, Deltares, kenmerk: 11200569-003-ZWS-0014, definitief, 2020;
- [7] “Analyse naar de doorvaarbaarheid van de toekomstige Maasstuwen – Een systematische aanpak voor het uitwerken van VenR opties op basis van functies en drivers”, Kennisprogramma Natte Kunstwerken, 11208384-002-HYE-0001, versie 1, definitief, 7 oktober 2022;
- [8] “Onderzoek naar de economische meerwaarde van een tweede sluiscolk bij Grave voor de gehele Maascorridor. Een maatschappelijke kosten-baten analyse”, Panteia (Van der Geest, W., Houkes, R., de Leeuw van Weenen, R., Mol, J., Kawabata, Y., van der Geest, J.), 2021;
- [9] “Deelcorridoranalyse en -prognose Maaswaalkanaal. Rapport ten behoeve van V&R scope sluiscomplexen Weurt en Heumen”, Witteveen+Bos, 2021;
- [10] “Regio advies Vervangingsopgave Stuwen Maas en stuw Grave”, RWS (Van Hengel, W., Michon, H., Dassen, L.), 2018;
- [11] Excel-bestand “stremmingen\_sluis\_Grave\_NIS”, RWS, email 20 mei 2022;
- [12] Excel-bestand “Perioden\_zonder\_sluisstremmingen\_v3”, RWS, email 17 juni 2022;
- [13] Excel-bestand “scheepvaartroutes\_gedurende\_stremming\_Grave\_v2”, RWS;
- [14] Excel-bestand “vaarroutes\_via\_grave\_obv\_IVS90”, RWS;
- [15] “Bouwstenen voor systematisch uitwerken en onderbouwen VenR-opties – Raamwerk, drivers en functionele prestatie”, Kennisprogramma Natte Kunstwerken, maart 2023;
- [16] “Doorklikplaat VenR”, Rijkswaterstaat, release 6 (intranet), december 2022;

# A Vergelijking IVS- en AIS data

## A.1 Overzicht

Scheepvaartbewegingen worden op meerdere manieren en in verschillende datasets vastgelegd, waaronder het Informatie- en Volgsysteem voor de Scheepvaart (IVS) en Automatic Identification System (AIS). De informatie in deze systemen is net verschillend. Ze zijn dan ook voor verschillende doeleinden ontwikkeld:

- Het IVS is bestemd voor alle schepen die gebruikmaken van de Nederlandse hoofdvaarwegen, maar richt zich met name op de binnenvaart. Door middel van het systeem registreert een schipper zijn scheeps- en ladingsgegevens eenmalig. Na aanmelding bij een IVS-post blijven de relevante gegevens langs de hele vaarroute<sup>32</sup> beschikbaar. Dat bevordert een snelle gang van zaken bij sluisen, bruggen en verkeersposten. Hierdoor kunnen schippers op schema varen en hun lading op tijd afleveren.
- Het AIS is een systeem<sup>33</sup> dat de veiligheid verhoogt van de scheepvaart. Het doel van AIS is om een goede communicatie tussen schippers en tussen schippers en verkeersposten mogelijk te maken. AIS-apparaten zenden automatisch met regelmatige tussenpozen radiogolven uit. Dat gebeurt via een zender die in het apparaat is ingebouwd. Die radiogolven hebben informatie zoals plek, snelheid en scheepsgegevens die te maken hebben met de reis. AIS-apparaten ontvangen automatisch alle informatie die door andere AIS-apparaten op andere schepen en aan de wal binnen het zendbereik worden uitgezonden.

Hier worden voor een aantal aspecten de verschillende IVS-databronnen en AIS-data kort nader toelicht en naast elkaar gezet.

## A.2 IVS-data

Elk telpunt bevat IVS-data informatie over passages van schepen. Telpunten in het bestudeerde gebied zijn de stuw- en sluiscomplexen. Elk punt bevat informatie over het schip en de vervoerde lading. Voor onderzoek wordt de data geanonimiseerd.

Er zijn drie bronnen van IVS-data: IVS-90, IVS-Next en BIVAS. Het verschil zit in de periode die de data beschrijft en vanuit waar de data wordt benaderd. IVS-90 en IVS-Next bevatten de oorspronkelijke data op het moment van invoer. Met BIVAS-IVS wordt IVS-data gekoppeld aan het BIVAS-model bedoeld. BIVAS is een model dat de meest waarschijnlijke route van de scheepvaart berekend. Er kan een analyse op de invoerdata worden gedaan of het BIVAS-model kan worden gebruikt als post-processing stap op de data. Zo kan er bijvoorbeeld meer in detail berekend worden wat de impact op de scheepvaart is als een sluis niet beschikbaar is. De data in BIVAS is vanaf 2011 beschikbaar voor dit project.

---

<sup>32</sup> *het is onbekend of er hierbij ook een criterium geldt wat betreft de maximum tijd tussen twee passeerpunten;*

<sup>33</sup> <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/verkeersmanagement/scheepvaart/scheepvaartverkeersbegeleiding/river-information-services/automatic-identification-system>

	IVS-90	IVS-Next	BIVAS-IVS (invoerdata)	BIVAS-IVS (modelresultaten)	AIS
<b>Toelichting</b>		Vervanging van IVS-90	Data uit IVS in uniforme format opgenomen in BIVAS-database	Aanvulling van de BIVAS-IVS-informatie op basis van modelresultaten	
<b>Data/modelresultaat</b>	Data	Data	Data	Modelresultaat	Data
<b>Beschikbare periodes</b>	2004 – april 2019	vanaf maart 2019	Vanaf 2011	Vanaf 2011	2016-maart 2021 (m.u.v. enkele maanden)
<b>Start- en eindpunt route</b>	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar	Afleidbaar na reconstrueren routes
<b>Route</b>	Enkel op telpunten	Enkel op telpunten	Enkel op telpunten	Telpunten + meest waarschijnlijke reis	Verspreid over het netwerk
<b>Type lading (vorm)</b>	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar	Type schip beschikbaar (tanker, cargo, etc.)
<b>Vracht</b>	Beschikbaar (in ton of TEU)	Beschikbaar (in ton of TEU)	Beschikbaar (in ton of TEU)	Beschikbaar (in ton of TEU)	Niet beschikbaar, in sommige gevallen diepgang beschikbaar
<b>Scheepstype, -klasse, dimensies, diepgang</b>	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar	Beschikbaar	

Tabel 9: Toelichting op databronnen IVS en AIS

### A.3 AIS-data

AIS-data bevat informatie over de gehele route van het schip omdat het schip continu deze gegevens uitzendt. Dit zijn gegevens over het schip (type schip, afmetingen) en de navigatie (positie, snelheid, en richting).

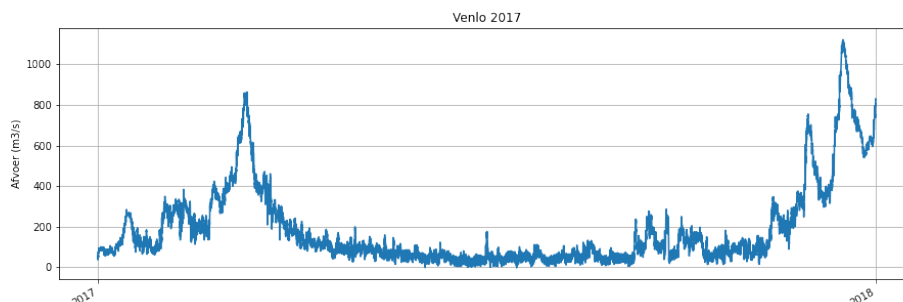
Een geanonimiseerde dataset van Rijkswaterstaat is via de TU Delft beschikbaar gekomen. Deze data is voor heel Nederland per maand beschikbaar vanaf 2016 tot en met september 2021 (op moment van de data-aanvraag), hoewel niet alle maanden voor deze periode beschikbaar zijn. Ook gaat het om een zeer grote dataset en is het daarom van belang om de hoeveelheid data te beperken door keuzes te maken in tijd en locatie.

## B Resultaten

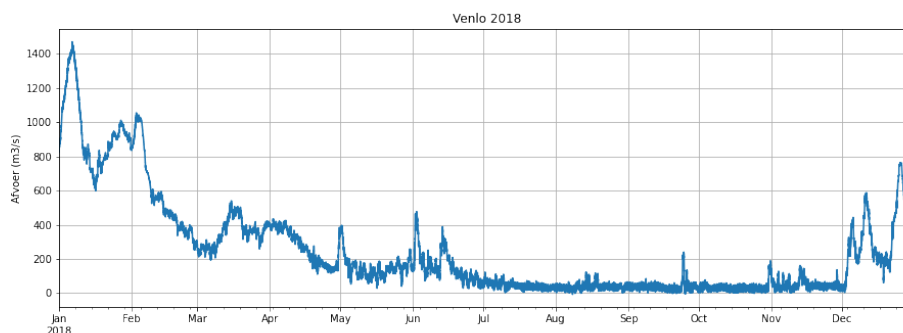
### B.1 Waterinfo-data rivierafvoer

#### B.1.1 Maasafvoer

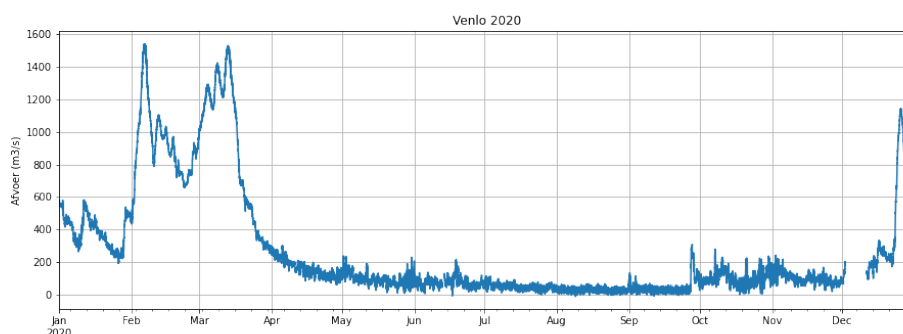
Figuur 28 t/m Figuur 30 geven voor respectievelijk 2017, 2018 en 2020 het verloop gedurende het jaar van de rivierafvoer in m<sup>3</sup>/s van de Maas (bij meetpunt Venlo) weer.



Figuur 28: Verloop Maasafvoer in 2017 t.p.v. meetpunt Venlo bovenstrooms van stuwcomplex Grave



Figuur 29: Verloop Maasafvoer in 2018 t.p.v. meetpunt Venlo bovenstrooms van stuwcomplex Grave

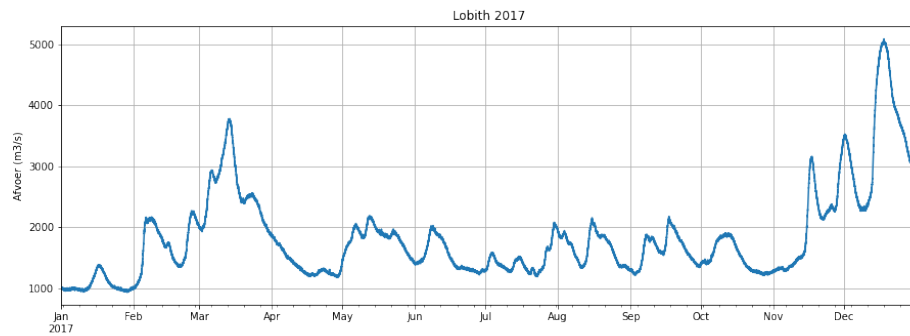


Figuur 30: Verloop Maasafvoer in 2020 t.p.v. meetpunt Venlo bovenstrooms van stuwcomplex Grave

Qua vorm van het verloop van de Maasafvoer valt vooral het verschil in de periode januari t/m april op. In 2017 neemt deze geleidelijk toe, in 2018 geleidelijk af en in 2020 kunnen twee verschillende niveaus worden onderscheiden.

## B.1.2 Rijnafvoer

Figuur 31 t/m Figuur 33 geven voor respectievelijk 2017, 2018 en 2020 het verloop gedurende het jaar van de rivierafvoer in m<sup>3</sup>/s van de Rijn (bij meetpunt Lobith) weer.



Figuur 31: Verloop Rijnafvoer in 2017 t.p.v. meetpunt Lobith bovenstrooms van sluiscomplex Weurt



Figuur 32: Verloop Rijnafvoer in 2018 t.p.v. meetpunt Lobith bovenstrooms van sluiscomplex Weurt

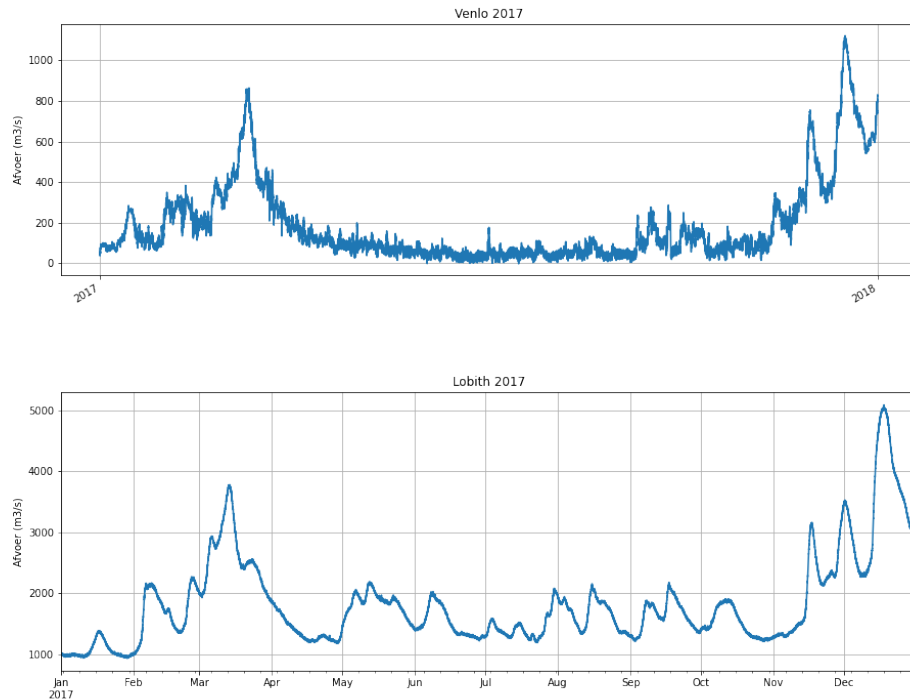


Figuur 33: Verloop Rijnafvoer in 2020 t.p.v. meetpunt Lobith bovenstrooms van sluiscomplex Weurt

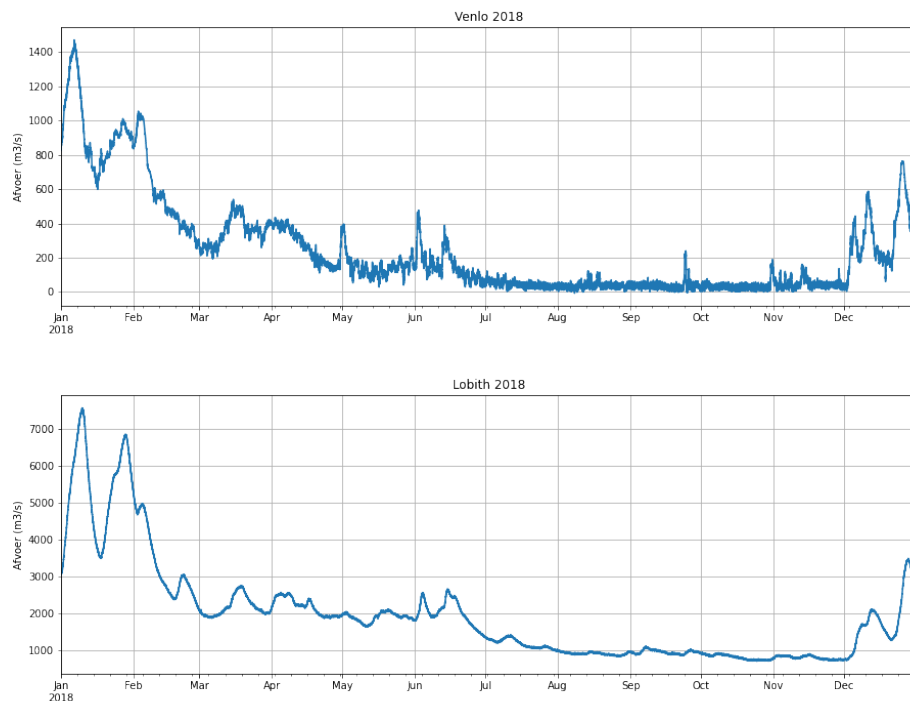
In Figuur 32 komt duidelijk de droge periode in 2018 naar voren waarin de Rijnafvoer bij meetpunt Lobith van augustus t/m december structureel onder de 1.000 m<sup>3</sup>/s bleef.

### B.1.3 Vergelijking rivierafvoer Maas en Rijn

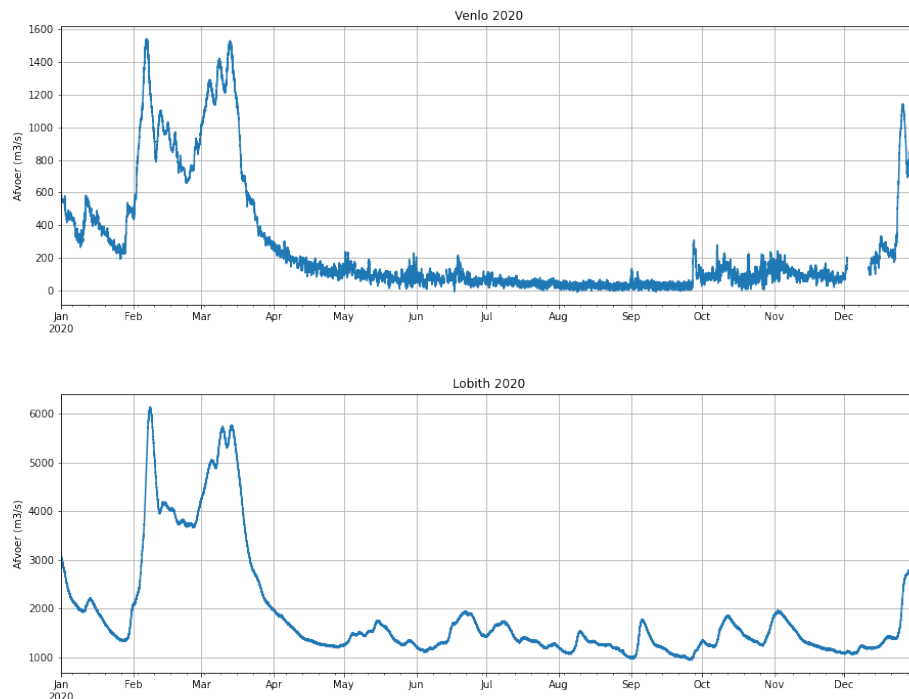
In Figuur 34 t/m Figuur 36 wordt voor respectievelijk 2017, 2018 en 2020 een vergelijking vereenvoudigd tussen de vorm van het verloop gedurende het jaar van de rivierafvoer in m<sup>3</sup>/s van de Maas (bij meetpunt Venlo) en de Rijn (bij meetpunt Lobith).



Figuur 34: Vergelijking verloop rivierafvoer Maas (bij Venlo) en Rijn (bij Lobith) in 2017



Figuur 35: Vergelijking verloop rivierafvoer Maas (bij Venlo) en Rijn (bij Lobith) in 2018



*Figuur 36: Vergelijking verloop rivierafvoer Maas (bij Venlo) en Rijn (bij Lobith) in 2020*

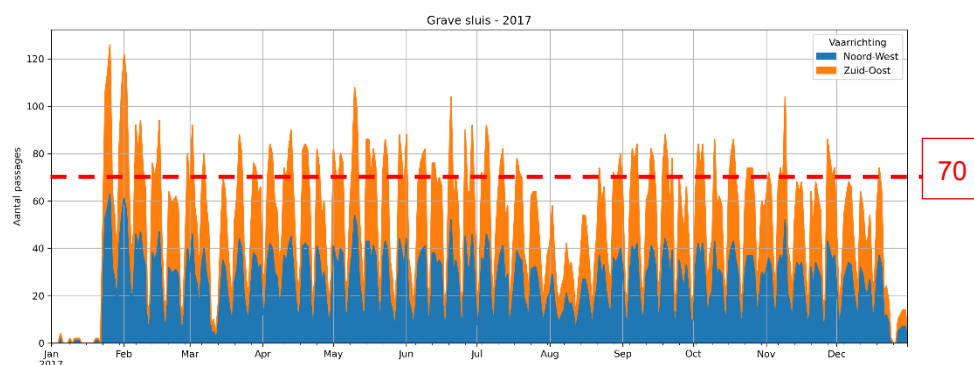


## B.2 IVS90-data aantal scheepspassages per dag

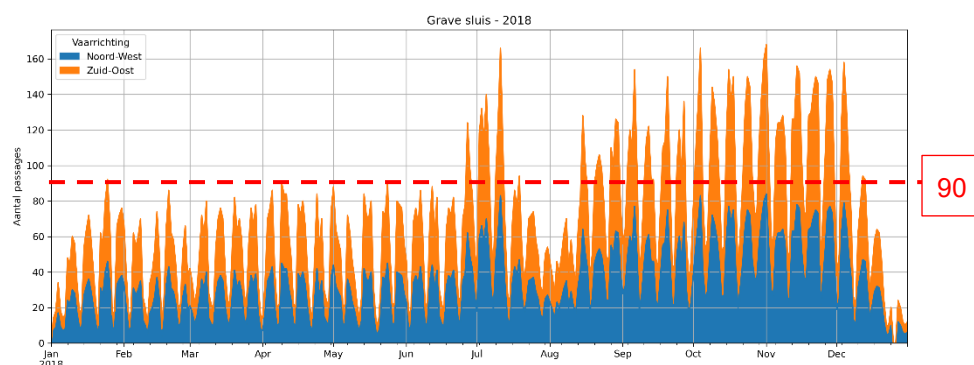
### B.2.1 Sluiskolk Grave

#### B.2.1.1. Gedurende een heel jaar

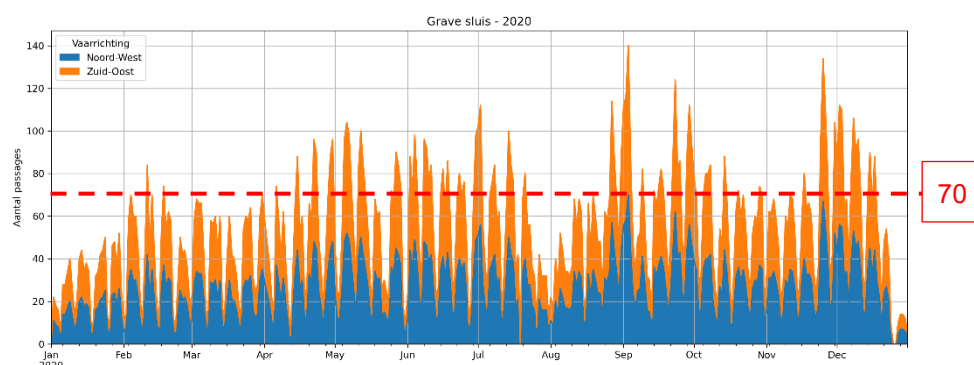
Figuur 37 t/m Figuur 39 geven voor sluiskolk Grave het cumulatieve aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in respectievelijk het jaar 2017, 2018 en 2020 weer op basis van de IVS90-data. Het totaal aantal passages is opgebouwd uit bijdragen van stroomafwaarts ('noord-west' in blauw) en stroomopwaarts ('zuid-oost' in oranje) varende schepen. Hierin zitten dus ook perioden van stremming ergens in het netwerk. Ook is in deze figuren met een rode stippellijn een gemiddeld totaal aantal passages per dag ingeschat. Merk op dat het maximum aantal passages op de verticale as niet hetzelfde is.



Figuur 37: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2017 door sluiskolk Grave (cumulatief)



Figuur 38: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2018 door sluiskolk Grave (cumulatief)

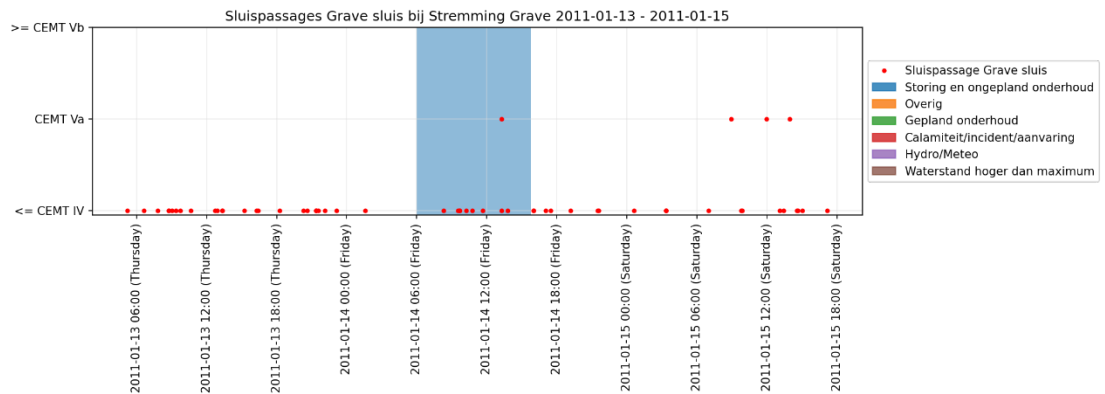


Figuur 39: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2020 door sluiskolk Grave (cumulatief)

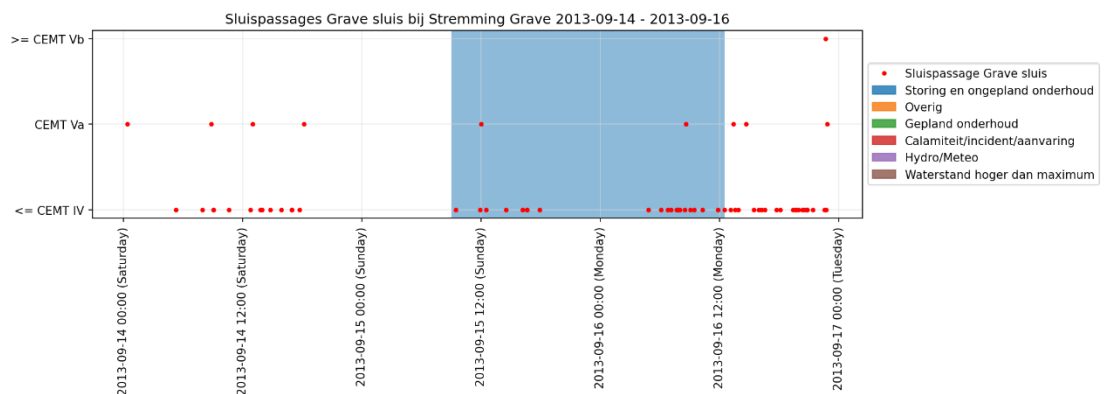
Uit het vergelijken van de figuren voor sluiscolk Grave constateren we de volgende zaken:

- Het aantal passages per dag laat door het jaar heen enige variatie zien.
- Het aantal passages per dag laat ook tussen de jaren enige variatie zien.
- Het jaargemiddelde cumulatieve aantal voor 2017, 2018 en 2020 varieert tussen de 70 en 90 scheepspassages per dag (i.e. som stroomafwaarts en stroomopwaarts).
- Aangezien ook perioden van stremming in het netwerk in de data zijn meegenomen, zal het werkelijke aantal passages in de normale situatie hoger liggen.
- De jaarlijks terugkerende dips in het aantal passages per dag in juli-augustus en december-januari zijn gerelateerd aan de zomervakantie en kerstvakantie.
- De volgende bijzonderheden in het globale beeld worden geconstateerd:
  - Het lage aantal passages per dag in januari 2017 heeft te maken met de aanvaring<sup>34</sup> van stuw Grave op 29 december 2016.
  - De toename in het aantal passages per dag in de tweede helft van 2018 houdt verband met de laagwaterperiode op de Waal (zie Figuur 32).
  - De dip in het aantal passages per dag in maart 2017 is gerelateerd aan de stremmingen die in deze periode in Subparagraaf 4.4.1 zijn opgetreden.

### B.2.1.2. Rond een gestremde situatie

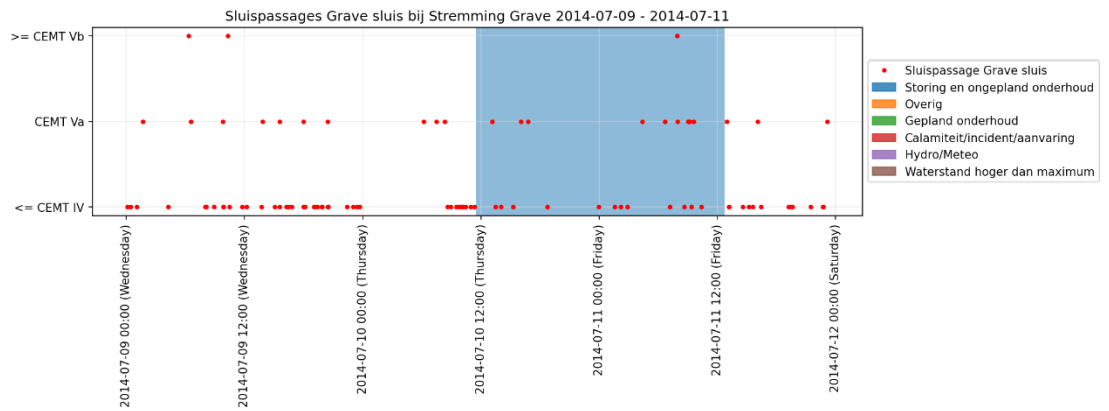


Figuur 40: Aantal sluispassages Grave tussen 13 en 15 januari 2011 (periode #gE)

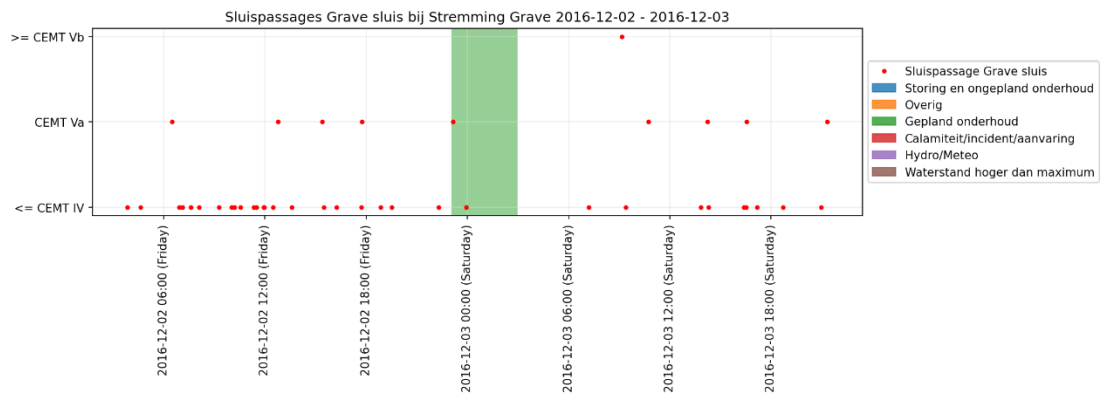


Figuur 41: Aantal sluispassages Grave tussen 14 en 16 september 2013 (periode #gG)

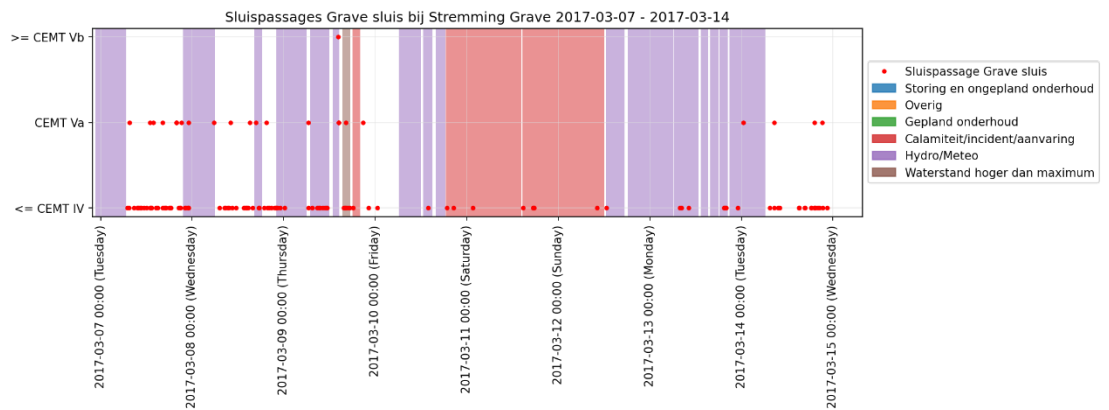
<sup>34</sup> zie [https://nl.wikipedia.org/wiki/Ongeval\\_op\\_de\\_Maas\\_met\\_de\\_stuw\\_Grave](https://nl.wikipedia.org/wiki/Ongeval_op_de_Maas_met_de_stuw_Grave);



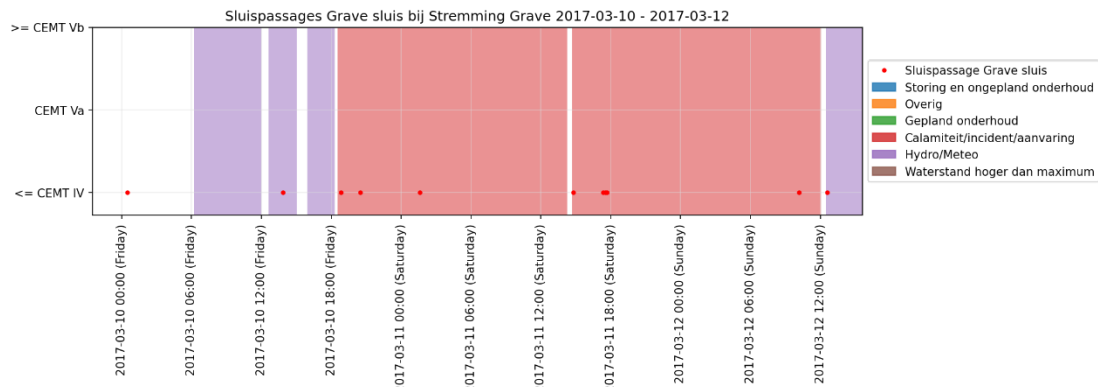
Figuur 42: Aantal sluispassages Grave tussen 9 en 11 juli 2014 (periode #gH)



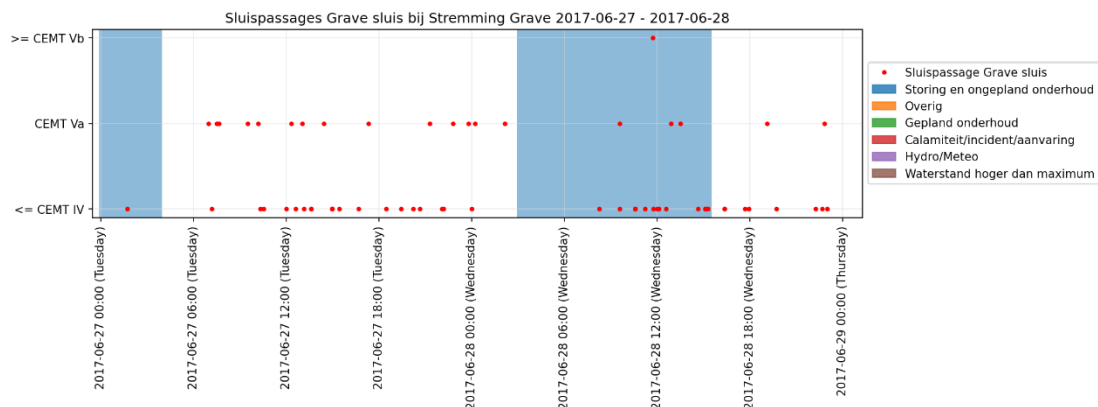
Figuur 43: Aantal sluispassages Grave tussen 2 en 3 december 2016 (periode #gl)



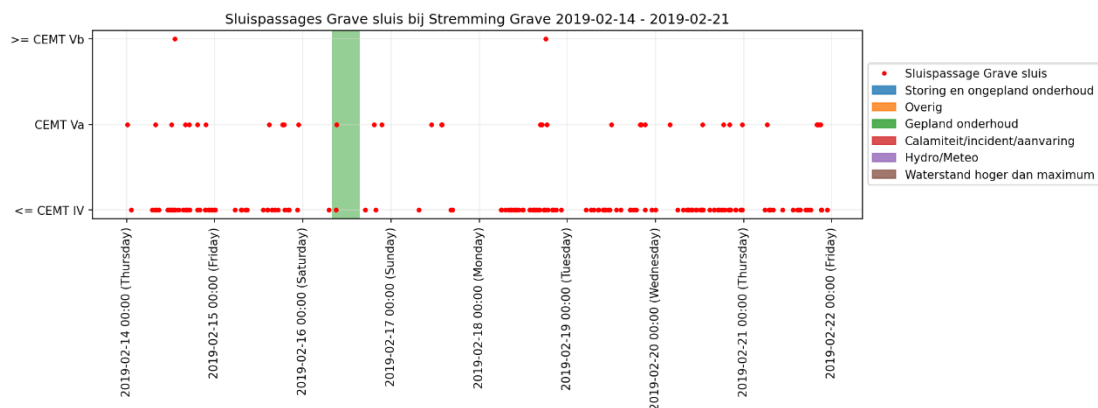
Figuur 44: Aantal sluispassages Grave tussen 7 en 14 maart 2017 (periode #gJ)



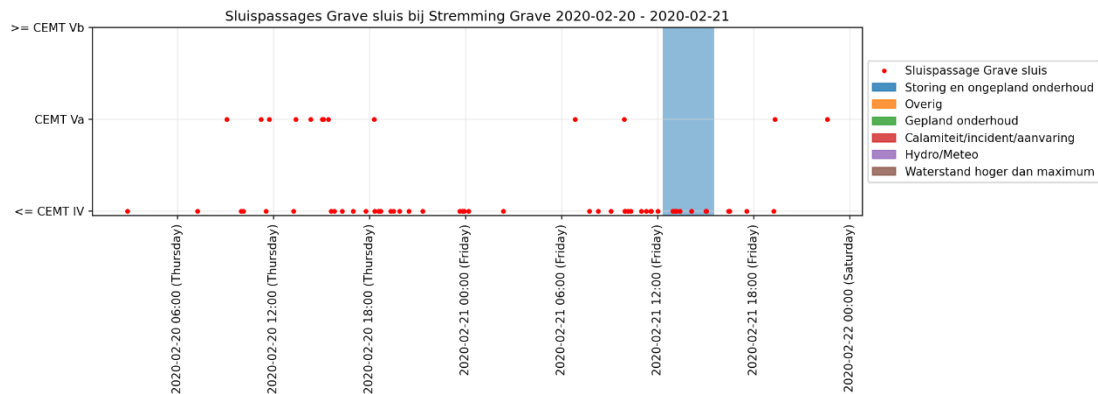
Figuur 45: Aantal sluissp passages Grave tussen 10 en 12 maart 2017 (periode #gJ)



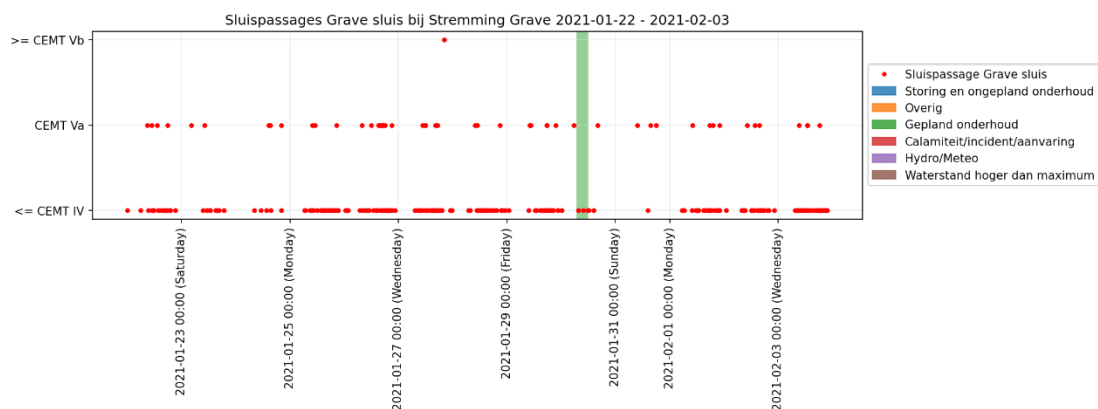
Figuur 46: Aantal sluissp passages Grave tussen 27 en 28 juni 2017 (periode #gM)



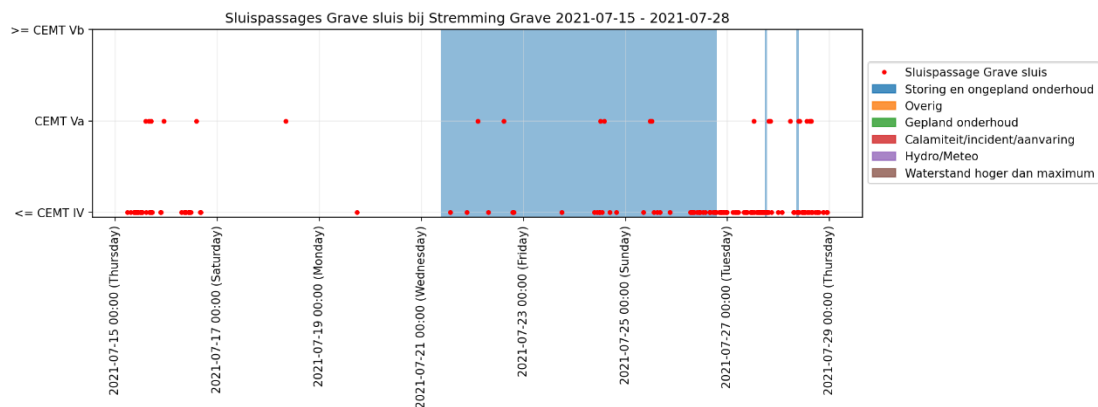
Figuur 47: Aantal sluissp passages Grave tussen 14 en 21 februari 2019 (periode #gN)



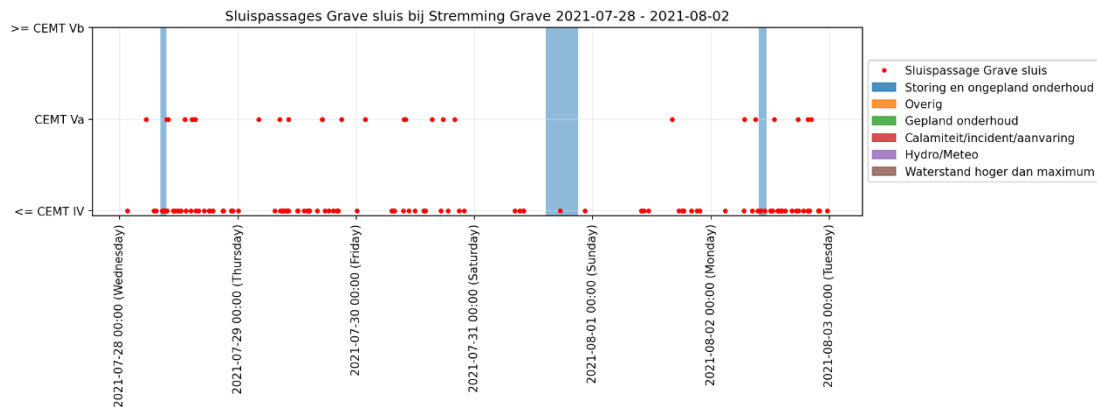
Figuur 48: Aantal sluispassages Grave tussen 20 en 21 februari 2020 (periode #gO)



Figuur 49: Aantal sluispassages Grave tussen 22 januari en 3 februari 2021 (periode #gP)



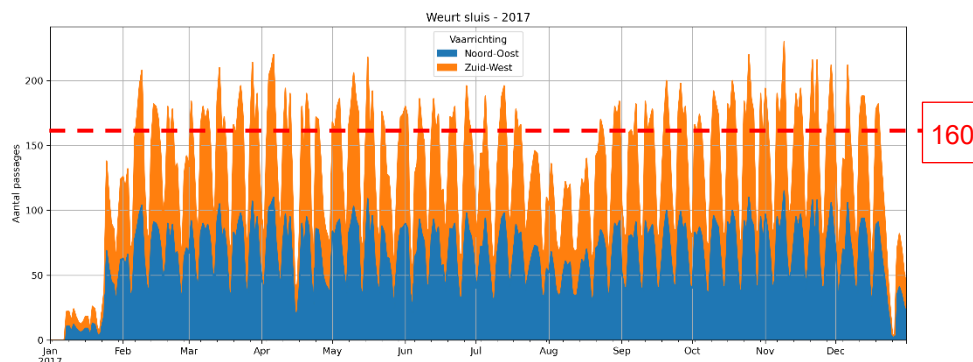
Figuur 50: Aantal sluispassages Grave tussen 15 en 28 juli 2021



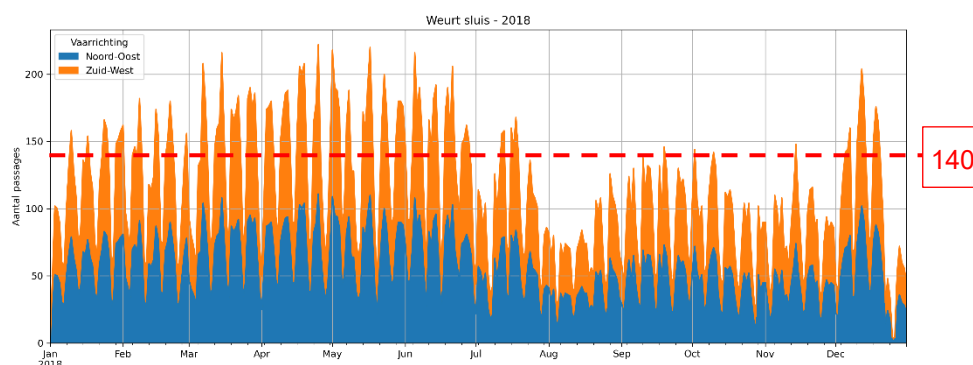
Figuur 51: Aantal sluispassages Grave tussen 28 juli en 2 augustus 2021

## B.2.2 Sluiscomplex Weurt

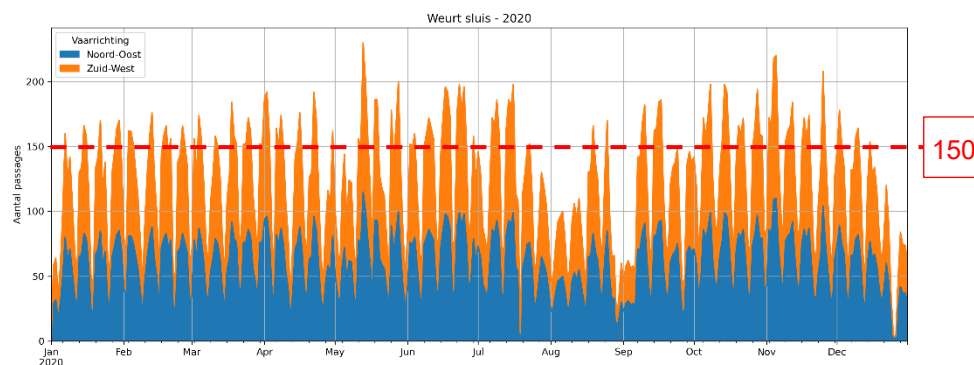
Figuur 52 t/m Figuur 54 geven voor sluiscomplex Weurt het cumulatieve aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in respectievelijk het jaar 2017, 2018 en 2020 weer op basis van de IVS90-data. Ook hier is het totaal aantal passages opgebouwd uit bijdragen van stroomafwaarts ('noord-west' in blauw) en stroomopwaarts ('zuid-oost' in oranje) varende schepen. Hierin zitten dus ook perioden van stremming ergens in het netwerk. En in deze figuren is met een rode stippellijn een gemiddeld totaal aantal passages per dag ingeschat. Merk op dat het maximum aantal passages op de verticale as niet hetzelfde is.



Figuur 52: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2017 door sluiscomplex Weurt (cumulatief)



Figuur 53: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2018 door sluiscomplex Weurt (cumulatief)



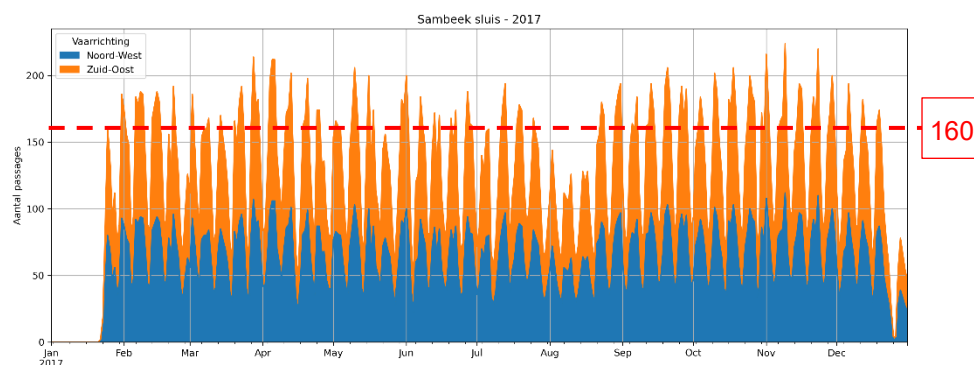
*Figuur 54: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2020 door sluiscomplex Weurt (cumulatief)*

Uit het vergelijken van de figuren voor sluiscomplex Weurt constateren we het volgende:

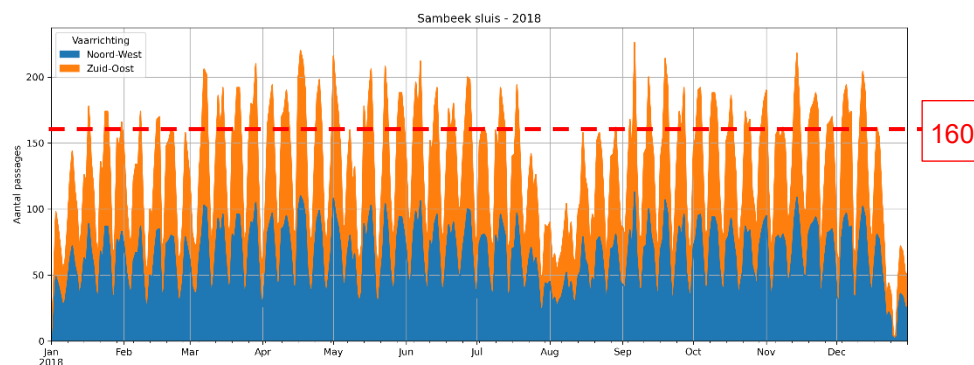
- Het aantal passages per dag laat door het jaar heen enige variatie zien.
- Het aantal passages per dag laat ook tussen de jaren enige variatie zien.
- Het jaargemiddelde cumulatieve aantal voor 2017, 2018 en 2020 varieert tussen de 140 en 160 scheepspassages per dag (i.e. som stroomafwaarts en stroomopwaarts).
- Aangezien ook perioden van stremming in het netwerk in de data zijn meegenomen, zal het werkelijke aantal passages in de normale situatie hoger liggen.
- De jaarlijks terugkerende dips in het aantal passages per dag in juli-augustus en december-januari zijn gerelateerd aan de zomervakantie en kerstvakantie.
- De volgende bijzonderheden in het globale beeld worden geconstateerd:
  - Het lage aantal passages per dag in januari 2017 heeft met de aanvaring van stuw Grave op 29 december 2016 te maken (zie Bijlage B.2.1.1).
  - De afname in het aantal passages per dag in de tweede helft van 2018 houdt verband met de laagwaterperiode op de Waal (zie Figuur 32).
  - De oorzaak voor de dip in het aantal passages per dag in de periode eind augustus t/m begin september 2020 is niet nader uitgezocht.

### B.2.3 Sluizen Sambeek

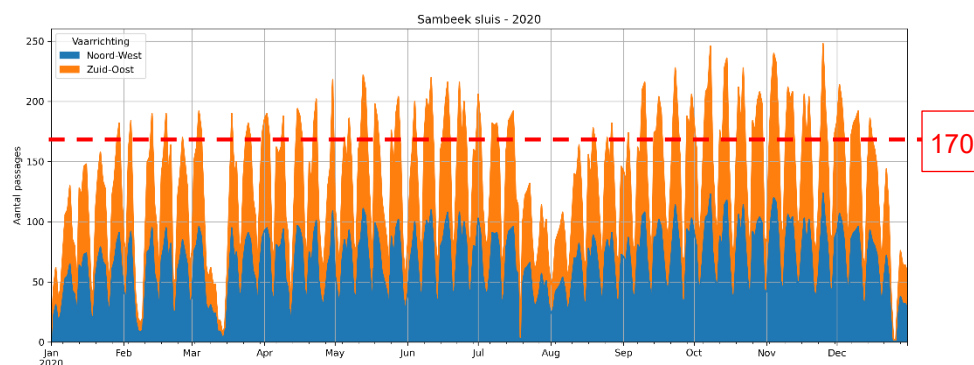
Figuur 55 t/m Figuur 57 geven voor sluizen Sambeek het cumulatieve aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in respectievelijk het jaar 2017, 2018 en 2020 weer op basis van de IVS90-data. Ook hier is het totaal aantal passages opgebouwd uit bijdragen van stroomafwaarts ('noord-west' in blauw) en stroomopwaarts ('zuid-oost' in oranje) varende schepen. Hierin zitten dus ook perioden van stremming ergens in het netwerk. En ook in deze figuren is met een rode stippellijn een gemiddeld aantal passages per dag ingeschat. Merk op dat het maximum aantal passages op de verticale as niet hetzelfde is.



*Figuur 55: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2017 door sluizen Sambeek (cumulatief)*



Figuur 56: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2018 door sluisen Sambeek (cumulatief)



Figuur 57: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2020 door sluisen Sambeek (cumulatief)

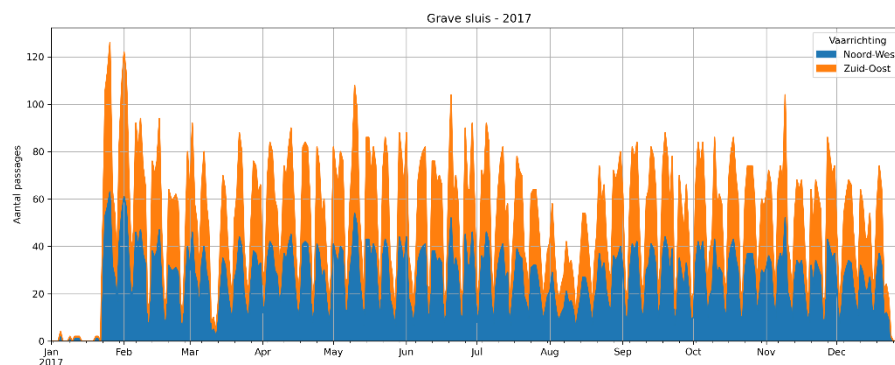
Uit het vergelijken van de figuren voor sluisen Sambeek constateren we het volgende:

- Het aantal passages per dag laat door het jaar heen enige variatie zien.
- Het aantal passages per dag laat ook tussen de jaren enige variatie zien.
- Het jaargemiddelde cumulatieve aantal voor 2017, 2018 en 2020 varieert tussen de 160 en 170 scheepspassages per dag (i.e. som stroomafwaarts en stroomopwaarts).
- Aangezien ook perioden van stremming in het netwerk in de data zijn meegenomen, zal het werkelijke aantal passages in de normale situatie hoger liggen.
- De jaarlijks terugkerende dips in het aantal passages per dag in juli-augustus en december-januari zijn gerelateerd aan de zomervakantie en kerstvakantie.
- De volgende bijzonderheden in het globale beeld worden geconstateerd:
  - Het lage aantal passages per dag in januari 2017 heeft met de aanvaring van stuw Grave op 29 december 2016 te maken (zie Bijlage B.2.1.1).
  - In de tweede helft van 2018 lijkt het aantal passages per dag niet te zijn beïnvloed door de laagwaterperiode op de Waal (zie Figuur 32).
  - De oorzaak voor de dip in het aantal passages per dag in zowel februari 2020 als maart 2020 zijn niet nader uitgezocht.

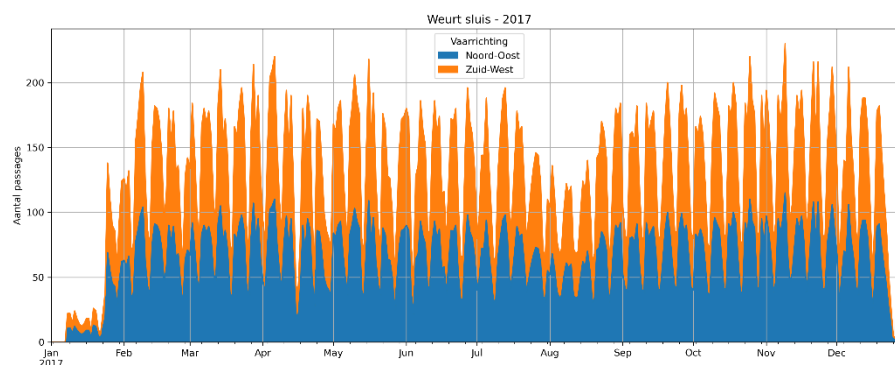
#### B.2.4 Vergelijking verschillende locaties

Hieronder zijn nogmaals de grafieken uit Bijlage B.2.1, Bijlage B.2.2 en Bijlage B.2.3 weergegeven met betrekking tot het aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in het jaar 2017 bij respectievelijk Grave, Weurt en Sambeek weer op basis van de IVS90-data. Merk op dat het maximum aantal passages op de verticale as niet hetzelfde is.

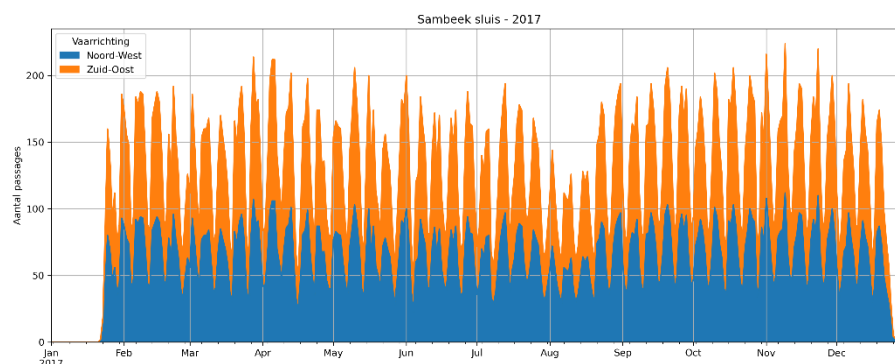




Figuur 58: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2017 door sluis kolk Grave (cumulatief)



Figuur 59: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2017 door sluiscomplex Weurt



Figuur 60: Aantal scheepspassages t/m CEMT-klasse Va per dag in 2017 door sluizen Sambeek

Uit het vergelijken van de figuren voor het jaar 2017 constateren we (in aanvulling op de eerdere constatering) dat het gemiddelde aantal passages van ~70 per dag bij Grave ruim een factor 2 kleiner dan dat aantal van ~160 per dag bij zowel Weurt als Sambeek. Deze trend zien we ook bij het vergelijken van het globale beeld voor het jaar 2020.

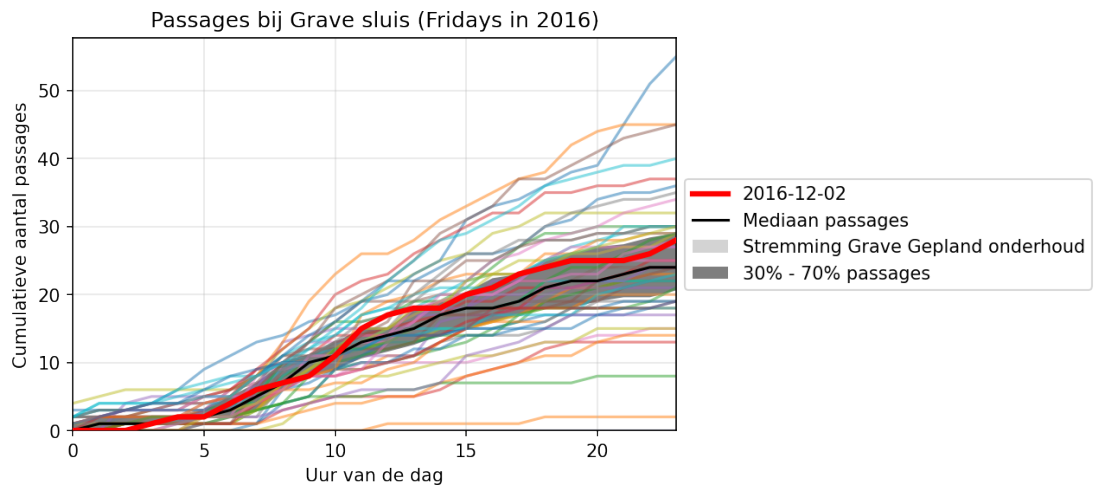
De volgende bijzonderheden in het globale beeld worden geconstateerd:

- Duidelijk is te zien dat er, na de aanvaring van stuw Grave op 29 december 2016, op alle beschouwde locaties sprake was van een laag aantal scheepspassages per dag.
- In 2018 houdt de toename bij Grave in het aantal passages per dag in de tweede helft van dit jaar (zie Figuur 38) verband met de laagwaterperiode op de Waal (zie Figuur 32), wat tot een lager aantal passages per dag bij Weurt (zie Figuur 53) en een gelijkblijvend aantal passages per dag bij Sambeek (zie Figuur 56) heeft geleid.

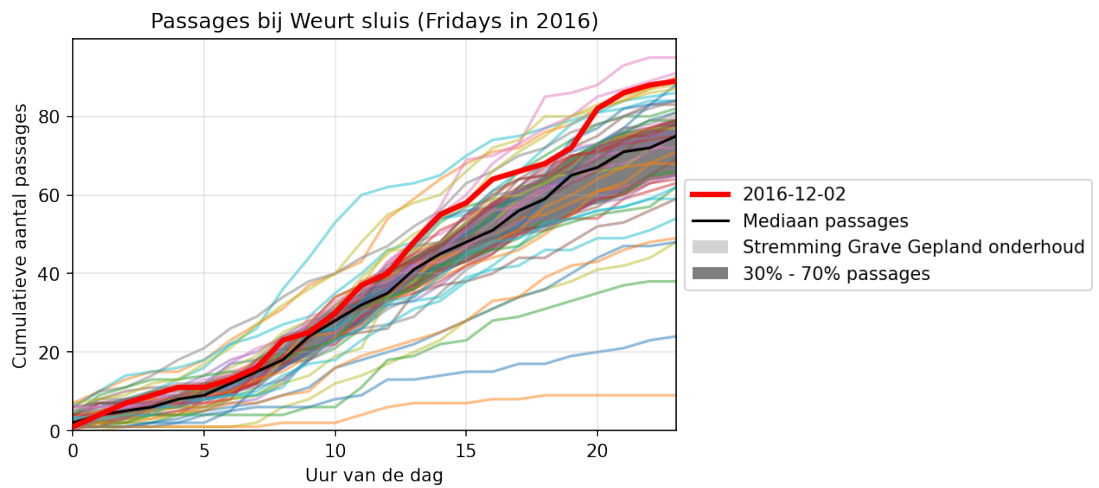
De resultaten in Bijlage B.2 laten zien dat deze constatering qua gemiddeld aantal scheeps-passages per dag op de drie beschouwde locaties ook voor de jaren 2018 en 2020 gelden.

## B.3 IVS90-data cumulatief (vergelijking met stremmingsdagen bij Grave)

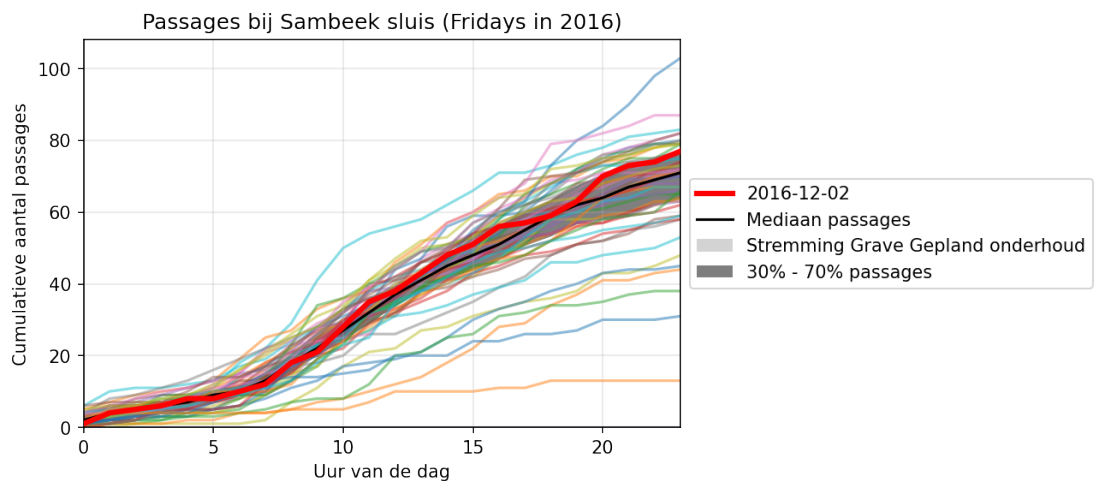
### B.3.1 Vrijdagavond 2 februari 2016



Figuur 61: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluislock Grave op vrijdag 2 februari 2016

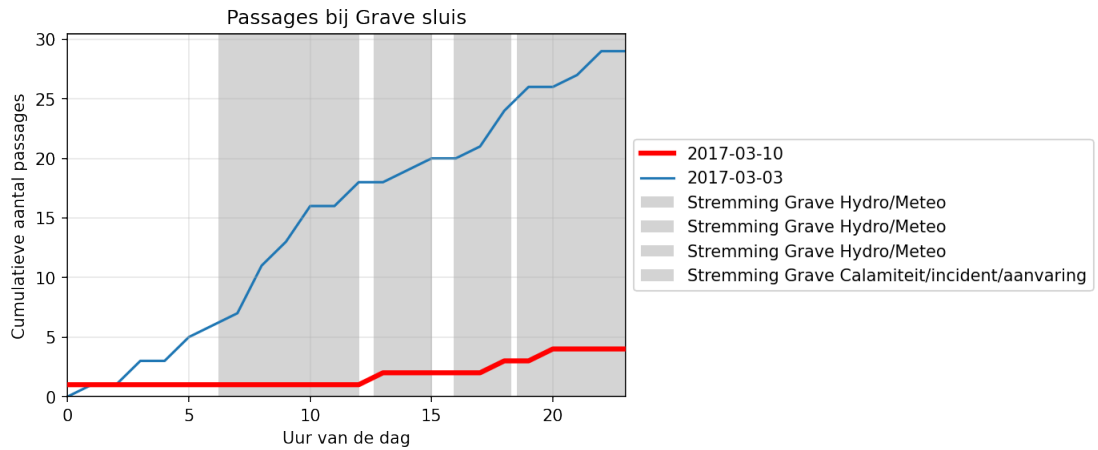


Figuur 62: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscomplex Weurt op vrijdag 2 februari 2016

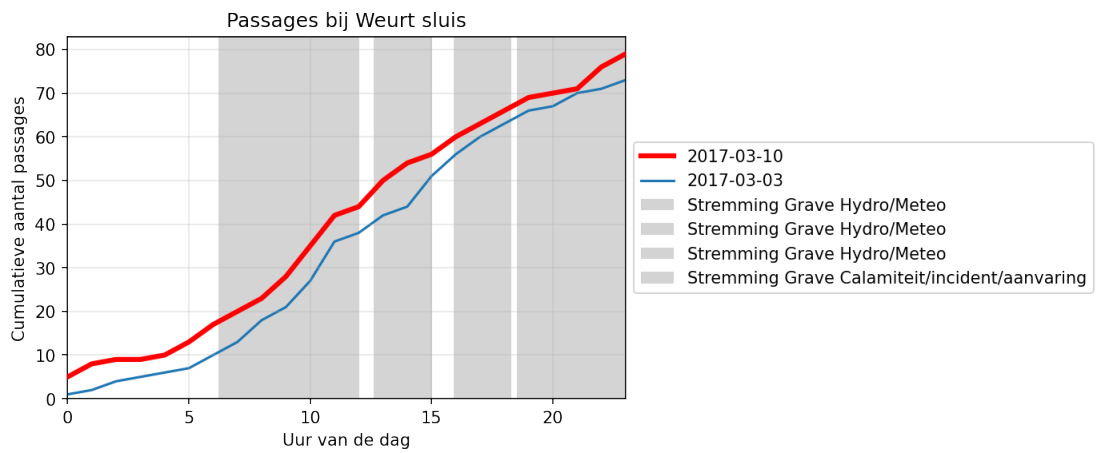


Figuur 63: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluizen Sambeek op vrijdag 2 februari 2016

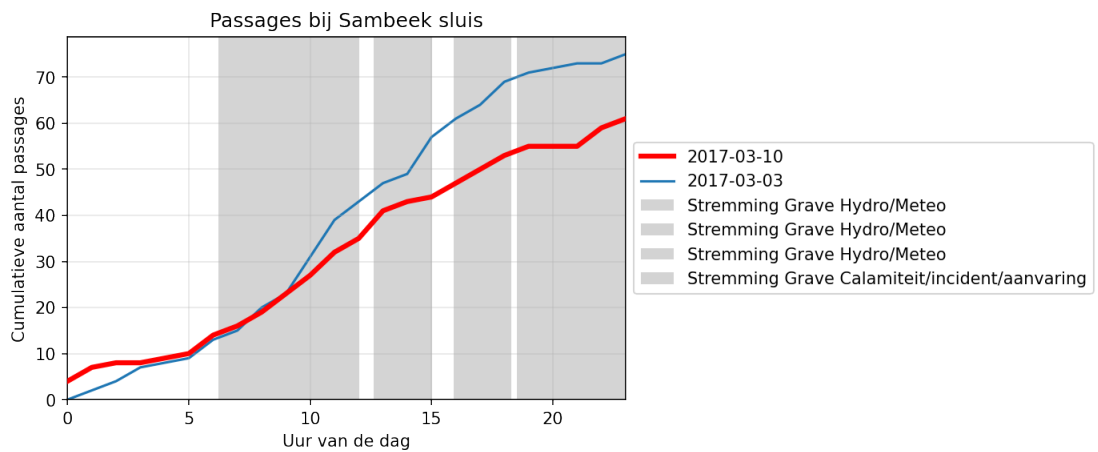
**B.3.2 Vrijdagavond 10 maart 2017**



Figuur 64: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscolk Grave op vrijdag 10 maart 2017



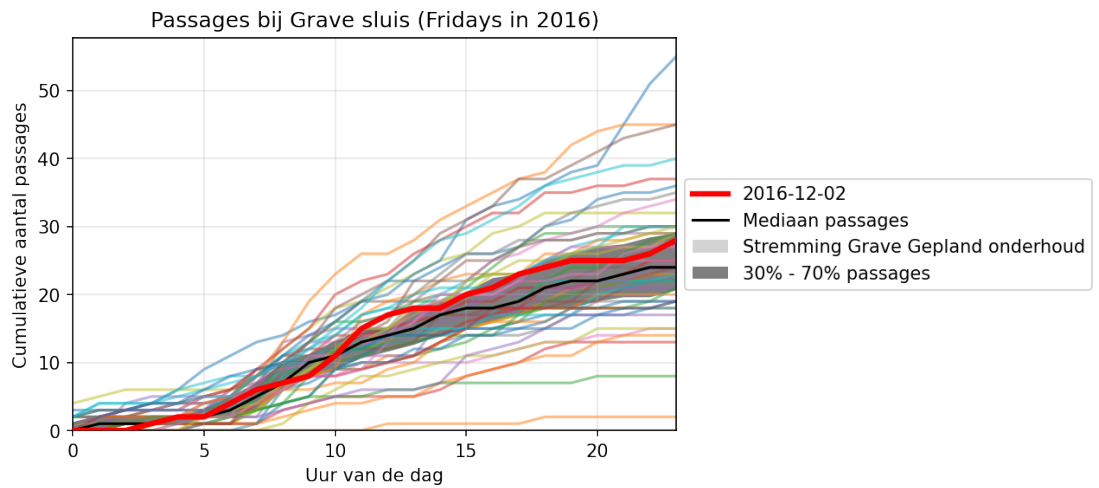
Figuur 65: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscomplex Weurt op vrijdag 10 maart 2017



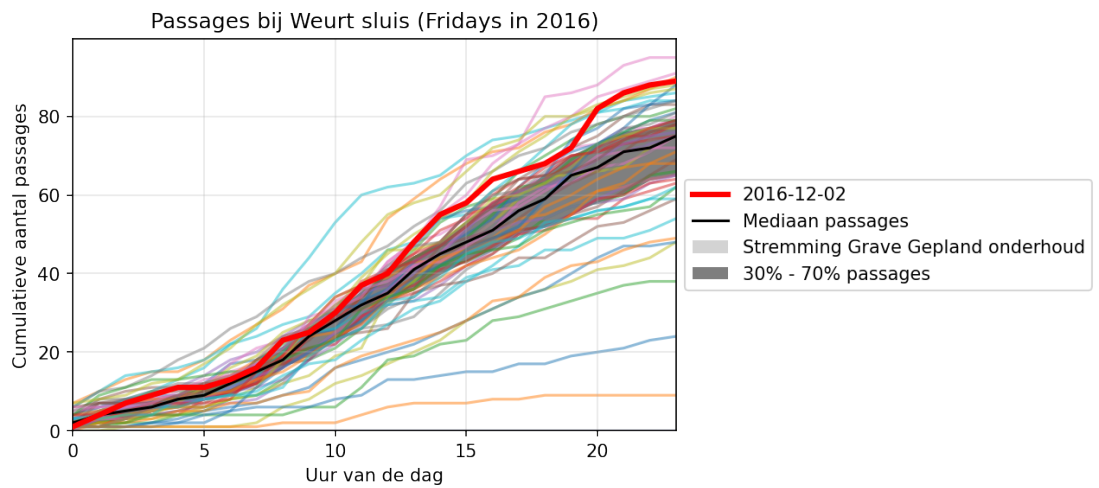
Figuur 66: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluizen Sambeek op vrijdag 10 maart 2017

## B.4 IVS90-data cumulatief (alle weekdays in jaar)

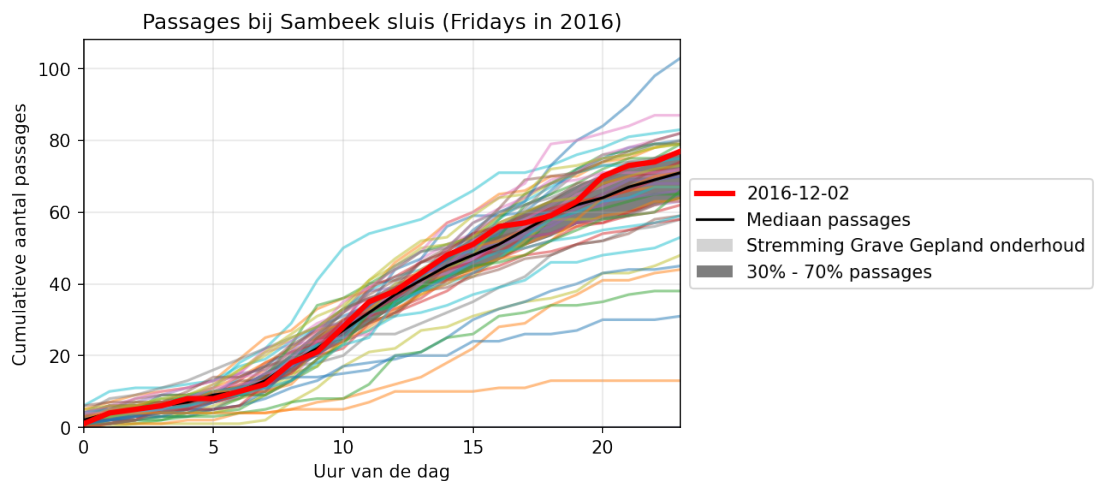
### B.4.1 Alle vrijdagen in 2016



Figuur 67: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluislock Grave op alle vrijdagen in 2016

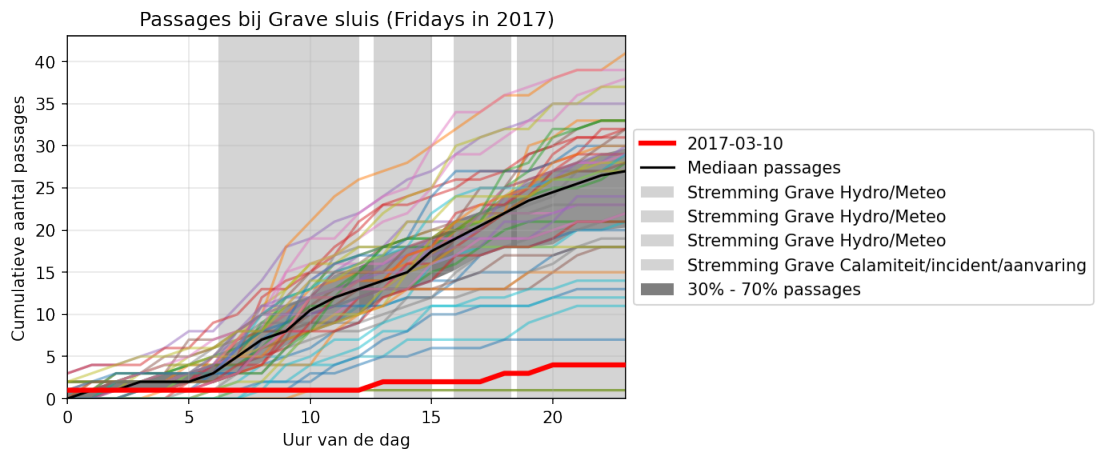


Figuur 68: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscomplex Weurt op alle vrijdagen in 2016

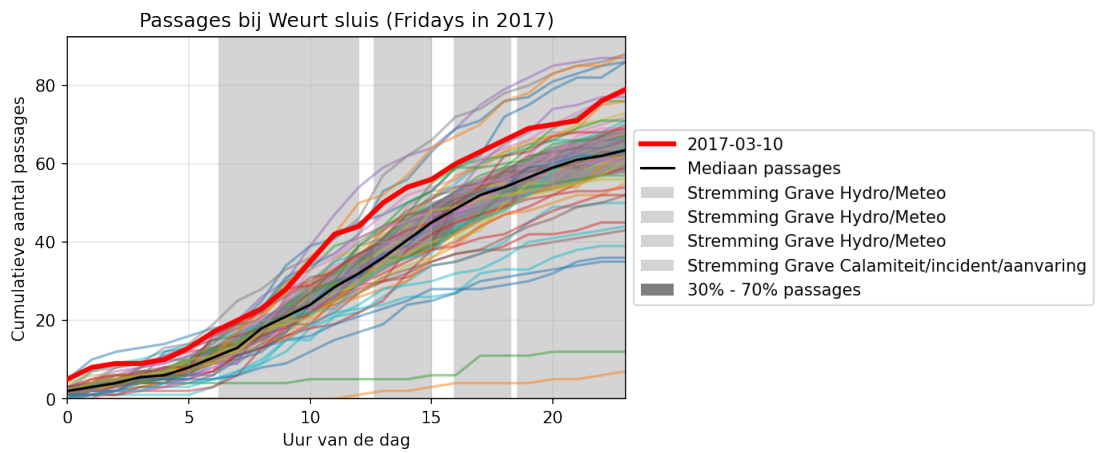


Figuur 69: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluizen Sambeek op alle vrijdagen in 2016

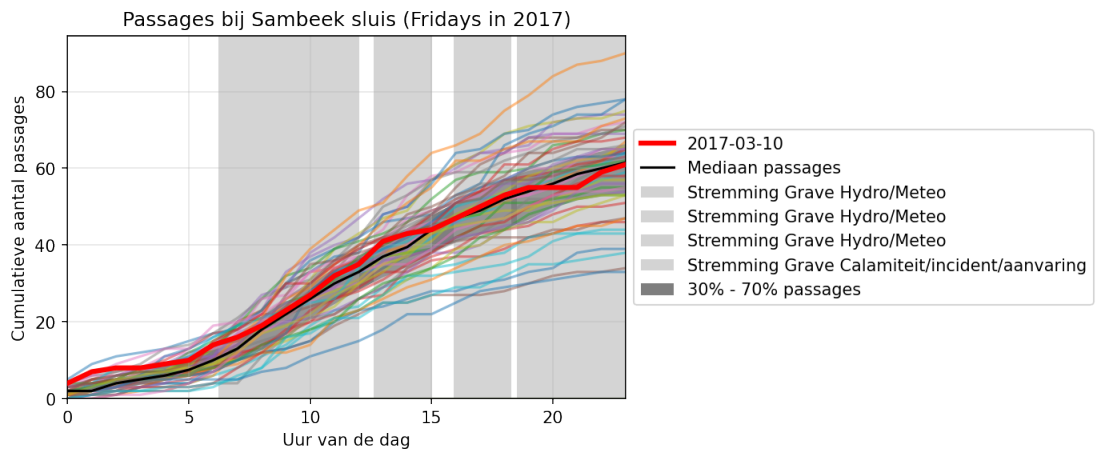
**B.4.2 Alle vrijdagen in 2017**



*Figuur 70: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscolk Grave op alle vrijdagen in 2017*

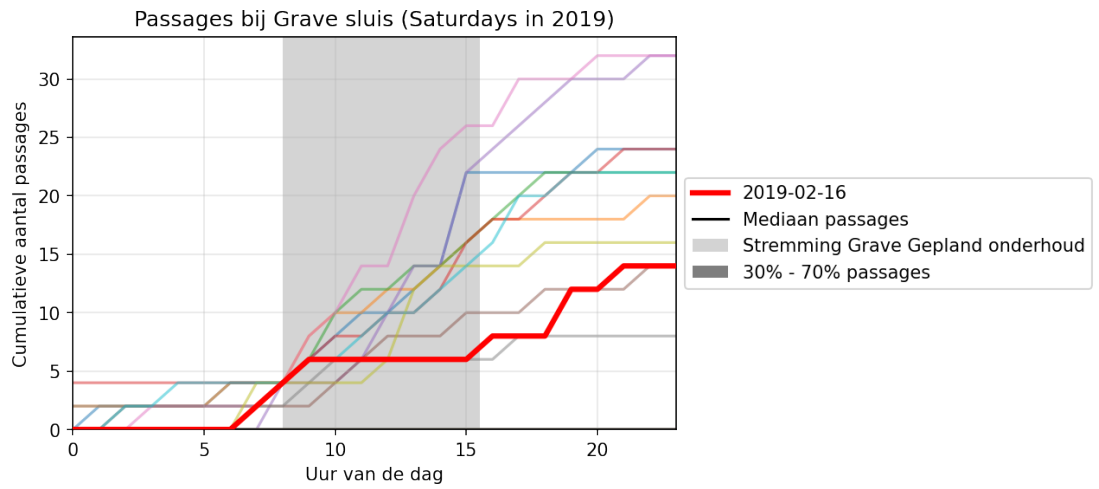


*Figuur 71: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscomplex Weurt op alle vrijdagen in 2017*

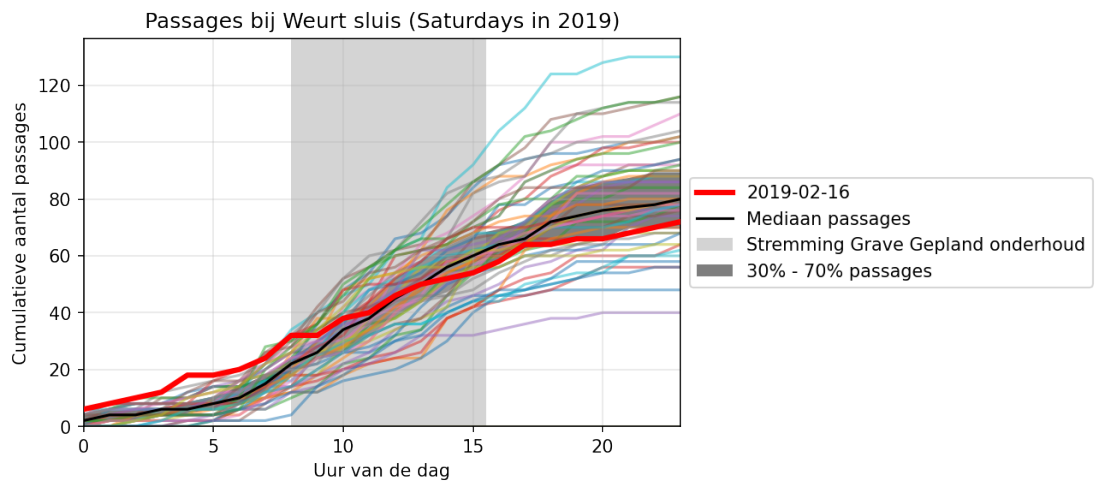


*Figuur 72: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluisen Sambeek op alle vrijdagen in 2017*

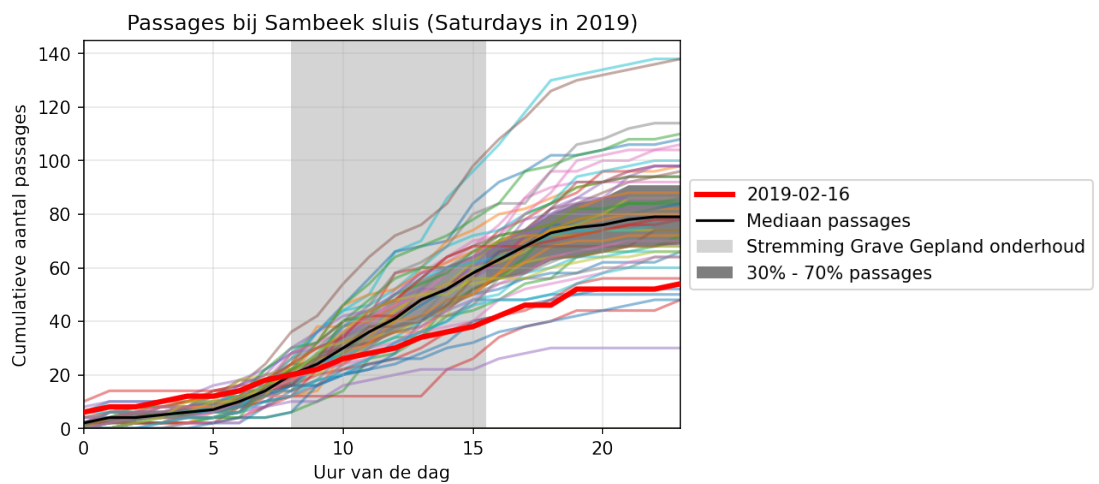
### B.4.3 Alle zaterdagen in 2019



Figuur 73: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluislock Grave op alle zaterdagen in 2019



Figuur 74: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluiscomplex Weurt op alle zaterdagen in 2019



Figuur 75: Cumulatief verloop van scheepspassages bij sluizen Sambeek op alle zaterdagen in 2019





B.5.1.2. Alle vaarroutes binnen kleine ruit in periode #nL

Tabel 11 geeft een samenvatting van het aantal keren dat specifieke vaarroutes binnen de kleine ruit (i.e. combinaties één of meer telpunten) op basis van IVS90-data weer voor periode zondag 19 maart tot en met woensdag 19 april 2017. Dit betreft periode #nL in Tabel 4.

Legenda gebruikte codes:

L60LT	Lith
L59GR	Grave
L58SA	Sambeek
G12SW	Weurt
G13SA	Sint Andries

Lange periode zonder stremming op alle beschouwde complexen: 19 maart 2017 2315u t/m 19 april 2017 0730u									
Route ID	Passeerpunt 1	Passeerpunt 2	Passeerpunt 3	Passeerpunt 4	Gemiddelde reistijd tussen start- en eindpunt*				
					reizen [aantal]	percentage reizen [%]	standaard afwijking reistijd [uur]	reistijd [uur]	
1	G12SW	G12SW	G12SW	geen	1	0,02	1,7	0,0	
2	G12SW	G12SW	geen	geen	22	0,53	26,7	35,8	
3	G12SW	G13SA	geen	geen	1	0,02	3,0	0,0	
4	G12SW	L58SA	L58SA	G12SW	1	0,02	46,2	0,0	
5	G12SW	L58SA	geen	geen	657	15,86	5,5	10,6	
6	G12SW	L59GR	L60LT	geen	6	0,14	28,6	27,8	
7	G12SW	L59GR	geen	geen	38	0,92	4,1	4,2	
8	G12SW	geen	geen	geen	502	12,12			
9	G13SA	G12SW	L58SA	L58SA	1	0,02	21,6	0,0	
10	G13SA	G12SW	L58SA	geen	1	0,02	63,0	0,0	
11	G13SA	G12SW	geen	geen	1	0,02	4,2	0,0	
12	G13SA	G13SA	geen	geen	3	0,07	3,4	3,1	
13	G13SA	L60LT	L59GR	L58SA	4	0,10	29,0	42,0	
14	G13SA	L60LT	L59GR	geen	4	0,10	3,8	0,3	
15	G13SA	L60LT	geen	geen	53	1,28	1,5	1,9	
16	G13SA	geen	geen	geen	603	14,56			
17	L58SA	G12SW	G12SW	L58SA	1	0,02	23,6	0,0	
18	L58SA	G12SW	geen	geen	904	21,83	6,2	11,1	
19	L58SA	L58SA	geen	geen	2	0,05	93,2	111,4	
20	L58SA	L59GR	L59GR	geen	1	0,02	43,5	0,0	
21	L58SA	L59GR	L60LT	G13SA	1	0,02	12,4	0,0	
22	L58SA	L59GR	L60LT	geen	155	3,74	8,0	7,9	
23	L58SA	L59GR	geen	geen	31	0,75	2,4	0,5	
24	L58SA	L60LT	L59GR	geen	2	0,05	2,0	0,4	
25	L58SA	geen	geen	geen	175	4,23			
26	L59GR	G12SW	geen	geen	37	0,89	7,1	15,7	
27	L59GR	L58SA	L60LT	geen	1	0,02	4,3	0,0	
28	L59GR	L58SA	geen	geen	40	0,97	2,7	2,4	
29	L59GR	L59GR	G12SW	geen	1	0,02	25,2	0,0	
30	L59GR	L60LT	geen	geen	105	2,54	3,9	9,5	
31	L59GR	geen	geen	geen	37	0,89			
32	L60LT	G13SA	geen	geen	63	1,52	2,0	2,3	
33	L60LT	L58SA	L59GR	geen	3	0,07	2,3	0,1	
34	L60LT	L59GR	G12SW	geen	27	0,65	22,2	24,2	
35	L60LT	L59GR	L58SA	geen	227	5,48	10,7	16,4	
36	L60LT	L59GR	L59GR	L58SA	1	0,02	12,5	0,0	
37	L60LT	L59GR	geen	geen	162	3,91	4,3	8,1	
38	L60LT	L60LT	G13SA	geen	1	0,02	19,1	0,0	
39	L60LT	L60LT	geen	geen	1	0,02	2,2	0,0	
40	L60LT	geen	geen	geen	266	6,42			

Tabel 11: Vaarroutes bij normale situatie in periode #nL op basis van IVS90-data

B.5.1.3. Alle vaarroutes binnen kleine ruit via Grave in periode #n18

Tabel 12 geeft een samenvatting van het aantal keren dat specifieke vaarroutes binnen de kleine ruit via Grave (i.e. combinaties van één of meer telpunten) op basis van IVS90-data voor het jaar 2018 weer. Dit betreft periode #n18 in Tabel 5.

Legenda gebruikte codes:

L60LT	Lith
L59GR	Grave
L58SA	Sambeek
G12SW	Weurt
G13SA	Sint Andries

passage punt 1	passage punt 2	passage punt 3	passage punt 4	passage punt 5	passage punt 6	aantal reizen	aandeel reis
L58SA	L59GR	L60LT				2422	0,268
L60LT	L59GR	L58SA				2261	0,250
L60LT	L59GR					1509	0,167
L59GR	L60LT					1409	0,156
L59GR	L58SA					319	0,035
L58SA	L59GR					274	0,030
L60LT	L59GR	G12SW				197	0,022
L59GR						188	0,021
G12SW	L59GR					186	0,021
L59GR	G12SW					120	0,013
G12SW	L59GR	L60LT				35	0,004
L58SA	L60LT	L59GR				26	0,003
L60LT	L58SA	L59GR				19	0,002
L59GR	L58SA	L60LT				9	0,001
L60LT	L59GR	L59GR	L60LT			6	0,001
L60LT	L59GR	L59GR				5	0,001
L60LT	L60LT	L59GR	L58SA			5	0,001
L59GR	L60LT	L58SA				4	0,000
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA			4	0,000
L58SA	L59GR	L59GR	L60LT			3	0,000
L58SA	L59GR	L60LT	G12SW	L58SA		3	0,000
L60LT	L60LT	L59GR				3	0,000
G12SW	L60LT	L59GR				2	0,000
L58SA	L59GR	L60LT	L60LT	L59GR	L58SA	2	0,000
L59GR	L59GR	G12SW				2	0,000
L59GR	L59GR					2	0,000
L59GR	L60LT	L60LT				2	0,000
G12SW	L59GR	L59GR				1	0,000
L58SA	G12SW	L59GR	L60LT			1	0,000
L58SA	L58SA	L58SA	L59GR	L60LT		1	0,000
L58SA	L58SA	L59GR	L60LT			1	0,000
L58SA	L59GR	L59GR				1	0,000
L58SA	L59GR	L60LT	L60LT			1	0,000
L59GR	G12SW	G12SW	L59GR			1	0,000
L59GR	L58SA	L58SA				1	0,000
L59GR	L59GR	L58SA				1	0,000
L59GR	L59GR	L60LT				1	0,000
L59GR	L60LT	L60LT	L59GR			1	0,000
L60LT	G12SW	L59GR				1	0,000
L60LT	L59GR	G12SW	G12SW			1	0,000
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA	G12SW		1	0,000
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA	L59GR	L60LT	1	0,000
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA			1	0,000
						<b>8732</b>	<b>0,967</b>
					<b>totaal</b>	<b>9033</b>	<b>1,000</b>

Tabel 12: Vaarroutes bij normale situatie in periode #n18 op basis van IVS90-data

## B.5.2 Gestremde situatie

B.5.2.1. Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gA  
Tabel 13 geeft een samenvatting van het aantal keren dat bij een stremming van sluis Grave specifieke vaarroutes binnen de kleine ruit (i.e. combinaties van één of meer telpunten) op basis van IVS90-data weer voor periode donderdag 30 augustus (vanaf 10:20u) t/m vrijdag 31 augustus 2007 (tot 11:30u). Dit betreft periode #gA in Tabel 4.

Legenda gebruikte codes:

L60LT	Lith
L59GR	Grave
L58SA	Sambeek
G12SW	Weurt
G13SA	Sint Andries

Route ID	Passeerpunt 1	Passeerpunt 2	Passeerpunt 3	Passeerpunt 4	Passeerpunt 5	reizen [aantal]	percentage reizen [%]
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
1	G12SW	G12SW	G13SA		L60LT		
2	G12SW	G12SW	L58SA				
3	G12SW	G12SW					
4	G12SW	G13SA	G12SW				
5	G12SW	G13SA	G13SA	G12SW			
6	G12SW	G13SA	G13SA				
7	G12SW	G13SA	L60LT				
8	G12SW	G13SA					
9	G12SW	L58SA	L58SA	G12SW			
10	G12SW	L58SA	L58SA				
11	G12SW	L58SA				26	9,85
12	G12SW	L59GR				1	0,38
13	G12SW	L60LT	G13SA				
14	G12SW					73	27,65
15	G13SA	G12SW	G12SW	G12SW			
16	G13SA	G12SW	G12SW				
17	G13SA	G12SW	L58SA				
18	G13SA	G12SW					
19	G13SA	G13SA					
20	G13SA	L60LT	L58SA			1	0,38
21	G13SA	L60LT				1	0,38
22	G13SA					23	8,71
23	L58SA	G12SW	G12SW	L58SA			
24	L58SA	G12SW	G13SA	L60LT			
25	L58SA	G12SW	G13SA				
26	L58SA	G12SW					
27	L58SA	G13SA				36	13,64
28	L58SA	L58SA					
29	L58SA	L59GR	L60LT				
30	L58SA	L59GR				3	1,14
31	L58SA	L60LT				4	1,52
32	L58SA					21	7,95
33	L59GR	G12SW					
34	L59GR	L58SA					
35	L59GR	L60LT					
36	L59GR						
37	L60LT	G12SW	G13SA				
38	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA			
39	L60LT	G13SA	G12SW				
40	L60LT	G13SA	G13SA	L60LT			
41	L60LT	G13SA				4	1,52
42	L60LT	L58SA				10	3,79
43	L60LT	L59GR	G12SW				
44	L60LT	L59GR	L58SA				
45	L60LT	L59GR				1	0,38
46	L60LT	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA		
47	L60LT	L60LT	G13SA				
48	L60LT	L60LT				1	0,38
49	L60LT					59	22,35
							100,00

Tabel 13: Aantal reizen per vaarroute op basis van IVS90-data uit de periode 30 t/m 31 augustus 2007

B.5.2.2. Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gB

Tabel 14 geeft een samenvatting van het aantal keren dat bij een stremming van sluis Grave specifieke vaarroutes binnen de kleine ruit (i.e. combinaties van één of meer telpunten) op basis van IVS90-data weer voor periode maandag 3 maart (vanaf 06:20u) t/m maandag 14 april 2008 (tot 06:00u). Dit betreft periode #gB in Tabel 4.

Legenda gebruikte codes:

L60LT	Lith
L59GR	Grave
L58SA	Sambeek
G12SW	Weurt
G13SA	Sint Andries

Route ID	Passeerpunt 1	Passeerpunt 2	Passeerpunt 3	Passeerpunt 4	Passeerpunt 5	reizen [aantal]	percentage reizen [%]
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
1	G12SW	G12SW	G13SA	L60LT		2	0,03
2	G12SW	G12SW	L58SA			1	0,01
3	G12SW	G12SW				27	0,39
4	G12SW	G13SA	G12SW			1	0,01
5	G12SW	G13SA	G13SA	G12SW		1	0,01
6	G12SW	G13SA	G13SA			1	0,01
7	G12SW	G13SA	L60LT			21	0,30
8	G12SW	G13SA				260	3,74
9	G12SW	L58SA	L58SA	G12SW		2	0,03
10	G12SW	L58SA	L58SA			1	0,01
11	G12SW	L58SA				1049	15,08
12	G12SW	L59GR					
13	G12SW	L60LT	G13SA			1	0,01
14	G12SW					2354	33,83
15	G13SA	G12SW	G12SW	G12SW		1	0,01
16	G13SA	G12SW	G12SW			1	0,01
17	G13SA	G12SW	L58SA			74	1,06
18	G13SA	G12SW				240	3,45
19	G13SA	G13SA				13	0,19
20	G13SA	L60LT	L58SA				
21	G13SA	L60LT				153	2,20
22	G13SA					554	7,96
23	L58SA	G12SW	G12SW	L58SA		2	0,03
24	L58SA	G12SW	G13SA	L60LT		27	0,39
25	L58SA	G12SW	G13SA			88	1,26
26	L58SA	G12SW				1308	18,80
27	L58SA	G13SA				1	0,01
28	L58SA	L58SA				2	0,03
29	L58SA	L59GR	L60LT				
30	L58SA	L59GR					
31	L58SA	L60LT					
32	L58SA					221	3,18
33	L59GR	G12SW					
34	L59GR	L58SA					
35	L59GR	L60LT					
36	L59GR						
37	L60LT	G12SW	G13SA			1	0,01
38	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA		16	0,23
39	L60LT	G13SA	G12SW			20	0,29
40	L60LT	G13SA	G13SA	L60LT		1	0,01
41	L60LT	G13SA				163	2,34
42	L60LT	L58SA					
43	L60LT	L59GR	G12SW				
44	L60LT	L59GR	L58SA				
45	L60LT	L59GR					
46	L60LT	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA	1	0,01
47	L60LT	L60LT	G13SA			1	0,01
48	L60LT	L60LT				2	0,03
49	L60LT					347	4,99
							100,00

Tabel 14: Aantal reizen per vaarroute op basis van IVS90-data uit de periode 3 maart t/m 14 april 2008

B.5.2.3. Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gH

Tabel 15 geeft een samenvatting van het aantal keren dat bij een stremming van sluis Grave specifieke vaarroutes binnen de kleine ruit (i.e. combinaties van één of meer telpunten) op basis van IVS90-data weer voor periode donderdag 10 juli (vanaf 11:30u) t/m vrijdag 11 juli 2014 (tot 12:46u). Dit betreft periode #gH in Tabel 4.

Legenda gebruikte codes:

L60LT	Lith
L59GR	Grave
L58SA	Sambeek
G12SW	Weurt
G13SA	Sint Andries

Route ID	Passeerpunt 1	Passeerpunt 2	Passeerpunt 3	Passeerpunt 4	Passeerpunt 5	reizen [aantal]	percentage reizen [%]
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
1	G12SW	G12SW	G13SA	L60LT			
2	G12SW	G12SW	L58SA				
3	G12SW	G12SW				1	0,45
4	G12SW	G13SA	G12SW				
5	G12SW	G13SA	G13SA	G12SW			
6	G12SW	G13SA	G13SA				
7	G12SW	G13SA	L60LT				
8	G12SW	G13SA				1	0,45
9	G12SW	L58SA	L58SA	G12SW			
10	G12SW	L58SA	L58SA				
11	G12SW	L58SA				21	9,46
12	G12SW	L59GR					
13	G12SW	L60LT	G13SA				
14	G12SW					43	19,37
15	G13SA	G12SW	G12SW	G12SW			
16	G13SA	G12SW	G12SW				
17	G13SA	G12SW	L58SA			1	0,45
18	G13SA	G12SW				2	0,90
19	G13SA	G13SA					
20	G13SA	L60LT	L58SA				
21	G13SA	L60LT				6	2,70
22	G13SA					43	19,37
23	L58SA	G12SW	G12SW	L58SA			
24	L58SA	G12SW	G13SA	L60LT			
25	L58SA	G12SW	G13SA				
26	L58SA	G12SW				35	15,77
27	L58SA	G13SA					
28	L58SA	L58SA					
29	L58SA	L59GR	L60LT			1	0,45
30	L58SA	L59GR				1	0,45
31	L58SA	L60LT				18	8,11
32	L58SA						
33	L59GR	G12SW				2	0,90
34	L59GR	L58SA				1	0,45
35	L59GR	L60LT				3	1,35
36	L59GR					2	0,90
37	L60LT	G12SW	G13SA				
38	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA			
39	L60LT	G13SA	G12SW				
40	L60LT	G13SA	G13SA	L60LT			
41	L60LT	G13SA				6	2,70
42	L60LT	L58SA					
43	L60LT	L59GR	G12SW			1	0,45
44	L60LT	L59GR	L58SA			5	2,25
45	L60LT	L59GR				5	2,25
46	L60LT	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA		
47	L60LT	L60LT	G13SA				
48	L60LT	L60LT					
49	L60LT					24	10,81
							100,00

Tabel 15: Aantal reizen per vaarroute op basis van IVS90-data uit de periode 10 t/m 11 juli 2014

B.5.2.4. Alle vaarroutes binnen kleine ruit bij stremming Grave in periode #gK

Tabel 16 geeft een samenvatting van het aantal keren dat bij een stremming van sluis Grave specifieke vaarroutes binnen de kleine ruit (i.e. combinaties van één of meer telpunten) op basis van IVS90-data weer voor periode zaterdag 11 maart (vanaf 14:40u) t/m zondag 12 maart 2017 (tot 12:05u). Dit betreft periode #gK in Tabel 4.

Legenda gebruikte codes:

L60LT	Lith
L59GR	Grave
L58SA	Sambeek
G12SW	Weurt
G13SA	Sint Andries

Route ID	Passeerpunt 1	Passeerpunt 2	Passeerpunt 3	Passeerpunt 4	reizen [aantal]	percentage reizen [%]
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]		
1	G12SW	G12SW	G12SW	geen	1	0,02
2	G12SW	G12SW	geen	geen	22	0,53
3	G12SW	G13SA	geen	geen	1	0,02
4	G12SW	L58SA	L58SA	G12SW	1	0,02
5	G12SW	L58SA	geen	geen	657	15,86
6	G12SW	L59GR	L60LT	geen	6	0,14
7	G12SW	L59GR	geen	geen	38	0,92
8	G12SW	geen	geen	geen	502	12,12
9	G13SA	G12SW	L58SA	L58SA	1	0,02
10	G13SA	G12SW	L58SA	geen	1	0,02
11	G13SA	G12SW	geen	geen	1	0,02
12	G13SA	G13SA	geen	geen	3	0,07
13	G13SA	L60LT	L59GR	L58SA	4	0,10
14	G13SA	L60LT	L59GR	geen	4	0,10
15	G13SA	L60LT	geen	geen	53	1,28
16	G13SA	geen	geen	geen	603	14,56
17	L58SA	G12SW	G12SW	L58SA	1	0,02
18	L58SA	G12SW	geen	geen	904	21,83
19	L58SA	L58SA	geen	geen	2	0,05
20	L58SA	L59GR	L59GR	geen	1	0,02
21	L58SA	L59GR	L60LT	G13SA	1	0,02
22	L58SA	L59GR	L60LT	geen	155	3,74
23	L58SA	L59GR	geen	geen	31	0,75
24	L58SA	L60LT	L59GR	geen	2	0,05
25	L58SA	geen	geen	geen	175	4,23
26	L59GR	G12SW	geen	geen	37	0,89
27	L59GR	L58SA	L60LT	geen	1	0,02
28	L59GR	L58SA	geen	geen	40	0,97
29	L59GR	L59GR	G12SW	geen	1	0,02
30	L59GR	L60LT	geen	geen	105	2,54
31	L59GR	geen	geen	geen	37	0,89
32	L60LT	G13SA	geen	geen	63	1,52
33	L60LT	L58SA	L59GR	geen	3	0,07
34	L60LT	L59GR	G12SW	geen	27	0,65
35	L60LT	L59GR	L58SA	geen	227	5,48
36	L60LT	L59GR	L59GR	L58SA	1	0,02
37	L60LT	L59GR	geen	geen	162	3,91
38	L60LT	L60LT	G13SA	geen	1	0,02
39	L60LT	L60LT	geen	geen	1	0,02
40	L60LT	geen	geen	geen	266	6,42
						100,0

Tabel 16: Aantal reizen per vaarroute op basis van IVS90-data uit de periode 19 maart t/m 19 april 2017

## B.5.3 Samenvatting

### B.5.3.1. Normale situatie

						NORMAAL (NERGENS STREMMING)						
						periode #n17			periode #n18			
						2017			2018			
						alleen routes door Grave!			alleen routes door Grave!			
Passeer-punt 1	Passeer-punt 2	Passeer-punt 3	Passeer-punt 4	Passeer-punt 5	Passeer-punt 6	aantal reizen	per werkdag	% van totaal	aantal reizen	per werkdag	% van totaal	
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	260	261		260	261		
						[aantal]	[aantal]	[%]	[aantal]	[aantal]	[%]	
G12SW	G12SW	L59GR	L60LT			1	0,0	0,01				
G12SW	L59GR	L59GR							1	0,0	0,01	
G12SW	L59GR	L60LT	L60LT	L59GR		1	0,0	0,01				
G12SW	L59GR	L60LT				37	0,1	0,51	35	0,1	0,39	
G12SW	L59GR					354	1,4	4,91	186	0,7	2,07	
G12SW	L60LT	L59GR							2	0,0	0,02	
L58SA	G12SW	L59GR	L60LT						1	0,0	0,01	
L58SA	L58SA	L58SA	L59GR	L60LT					1	0,0	0,01	
L58SA	L58SA	L59GR	L60LT			1	0,0	0,01	1	0,0	0,01	
L58SA	L58SA	L59GR				1	0,0	0,01				
L58SA	L59GR	L59GR	L59GR	L59GR	L58SA	1	0,0	0,01				
L58SA	L59GR	L59GR	L60LT						3	0,0	0,03	
L58SA	L59GR	L59GR							1	0,0	0,01	
L58SA	L59GR	L60LT	G12SW	L58SA		1	0,0	0,01	3	0,0	0,03	
L58SA	L59GR	L60LT	L60LT	L59GR	L58SA	1	0,0	0,01	2	0,0	0,02	
L58SA	L59GR	L60LT	L60LT						1	0,0	0,01	
L58SA	L59GR	L60LT				1306	5,0	18,12	2422	9,3	26,99	
L58SA	L59GR					214	0,8	2,97	274	1,0	3,05	
L59GR	G12SW	G12SW	L58SA			1	0,0	0,01				
L59GR	G12SW	G12SW	L59GR						1	0,0	0,01	
L59GR	G12SW					301	1,2	4,18	120	0,5	1,34	
L59GR	L58SA					269	1,0	3,73	319	1,2	3,55	
L59GR	L58SA	L58SA				1	0,0	0,01	1	0,0	0,01	
L59GR	L59GR	G12SW				1	0,0	0,01	2	0,0	0,02	
L59GR	L59GR	L58SA				3	0,0	0,04	1	0,0	0,01	
L59GR	L59GR	L59GR	L60LT			1	0,0	0,01				
L59GR	L59GR	L59GR				3	0,0	0,04				
L59GR	L59GR	L60LT							1	0,0	0,01	
L59GR	L59GR					6	0,0	0,08	2	0,0	0,02	
L59GR	L60LT					931	3,6	12,91	1409	5,4	15,70	
L59GR	L60LT	L60LT				3	0,0	0,04	2	0,0	0,02	
L59GR	L60LT	L60LT	L59GR			2	0,0	0,03	1	0,0	0,01	
L59GR	L60LT	L60LT	L60LT	L59GR		1	0,0	0,01				
L59GR						218	0,8	3,02	188	0,7	2,09	
L60LT	G12SW	L59GR							1	0,0	0,01	
L60LT	L59GR	G12SW				306	1,2	4,24	197	0,8	2,19	
L60LT	L59GR	G12SW	G12SW	L58SA		1	0,0	0,01				
L60LT	L59GR	G12SW	G12SW						1	0,0	0,01	
L60LT	L59GR	G12SW	L58SA			2	0,0	0,03				
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA	G12SW		2	0,0	0,03	1	0,0	0,01	
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA	L59GR	L60LT	1	0,0	0,01	1	0,0	0,01	
L60LT	L59GR	L58SA	L58SA			3	0,0	0,04	4	0,0	0,04	
L60LT	L59GR	L58SA				1911	7,4	26,51	2261	8,7	25,19	
L60LT	L59GR	L59GR	G12SW			1	0,0	0,01				
L60LT	L59GR	L59GR	L58SA			1	0,0	0,01	1	0,0	0,01	
L60LT	L59GR	L59GR	L59GR	G12SW		1	0,0	0,01				
L60LT	L59GR	L59GR	L60LT			2	0,0	0,03	6	0,0	0,07	
L60LT	L59GR	L59GR				1	0,0	0,01	5	0,0	0,06	
L60LT	L59GR					1313	5,1	18,21	1509	5,8	16,81	
L60LT	L60LT	L59GR				4	0,0	0,06	3	0,0	0,03	
L60LT	L60LT	L59GR	L58SA			1	0,0	0,01	5	0,0	0,06	
						<b>TOTAAL</b>	<b>7209</b>	<b>27,7</b>	<b>100,00</b>	<b>8975</b>	<b>34,4</b>	<b>100,00</b>

Tabel 17: Samenvatting aantal reizen in normale situatie binnen kleine ruit VIA GRAVE per vaarroute op basis van IVS90-data uit periode #n17 en periode #n18

						<b>NORMAAL (NERGENS STREMMING)</b>		
						<b>periode #nL</b>		
						ZO 19-mrt-2017 (23:15u) - WO 19-apr-2017 (07:30u)		
Passeer- punt 1	Passeer- punt 2	Passeer- punt 3	Passeer- punt 4	Passeer- punt 5	Passeer- punt 6	aantal reizen	per werkdag	% van toaal
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[aantal]	[aantal]	[%]
							<b>22</b>	
G12SW	G12SW	G12SW				1	0,0	0,02
G12SW	G12SW					22	1,0	0,55
G12SW	G13SA					1	0,0	0,02
G12SW	L58SA	L58SA	G12SW			1	0,0	0,02
G12SW	L58SA					657	29,9	16,38
G12SW	L59GR	L60LT				6	0,3	0,15
G12SW	L59GR					38	1,7	0,95
G12SW						502	22,8	12,52
G13SA	G12SW	L58SA	L58SA			1	0,0	0,02
G13SA	G12SW	L58SA				1	0,0	0,02
G13SA	G12SW					1	0,0	0,02
G13SA	G13SA					3	0,1	0,07
G13SA						603	27,4	15,04
L58SA	G12SW	G12SW	L58SA			1	0,0	0,02
L58SA	G12SW					904	41,1	22,54
L58SA	L58SA					2	0,1	0,05
L58SA	L59GR	L59GR				1	0,0	0,02
L58SA	L59GR	L60LT				155	7,0	3,87
L58SA	L59GR					31	1,4	0,77
L58SA						175	8,0	4,36
L59GR	G12SW					37	1,7	0,92
L59GR	L58SA					40	1,8	1,00
L59GR	L59GR	G12SW				1	0,0	0,02
L59GR	L60LT					105	4,8	2,62
L59GR						37	1,7	0,92
L60LT	L59GR	G12SW				27	1,2	0,67
L60LT	L59GR	L58SA				227	10,3	5,66
L60LT	L59GR	L59GR	L58SA			1	0,0	0,02
L60LT	L59GR					162	7,4	4,04
L60LT	L60LT					1	0,0	0,02
L60LT						266	12,1	6,63
<b>TOTAAL</b>						<b>4010</b>	<b>182,3</b>	<b>100,00</b>

Tabel 18: Samenvatting aantal reizen in normale situatie binnen kleine ruit VIA GRAVE per vaarroute op basis van IVS90-data uit periode #nL



B.5.3.2. Gestremde situatie

						GESTREMD (ALLEEN GRAVE)					
						periode #gA DO 30-aug-2007 (10:20u) - VR 31-aug-2007 (11:30u)			periode #gB MA 3-mrt-2008 (06:20u) t/m MA 14-apr-2008 (06:00u)		
Passeer- punt 1	Passeer- punt 2	Passeer- punt 3	Passeer- punt 4	Passeer- punt 5	Passeer- punt 6	aantal reizen	per werkdag 1	% van toaal	aantal reizen	per werkdag 30	% van toaal
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[aantal]	[aantal]	[%]	[aantal]	[aantal]	[%]
G12SW	G12SW	G13SA	L60LT						2	0,1	0,03
G12SW	G12SW	L58SA							1	0,0	0,01
G12SW	G12SW								27	0,9	0,39
G12SW	G13SA	G12SW							1	0,0	0,01
G12SW	G13SA	G13SA	G12SW						1	0,0	0,01
G12SW	G13SA	G13SA							1	0,0	0,01
G12SW	G13SA	L60LT							21	0,7	0,30
G12SW	G13SA								260	8,7	3,74
G12SW	L58SA	L58SA	G12SW						2	0,1	0,03
G12SW	L58SA	L58SA							1	0,0	0,01
G12SW	L58SA					26	26,0	9,89	1049	35,0	15,08
G12SW	L60LT	G13SA							1	0,0	0,01
G12SW						73	73,0	27,76	2354	78,5	33,83
G13SA	G12SW	G12SW	G12SW						1	0,0	0,01
G13SA	G12SW	G12SW							1	0,0	0,01
G13SA	G12SW	L58SA							74	2,5	1,06
G13SA	G12SW								240	8,0	3,45
G13SA	G13SA								13	0,4	0,19
G13SA	L60LT	L58SA				1	1,0	0,38			
G13SA	L60LT					1	1,0	0,38	153	5,1	2,20
G13SA						23	23,0	8,75	554	18,5	7,96
L58SA	G12SW	G12SW	L58SA						2	0,1	0,03
L58SA	G12SW	G13SA	L60LT						27	0,9	0,39
L58SA	G12SW	G13SA							88	2,9	1,26
L58SA	G12SW					36	36,0	13,69	1308	43,6	18,80
L58SA	G13SA								1	0,0	0,01
L58SA	L58SA								2	0,1	0,03
L58SA	L59GR	L60LT									
L58SA	L59GR					3	3,0	1,14			
L58SA	L60LT					4	4,0	1,52			
L58SA						21	21,0	7,98	221	7,4	3,18
L59GR	G12SW										
L59GR	L58SA										
L59GR	L60LT										
L59GR											
L60LT	G12SW	G13SA							1	0,0	0,01
L60LT	G13SA	G12SW	L58SA						16	0,5	0,23
L60LT	G13SA	G12SW							20	0,7	0,29
L60LT	G13SA	G13SA	L60LT						1	0,0	0,01
L60LT	G13SA					4	4,0	1,52	163	5,4	2,34
L60LT	L58SA					10	10,0	3,80			
L60LT	L59GR	G12SW									
L60LT	L59GR	L58SA									
L60LT	L59GR					1	1,0	0,38			
L60LT	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA					1	0,0	0,01
L60LT	L60LT	G13SA							1	0,0	0,01
L60LT	L60LT					1	1,0	0,38	2	0,1	0,03
L60LT						59	59,0	22,43	347	11,6	4,99
<b>TOTAAL</b>						<b>263</b>	<b>263,0</b>	<b>100,00</b>	<b>6958</b>	<b>231,9</b>	<b>100,00</b>

Tabel 19: Deel 1 samenvatting aantal reizen in gestremde situatie binnen kleine ruit per vaarroute op basis van IVS90-data uit periode #gA en periode #gB

						GESTREMD (ALLEEN GRAVE)					
						periode #gH			periode #gK		
						DO 10-jul-2014 (11:30u) t/m VR 11-jul-2014 (12:46u)			ZA 11-mrt-2017 (14:40u) t/m ZO 12-mrt-2017 (12:05u)		
Passeer- punt 1	Passeer- punt 2	Passeer- punt 3	Passeer- punt 4	Passeer- punt 5	Passeer- punt 6	aantal reizen	per werkdag 1	% van toaal	aantal reizen	per werkdag 1	% van toaal
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[aantal]	[aantal]	[%]	[aantal]	[aantal]	[%]
G12SW	G12SW	G13SA	L60LT								
G12SW	G12SW	L58SA									
G12SW	G12SW					1	1,0	0,45			
G12SW	G13SA	G12SW									
G12SW	G13SA	G13SA	G12SW								
G12SW	G13SA	G13SA									
G12SW	G13SA	L60LT									
G12SW	G13SA					1	1,0	0,45	10	10,0	16,13
G12SW	L58SA	L58SA	G12SW								
G12SW	L58SA	L58SA									
G12SW	L58SA					21	21,0	9,46			
G12SW	L60LT	G13SA									
G12SW						43	43,0	19,37	18	18,0	29,03
G13SA	G12SW	G12SW	G12SW								
G13SA	G12SW	G12SW									
G13SA	G12SW	L58SA				1	1,0	0,45			
G13SA	G12SW					2	2,0	0,90			
G13SA	G13SA										
G13SA	L60LT	L58SA									
G13SA	L60LT					6	6,0	2,70			
G13SA						43	43,0	19,37	9	9,0	14,52
L58SA	G12SW	G12SW	L58SA								
L58SA	G12SW	G13SA	L60LT								
L58SA	G12SW	G13SA									
L58SA	G12SW					35	35,0	15,77	9	9,0	14,52
L58SA	G13SA										
L58SA	L58SA										
L58SA	L59GR	L60LT				1	1,0	0,45			
L58SA	L59GR					1	1,0	0,45			
L58SA	L60LT					18	18,0	8,11			
L58SA									13	13,0	20,97
L59GR	G12SW					2	2,0	0,90			
L59GR	L58SA					1	1,0	0,45			
L59GR	L60LT					3	3,0	1,35			
L59GR						2	2,0	0,90			
L60LT	G12SW	G13SA									
L60LT	G13SA	G12SW	L58SA								
L60LT	G13SA	G12SW									
L60LT	G13SA	G13SA	L60LT								
L60LT	G13SA					6	6,0	2,70			
L60LT	L58SA										
L60LT	L59GR	G12SW				1	1,0	0,45			
L60LT	L59GR	L58SA				5	5,0	2,25			
L60LT	L59GR					5	5,0	2,25			
L60LT	L60LT	G13SA	G12SW	L58SA							
L60LT	L60LT	G13SA									
L60LT	L60LT										
L60LT						24	24,0	10,81	3	3,0	4,84
TOTAAL						222	222,0	100,00	62	62,0	100,00

Tabel 20: Deel 2 samenvatting aantal reizen in gestremde situatie binnen kleine ruit per vaarroute op basis van IVS90-data uit periode #gH en periode #gK

## B.6 AIS-data

### B.6.1 Heatmaps december 2016

Onderstaande heatmaps geven de gemiddelde intensiteit in aantallen passages van het hoofdvaarwegennet weer.



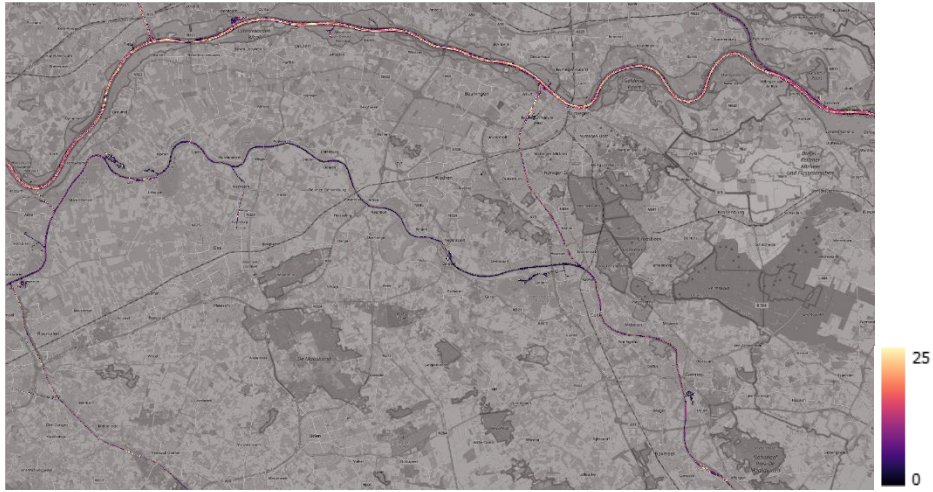
Figuur 76: Gebruik stuwcomplex Grave bij stremming op vrijdag 2 december 2016 (periode #gl)



Figuur 77: Gebruik stuwcomplex Grave zonder stremming op vrijdag 9 december 2016 (periode #nl1)



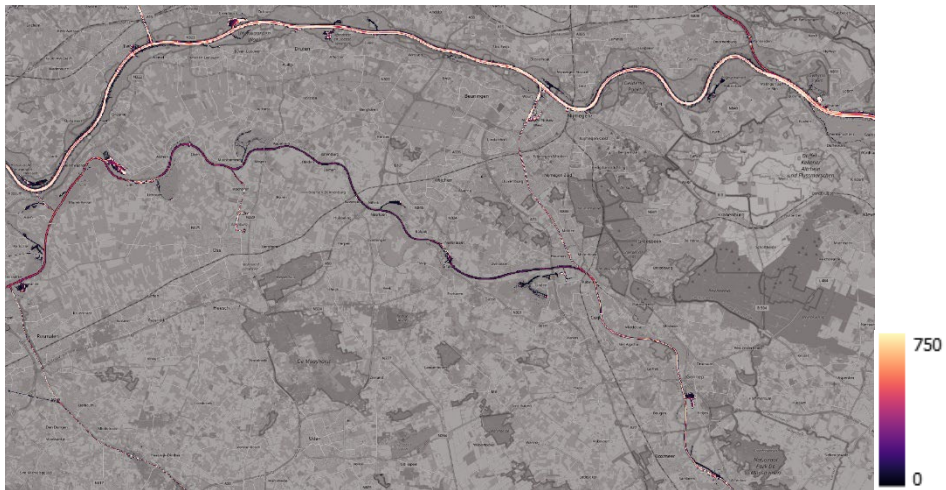
Figuur 78: Gebruik stuwcomplex Grave in december 2016 (periode #nl2)



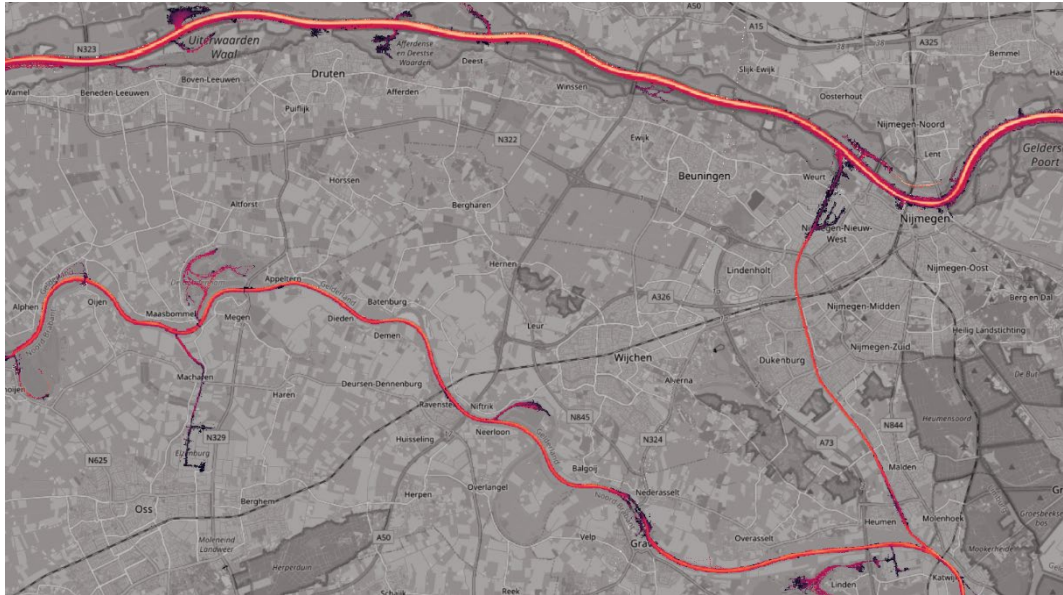
Figuur 79: Gebruik regio rondom Grave bij stremming op vrijdag 2 december 2016 (periode #g)



Figuur 80: Gebruik regio stuwcomplex Grave zonder stremming op vrijdag 9 december 2016 (periode #n1)



Figuur 81: Gebruik regio rondom Grave in december 2016 (periode #n2)



Figuur 82: Vaarsnelheid in regio rondom Grave in december 2016 (licht = 12 knopen, donker = 0 knopen)

## B.6.2

### Heatmaps februari 2019

Onderstaande heatmaps geven de gemiddelde intensiteit van het hoofdvaarwegennet weer.



Figuur 83: Gebruik stuwcomplex Grave bij stremming op zaterdag 16 februari 2019 (periode #gN)



Figuur 84: Gebruik stuwcomplex Grave zonder stremming op zaterdag 23 februari 2019 (periode #nN1)



Figuur 85: Gebruik stuwcomplex Grave in februari 2019 (periode #nN3)

### B.6.3

### Heatmaps februari 2020

Onderstaande heatmaps geven de gemiddelde intensiteit van het hoofdvaarwegennet weer.



Figuur 86: Gebruik stuwcomplex Grave bij stremming op vrijdag 21 februari 2020 (periode #gO)

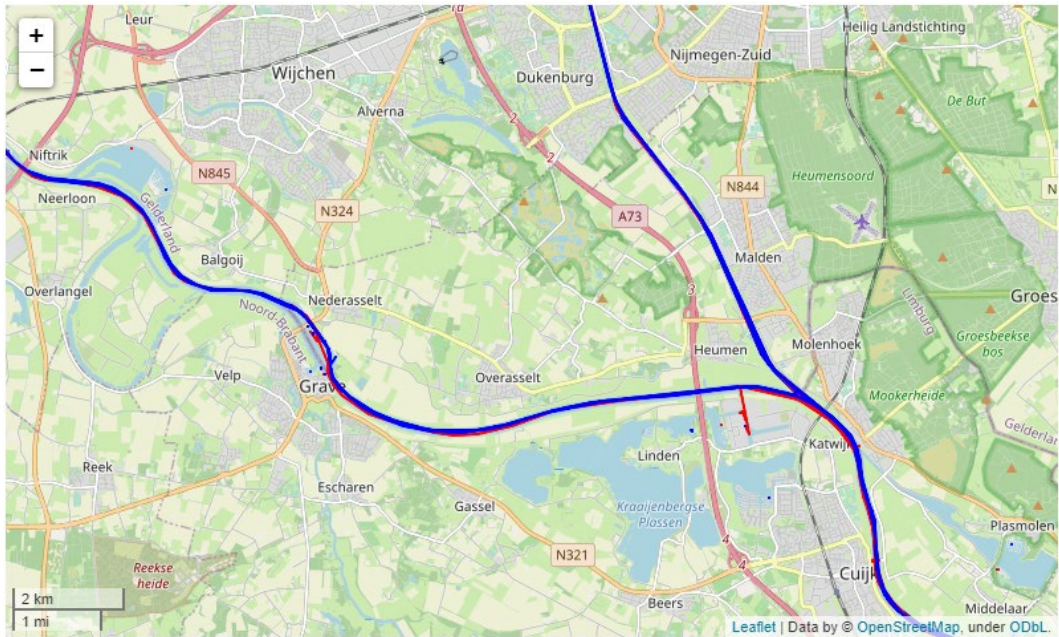


Figuur 87: Gebruik stuwcomplex Grave zonder stremming op vrijdag 14 februari 2020 (periode #nO1)



Figuur 88: Gebruik stuwcomplex Grave in februari 2020 (periode #nO2)

### B.6.4 Vaarbewegingen rondom Grave op vrijdag 21 februari 2020

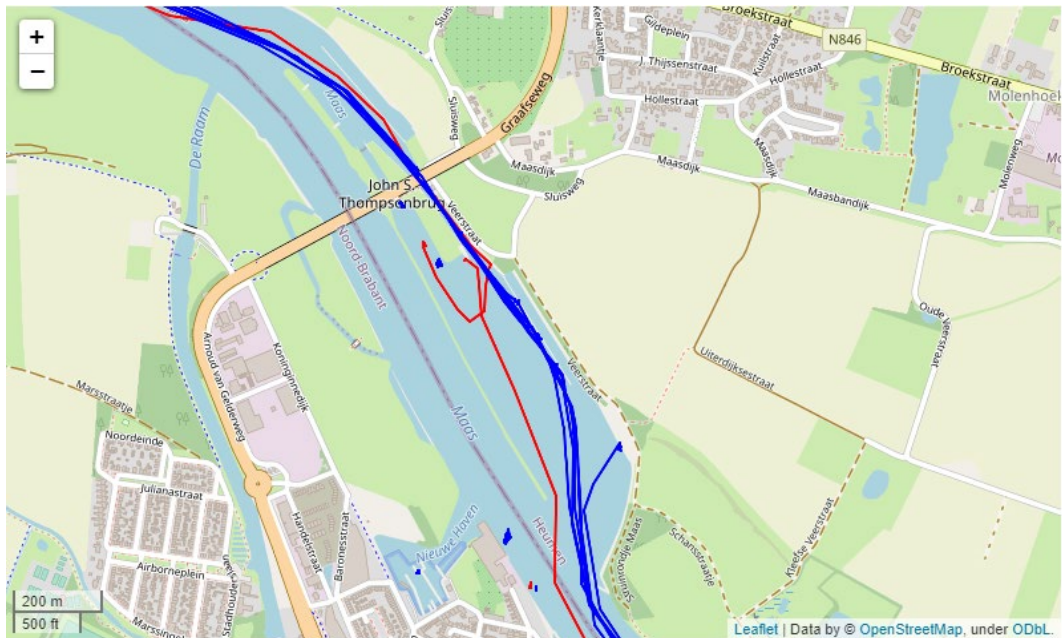


Figuur 89: Vaarbewegingen volgens AIS data op vrijdag 21 februari 2020 (periode #gO) van 12:15u tot 16:15u in gestremde situatie (stroomafwaarts = blauw en stroomopwaarts = rood)

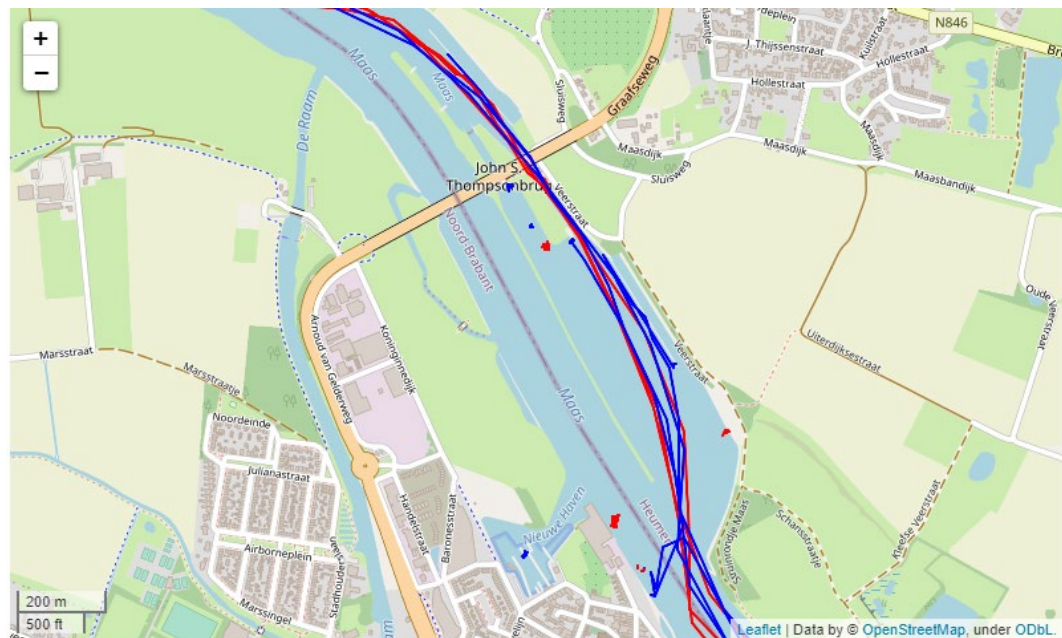


Figuur 90: Vaarbewegingen volgens AIS data op vrijdag 21 februari 2020 (periode #nO1) van 16:30u tot 20:30u in normale situatie (stroomafwaarts = blauw en stroomopwaarts = rood)





*Figuur 91: Vaarbewegingen rondom sluis Grave volgens AIS data op vrijdag 21 februari 2020 (periode #gO) van 12:15u tot 16:15u in gestremde situatie (stroomafwaarts = blauw en stroomopwaarts = rood)*



*Figuur 92: Vaarbewegingen rondom sluis Grave volgens AIS data op vrijdag 21 februari 2020 (periode #nO1) van 16:30u tot 20:30u in normale situatie (stroomafwaarts = blauw en stroomopwaarts = rood)*

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)