



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

Evaluatie Pilot Langsdammen Waal

Interpretatie AIS-data

Rapport nr. : 32127-1-MO-rev.1.0
Datum : 25 februari 2021
Versie : 1.0
Eindrapport

Evaluatie Pilot Langsdammen Waal

Interpretatie AIS-data

Opdrachtgever : Deltares
R. van der Mark

Gerapporteerd door : S.N. Indah-Everts MSc, Ir. M.I. Hermans

Paraaf management :



Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
Rev. 0.1	1 december 2020	Concept	K. Kauffman
Rev. 0.2	14 december 2020	Concept	M.I. Hermans
Rev. 1.0	25 februari 2021	Definitief	Y. Koldenhof

INHOUD	PAGINA
1	INLEIDING1
1.1	Achtergrond pilot langsdammen..... 1
1.2	Opdracht en afbakening WP4 – interpretatie AIS-data2
1.3	Organisatie4
1.4	Leeswijzer.....4
2	WERKWIJZE.....5
2.1	Locatie5
2.1.1	Traject bovenstrooms van de langsdammen6
2.1.2	Langsdammen-traject6
2.1.3	Traject benedenstrooms van de langsdammen.....7
2.2	AIS-data en gebruikte scheepstypen8
2.3	Analyse van AIS-tracks passerende schepen.....2
2.4	Scheepsreis.....2
2.5	Waterstanden3
2.6	Scheepscontouren en passeerafstanden.....4
2.7	Ruimtegebruik.....6
3	RESULTATEN8
3.1	Reistijden per deelgebied8
3.1.1	Bovenstrooms van langsdammen [kvr 885 - 911]8
3.1.2	Langsdammen [kvr 911 - 922]9
3.1.3	Benedenstrooms van langsdammen [kvr 922 - 952]10
3.1.4	Genormaliseerde gemiddelde reistijd10
3.1.5	Observaties reistijd.....12
3.2	Gemiddelde vaarsnelheid profiel.....12
3.3	Ruimtegebruik.....18
3.3.1	Ruimtegebruik tijdens verschillende afvoerranges18
3.3.2	Gebruikte rivierbreedte.....28
3.3.3	Genormaliseerd rivierbreedtegebruik.....31
3.3.4	Passeerafstanden32
3.4	Verkeerstroom veranderingen.....42
4	DWARSPROFIELEN45
5	CONCLUSIES EN OBSERVATIES.....46
	REFERENTIES.....48
	DEFINITIES49
	AFKORTINGEN50
	APPENDIX 1: SCHEEPSTYPEN
	APPENDIX 2: DWARSPROFIELEN
	APPENDIX 3: KAARTEN

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond pilot langsdammen

Het riviersysteem van de Rijn, met daarin alle Nederlandse Rijntakken, kent problemen met onder meer hoogwaterveiligheid, insnijding van de zomerbedbodem, daling van laagwaterstanden en grondwaterstanden, de kwaliteit van het rivierecosysteem, en het gebruik van de rivier als vaarweg. De laatste decennia wordt onderkend dat de sectorale aanpak niet efficiënt is. De beleidsdirecties van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat hebben de wens uitgesproken voor een meer innovatieve systeem- en gebiedsgerichte aanpak, met integrale aandacht voor alle probleemvelden tegelijk. Deze integrale aanpak beoogt de som van alle problemen te reduceren in plaats van slechts de problemen van een beperkt aantal sectoren.

Voor deze integrale aanpak heeft Rijkswaterstaat Oost-Nederland een idee gelanceerd onder de werknaam WaalSamen. Dit is een plan voor herinrichting van het zomerbed in de gehele Waal. De herinrichting wijzigt het principe van het bestaande normalisatiesysteem door het zomerbed te verdelen in twee parallelle stroomgeulen, gescheiden door een langsdam. Om de eigenschappen van deze systeemwijziging in de praktijk te beproeven is over een lengte van tien kilometer de pilot Langsdammen uitgevoerd. Het doel daarvan is een proof of concept, om meer zekerheid te verkrijgen over de integrale werking en de potenties van een dergelijke systeemwijziging.

Voor de pilot werd het Waaltraject Wamel-Ophemert (km 911.5-921.5) bij Tiel gekozen (Figuur 1-1). Om redenen van efficiëntie werd de pilot tegelijk uitgevoerd met Fase III van het project Kribverlaging Waal van het programma Ruimte voor de Rivier. Hiervoor leverde Rijkswaterstaat Oost-Nederland op 30 juni 2011 de producten van een SNIP-3-besluit op aan de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier van Rijkswaterstaat, inclusief een omwisselbesluit om geplande kribverlaging te vervangen door langsdammen. De Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat bekrachtigde dit eind 2011. De langsdammen tussen Wamel en Ophemert werden vervolgens in de periode van augustus 2014 tot maart 2016 gerealiseerd.

Voor, tijdens en na de aanleg van de langsdammen is een uitgebreid monitorings- en onderzoeksprogramma uitgevoerd door de partners van de samenwerkingsovereenkomst 'WaalSamen'. Dit programma is afgesloten met een integrale eindevaluatie, onderverdeeld in 12 inhoudelijke deelprojecten (Tabel 1-1) die worden aangeduid met "WP" (werkpakket). Voor u ligt het deelrapport van WP4, de analyse en interpretatie van AIS-data, dat toelevert aan het onderdeel van de evaluatie van het tweegeulensysteem met langsdammen dat gericht is op de functie Vaarweg. De deelrapporten vormen de ondergrond van het hoofdrapport, maar de inzichten en conclusies zijn bij het opstellen van dat hoofdrapport integraler beschouwd, verder geëvolueerd en verduidelijkt. Waar dat mogelijk tot verschillen heeft geleid, zijn de conclusies van het hoofdrapport leidend.



Figuur 1-1 Luchtfoto van de langsdammen (bron: beeldbank.rws.nl)

Tabel 1-1 Deelprojecten.

WP	Deelproject
WP0	Hydromorphological data and observations
WP1	Delft3D-berekeningen
WP2	Optimalisatie
WP3	Toepasbaarheid elders
WP4	Interpretatie AIS-data
WP6	Functie Hoogwaterveiligheid
WP7	Functie Vaarweg
WP8	Functie Natuur
WP9	Functie Zoetwatervoorziening
WP10	Morphology and maintenance
WP11	Beleving en participatie
WP12	Hoofdrapport

1.2 Opdracht en afbakening WP4 – interpretatie AIS-data

In voorliggend rapport worden de resultaten gepresenteerd van de analyse van het scheepvaartverkeer op drie deelgebieden in de Waal in de periode januari t/m juni 2018, januari t/m december 2019 en januari t/m mei 2020. Het doel van het rapport is het beoordelen of de aangelegde langsdammen in de Waal bij Tiel (drie dammen, elk met enkele tussenopeningen, gerealiseerd tussen km 911.5 en 921.5) invloed hebben op het gedrag van schepen die door het gebied varen. De volgende onderzoeksvragen zijn door Deltares aan MARIN gesteld:

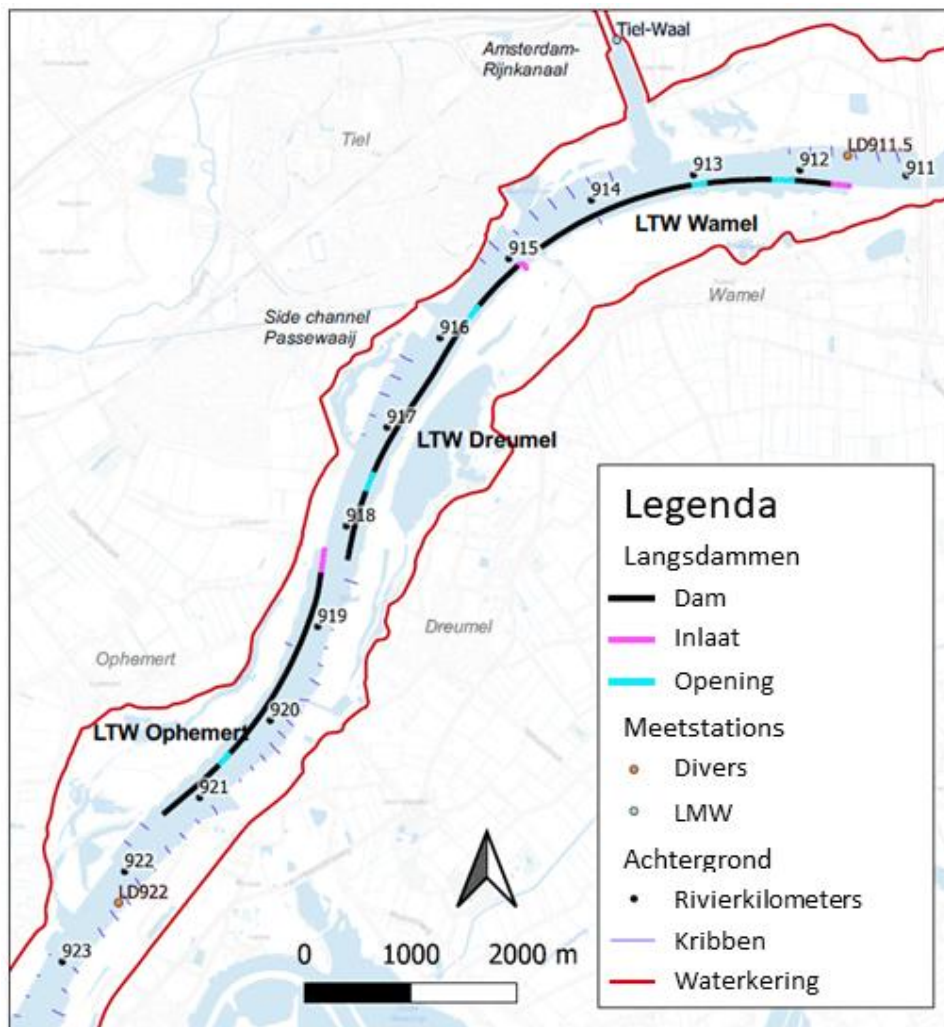
- Wat is het effect van de langsdammen op de benutting van de vaarweg (welk deel van de beschikbare ruimte wordt gebruikt, welke afstand houden schippers aan ten opzichte van de langsdammen)?

- Verschillen de vaarsnelheid en reistijd op het traject van de langsdammen van bovenstroomse en benedenstroomse trajecten?

Hiertoe zijn AIS-gegevens geanalyseerd voor een vergelijking van het vaargedrag (reistijd, vaarsnelheid en ruimtegebruik) ter hoogte van het langsdammen-traject met de boven- en benedenstroomse trajecten van de langsdammen. De posities van de langsdammen op de kaart zijn weergegeven in Figuur 1-2.

Omdat er geen AIS-data beschikbaar waren uit de periode vóór de aanleg van de langsdammen, was een vergelijking tussen het vaargedrag vóór en na aanleg niet mogelijk. Om hierover toch iets te kunnen zeggen, is een vergelijking gemaakt met een bewerkte kleine dataset uit 2012.

De AIS-data zijn als bulk-data beschouwd in de analyse. Individuele scheepsbewegingen zijn niet onderzocht (gedrag van individuele schepen bij bijzondere situaties zoals ontmoetingen of bij potentieel grotere dwarsstroming).



Figuur 1-2 Overzichtskartaal met de locaties van de pilot langsdammen inclusief de inlaten en tussenopeningen. LTW staat voor Longitudinal Training Wall. Bron: De Jong et al. (2021).

1.3 Organisatie

Rijkswaterstaat heeft Deltares de opdracht gegeven de integrale eindevaluatie te verzorgen van de pilot langsdammen. Het deelrapport van WP4, de analyse en interpretatie van AIS-data, is toeleverend aan WP7 dat gericht is op de functie Vaarweg. Deltares heeft het MARIN ingeschakeld om de uitvoering van WP4 ter hand te nemen. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door Sita Noor Indah-Everts en Marjolein Hermans. Vanuit Deltares is het onderzoek begeleid door Rolien van der Mark. Afstemming met Rijkswaterstaat (via Deltares) heeft plaatsgevonden om te zorgen dat het eindproduct voldoet aan de verwachtingen van Rijkswaterstaat.

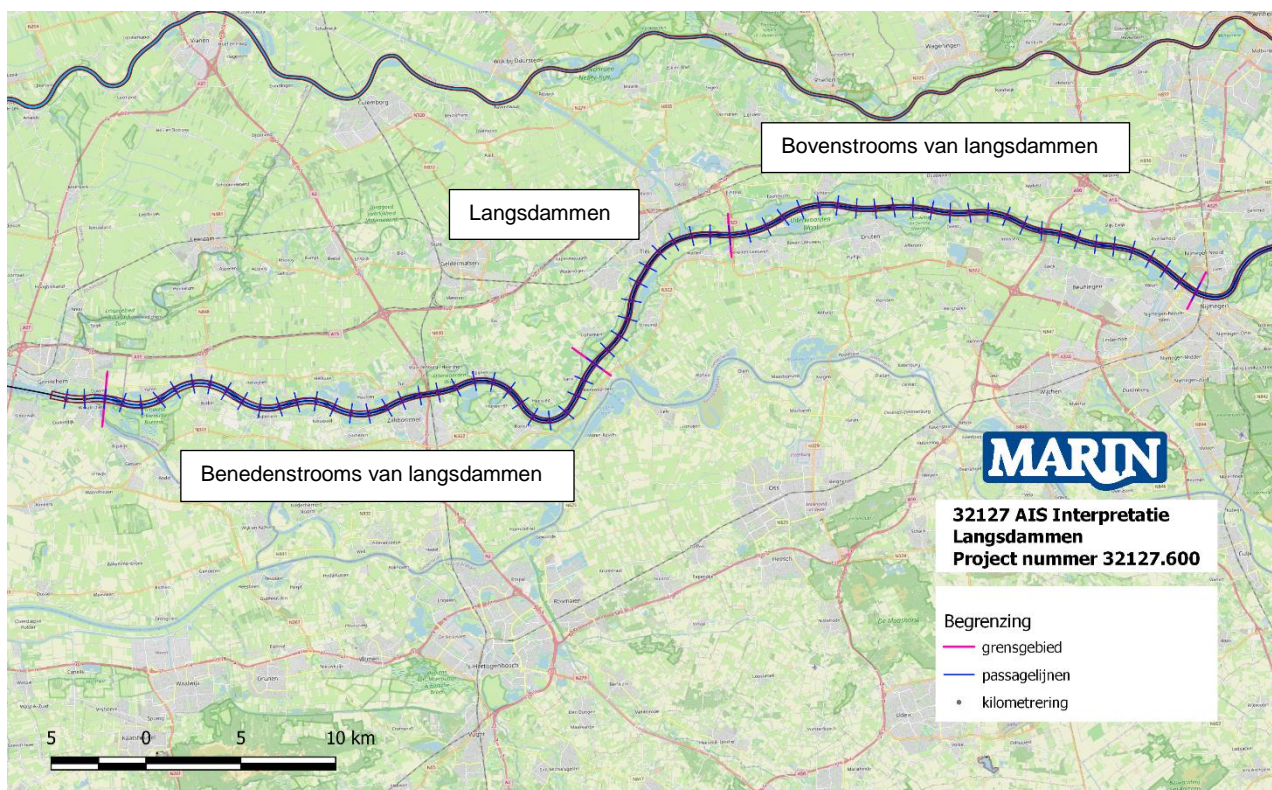
1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten toegelicht, zoals de locatie en de gebruikte bronnen. Ook wordt in dit hoofdstuk een toelichting gegeven op de aanpak van de analyse van de AIS-data. De verschillende resultaten zijn opgenomen in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4. De conclusies staan vermeld in hoofdstuk 5.

2 WERKWIJZE

2.1 Locatie

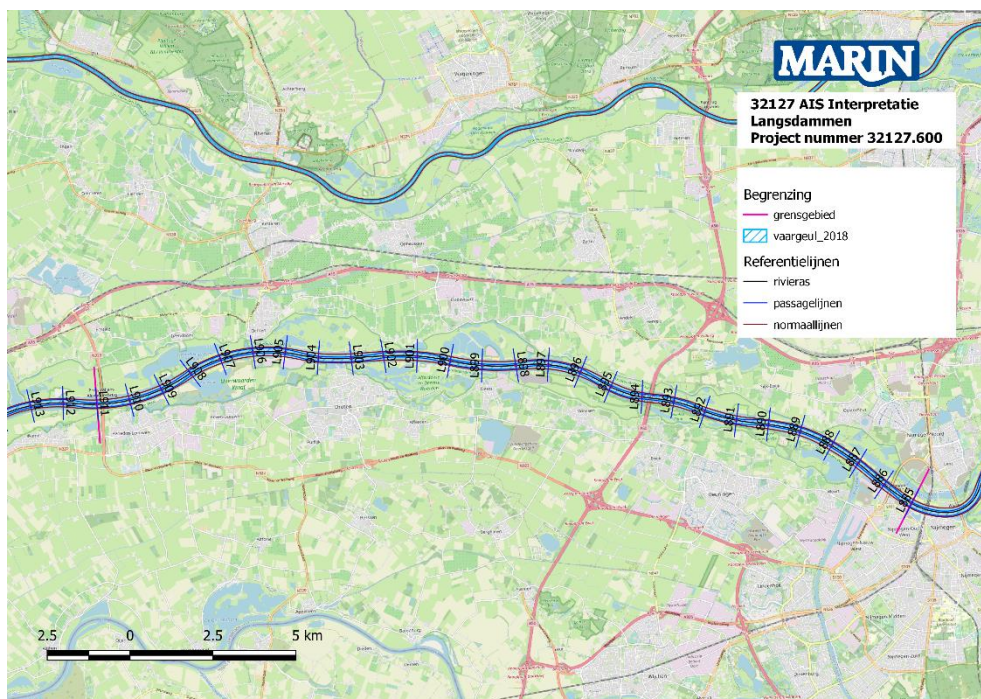
Om inzicht te geven in het effect van de langsdammen op het vaargedrag van schepen is het onderzoeksgebied verdeeld in drie deelgebieden: bovenstrooms, ter hoogte van de langsdammen en benedenstrooms van de langsdammen. Onderstaande kaart geeft de locatie en grenzen aan van ieder deelgebied. Om de kilometer is een passagelijijn getekend (blauwe lijnen dwars op de rivier in Figuur 2-2, Figuur 2-3 en Figuur 2-4) op basis van de rivierkilometrerings van de Rijkswaterstaat Legger. De analyses in dit rapport hebben betrekking op schepen die de betreffende passagelijnen passeren. De gebiedsgrenzen zijn gekozen op passagelijnen.



Figuur 2-1 Onderzoekslocatie de Waal

2.1.1 Traject bovenstrooms van de langsdammen

Het voor deze studie gedefinieerde gebied bovenstrooms van de langsdammen heeft een lengte van 26 km. Het loopt van Nijmegen (kilometerraai kmr 885) tot Beneden-Leeuwen (kmr 911). Het bovenstroomse deel van de rivier heeft paar grote bochten, geflankeerd door uiterwaarden met weiden, akkers, natuurgebieden en zandwinplassen. De infrastructuur in dit deelgebied omvat onder andere kribben langs de rivier, drie bruggen (tussen kmr 885-886, tussen kmr 893-894 en tussen kmr 910-911) en een overnachtingshaven tussen kmr 907-908. De rivier is verbonden met het Maas-Waalkanaal bij kmr 887.

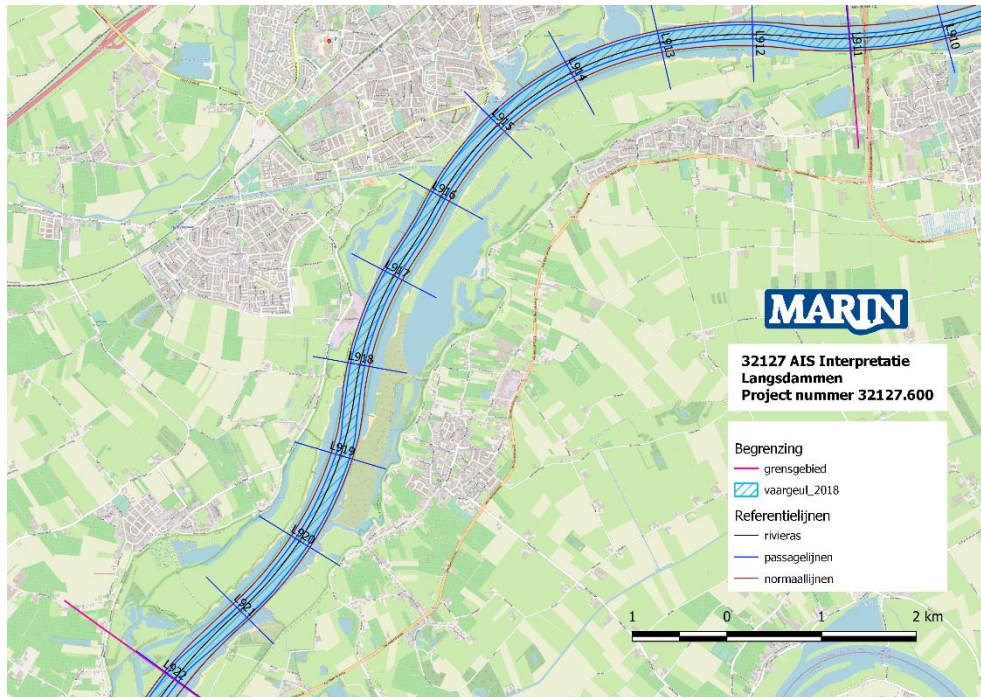


Figuur 2-2 Het traject bovenstrooms van de langsdammen

2.1.2 Langsdammen-traject

Het voor deze studie gedefinieerde langsdammen gebied heeft een lengte van 11 km. Het loopt van Beneden-Leeuwen (kmr 911) tot Ophemert (kmr 922). De rivier slingert lichtjes met brede uiterwaarden op de rechteroever. Er is een aftakking met het Amsterdam-Rijnkanaal tussen kmr 913-914. De infrastructuur in dit deelgebied omvat een combinatie van kribben en langsdammen langs de rivier en een haven tussen kmr 914-915.

Twee langsdammen (Wamel en Dreumel) liggen tussen ca kmr 911,5 t/m 918,5 aan de linkeroever van de rivier en één (Ophemert) tussen ca. kmr 918,5 t/m 921,5 aan de rechter kant van de rivier (zie ook Figuur 1-2).



Figuur 2-3 Langsdammen traject

2.1.3 Traject benedenstrooms van de langsdammen

Het voor deze studie gedefinieerde traject benedenstrooms van de langsdammen heeft een lengte van 30 km. Het loopt van Beneden-Leeuwen (kvr 922) tot Dalem (kvr 952). In het benedenstroomse deel meandert de rivier waardoor er zijn meer kronkelende bochten zijn. Er liggen kribben langs de rivier. Er zijn een brug (tussen kvr 933 en 934), twee havens (ter hoogte kvr 936 en tussen kvr 914 en 915) en twee kanalen, St.Andries (kvr 926) en Inundatie kanaal (kvr 916), in dit deelgebied.



Figuur 2-4 Het traject benedenstroomse van de langsdammen

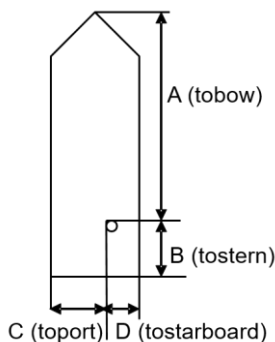
2.2 AIS-data en gebruikte scheepstypen

Voor de analyse is gebruik gemaakt van geanonimiseerde AIS-data voor de periodes januari t/m juni 2018, januari t/m december 2019 en januari t/m mei 2020. De AIS-data zijn beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat en door Rijkswaterstaat geanonimiseerd, zodat privacygevoelige informatie in het AIS-bericht wordt vervangen door unieke waarden (mmsi, name, imo, callsign). De data beslaan het gebied van de Waal bij Nijmegen (kmr 867) tot Dalem (kmr 952). De AIS-data bevatten de volgende velden:

- Geanonimiseerde MMSI,
- Geanonimiseerde callsign,
- Geanonimiseerde IMO-nummer,
- Geanonimiseerde scheepsnaam,
- Scheepstype,
- Scheepslocatie (latitude, longitude)
- Heading,
- Course over ground (COG),
- Rate of turn (ROT),
- Speed over ground (SOG),
- Navigatiestatus,
- Diepgangen (marinediepgang voor zeevaart en inlanddiepgang voor binnenvaartschepen),
- Referentie punt van de gemelde positie,
- Lengte,
- Breedte,
- Tijd,
- European vessel id,
- Signal voor gevaarlijke goederen,
- Nationaliteit,
- Maneuver code,
- Vessel type ERI (Electronic Reporting International)

De AIS-data die RWS beschikbaar heeft gesteld bevat circa 30 miljoen tracks per maand, dus in totaal over de hele beschouwde periode 690 miljoen scheeps tracks. Er zijn ongeveer 148 miljoen tracks van 110.061 scheepsreizen die door alle drie deelgebieden hebben gevaren.

De coördinaten in het AIS bericht zijn de coördinaten van de positie van de AIS transponder antenne (zie Figuur 2-5). Deze coördinaten geven dus de positie van het schip weer zoals gebruikt in de analyse en de verschillende figuren. Dit is niet het middelpunt van het schip. De coördinaten zijn handmatig ingevoerd en kunnen daardoor ook fouten bevatten.



Figuur 2-5 Locatie AIS transponder antenne

De locatie van de antenne verschilt per schip. Het merendeel van de schepen heeft de antenne geplaatst rond het achterschip, maar er zijn ook schepen die de antenne rond de boeg geplaatst hebben. Deze locatie is niet e nduidig, omdat dit afhankelijk is van het individuele schip. Hetzelfde kan dus worden gezegd voor de afwijking van de positie van de antenne t.o.v. het midden van het schip

(dwarsrichting, stuurboord en bakboord). Gemiddeld over de schepen genomen is de transponder antenne gemonteerd op de middenas van het schip (ongeveer evenveel aan bakboord als aan stuurboord). In lengterichting van het schip is de antenne gemiddeld genomen op 18% van de lengte van het schip van de achtersteven geplaatst.

De verschillende AIS-scheepstypen voor deze analyse zijn gebaseerd op het vessel-ERI en de AIS-scheepstype-informatie in de geleverde AIS-gegevens. De vertaling van scheepstype-ERI is gebaseerd op scheeps- en konvooytypes voor de binnenvaart informatie in [Ref 1.]. In overleg met Rijkswaterstaat is de scheepsclassificatie in dit rapport als volgt:

- Vrachtvaartuig,
- Tankvaartuig,
- Vracht-duweenheden,
- Tank-duweenheden,
- Niet-vrachtvervoerend-duweenheden,
- Werkvaartuig,
- Schip korter dan 20 m,
- Overige,
- Onbekend

Containerschepen (schepen met code-ERI 1510 en 8030) vallen in deze studie in de categorie vrachtschepen. Er is geen onderscheid gemaakt, omdat er relatief weinig containerschepen (1.3% van alle vrachtschepen) in het gebied hebben gevaren. Geladen containerschepen hebben een groot windvangend oppervlak en kunnen daardoor een ander vaargedrag vertonen, bijvoorbeeld meer drift. De omvang van de afwijking van het vaargedrag wordt in dit rapport niet beoordeeld.

Een meer gedetailleerde indeling over scheepsclassificatie wordt gegeven in Appendix 1.

Om de spreiding binnen de AIS-gegevens aan te geven wordt in diverse tabellen en kaarten gebruik gemaakt van gemiddelde waarden, 5% percentielen en 95% percentielen. Vijf procent van de beschouwde resultaten is kleiner dan het 5% percentiel en vijf procent is groter dan het 95% percentiel. Negentig procent van de beschouwde resultaten ligt dus tussen deze grenzen. De minimale en maximale waarden worden niet in de analyse meegenomen omdat deze in veel gevallen het resultaat zijn van onrealistische AIS-gegevens, bijvoorbeeld een foutieve heading waardoor de berekende padbreedte gelijk kan worden aan de lengte van het schip. Er wordt geen filtering toegepast op de ingevulde AIS-gegevens.

2.3 Analyse van AIS-tracks passerende schepen

Om het aantal passerende schepen op een bepaalde locatie te bepalen, wordt een lijn per kilometerraai gedefinieerd dwars op de rivieras (passagelijijn). Elke lijn heeft een lengte van 1000 m, die daarmee de hele rivierbreedte als ook de beide oevers beslaat, zodat er een extra marge is om ook schepen die buiten de vaargeul varen, mee te tellen. Voor deze zogenaamde doorsnedelijijn/passagelijijn wordt het aantal passages geteld voor de verwerkingsperiode van deze studie.

Per passage zijn alle gegevens over het schip bekend die in het AIS-bericht staan. Specifiek betekent dit dat onder andere het volgende bekend is:

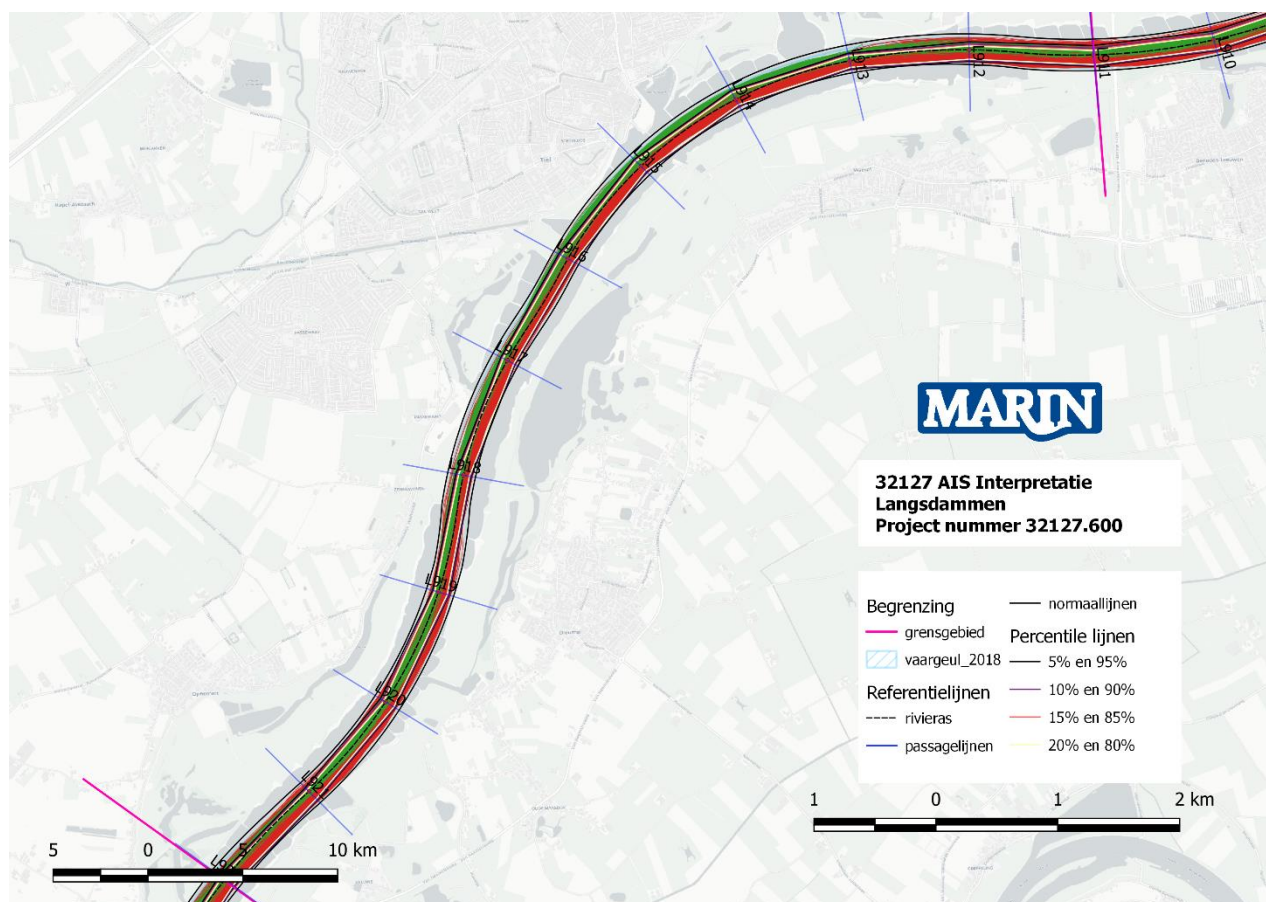
- Het precieze tijdstip waarop het schip de passagelijijn passeert,
- De positie waar het schip de passagelijijn passeert,
- De grondkoers van het schip op dat moment.

Bij deze 3 parameters is interpolatie toegepast tussen de laatste waarneming voor en de eerste waarneming na het passeren van de passagelijijn, maar gezien de korte tijdsintervallen (2 tot 10 seconden) waarmee AIS-signalen worden uitgezonden, is dit zeer betrouwbaar.

2.4 Scheepsreis

In de basis database zitten alle gevaren tracks van de geselecteerde schepen over het hele studiegebied. Per deelgebied wordt een nieuwe selectie gemaakt uit deze database. Een reis van een schip wordt alleen meegenomen in de analyse van een specifiek deelgebied als de reis twee zogenaamde “grensgebied” lijnen heeft gepasseerd. Elk deelgebied heeft dus meerdere passagelijnen en twee grenslijnen. Deze definitie wordt gebruikt om schepen te selecteren die in zijn geheel door een bepaald deelgebied varen en om vervolgens de gemiddelde vaartijd per kilometerraai tussen de deelgebieden te vergelijken.

Figuur 2-6 laat als voorbeeld de varende verkeersstromen zien van het langsdammen gebied (schepen passeren L911 en L922) tijdens waterafvoer $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$: opvaart (rood) en afvaart (groen).



Figuur 2-6 Verkeersstroom van hele studieperiode op het langsdammen gebied, afvarende schepen (groen) en opvarende schepen (rood)

In Figuur 2-6 is te zien dat de schepen voornamelijk de stuurboord oever aanhouden. Ter hoogte van kmr 920-921 en kmr 910-911 is te zien dat dit niet altijd gedaan wordt. Als er toestemming is en als de verkeerssituatie het toelaat zal een schip de meest ideale lijn volgen over de rivier.

2.5 Waterstanden

Hoe hoger de afvoer of waterstand, des te breder wordt het te bevaren deel van de rivier. Om het effect van de waterstanden op het ruimtegebruik en vaarsnelheid vast te stellen is gebruik gemaakt van het meetstation Lobith waar de waterafvoer wordt gemeten (Q_{Lobith}). De volgende indeling is aangehouden:

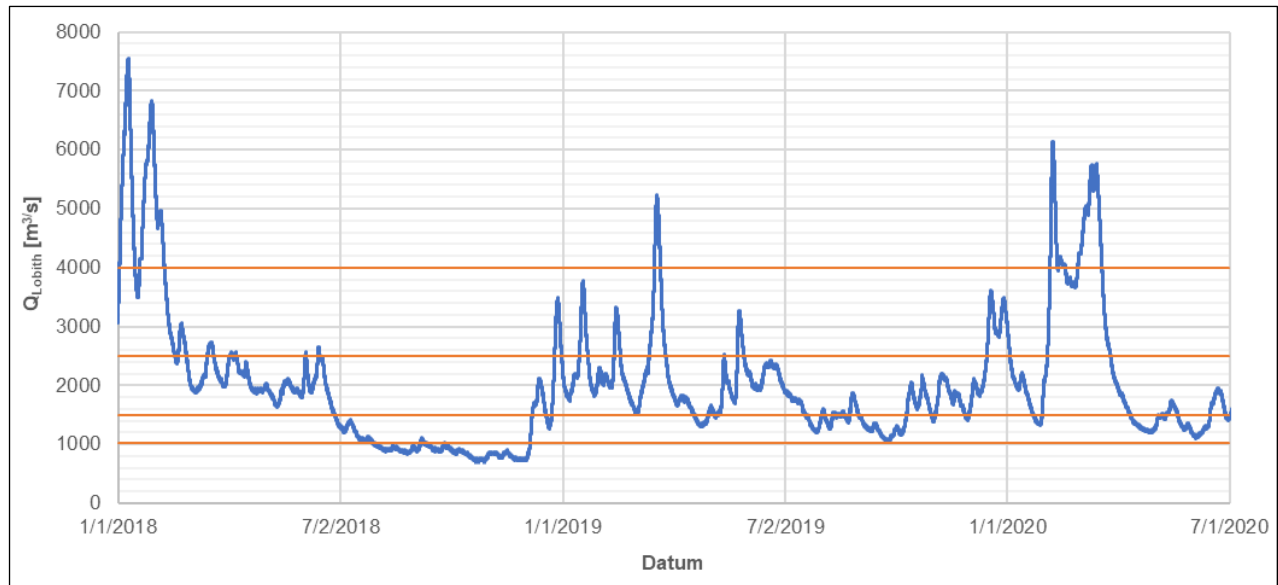
- Q_{Lobith} kleiner dan $1020 \text{ m}^3/\text{s}$ → 29-07-2018 tot 05-12-2018, niet in de data set,
- Q_{Lobith} tussen 1020 en $1500 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Q_{Lobith} tussen 1500 en $2500 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Q_{Lobith} tussen 2500 en $4000 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Q_{Lobith} groter dan $4000 \text{ m}^3/\text{s}$.

De waterafvoer geeft een indicatie van de hoeveelheid water in de rivier en daardoor globaal de waterstand. Waterstand en waterdiepte nemen toe bij een toenemende afvoer. Bij een afvoer bij Lobith (Q_{Lobith}) van $Q=2500 \text{ m}^3/\text{s}$ zijn de langsdammen nog niet overstroomd, wel is er ter plaatse van de langsdammen sprake van een verminderde breedte. Het waterniveau bij $Q=3000 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith is ongeveer gelijk aan de kruinhoogte van de langsdammen. Figuur 2-7 toont de langsdammen tijdens een afvoer bij Lobith van circa $1900 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figuur 2-7 Foto van langsdammen genomen op 23 maart 2016 (bron: beeldbank.rws.nl)

Figuur 2-8 toont de waterafvoer voor de analyseperiode. De oranje horizontale lijnen geven de grenzen aan van de waterafvoerclassificatie zoals hierboven vermeld.

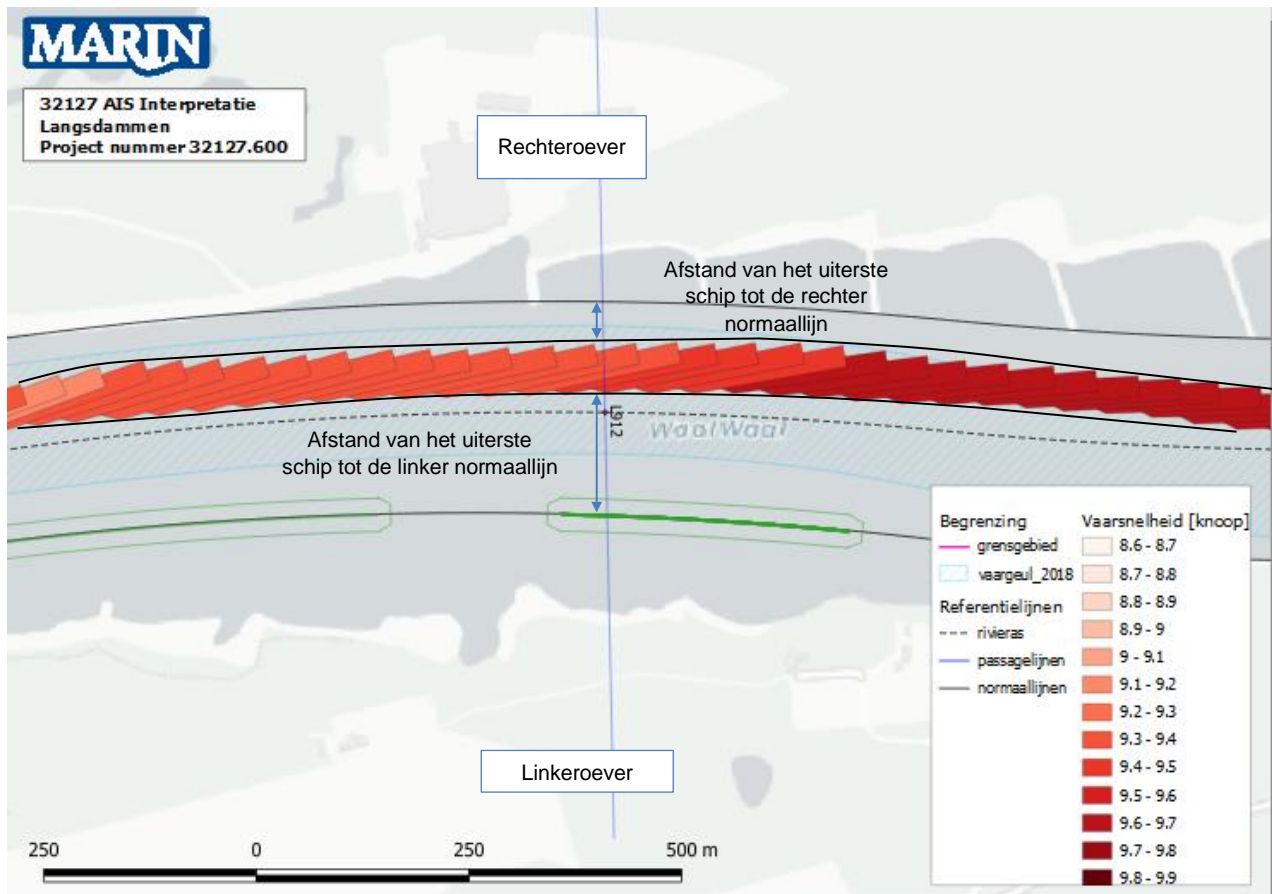


Figuur 2-8 Afvoer Lobith tussen januari 2018 en juni 2020

2.6 Scheepscontouren en passeerafstanden

Voor ieder schip wordt de passeerafstand tussen schip en de kribkoppen of langsdam bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met de contouren (lengte en breedte) van ieder schip. De passeerafstand is bepaald ten opzichte van zowel de rechter als de linker normaallijn in Figuur 2-9. De normaallijn geeft de positie van de navigatiehulpmiddelen langs de rivier aan en een representatieve positie van de langsdammen. De vaargeul-lijnen (blauw gearceerde oppervlakte in Figuur 2-9) geven het deel van de rivier aan waarbinnen de diepte in principe onderhouden wordt voor navigatiedoeleinden; deze 2018-vaargeul lijn is door de opdrachtgever aangeleverd.

In Figuur 2-9 is een voorbeeld opgenomen van de contouren van een afvarend tankvaartuig over de passagelij 912.



Figuur 2-9 Definitie van schip passeerafstanden

Voor de berekening van de passeerafstand ten opzichte van de linker normaallijn wordt met de meest nabijgelegen contourlijn gerekend. Dit betekent dat voor afvarende schepen wordt gerekend met de contourlijn van de bakboordzijde, en voor opvarende schepen met de contourlijn van de stuurboordzijde. Voor de afstand tot de rechter normaallijn is dit andersom, bijgevolg wordt voor de berekeningen van de passeerafstand ten opzichte van de rechter normaallijn rekening gehouden met de bakboordzijde van opvarende schepen en de stuurboordzijde van afvarende schepen.

2.7 Ruimtegebruik

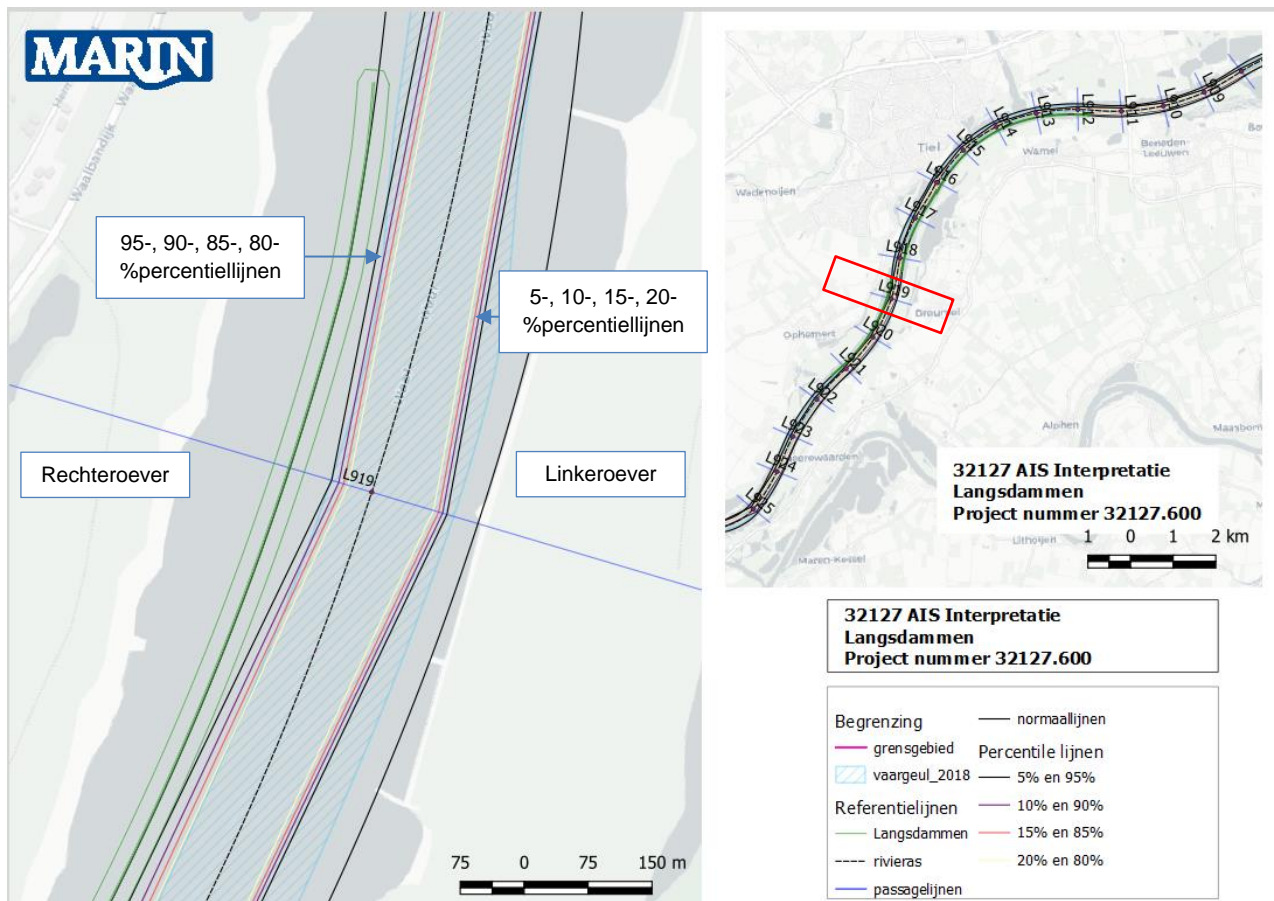
Voor de ruimtegebruik-analyse is er een aantal stappen van gegevensfiltering nodig. De eerste stap is filteren op basis van de scheepsclassificatie waarbij werkschepen en schepen korter dan 20 meter worden weggelaten. Dit is gedaan, omdat die schepen een ander vaarpatroon (werk- en recreatievaart) vertonen, zoals te zien in hoofdstuk 3.1.5. Klassen “onbekend” en “overige scheepstypen” zijn ook buiten beschouwing gelaten. De tweede stap is het filteren van de scheepslengte vanwege de geometrische vereisten om scheepscontouren te maken. Het derde filter heeft te maken met de beschikbaarheid van scheepsbreedte-informatie. Er zijn 82286 scheepsreizen (75%) die voldoen aan de eerste drie criteria.

De laatste (vierde) filtering is op basis van beschikbaarheid van heading informatie. De (kompas) heading (of oriëntatie) van een beperkt aantal schepen is bekend. De heading kan afwijken van de koers over de grond doordat er vaak een driftcomponent aanwezig is. Deze driftcomponent kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door stroming, wind of bewuste manoeuvres van het schip. De heading is aanwezig in het AIS-bericht als deze door sensoren aan boord van het schip doorgegeven wordt. In totaal zijn er ongeveer 18 miljoen scheeps tracks met heading informatie (~12% van tracks) van 9136 scheepsreizen. Dit houdt in dat de daadwerkelijke ruimte die de schepen op het water innemen alleen wordt bepaald door deze fractie van de data. Dit aantal scheepsreizen wordt voldoende geacht om een ruimtegebruik analyse per afvoerrange uit te voeren. Het aantal representatieve tracks voor alle afvoerranges en scheepsreizen zijn:

- Q_{Lobith} tussen 1020 en 1500 m^3/s = 3.2 miljoen tracks, 1715 scheepsreizen;
- Q_{Lobith} tussen 1500 en 2500 m^3/s = 10 miljoen tracks, 5169 scheepsreizen;
- Q_{Lobith} tussen 2500 en 4000 m^3/s = 2.6 miljoen tracks, 1336 scheepsreizen;
- Q_{Lobith} groter dan 4000 m^3/s = 1.8 miljoen tracks, 916 scheepsreizen.

Het ruimtegebruik van de rivier wordt weergegeven in 5, 10, 15, 20, 80, 85, 90 en 95 percentiellijnen. De lijn geeft de positie van de uiterste scheepscontouren waarin de procentuele categorie valt. Bijvoorbeeld, de 5%-percentiellijn geeft de lijn aan waarbij 5% van de schepen ten zuiden/oosten hiervan vaart, dus het dichtst bij de linkeroever. Als gevolg vaart 95% van de schepen ten noorden/westen van de 5%-percentiellijn. Vice versa voor de 95%-percentiellijn, 5% van de schepen vaart ten noorden/westen hiervan, dat wil zeggen het dichtst bij de rechteroever. Er moet rekening mee worden gehouden dat de percentiellen in feite berekend zijn op elke passagelij (onderlinge afstand van 1 km). De percentiellijnen zeggen dus iets over het ruimtegebruik op de passagelij en is niet direct representatief voor de tussenliggende sectie (bijvoorbeeld in een bocht).

Figuur 2-10 is een voorbeeld van de percentiellijnen van schepen die het studiegebied passeren tijdens de hoogste afvoerrange ($Q_{Lobith} > 4000 m^3/s$).



Figuur 2-10 Ruimtegebruik percentiellijnen

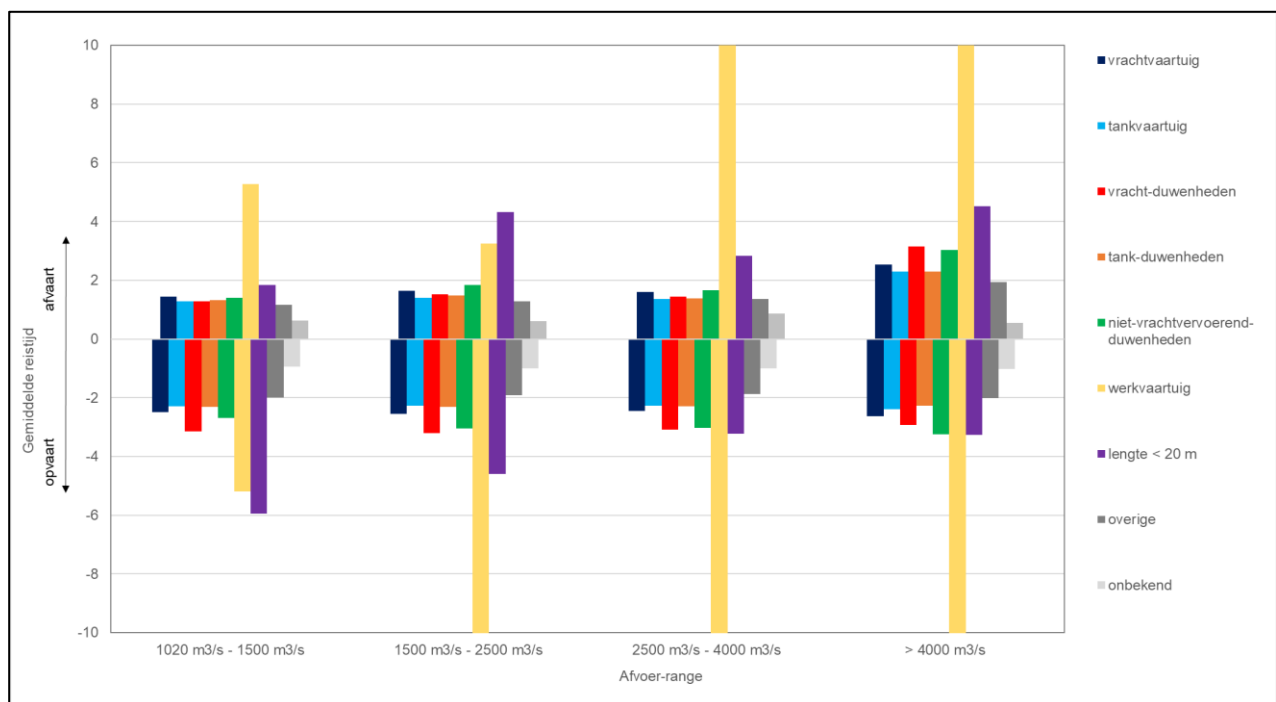
3 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten gegeven van de verschillende analyses (reistijd, vaarsnelheid, ruimtegebruik). Het eerste deel toont het resultaat van de gemiddelde reistijd per deelgebied. Vervolgens wordt het gemiddelde vaarsnelheid-profiel weergegeven voor verschillende aspecten zoals scheepstype, afvoercondities en diepgangtypes. Daarna is het ruimtegebruik weergegeven in reeksen van grafieken die het percentage van de uiterste positie van de scheepscontouren voor verschillende afvoerranges bevatten. De gebruikte breedte van de rivier en de afstand van passerende schepen tot de normaallijn worden ook gepresenteerd als onderdeel van het ruimtegebruik.

3.1 Reistijden per deelgebied

De reistijd-analyse wordt gedaan met behulp van scheepsreis-analyse zoals beschreven in 2.4. De reistijdanalyse geeft een eerste indruk van de reistijd van verschillende scheepstypen in elke deelgebied tijdens verschillende afvoerranges.

3.1.1 Bovenstrooms van langsdammen [kvr 885 - 911]

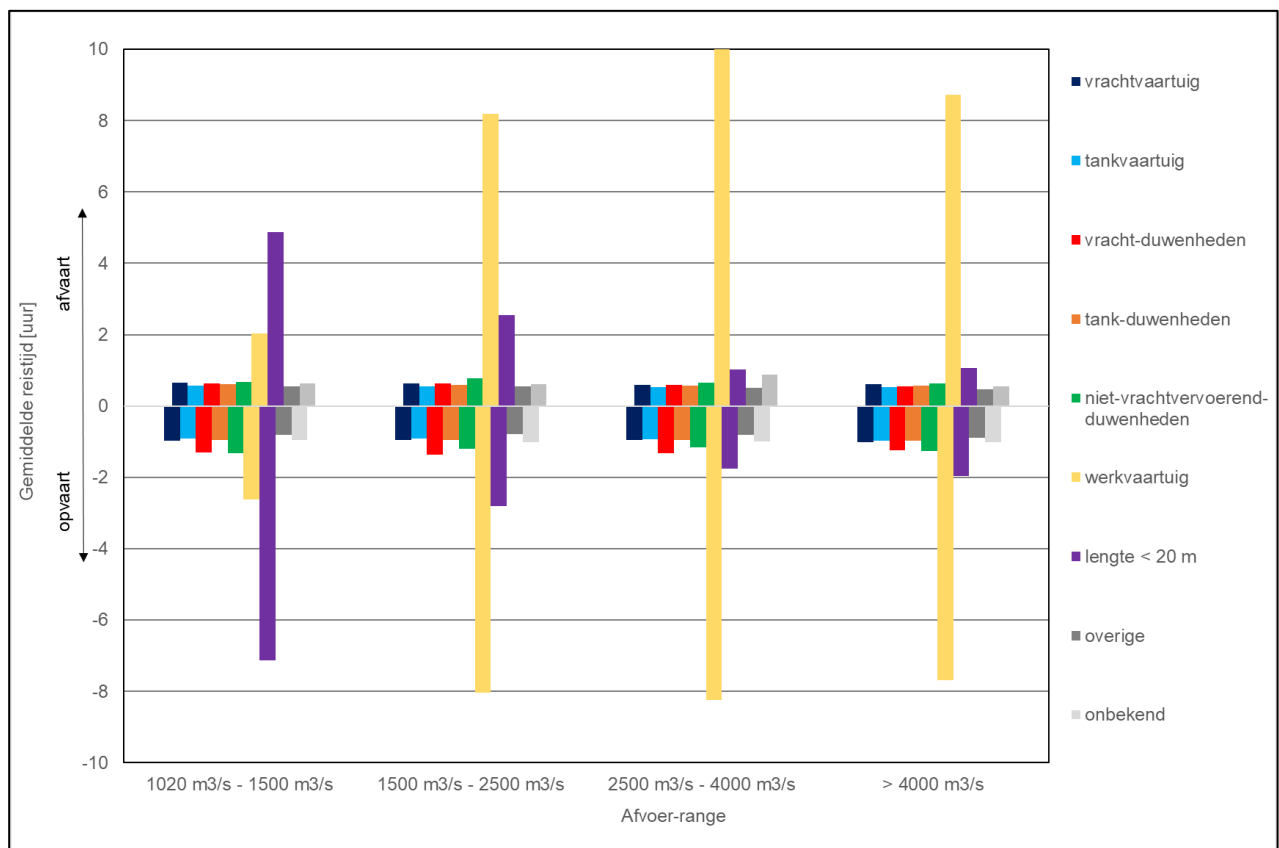


Figuur 3-1 Gemiddelde reistijd [uur] voor het gebied bovenstrooms van de langsdammen [kvr 885 - 911] per richting per scheepstype per afvoerranges

Tabel 3-1 Gemiddelde reistijd [uur] voor het gebied bovenstrooms van de langsdammen [kvr 885 - 911] per richting per scheepstype per afvoerranges

Scheepstype	1020 m3/s - 1500 m3/s		1500 m3/s - 2500 m3/s		2500 m3/s - 4000 m3/s		> 4000 m3/s	
	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand
vrachtaartuig	2.5	1.6	2.5	1.6	2.4	1.5	2.6	1.4
tankvaartuig	2.3	1.4	2.3	1.4	2.3	1.3	2.4	1.3
vracht-duwenheden	3.1	1.5	3.2	1.4	3.1	1.4	2.9	1.3
tank-duwenheden	2.3	1.5	2.3	1.4	2.3	1.3	2.3	1.3
niet-vrachtervoerend-duwenheden	2.7	1.8	3.1	1.7	3.0	2.0	3.3	1.4
werkvaartuig	5.2	3.3	10.1	11.0	15.6	17.6	10.8	5.3
lengte < 20 m	5.9	4.3	4.6	2.8	3.2	2.3	3.3	1.8
overige	2.0	1.3	1.9	1.4	1.9	1.2	2.0	1.2
onbekend	2.4	1.5	2.4	1.5	2.4	1.4	2.7	1.4

3.1.2 Langsdammen [kvr 911 - 922]

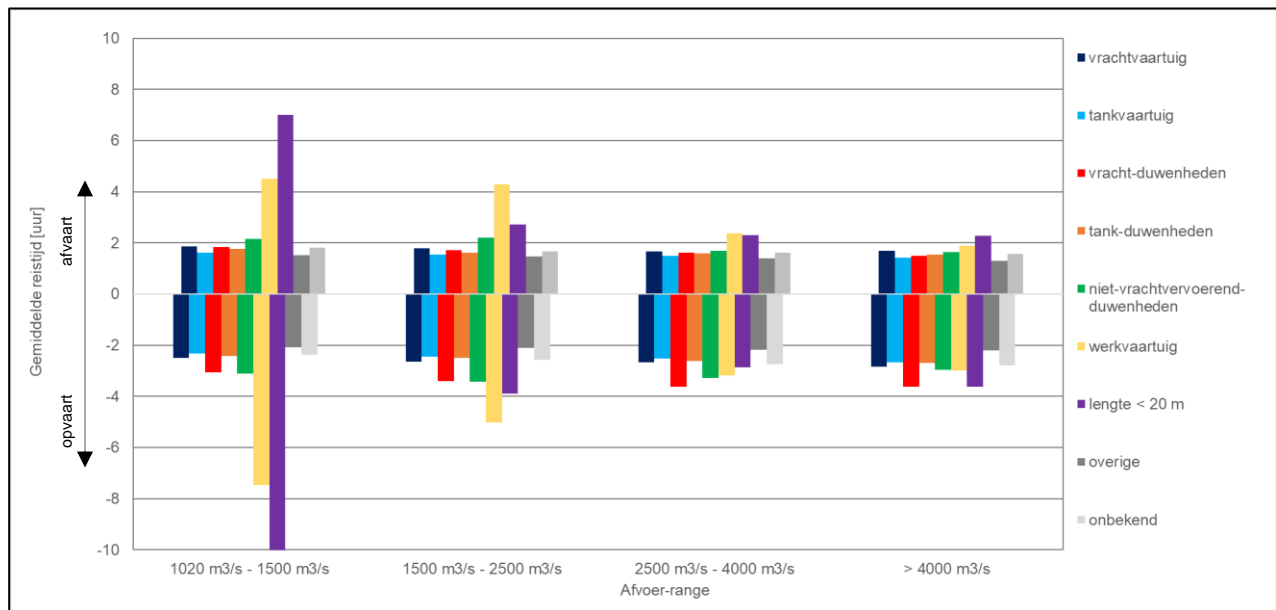


Figuur 3-2 Gemiddelde reistijd [uur] voor het langsdammen gebied [kvr 911 - 922] per richting per scheepstype per afvoerranges

Tabel 3-2 Gemiddelde reistijd [uur] voor het langsdammen gebied [kvr 911 - 922] per richting per scheepstype per afvoerranges

Scheepstype	1020 m3/s - 1500 m3/s		1500 m3/s - 2500 m3/s		2500 m3/s - 4000 m3/s		> 4000 m3/s	
	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand
vrachtaartuig	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.6
tankvaartuig	0.9	0.6	0.9	0.6	0.9	0.5	1.0	0.5
vracht-duwenheden	1.3	0.6	1.4	0.6	1.3	0.6	1.2	0.5
tank-duwenheden	1.0	0.6	1.0	0.6	0.9	0.6	1.0	0.6
niet-vrachtvervoerend-duwenheden	1.3	0.7	1.2	0.8	1.2	0.6	1.3	0.6
werkvaartuig	2.6	2.0	8.0	8.2	8.2	12.3	7.7	8.7
lengte < 20 m	7.1	4.9	2.8	2.5	1.8	1.0	2.0	1.1
overige	0.8	0.6	0.8	0.5	0.8	0.5	0.9	0.5
onbekend	0.9	0.6	1.0	0.6	1.0	0.9	1.0	0.6

3.1.3 Benedenstrooms van langsdammen [kvr 922 - 952]



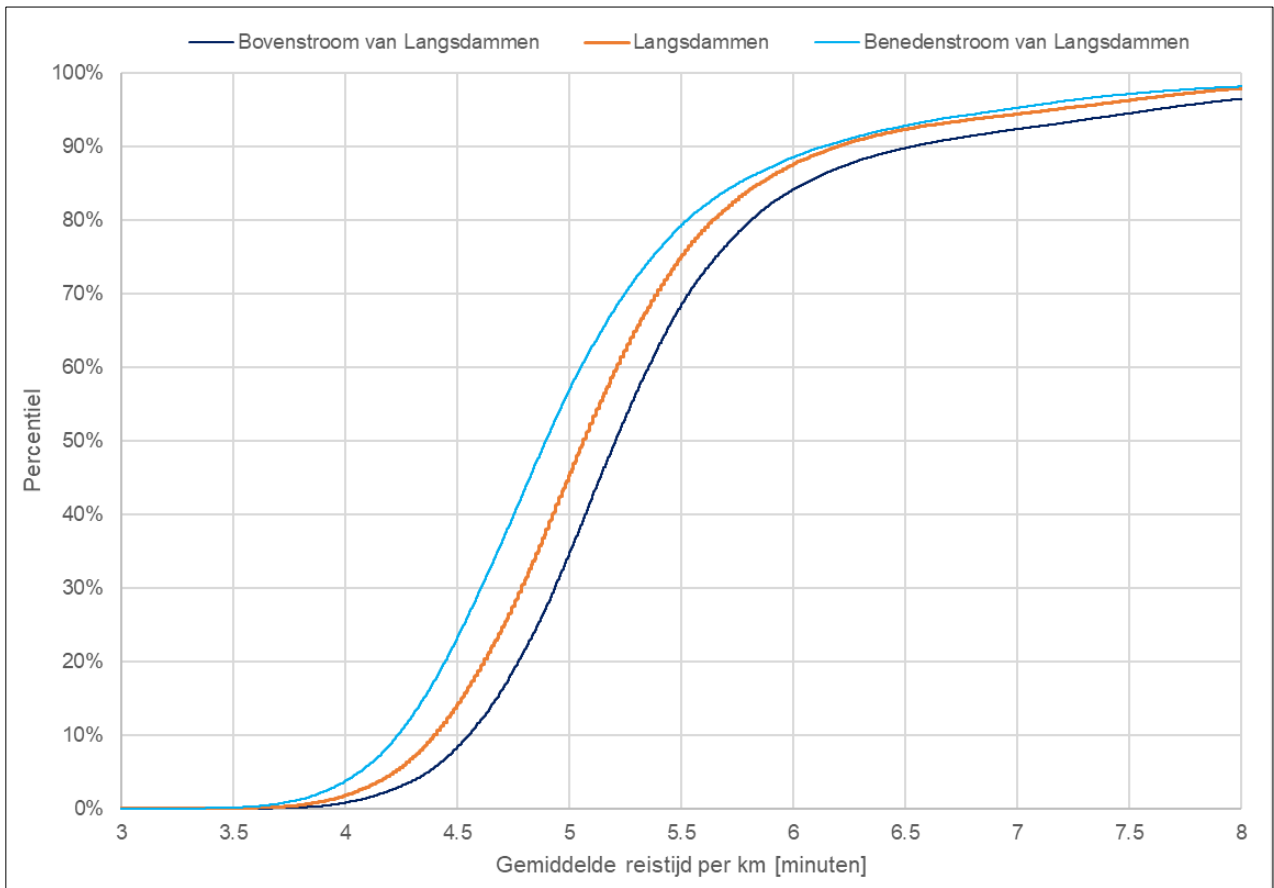
Figuur 3-3 Gemiddelde reistijd [uur] voor gebied benedenstrooms van de langsdammen [kvr 922 - 952] per richting per scheepstype per afvoerranges

Tabel 3-3 Gemiddelde reistijd [uur] voor gebied benedenstrooms van de langsdammen [kvr 922 - 952] per richting per scheepstype per afvoerranges

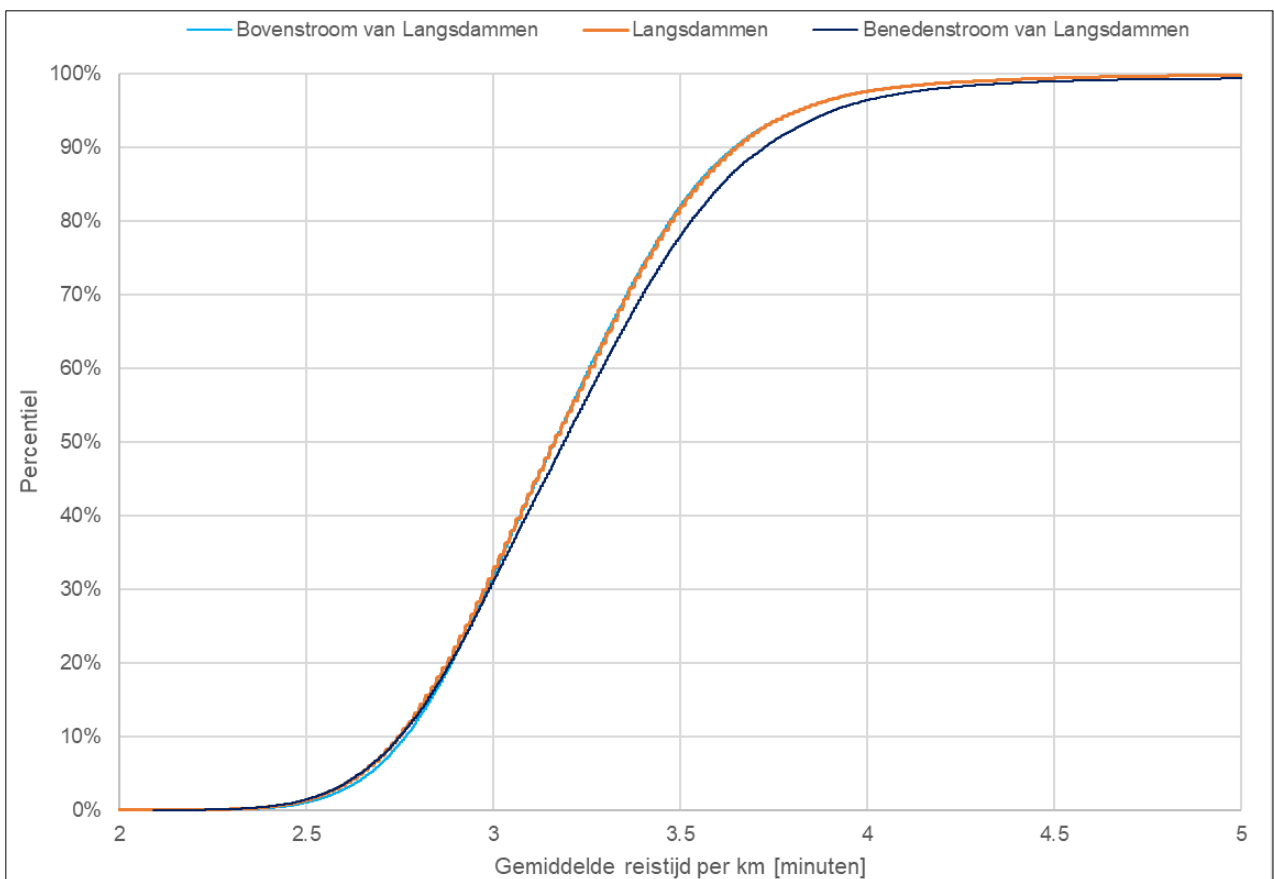
Scheepstype	1020 m3/s - 1500 m3/s		1500 m3/s - 2500 m3/s		2500 m3/s - 4000 m3/s		> 4000 m3/s	
	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand	Oostgaand	Westgaand
vrachtaartuig	2.5	1.9	2.6	1.8	2.7	1.7	2.8	1.7
tankvaartuig	2.3	1.6	2.4	1.5	2.5	1.5	2.7	1.4
vracht-duwenheden	3.1	1.8	3.4	1.7	3.6	1.6	3.6	1.5
tank-duwenheden	2.4	1.8	2.5	1.6	2.6	1.6	2.7	1.6
niet-vrachtvervoerd-duwenheden	3.1	2.2	3.4	2.2	3.3	1.7	3.0	1.6
werkvaartuig	7.5	4.5	5.0	4.3	3.2	2.4	3.0	1.9
lengte < 20 m	10.4	7.0	3.9	2.7	2.9	2.3	3.6	2.3
overige	2.1	1.5	2.1	1.5	2.2	1.4	2.2	1.3
onbekend	2.4	1.8	2.6	1.7	2.7	1.6	2.8	1.6

3.1.4 Genormaliseerde gemiddelde reistijd

De genormaliseerde gemiddelde reistijd is de gemiddelde tijd die een schip nodig heeft om elke kilometer te varen. Dit wordt berekend door de reistijd per deelgebied te delen door de lengte van het deelgebied. De genormaliseerde gemiddelde reistijd (van alle scheepstypen en alle afvoerranges) wordt uitgedrukt in minuten per kilometer. Het cumulatieve percentage wordt op de y-as weergegeven (Figuur 3-4). Uit Figuur 3-4 kan bijvoorbeeld worden afgelezen dat 50% van de opvarende schepen minder dan 5,1 minuten per km nodig heeft om in het langsdammen gebied te varen.



Figuur 3-4 Genormaliseerde gemiddelde reistijd per deelgebied- opvaart



Figuur 3-5 Genormaliseerde gemiddelde reistijd per deelgebied – afvaart

Tabel 3-4 Genormaliseerde gemiddelde reistijd per deelgebied per richting [minuten/km]

Deelgebied	5% percentiel		Gemiddelde		95% percentiel	
	Opvaart	Afvaart	Opvaart	Afvaart	Opvaart	Afvaart
Bovenstrooms van langsdammen [kvr 885 - 911]	4.4	2.7	5.7	3.4	7.6	3.8
Langsdammen [kvr 911 - 922]	4.2	2.7	5.3	3.3	7.2	3.8
Benedenstrooms van langsdammen [kvr 922 - 952]	4.1	2.6	5.2	3.4	6.9	3.9

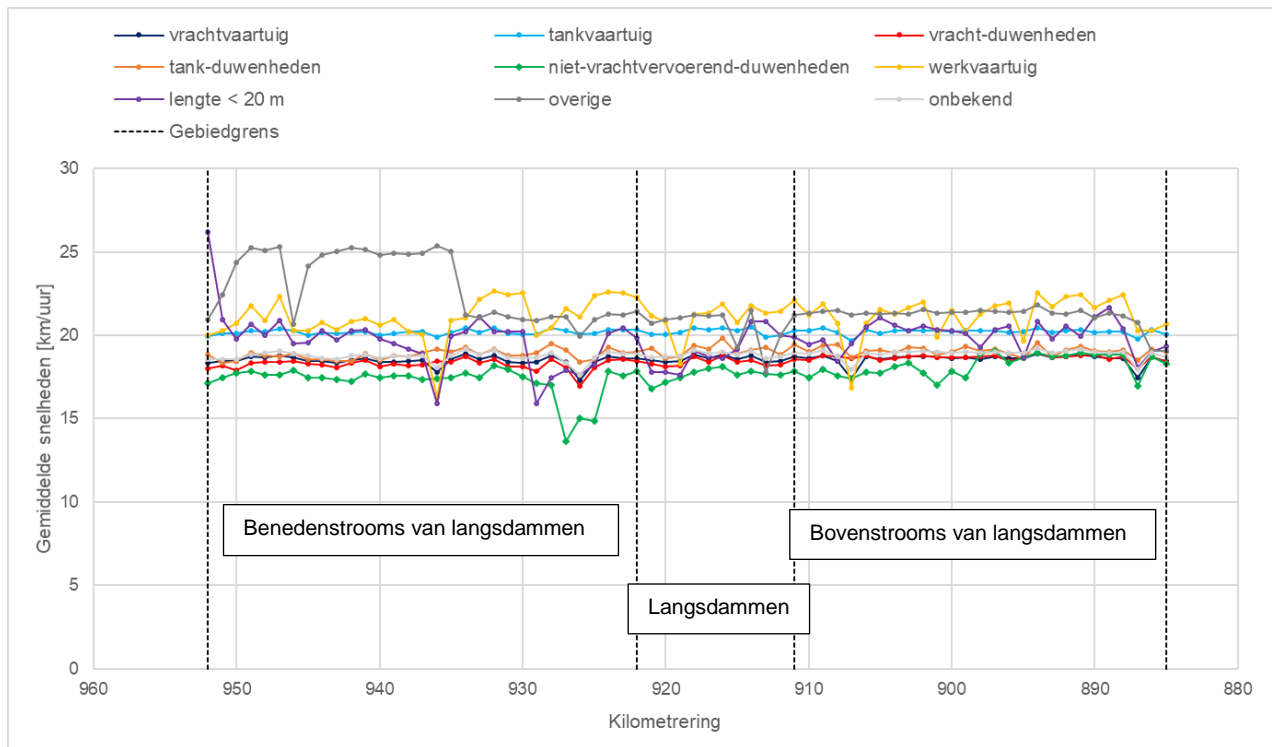
3.1.5 Observaties reistijd

Figuur 3-1 en Figuur 3-2 laten zien dat het werkvaartuig in het algemeen een langere vaartijd heeft in het bovenstroomse en langsdammen-gebied. De duur van de vaart van het werkschip in het gebied neemt ook toe met de toename van de waterafvoer. Een tweede scheepstype met een langere vaartijd is het schip met een lengte van minder dan 20 m. In het bovenstroomse deelgebied neemt de vaartijd toe met de toename van de waterafvoer, terwijl in het langsdammen-gebied de trend omgekeerd evenredig is. Dit geeft aan dat het werkschip en het schip korter dan 20 m langer in het gebied verblijven, waarschijnlijk omdat ze een ander vaardoel hebben. Om die reden zijn deze twee scheepstypen niet in de ruimtegebruik-analyse meegenomen. De langere vaartijd voor werkschepen en schepen korter dan 20 m is in Figuur 3-4 ook te zien als langere "bovenstaart", voor het bovenstroomse en langsdammen-deelgebied.

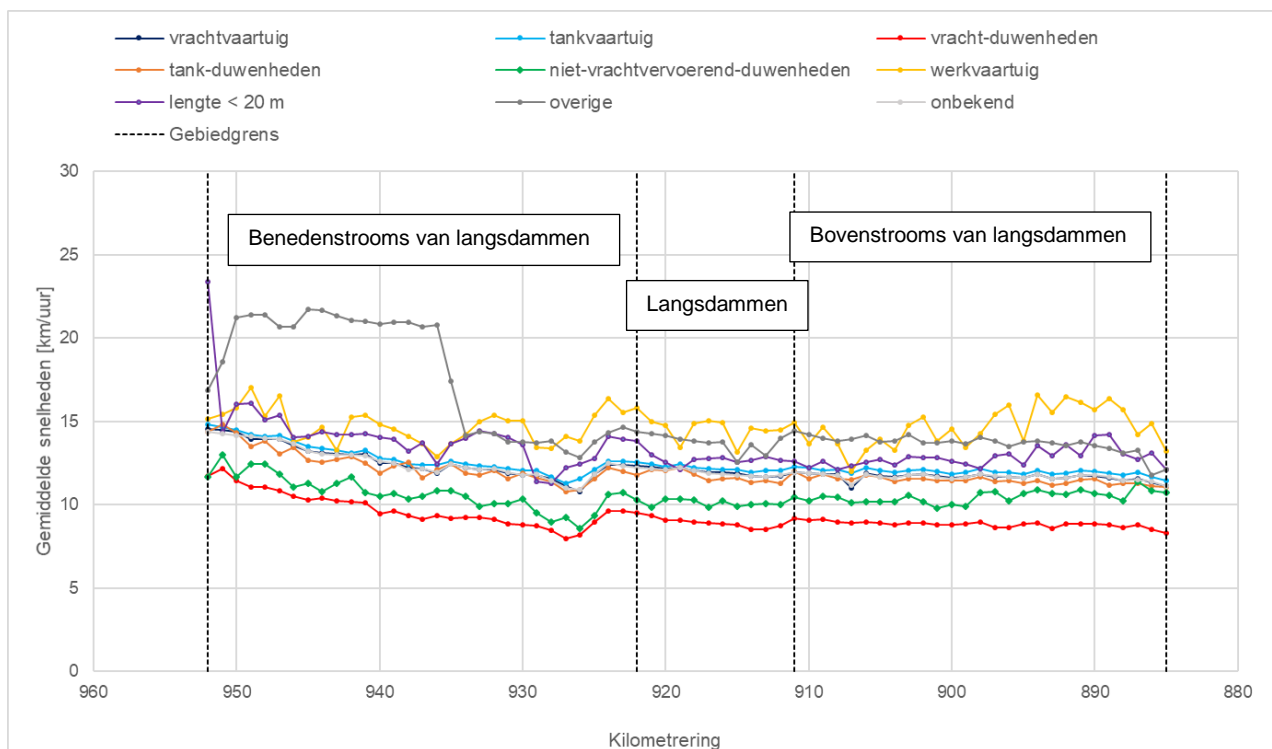
Uit Figuur 3-4, Figuur 3-5 en Tabel 3-4 blijkt dat in de opvaart ter hoogte van de langsdammen de gemiddelde reistijd per kilometer (5.3 minuut) iets korter is dan bovenstrooms (5.7 minuut) maar iets langer dan benedenstrooms (5.2 minuut). In de afvaart is de gemiddelde reistijd per kilometer over de hele rivier ongeveer gelijk (3.3 – 3.4 minuut).

3.2 Gemiddelde vaarsnelheid profiel

De gemiddelde vaarsnelheid over de grond voor alle afvoerranges voor afgaand en opgaand scheepsvaartverkeer wordt in Figuur 3-6 en Figuur 3-7 weergegeven.

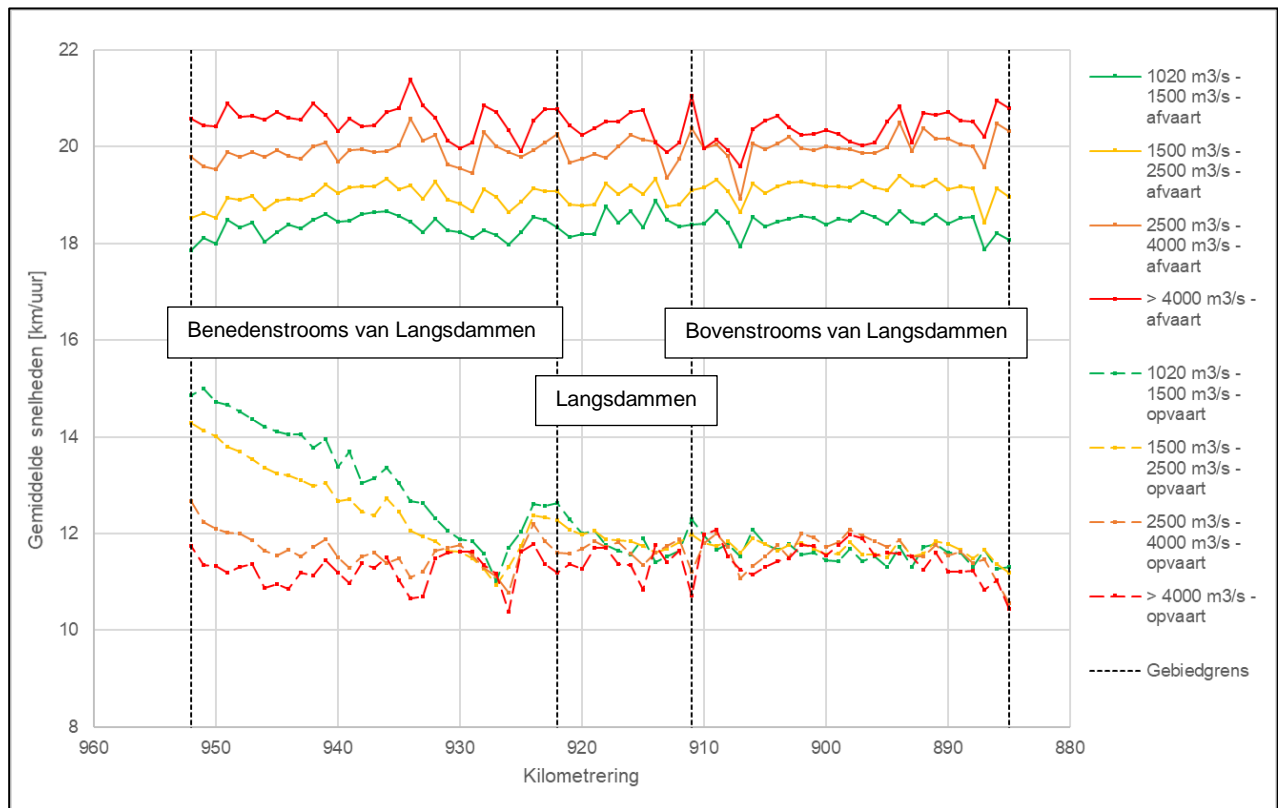


Figuur 3-6 Scheepssnelheid-profiel langs de rivier - afvaart



Figuur 3-7 Scheepssnelheid-profiel langs de rivier – opvaart

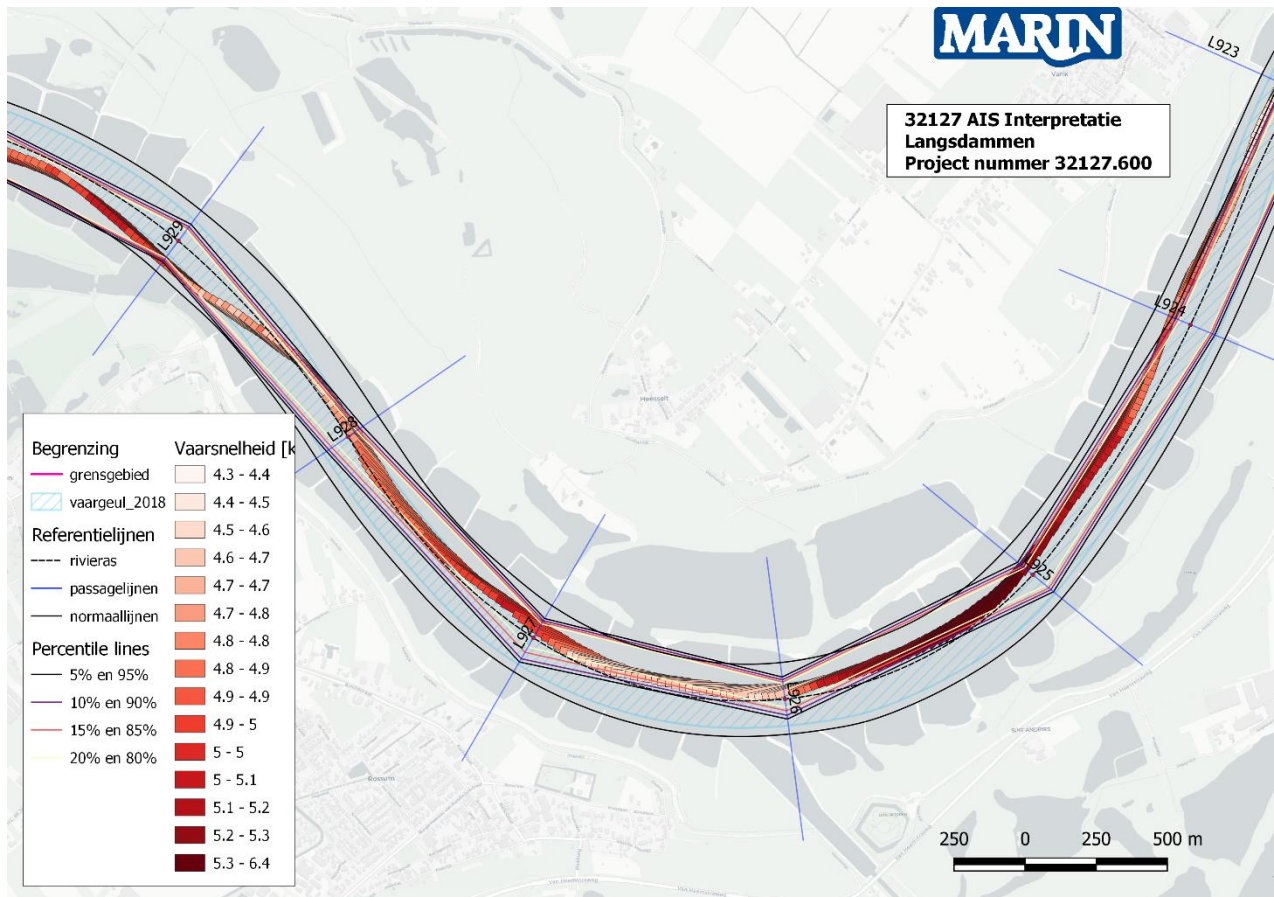
De gemiddelde vaarsnelheden over de grond tijdens verschillende waterafvoercondities wordt weergegeven in Figuur 3-8.



Figuur 3-8 Scheepsnelheid-profiel tijdens verschillende waterafvoercondities

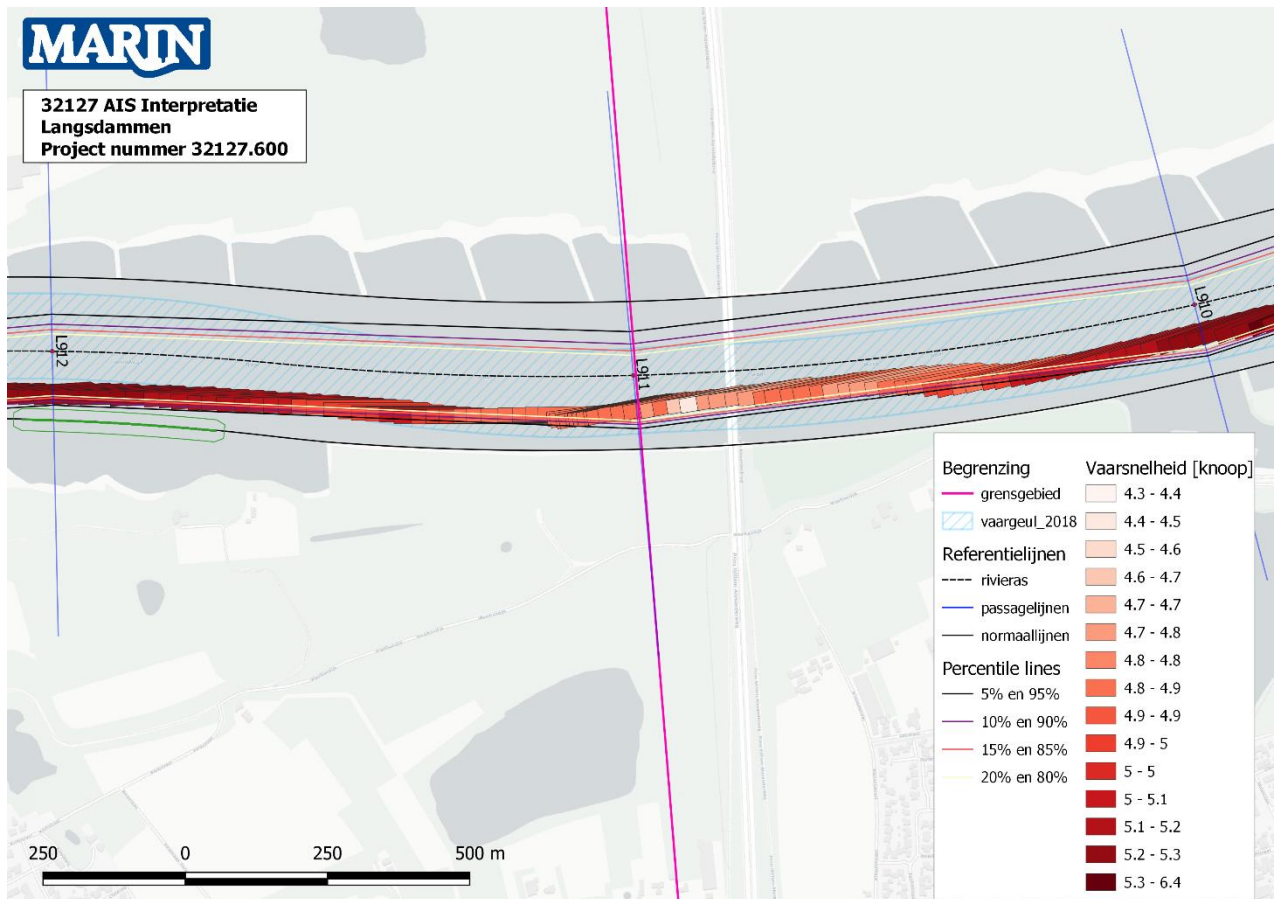
Op het gebied van de langsdammen en beneden- en bovenstrooms, heeft de waterafvoerconditie grote invloed op de vaarsnelheid over de grond bij de afvarende schepen; deze schepen hebben een hogere vaarsnelheid tijdens hoge waterafvoercondities bij alle 3 de trajecten. Het gemiddelde vaarsnelheidsverschil tussen de lage en hoge waterafvoerconditie is ongeveer 2 km/uur. Dit effect (toename vaarsnelheid bij toename afvoer) is niet te zien bij de opvarende schepen op het bovenstroomse gebied. Er is een groot verschil tussen benedenstrooms en bovenstrooms bij opgaand verkeer in situaties van lage afvoer, wanneer de stroomsnelheid lager is. In het benedenstroomse gebied is de invloed van de stroomsnelheid op de vaarsnelheid zichtbaar; omdat daar dan minder tegenstroom is, kan harder worden gevaren.

Ter hoogte van kilometerraai 925-927 ligt de bocht bij St. Andries. In Figuur 3-9 is te zien hoe een vrachtschip in de bocht bij St. Andries vaart. Het schip begon zijn snelheid te verlagen net na kmr 927 en te versnellen na kmr 926. Het vaargedrag bij een scherpe bocht heeft te maken met zicht, tegenliggers of ander verkeer en ook stromingen omdat de schippers proberen de meest ideale lijn in de stroming te varen.



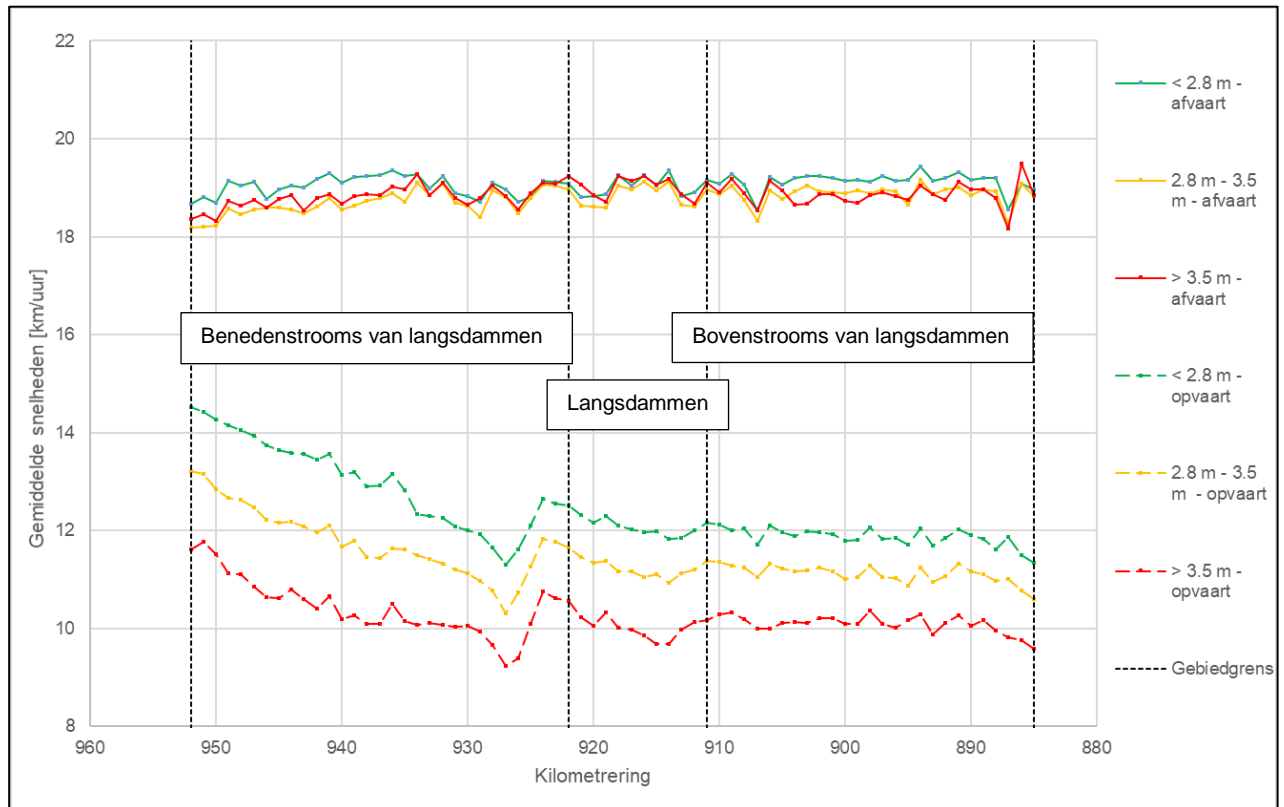
Figuur 3-9 Opvarend vrachtvaartuig bij de bocht bij St. Andries

De snelheidsfluctuatie bij kmr 911 is hoogstwaarschijnlijk te wijten aan schepen die snelheid minderen bij het passeren van de Prins Willem Alexanderbrug (Figuur 3-10).



Figuur 3-10 Opvarend vrachtvaartuig bij Prins Willem Alexander brug

De gemiddelde snelheden voor verschillende diepgangen worden weergegeven in Figuur 3-9.

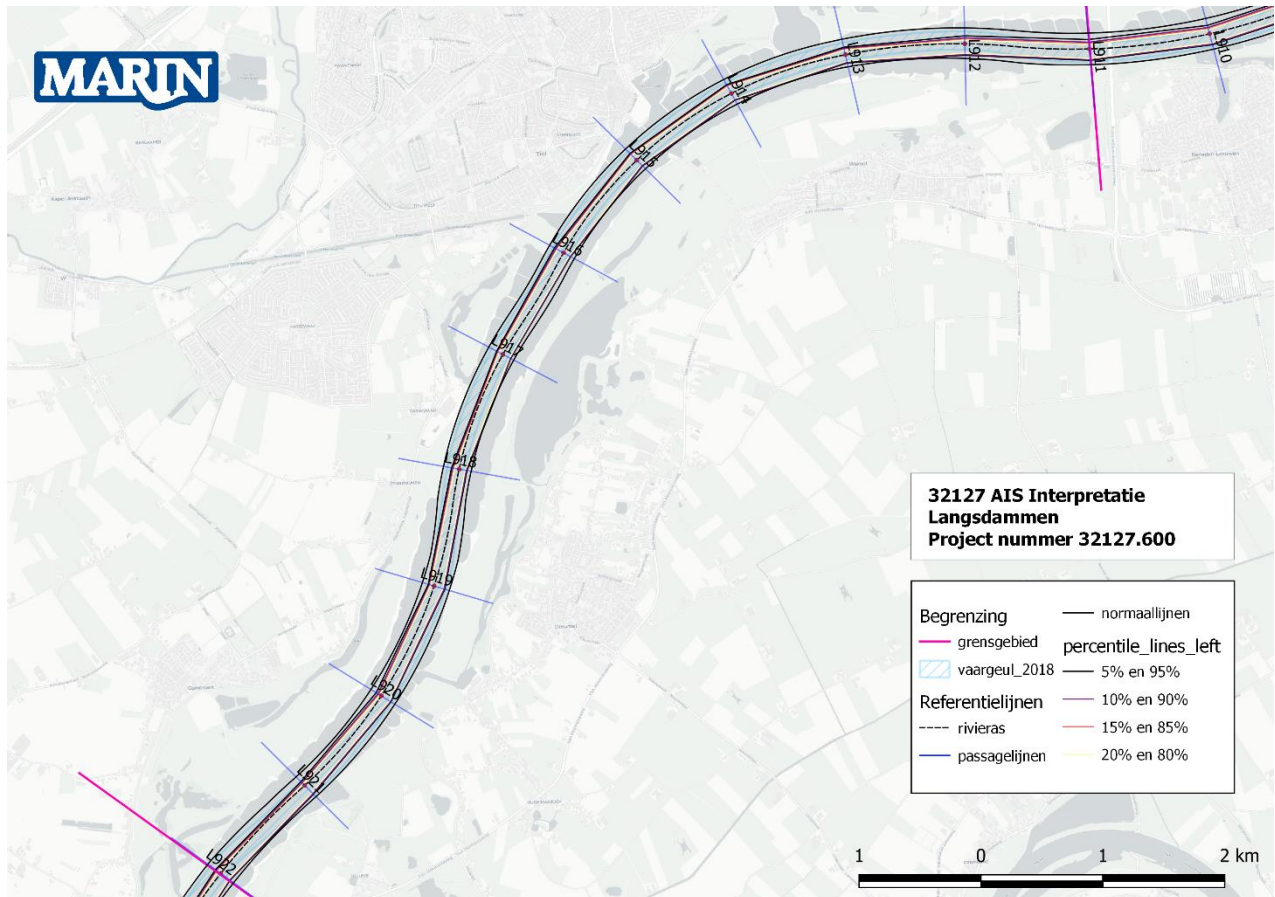


Figuur 3-11 Vaarsnelheid profiel voor verschillende diepgangen

In Figuur 3-8 en Figuur 3-11 is te zien dat er geen significant verschil is tussen snelheden over de grond op het gebied van de langsdammen en bovenstrooms. Benedenstrooms zorgt de bocht bij St. Andries bij de opvarende schepen voor een gemiddelde vaarsnelheidsvermindering, maar dit effect is bij de afvarende schepen niet te zien. De diepgang van de schepen heeft geen invloed op de vaarsnelheid over de grond bij de afvarende schepen, wel bij de opvarende schepen, de diepstekende schepen hebben een lagere vaarsnelheid over de grond.

3.3 Ruimtegebruik

Zoals in sectie 2.7 beschreven wordt het gebruik van de ruimte weergegeven in percentiellijnen. Figuur 3-12 geeft een voorbeeld van het ruimtegebruik langs het gebied van de langsdammen tijdens hoogwater ($Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$). Meer kaarten zijn te vinden in Appendix 3.

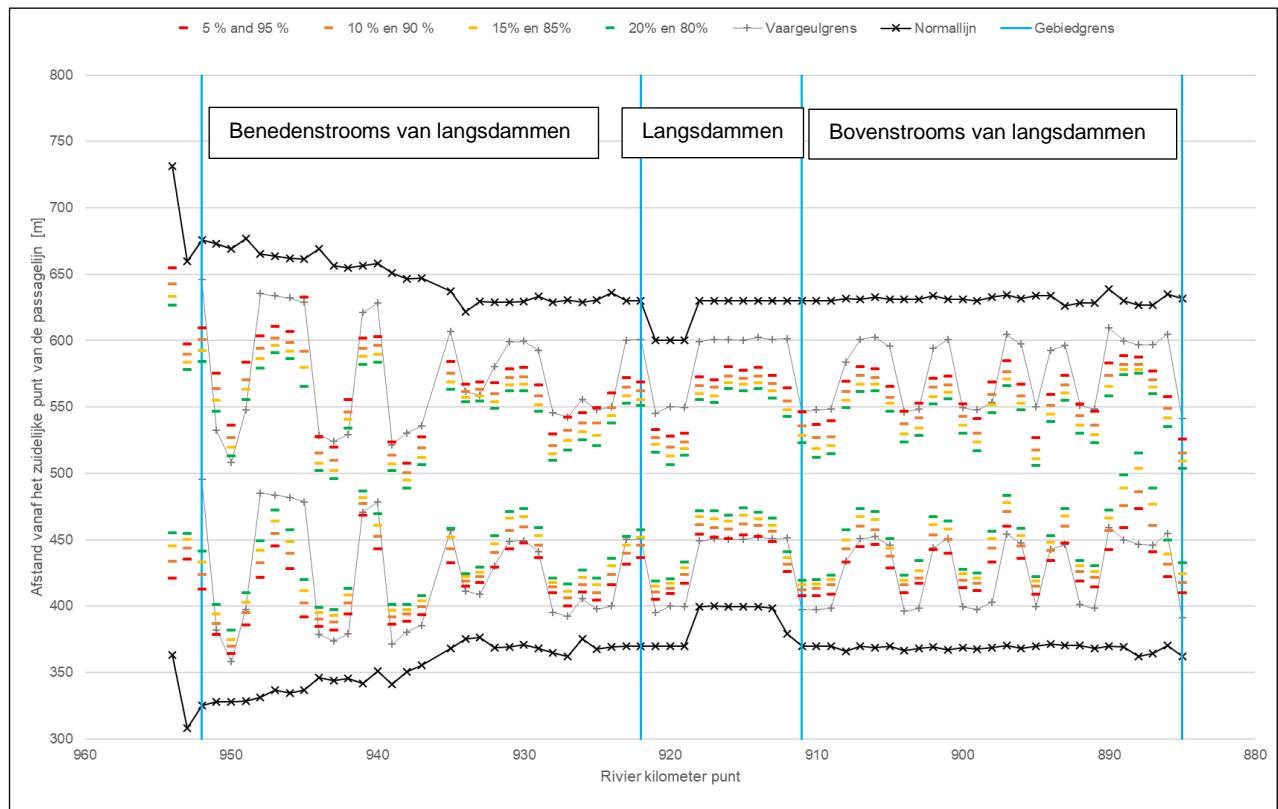


Figuur 3-12 Ruimtegebruik in het langsdammen-gebied [kvr 911 - 922] tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

3.3.1 Ruimtegebruik tijdens verschillende afvoerranges

Het ruimtegebruik tijdens verschillende afvoerranges wordt hieronder gepresenteerd in reeksen van grafieken. De data is per rivierkilometer geplot. Hierdoor is er in de figuur een niet-vloeiend verloop van beide vaargeulgrenzen en normaallijnen.

3.3.1.1 Ruimtegebruik tijdens een waterafvoerrange van $1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur 3-13 Ruimtegebruik tijdens $1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$

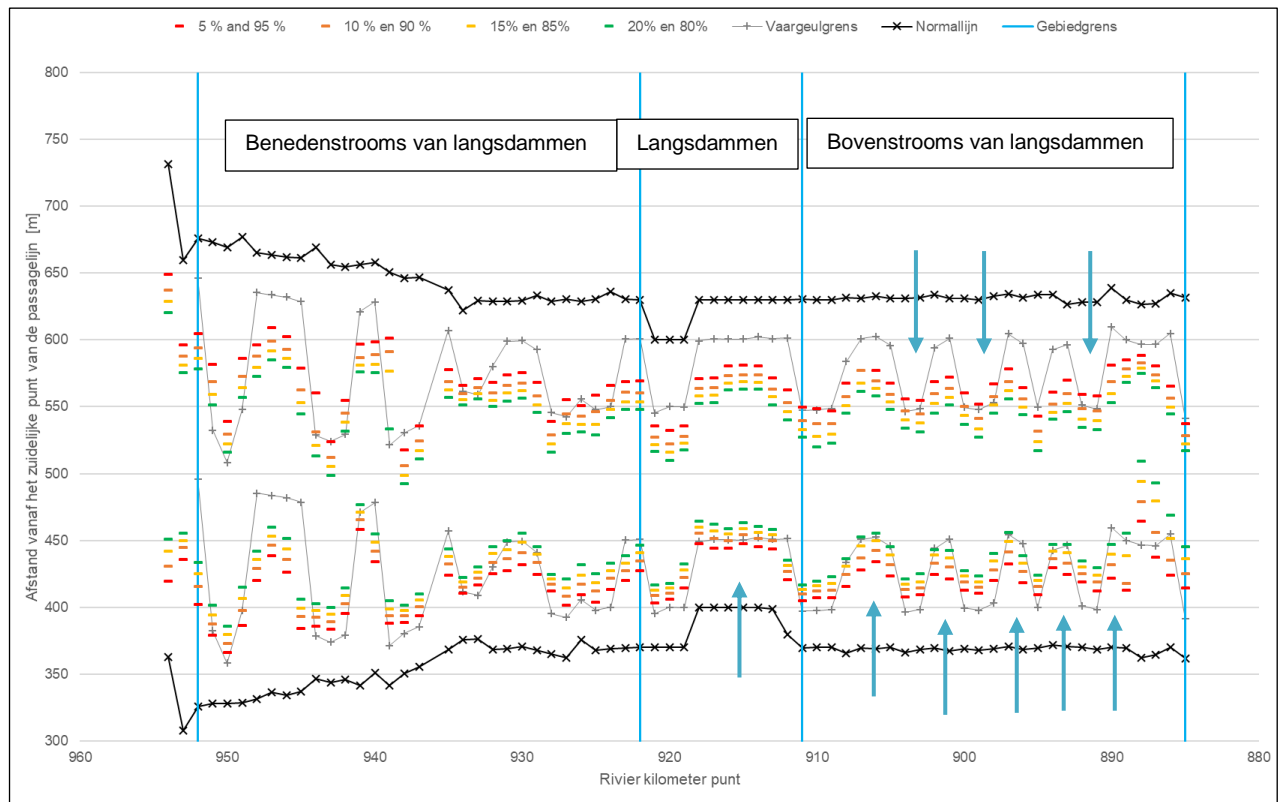
In Figuur 3-13 is te zien dat ter hoogte van de langsdammen en bovenstrooms van de langsdammen 90% van de schepen (tussen de 5% en 95% percentielen) binnen de vaargeul vaart bij een waterafvoerrange van $1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$. Benedenstrooms tot kilometrering 944 is dit ook het geval, verder weg van de langsdammen wordt de vaargeul minder gevolgd.

Tabel 3-5 Afstand percentiellijnen tot normaalijn per passagelijijn tijdens $1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$

Deelgebied	Kilometrering	Afstand percentiellijnen tot linker normaalijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaalijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
Bovenstrooms van langsdammen	885	48.0	56.0	62.4	70.6	127.5	122.1	116.1	105.9
	886	51.8	61.3	69.2	79.8	99.6	92.9	86.0	76.8
	887	76.2	96.2	112.0	124.5	66.6	61.8	56.4	49.9
	888	111.6	124.0	141.9	153.4	51.2	48.3	44.9	39.4
	889	89.7	106.2	119.2	129.6	55.4	51.6	47.7	41.3
	890	72.7	86.9	96.1	102.5	80.8	73.5	65.4	55.6
	891	46.4	53.4	58.0	62.1	105.2	98.8	91.6	81.2
	892	48.5	55.7	60.3	63.9	98.0	91.9	85.1	75.9
	893	77.0	89.5	97.5	102.9	71.1	65.5	59.9	52.5
	894	62.9	70.5	76.5	81.8	94.6	89.2	82.7	74.3
	895	39.3	45.2	49.4	52.7	128.0	122.9	115.9	106.5
	896	68.0	77.4	85.0	90.6	83.9	78.8	73.5	64.7
	897	89.5	100.8	107.3	112.6	68.4	63.4	58.0	50.0
	898	64.6	75.2	82.0	87.6	87.1	81.1	73.1	63.7
	899	44.3	49.4	53.4	57.2	112.9	106.6	99.9	88.7
	900	45.3	50.8	55.9	59.1	101.0	94.8	88.1	78.6
	901	72.5	83.0	90.6	96.7	74.9	70.0	64.6	57.8
902	73.1	84.1	91.8	98.1	81.1	75.6	68.9	62.2	
903	49.1	53.1	58.2	65.8	102.9	97.4	89.5	78.4	
904	44.0	49.8	53.4	57.0	107.4	101.4	93.7	84.1	
905	58.7	67.9	74.0	80.9	84.0	78.3	73.4	65.2	
906	77.5	88.5	96.5	102.3	70.4	65.7	60.4	54.1	

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand percentiellijnen tot linker normaallijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaallijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
	907	75.3	90.3	97.9	104.0	69.3	63.7	57.3	50.4
	908	67.3	77.6	84.2	91.6	82.0	76.4	70.1	62.2
	909	39.2	46.1	50.1	53.6	115.4	109.1	102.5	90.6
	910	38.2	43.6	46.8	50.1	118.1	111.7	103.2	93.1
Langsdammen	911	38.4	42.8	46.5	50.0	107.2	101.7	94.5	84.3
	912	46.6	52.1	57.3	61.7	87.4	82.2	75.5	65.4
	913	50.3	57.6	62.3	67.7	73.2	67.7	62.4	56.3
	914	52.9	60.7	65.9	70.6	66.1	61.7	56.8	50.4
	915	53.7	61.9	68.6	73.9	67.7	62.8	58.4	52.2
	916	51.2	58.4	64.1	68.8	66.4	61.7	56.6	49.9
	917	52.1	59.2	65.7	71.7	76.5	71.4	65.1	59.4
	918	54.6	61.7	67.4	72.2	74.5	69.9	64.1	57.2
	919	47.6	54.0	58.8	63.4	86.4	81.2	76.2	69.6
	920	39.7	43.7	47.2	50.4	93.5	86.9	80.3	71.9
	921	35.4	41.1	45.3	49.2	84.4	78.4	73.2	67.2
	922	66.7	76.3	82.2	87.6	78.8	74.4	68.2	61.1
Benedenstrooms van langsdammen	923	61.8	70.2	76.4	82.9	77.6	71.7	65.5	57.9
	924	47.3	55.0	61.6	67.0	98.1	92.6	86.4	75.6
	925	36.7	42.6	48.2	53.5	109.7	102.3	92.9	81.4
	926	35.1	40.7	46.0	51.9	103.4	97.3	90.9	82.9
	927	37.8	43.7	48.8	54.5	112.8	106.0	97.9	87.9
	928	44.7	49.1	52.5	56.0	119.1	113.7	107.7	99.3
	929	68.5	77.9	85.1	90.8	86.8	81.7	75.1	67.2
	930	77.0	88.7	96.8	102.8	67.3	62.3	56.6	49.6
	931	74.0	88.0	97.0	102.2	66.7	62.2	57.0	50.0
	932	60.9	72.1	78.5	84.4	79.6	74.8	69.0	60.5
	933	41.6	45.6	49.4	53.0	75.0	71.2	66.4	60.4
	934	39.3	43.1	46.4	49.1	68.1	64.8	60.6	55.0
	935	64.4	74.9	83.5	90.4	73.8	68.1	61.5	52.8
	937	38.3	44.0	48.4	52.3	140.3	134.8	128.0	119.5
	938	38.3	43.5	47.0	50.6	157.3	151.5	145.9	138.9
	939	45.2	50.8	55.6	59.8	148.4	143.5	137.1	127.0
	940	92.2	101.7	110.1	118.7	74.5	68.6	62.0	55.0
	941	127.1	135.7	140.2	145.1	74.7	68.7	62.3	54.5
	942	48.3	56.7	62.6	67.6	120.4	114.1	108.1	98.8
	943	38.4	44.0	49.0	53.4	160.3	154.3	146.2	136.6
	944	38.3	44.1	48.7	52.9	167.5	161.5	154.1	142.0
	945	54.8	65.4	74.5	82.9	96.0	81.5	69.8	28.9
	946	94.2	105.2	114.2	123.2	75.6	70.2	63.7	55.1
	947	108.7	118.0	127.9	136.0	72.7	67.3	61.9	52.8
	948	90.7	101.2	110.8	118.1	86.0	79.0	71.2	61.9
	949	57.4	67.1	74.7	82.0	121.0	113.8	106.4	93.3
950	36.0	42.1	46.9	54.1	155.8	149.2	141.8	132.8	
951	51.1	59.4	66.6	73.2	126.3	118.2	109.4	97.4	
952	87.3	98.3	108.0	116.0	91.5	83.4	75.0	66.2	

3.3.1.2 Ruimtegebruik tijdens een waterafvoerrange van $1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur 3-14 Ruimtegebruik tijdens $1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$

In Figuur 3-14 is te zien dat op sommige plaatsen (aangegeven met blauwe pijlen) ter hoogte van de langsdammen 85% en bovenstrooms van de langsdammen 80% van de schepen binnen de vaargeul vaart bij een waterafvoer van $1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$.

In vergelijking met een waterafvoer van $1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (minder water in de rivier, dus lagere waterstand) wordt er minder binnen de vaargeul gevaren.

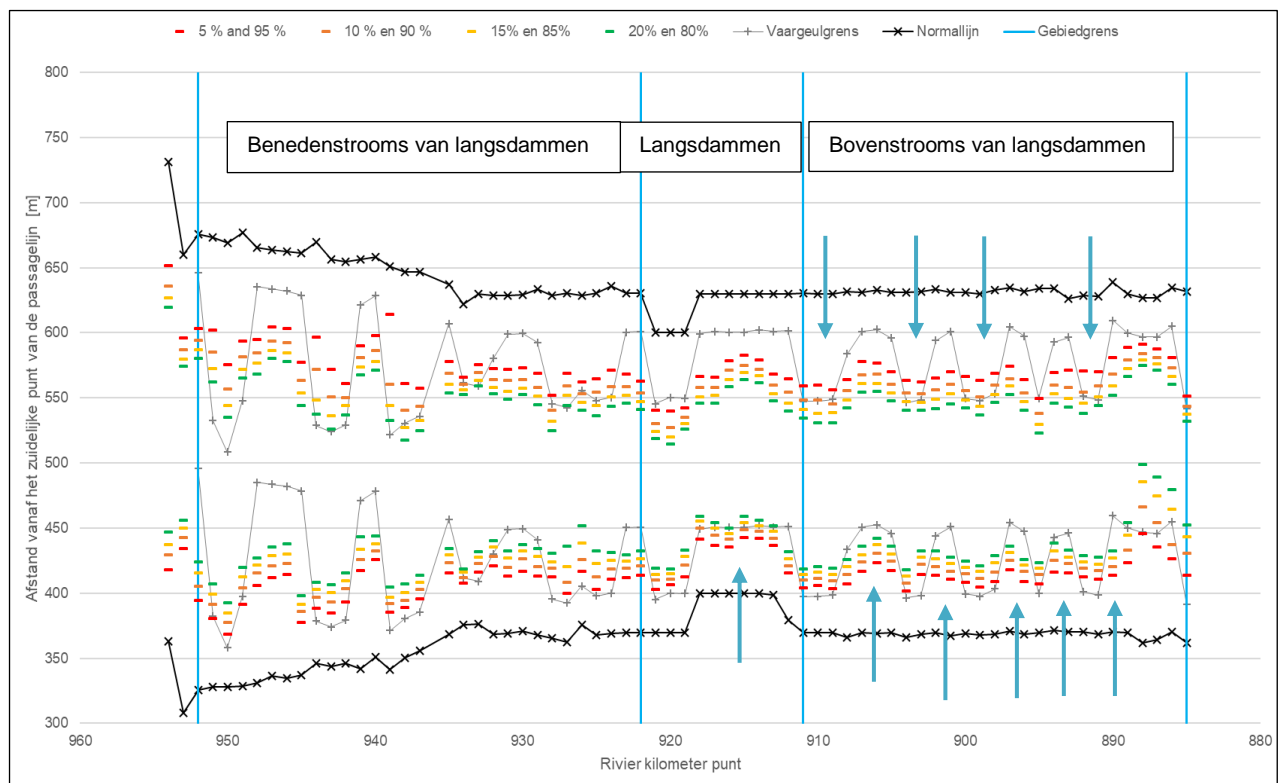
Tabel 3-6 Afstand percentiellijnen tot normaalijn per passagelijijn tijdens $1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand percentiellijnen tot linker normaalijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaalijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
Bovenstrooms van langsdammen	885	52.6	63.2	74.3	83.5	114.4	109.0	103.1	94.3
	886	53.9	64.9	80.9	98.4	90.4	85.2	78.6	69.5
	887	72.8	91.5	115.0	128.4	62.3	57.8	52.9	46.5
	888	102.5	117.1	132.0	147.3	51.8	48.1	43.9	38.2
	889	43.2	48.3	69.2	85.9	62.0	57.1	51.6	44.7
	890	51.4	62.0	69.6	77.1	86.2	79.3	70.1	58.0
	891	43.6	50.7	55.6	61.0	95.1	88.7	81.4	69.9
	892	48.8	54.7	59.7	64.1	93.7	87.7	79.9	68.9
	893	53.9	62.6	70.1	76.5	80.3	74.0	66.5	56.4
	894	57.8	64.7	70.4	75.6	93.3	87.9	81.7	72.6
	895	39.6	46.1	50.4	54.2	116.9	109.9	102.0	90.8
	896	50.4	58.5	64.7	70.4	88.0	82.2	76.0	67.6
	897	61.7	71.0	78.4	85.4	78.6	72.3	65.5	56.4
	898	51.6	59.5	65.8	71.7	87.7	81.5	75.4	65.6
899	42.8	47.6	51.5	55.5	102.9	96.4	88.9	78.3	

Deelgebied	Kilometering	Afstand percentiellijnen tot linker normaalijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaalijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
	900	44.1	50.1	54.4	58.6	94.1	87.5	80.8	70.9
	901	53.7	63.1	69.9	75.5	80.0	74.0	67.5	59.2
	902	54.8	63.5	69.7	73.2	88.6	81.1	74.0	64.6
	903	41.3	46.4	50.6	56.7	100.3	93.7	86.6	76.8
	904	41.5	47.0	51.1	55.0	96.8	90.9	84.2	74.9
	905	53.5	61.8	69.2	75.2	82.9	77.3	71.6	63.3
	906	65.0	73.6	80.7	86.3	74.4	69.0	63.2	55.5
	907	58.0	67.3	75.8	83.0	69.4	63.2	53.7	-114.8
	908	49.6	58.6	64.9	70.4	86.4	80.6	73.9	63.8
	909	37.4	43.1	48.1	52.7	107.6	100.5	93.0	83.4
910	37.2	42.3	46.3	49.6	110.0	102.2	92.9	81.4	
Langsdammen	911	35.3	40.0	43.8	47.0	103.0	97.2	90.7	80.8
	912	41.4	47.4	51.6	55.7	89.8	83.6	77.1	67.3
	913	45.0	51.3	55.8	59.6	78.6	72.6	66.7	58.7
	914	45.2	51.4	56.2	60.5	66.8	61.9	56.4	49.4
	915	47.8	54.2	59.1	63.6	66.8	61.5	56.3	49.1
	916	44.2	49.9	54.8	58.7	67.6	62.4	56.8	49.5
	917	44.3	51.7	57.2	62.2	76.9	71.4	65.7	58.6
	918	47.7	55.3	60.2	64.3	77.4	72.0	66.6	59.1
	919	44.5	52.5	57.8	62.6	82.3	77.4	72.1	64.2
	920	36.0	40.7	44.4	47.9	90.2	84.1	78.0	67.9
	921	33.4	38.8	42.9	46.7	83.9	78.7	72.8	64.7
	922	57.4	64.8	71.2	76.8	82.0	76.3	69.6	61.1
Benedenstrooms van langsdammen	923	50.2	57.4	63.0	68.7	82.4	76.4	69.6	61.4
	924	44.2	52.3	58.1	63.7	94.2	88.0	81.2	70.1
	925	35.9	44.4	50.5	57.3	101.9	93.9	84.5	72.2
	926	34.1	41.9	48.5	56.2	97.8	92.3	85.9	77.8
	927	39.0	46.2	52.2	58.6	100.6	93.2	85.8	75.4
	928	47.2	51.9	55.7	59.5	112.8	106.7	99.7	89.8
	929	56.3	65.2	71.6	77.4	88.0	82.1	75.5	65.1
	930	60.9	70.3	77.7	84.6	72.9	67.6	62.0	54.2
	931	58.4	67.3	74.1	80.7	74.5	68.8	62.8	55.1
	932	56.4	65.1	71.6	76.6	78.4	73.9	68.3	60.8
	933	40.1	45.5	50.0	53.9	73.9	69.9	65.2	58.7
	934	34.8	39.7	43.5	46.6	70.4	66.7	62.0	56.1
	935	55.9	63.8	69.5	75.4	79.8	74.1	68.0	59.5
	937	38.1	44.8	50.1	54.4	136.0	129.9	122.6	111.3
	938	38.1	43.0	47.0	51.0	153.9	148.1	140.7	128.6
	939	46.7	52.5	57.5	63.3	117.2	74.1	59.4	49.5
	940	82.9	91.1	97.9	103.8	83.0	76.6	69.2	59.7
941	116.6	123.6	129.4	134.9	80.7	75.7	69.7	59.9	
942	49.3	56.8	62.8	68.6	122.7	116.4	109.3	99.9	
943	40.0	45.5	50.8	55.9	157.6	151.0	144.0	132.7	
944	39.6	46.5	51.2	56.2	156.2	148.3	138.0	109.0	
945	47.4	56.0	62.6	69.3	117.0	108.2	98.7	82.5	

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand percentiellijnen tot linker normaalijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaalijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
	946	91.6	101.3	109.4	117.0	82.8	76.0	69.1	59.5
	947	102.0	110.1	116.6	123.2	78.9	72.2	64.6	54.6
	948	89.0	97.6	104.6	110.8	92.6	86.0	77.7	69.0
	949	58.0	69.2	78.4	86.5	120.0	112.6	104.0	90.5
	950	37.9	45.0	51.3	57.6	153.0	146.6	139.5	129.8
	951	51.5	59.8	66.7	73.5	121.7	113.6	104.4	91.5
	952	76.9	90.3	99.5	107.8	97.6	89.9	81.9	71.0

3.3.1.3 Ruimtegebruik tijdens een waterafvoerrange van $2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur 3-15 Ruimtegebruik tijdens $2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

In Figuur 3-15 is te zien dat op sommige plaatsen (aangegeven met blauwe pijlen) ter hoogte van de langsdammen 80% en bovenstrooms van de langsdammen minder dan 80% van de schepen binnen de vaargeul vaart bij een waterafvoer van $2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$.

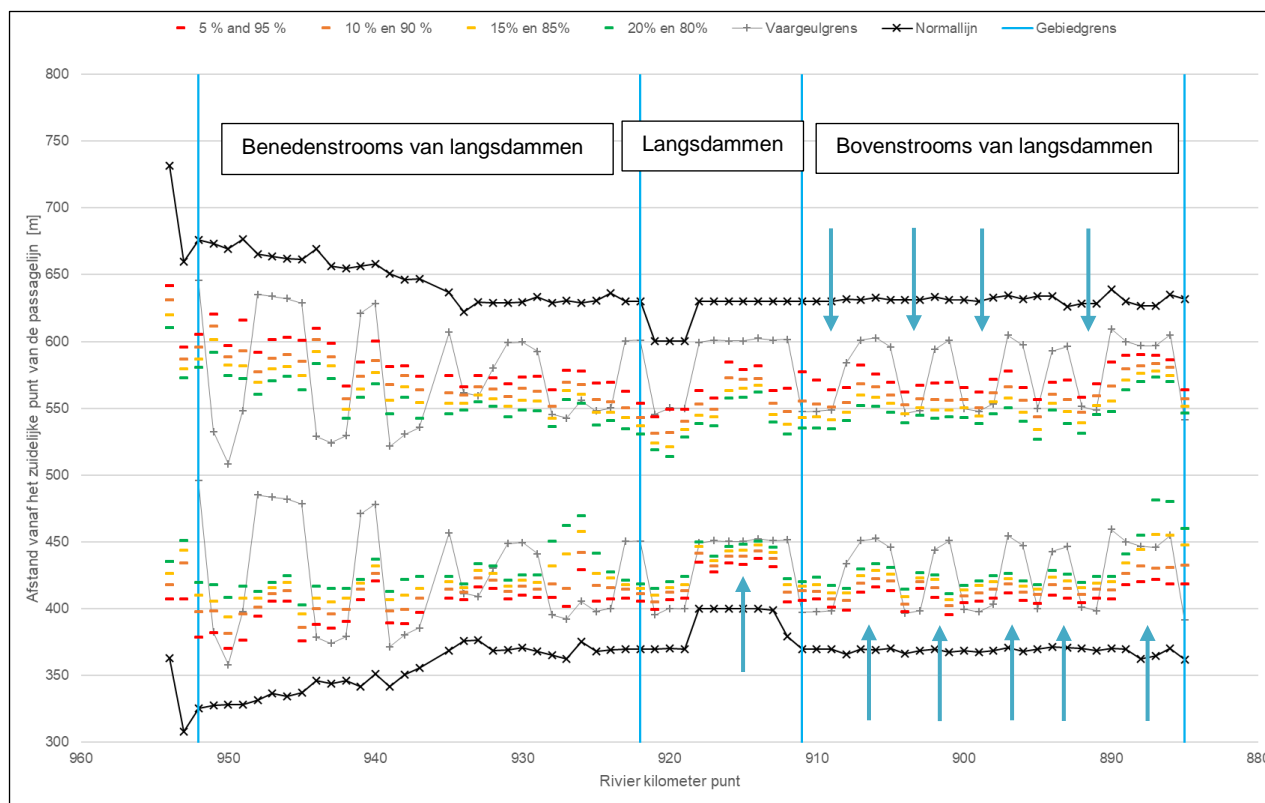
Tabel 3-7 Afstand percentiellijnen tot normaalijn per passagelijne tijdens $2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand percentiellijnen tot linker normaalijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaalijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
Bovenstrooms van langsdammen	885	51.8	68.4	81.5	90.6	99.3	94.1	88.1	80.0
	886	55.9	67.0	94.0	109.2	74.2	68.5	62.0	53.9
	887	70.8	89.5	110.4	124.8	55.5	50.6	45.7	39.2
	888	83.4	104.1	123.3	136.8	52.0	47.8	42.5	35.7
	889	54.0	63.4	74.8	84.6	63.4	57.6	50.9	41.0
	890	43.4	50.0	56.7	62.0	87.1	80.1	71.1	58.4

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand percentiellijnen tot linker normaallijn				Afstand percentiellijnen tot rechter normaallijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
	891	42.2	48.8	54.0	59.5	84.0	77.7	69.1	57.8
	892	42.2	48.7	53.6	58.4	90.1	82.7	74.2	57.7
	893	45.3	52.0	56.9	62.6	83.4	76.5	68.1	54.8
	894	44.5	53.8	60.9	66.8	87.8	80.6	74.3	64.6
	895	37.4	44.5	49.2	53.8	110.9	104.3	95.6	84.2
	896	40.9	48.4	53.4	57.7	91.1	84.9	78.3	67.8
	897	47.4	54.4	60.3	65.4	82.2	75.4	69.9	60.4
	898	40.4	47.2	54.8	59.9	86.3	80.4	72.6	64.1
	899	37.3	43.4	48.9	53.4	93.5	86.8	79.2	66.7
	900	39.2	46.2	50.9	56.0	88.6	82.6	75.2	64.8
	901	43.5	49.6	55.5	60.1	85.7	78.1	70.6	61.2
	902	43.9	50.8	57.0	62.8	92.1	84.5	77.4	68.5
	903	46.3	53.9	59.3	64.0	91.0	85.1	78.4	69.3
	904	35.6	41.3	46.7	51.9	90.3	83.8	77.3	67.8
	905	47.6	54.7	59.8	65.9	83.1	77.5	70.5	61.0
	906	54.7	61.4	68.1	73.1	77.4	71.6	64.6	55.8
	907	47.2	54.4	59.9	66.1	76.7	69.9	63.1	52.7
	908	41.2	48.3	54.7	60.0	89.5	83.4	76.3	67.5
	909	33.6	39.4	44.8	49.6	99.1	91.6	84.7	74.1
	910	35.9	41.7	46.3	50.4	99.5	92.1	81.9	70.0
Langsdammen	911	34.3	40.3	44.5	48.7	95.9	89.5	82.0	71.2
	912	36.0	41.5	47.0	52.3	90.1	84.2	75.8	65.3
	913	37.8	43.7	48.9	53.3	82.1	76.9	70.5	61.7
	914	42.2	47.8	51.8	56.0	68.3	63.3	58.0	51.2
	915	42.6	49.0	54.0	58.8	66.2	60.9	55.3	47.5
	916	35.4	41.6	45.9	49.8	71.3	65.9	58.9	51.2
	917	36.6	44.5	49.9	53.9	84.3	78.0	72.1	64.5
	918	41.7	50.1	55.3	58.9	84.4	79.3	72.4	63.5
	919	42.6	51.7	58.3	63.2	74.2	70.1	65.1	57.7
	920	36.4	40.8	44.7	48.6	85.8	80.4	73.0	60.3
	921	33.1	40.5	44.7	49.5	81.7	76.0	69.8	59.5
	922	43.6	51.0	56.7	62.3	89.3	83.1	76.6	67.3
Benedenstrooms van langsdammen	923	42.4	49.6	54.8	59.9	84.4	78.5	71.5	61.8
	924	41.2	49.1	56.2	62.1	92.4	85.2	77.3	64.5
	925	35.1	45.0	54.8	64.7	94.4	86.5	76.5	65.9
	926	41.0	50.5	62.8	76.4	88.3	82.6	75.8	66.5
	927	37.7	45.9	58.0	73.8	86.1	78.6	71.4	61.8
	928	47.3	53.7	58.5	65.4	104.0	96.8	88.1	76.6
	929	45.1	52.5	60.2	66.1	88.6	82.2	75.4	64.5
	930	46.3	55.4	61.6	66.6	77.0	71.9	65.4	56.6
	931	43.7	50.9	57.8	63.6	80.2	73.7	65.7	57.0
	932	52.6	59.9	66.7	71.9	75.9	70.8	65.0	56.4
	933	39.9	46.5	51.2	55.7	70.2	65.8	60.3	54.2
	934	32.2	36.6	40.6	43.2	69.5	66.0	61.9	56.1
	935	47.3	55.1	61.1	65.7	83.1	76.7	68.4	59.1
	937	40.2	47.4	53.0	58.0	122.2	114.7	103.5	89.9
	938	38.6	43.9	50.2	56.6	128.7	119.2	105.7	85.6
	939	43.9	50.7	55.7	63.3	118.0	106.5	90.1	36.9

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand percentielijnen tot linker normaallijn				Afstand percentielijnen tot rechter normaallijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
940		75.0	81.7	87.0	92.7	87.1	80.5	71.8	60.5
941		75.9	84.5	91.8	101.6	89.2	83.1	75.5	66.6
942		47.2	57.5	63.6	69.5	117.5	110.7	104.3	93.4
943		40.7	49.3	56.3	62.6	130.2	119.8	105.4	84.5
944		42.2	50.3	56.7	62.2	131.9	121.3	97.5	73.0
945		40.3	48.7	54.4	61.2	117.6	107.9	98.0	84.3
946		79.8	88.2	95.7	103.3	84.2	77.5	69.8	58.7
947		75.4	84.2	92.1	98.9	83.4	77.3	70.3	59.0
948		74.5	84.0	90.4	95.4	96.9	88.8	81.1	70.7
949		63.0	75.7	84.3	91.7	111.3	105.1	95.5	83.5
950		40.4	49.6	56.6	64.4	133.8	124.7	112.2	93.7
951		52.8	63.4	71.2	79.0	111.0	100.3	87.7	70.9
952		68.6	80.0	89.8	98.7	95.5	89.1	81.9	72.7

3.3.1.4 Ruimtegebruik tijdens een waterafvoerrange van $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur 3-16 Ruimtegebruik tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

In Figuur 3-16 is te zien dat op sommige plaatsen (aangegeven met blauwe pijlen) ter hoogte van de langsdammen minder dan 80% en bovenstrooms van de langsdammen minder dan 70% van de schepen binnen de vaargeul vaart bij een waterafvoer van $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$.

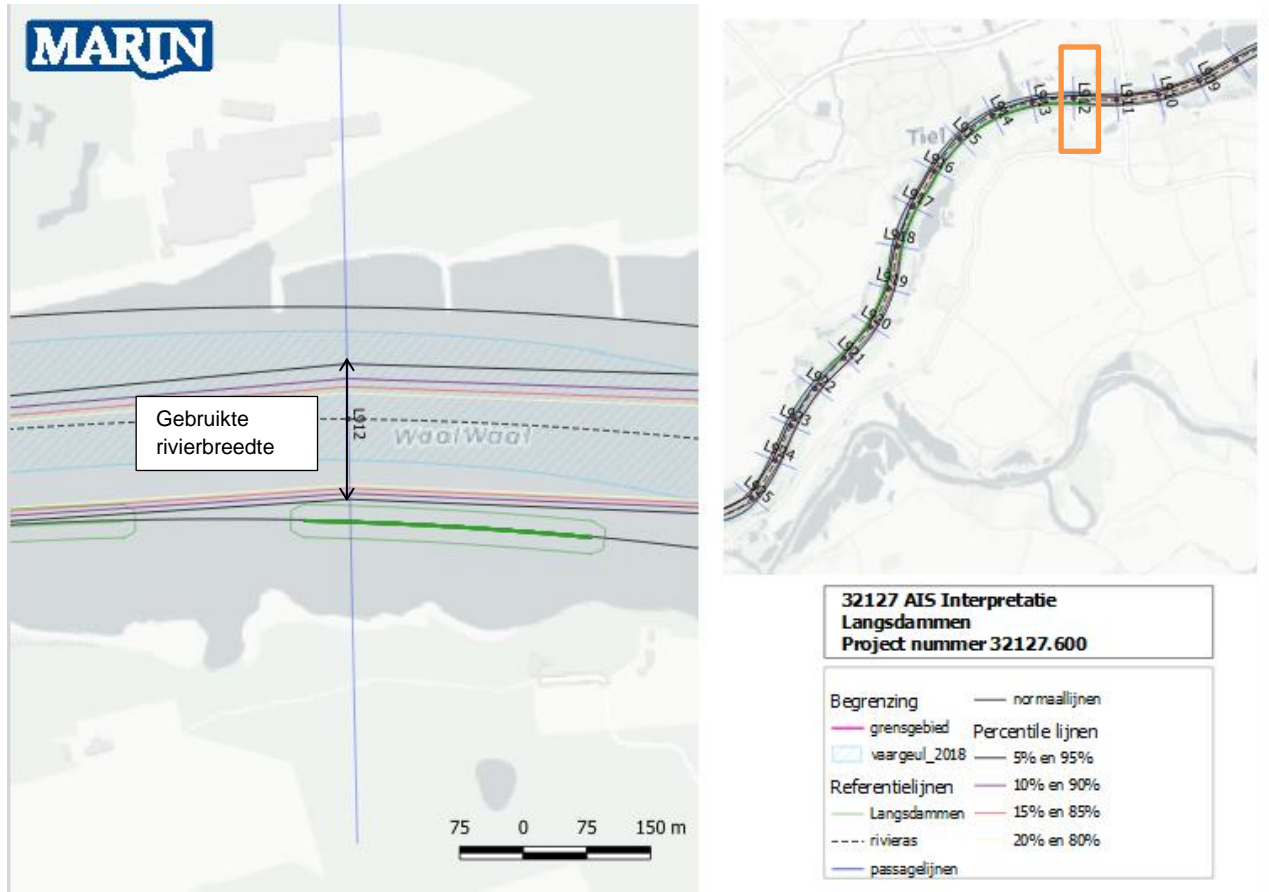
Tabel 3-8 Afstand percentiellijnen tot normaallijn per passagelijijn tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

Deelgebied	Kilometrering	Afstand percentiellijnen tot linkernormaallijn				Afstand percentiellijnen tot rechternormaallijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
Bovenstrooms van langsdammen	885	56.4	70.4	85.9	98.3	84.9	80.1	74.5	67.4
	886	48.4	60.8	84.5	110.0	65.1	60.5	54.2	48.8
	887	57.2	65.5	91.0	116.8	53.4	49.2	43.2	37.4
	888	58.3	69.8	82.1	92.7	56.8	50.7	44.7	36.4
	889	48.3	56.8	64.7	71.2	66.3	59.0	50.4	40.1
	890	37.0	43.7	50.0	54.0	91.7	83.6	72.3	54.4
	891	39.6	46.2	50.5	55.6	82.9	75.9	69.0	59.8
	892	34.2	40.0	45.4	49.2	97.1	89.4	81.7	70.3
	893	37.2	44.7	50.3	55.5	88.0	78.8	69.6	55.0
	894	38.8	46.4	52.1	57.2	85.1	79.9	73.3	64.1
	895	34.0	40.6	44.9	48.3	106.9	99.9	90.3	77.4
	896	38.0	44.1	48.7	52.7	91.8	84.7	76.1	66.1
	897	41.2	47.6	51.5	55.5	84.4	76.9	68.6	56.5
	898	39.3	45.8	51.4	56.0	86.7	77.6	71.0	61.1
	899	38.0	44.3	49.8	53.3	91.3	85.8	79.6	68.0
	900	35.6	40.9	45.0	48.6	87.8	80.6	74.6	65.5
	901	28.3	34.7	39.7	43.6	87.7	82.6	74.9	61.6
	902	38.7	46.3	52.0	55.9	90.9	84.9	77.2	64.7
	903	47.1	51.9	54.9	58.4	86.8	80.8	74.3	64.0
	904	31.3	36.9	42.8	48.4	92.1	85.4	78.5	69.0
905	43.7	50.6	56.0	61.1	84.2	77.4	71.0	61.7	
906	47.0	53.5	59.7	64.4	81.0	74.3	66.4	56.9	
907	42.4	49.1	54.7	59.7	78.7	71.2	62.6	48.4	
908	32.9	40.2	45.7	49.6	90.9	84.7	77.4	66.0	
909	30.9	37.5	41.6	47.8	95.3	88.8	79.3	66.1	
910	37.2	42.7	48.0	53.7	95.1	86.5	76.9	58.8	
Langsdammen	911	36.3	43.6	46.9	50.6	94.9	87.0	74.9	52.7
	912	25.8	32.6	38.7	42.7	99.3	91.9	82.3	64.8
	913	32.6	38.9	43.3	47.5	90.3	84.8	76.1	66.8
	914	37.6	43.2	47.6	50.6	68.1	62.8	57.8	48.4
	915	33.4	39.2	43.6	48.2	71.7	65.0	58.4	50.9
	916	34.4	39.3	43.1	46.8	72.6	66.7	57.2	45.2
	917	27.6	32.0	35.8	39.4	93.3	86.5	80.9	72.3
	918	34.7	41.7	46.5	50.3	91.5	85.3	77.2	66.7
	919	38.0	43.3	48.1	54.4	71.5	65.8	59.7	50.9
	920	37.0	42.3	46.0	50.3	86.5	78.8	68.5	50.7
	921	29.7	35.3	40.5	45.4	81.2	76.2	68.9	56.3
	922	36.0	41.6	45.4	48.7	99.6	93.3	86.9	76.3
Benedenstrooms van langsdammen	923	38.2	44.7	48.2	51.7	95.3	87.2	80.1	67.8
	924	37.9	46.7	53.8	58.1	95.3	89.1	80.9	66.7
	925	38.0	49.4	58.6	73.5	93.1	83.7	74.0	61.7
	926	53.3	66.7	82.5	94.0	75.4	68.6	61.1	51.3
	927	39.3	52.5	78.7	99.7	73.9	67.5	60.9	52.3

Deelgebied	Kilometrering	Afstand percentiellijnen tot linkernormaallijn				Afstand percentiellijnen tot rechternormaallijn			
		5%	10%	15%	20%	80%	85%	90%	95%
	928	43.4	53.1	66.5	85.3	92.6	86.3	77.3	64.7
	929	40.4	46.7	51.5	57.1	85.6	78.3	71.1	59.7
	930	39.3	45.8	50.3	54.2	80.8	73.5	64.7	56.2
	931	38.1	43.5	47.7	52.2	85.1	77.2	70.1	60.3
	932	46.6	52.9	57.7	63.1	77.2	71.8	64.5	55.9
	933	39.7	46.5	52.0	57.2	74.6	69.7	63.7	55.2
	934	31.3	36.5	40.2	42.7	73.2	68.2	62.4	56.2
	935	39.4	46.3	51.9	55.9	90.9	83.4	75.2	62.7
	937	41.7	52.2	59.4	68.9	104.3	93.0	83.4	73.1
	938	38.3	48.7	59.6	71.5	88.1	80.4	72.2	64.6
	939	48.1	56.7	65.1	71.5	104.7	95.0	83.3	69.5
	940	70.0	75.3	80.7	86.3	89.7	81.5	72.6	58.1
	941	65.0	72.8	77.5	80.5	98.7	92.1	82.9	71.9
	942	44.6	53.3	61.8	69.2	112.4	105.5	97.6	88.0
	943	41.8	52.2	61.3	71.3	84.3	74.7	67.7	57.7
	944	41.9	53.6	61.5	70.6	86.1	76.7	67.8	59.7
	945	38.6	49.0	59.0	65.7	97.9	87.1	76.4	60.9
	946	71.1	79.1	85.4	90.2	88.3	81.2	71.8	59.2
	947	68.8	74.7	79.2	83.0	93.1	84.4	76.3	62.5
	948	62.8	69.6	76.8	81.7	104.8	96.1	88.0	73.4
	949	48.3	67.9	79.4	88.7	104.5	94.9	84.0	61.0
	950	42.2	53.5	65.8	80.3	94.7	86.7	80.3	72.3
	951	54.2	70.2	77.8	90.3	80.9	71.6	61.3	52.3
	952	53.3	72.0	84.8	93.9	95.4	89.2	80.0	70.4

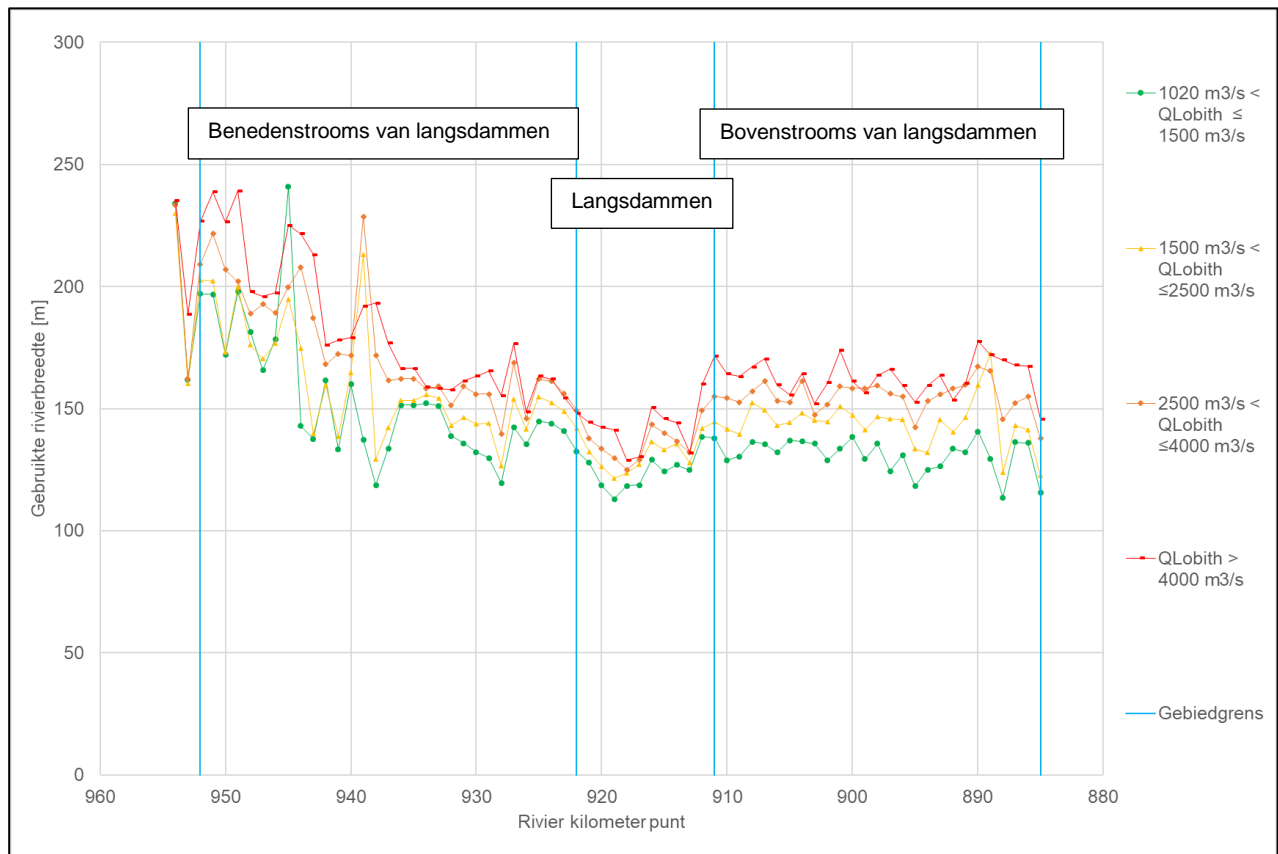
3.3.2 Gebruikte rivierbreedte

De voor varen gebruikte rivierbreedte wordt gedefinieerd als de afstand tussen 5% en 95%-percentielijnen zoals weergegeven in Figuur 3-17. Dit betekent dat 90% van de schepen de gedefinieerde rivierbreedte passeren.



Figuur 3-17 Definitie van gebruikte rivierbreedte

In Figuur 3-18 en Tabel 3-9 worden de gebruikte rivierbreedte voor iedere kilometerraai voor verschillende afvoerranges weergegeven. Tabel 3-10 geeft het gemiddelde van de gebruikte rivierbreedte per deelgebied.



Figuur 3-18 Gebruikte rivierbreedte tijdens verschillende afvoerranges

Tabel 3-9 Gebruikte rivierbreedte per passagelijijn tijdens verschillende afvoerranges

Deelgebied	Kilometrerings	Gebruikte rivierbreedte [m]			
		1020 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 1500 m ³ /s	1500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 2500 m ³ /s	2500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{Lobith} > 4000 m ³ /s
Bovenstrooms van langsdammen	885	115.6	122.7	137.7	145.7
	886	135.9	141.2	154.9	167.4
	887	136.3	143.1	152.3	167.8
	888	113.6	124.0	145.6	169.9
	889	129.5	172.5	165.5	172.0
	890	140.6	159.6	167.2	177.6
	891	132.2	146.3	159.8	160.5
	892	133.6	140.4	158.2	153.6
	893	126.4	145.6	155.8	163.6
	894	125.1	131.8	153.1	159.3
	895	118.2	133.6	142.4	152.7
	896	130.9	145.7	154.9	159.6
	897	124.4	145.8	156.1	166.2
	898	135.6	146.9	159.4	163.6
	899	129.4	141.4	158.4	156.5
	900	138.4	147.3	158.3	161.2
	901	133.5	150.9	159.1	173.9
	902	128.8	144.6	151.7	160.6
903	135.6	145.1	147.6	152.1	
904	136.6	148.3	161.3	164.4	

Deelgebied	Kilometrering	Gebruikte rivierbreedte [m]				
		1020 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 1500 m ³ /s	1500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 2500 m ³ /s	2500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{Lobith} > 4000 m ³ /s	
	905	137.1	144.3	152.5	155.6	
	906	132.1	143.2	153.2	159.7	
	907	135.5	149.5	161.2	170.4	
	908	136.5	152.5	157.2	167.0	
	909	130.5	139.5	152.6	163.2	
	910	128.9	141.6	154.3	164.2	
	Langsdammen	911	137.9	144.5	155.1	171.5
		912	138.6	141.9	149.3	159.9
		913	124.9	127.7	132.0	132.0
		914	126.9	135.5	136.8	144.2
915		124.3	133.3	140.1	145.9	
916		129.0	136.5	143.5	150.6	
917		118.6	127.2	129.1	130.3	
918		118.5	123.5	125.0	128.9	
919		112.9	121.5	129.8	141.3	
920		118.6	126.2	133.5	142.4	
921		127.8	132.3	137.8	144.3	
922		132.5	141.8	149.4	148.1	
Benedenstrooms van langsdammen	923	140.8	148.9	156.2	154.5	
	924	144.0	152.5	161.1	162.2	
	925	144.9	154.8	162.1	163.3	
	926	135.4	141.5	145.9	148.7	
	927	142.5	153.8	168.7	176.5	
	928	119.6	126.6	139.7	155.4	
	929	129.8	144.0	155.9	165.4	
	930	132.2	143.7	155.9	163.3	
	931	135.8	146.4	159.1	161.4	
	932	138.9	143.1	151.3	157.8	
	933	151.1	154.4	159.1	158.2	
	934	152.1	155.6	158.1	159.0	
	935	151.4	153.3	162.3	166.5	
	936	151.4	153.3	162.3	166.5	
	937	133.7	142.1	161.6	176.8	
	938	118.7	129.2	171.8	193.2	
	939	137.2	213.2	228.6	191.9	
	940	160.1	164.7	171.8	179.1	
	941	133.4	138.5	172.5	178.0	
	942	161.6	159.5	168.2	176.1	
	943	137.6	139.8	187.3	213.0	
	944	142.8	174.6	207.9	221.5	
	945	240.8	194.6	199.9	225.0	
	946	178.5	176.6	189.2	197.5	
	947	165.7	170.5	192.8	196.0	
	948	181.5	176.1	188.9	197.9	

Deelgebied	Kilometrerings	Gebruikte rivierbreedte [m]			
		$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
	949	197.9	200.0	202.1	239.2
	950	172.1	173.2	206.9	226.5
	951	196.8	202.2	221.6	238.7
	952	197.0	202.6	209.2	226.7

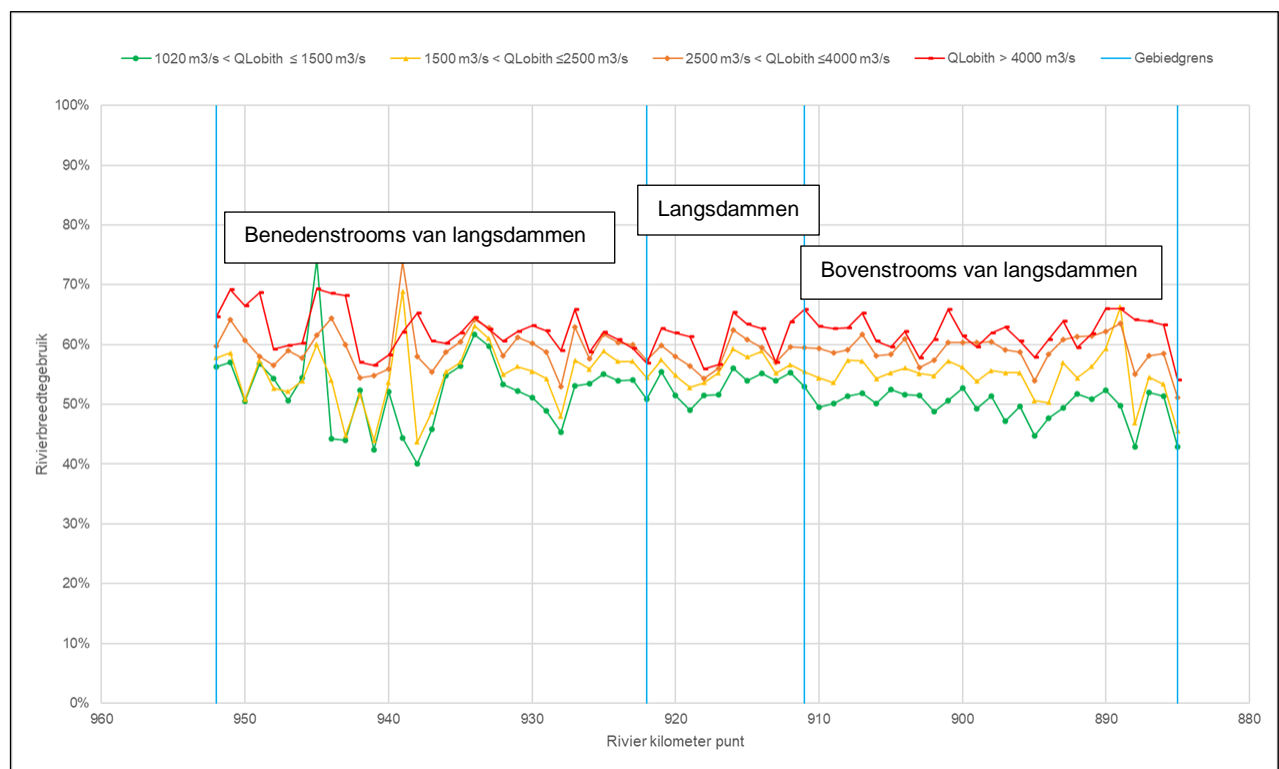
Tabel 3-10 Gemiddelde gebruikte rivierbreedte tijdens verschillende afvoerranges

Deelgebied	Gemiddelde gebruikte rivierbreedte [m]			
	$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
Bovenstrooms [kvr 885 - 911]	130.8	144.1	155.0	162.6
Langsdammen [kvr 911 - 922]	125.9	132.7	138.5	144.9
Benedenstrooms [kvr 922 - 952]	154.2	161.0	175.9	184.5

Uit Tabel 3-9 blijkt dat de gebruikte breedte in het langsdammen-gebied significant kleiner is dan in het boven- en benedenstroomse gebied. Dit komt doordat de beschikbare breedte minder is geworden door de langsdammen. Er is ook te zien dat het effect van de waterafvoer op de gebruikte rivierbreedte ter hoogte van de langsdammen kleiner is dan beneden- en bovenstrooms van de langsdammen.

3.3.3 Genormaliseerd rivierbreedtegebruik

Het genormaliseerde rivierbreedtegebruik is het percentage van de breedte tussen de normaallijn aan de linker- en de rechterkant van de rivier dat wordt gebruikt voor scheepvaartverkeer. Het genormaliseerde rivierbreedtegebruik wordt berekend door de gebruikte rivierbreedte per passagelijns te delen door de breedte tussen de normaallijnen.



Figuur 3-19 Genormaliseerd rivierbreedtegebruik tijdens verschillende afvoerranges

Tabel 3-11 Gemiddeld genormaliseerd rivierbreedtegebruik tijdens verschillende afvoerranges

Deelgebied	Gemiddeld genormaliseerd rivierbreedtegebruik [%]			
	$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
Bovenstrooms [kvr 885 - 911]	50%	56%	59%	62%
Langsdammen [kvr 911 - 922]	53%	55%	58%	60%
Benedenstrooms [kvr 922 - 952]	52%	55%	60%	63%

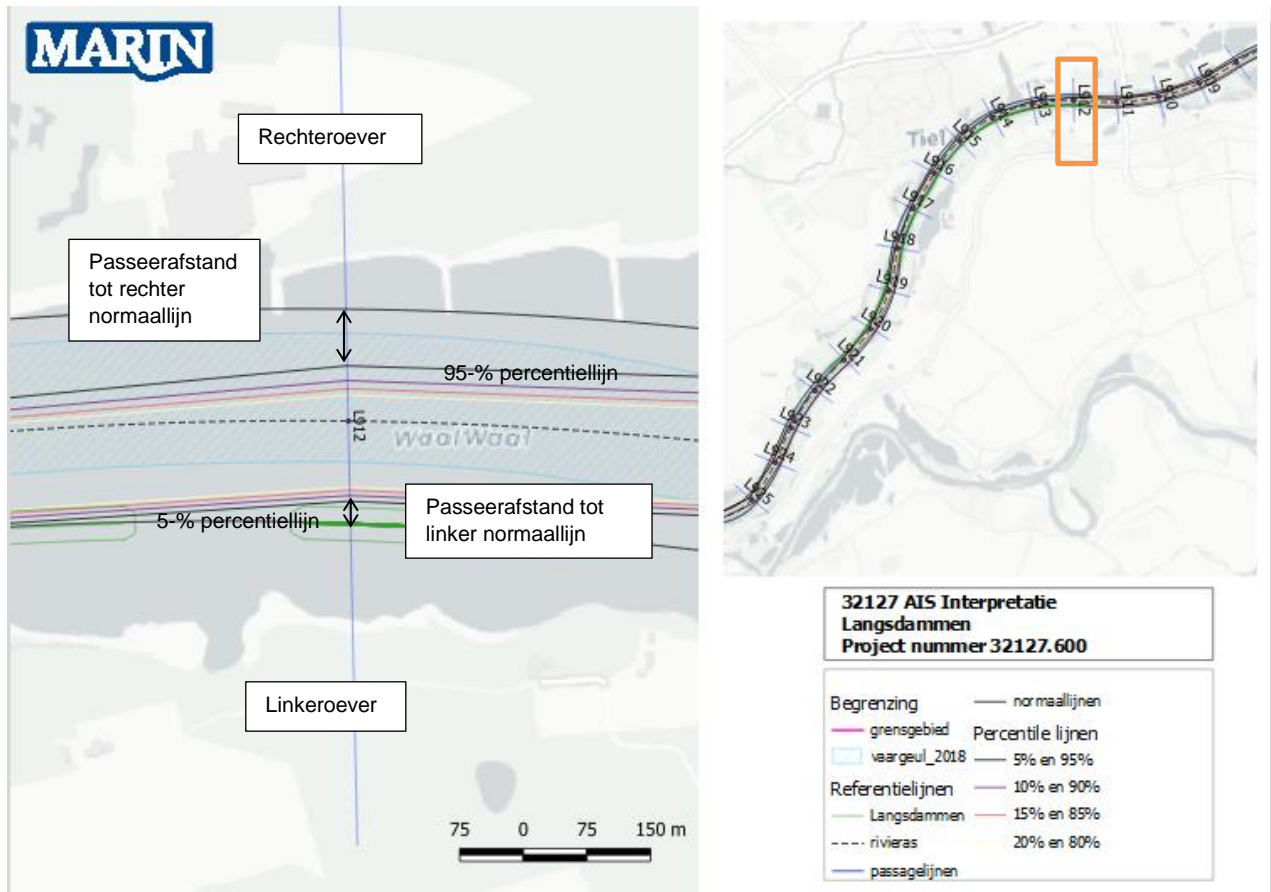
In Figuur 3-19 wordt de genormaliseerde gebruikte rivierbreedte per kilometterraai voor verschillende afvoerranges weergegeven. Tabel 3-11 geeft de gemiddelde gebruikte rivierbreedte per deelgebied. Bovenstaande informatie laat zien dat het percentage van de gebruikte beschikbare rivierbreedte bij het langsdammen-gebied relatief vergelijkbaar is met de beneden- en bovenstroomse gebieden van de langsdammen.

Er is ook te zien dat ter hoogte van de langsdammen de waterafvoer minder invloed heeft op de gebruikte beschikbare rivierbreedte dan in de boven- en benedenstroomse gebieden.

Een scheepsontmoeting is een situatie waarbij twee of meerdere schepen op hetzelfde tijdstip in een specifiek deelgebied dicht bij elkaar varen. Dit kan zowel in een tegemoetkomende situatie als in een oploopsituatie plaatsvinden. De schepen varen dicht naar elkaar toe tijdens de (tegemoetkomende) scheepsontmoetingen ter hoogte van de langsdammen. Bij de langsdammen waaiert het minder ver uit als de waterdiepte toeneemt, omdat de ruimte om uit te waaiëren er ook niet is door de dammen. Dit kan nautisch onveilige situaties leveren. Er moet een scheepsontmoetingen-analyse worden uitgevoerd om deze veronderstelling nader te onderzoeken en te bevestigen.

3.3.4 Passeerafstanden

De passeerafstand wordt gedefinieerd als de afstand van de 5%-percentiellijn naar linker normaallijn en de afstand van de 95%-percentiellijn naar rechter normaallijn zoals weergegeven in Figuur 3-20. De normaallijn ligt op de langsdammen (of kribkop), dus als gesproken wordt over de afstand tot de normaallijn, is dat meteen ook de afstand tot de langsdam (of kribkop).

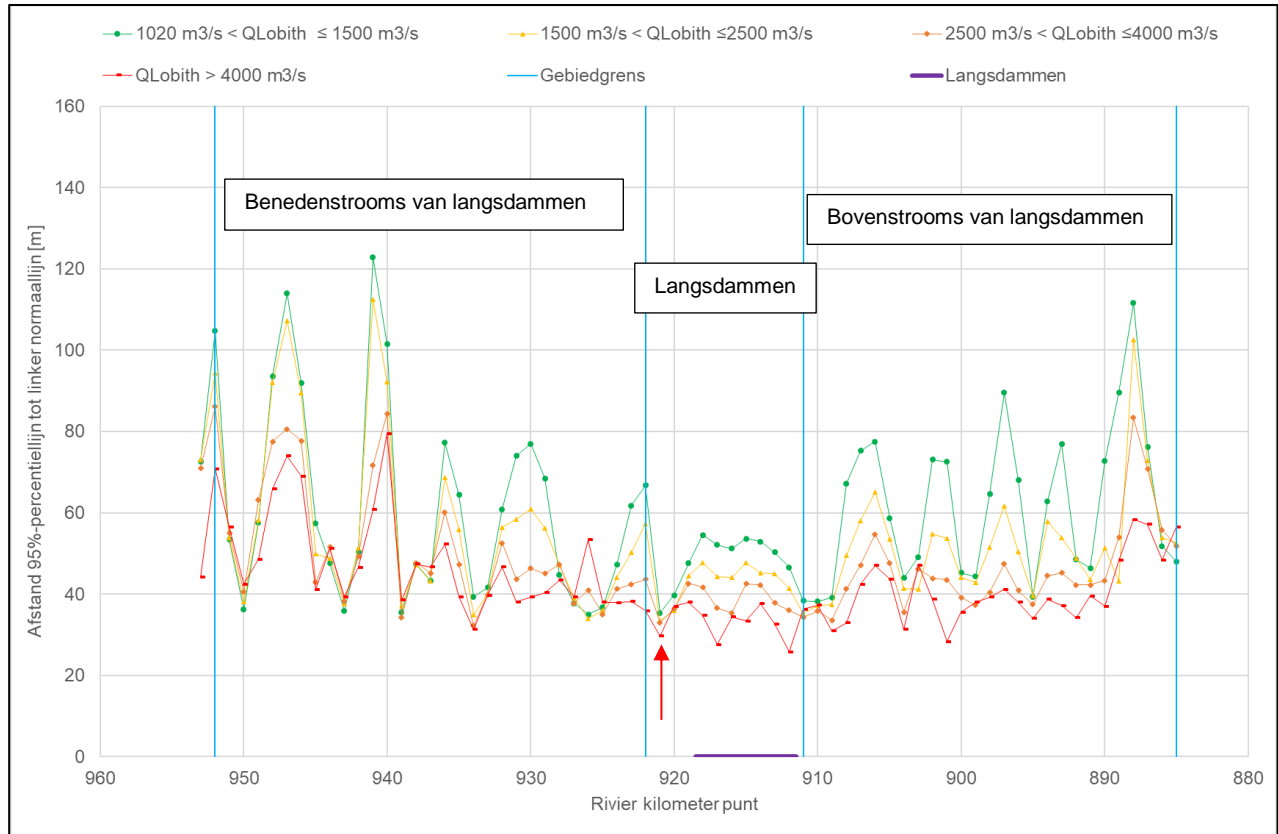


Figuur 3-20 Definitie van scheepspasseerafstanden

In Figuur 3-21 en Tabel 3-12 worden de passeerafstanden tot de linker normaallijn per kilometerraai voor verschillende afvoerranges weergegeven. In Figuur 3-23 en Tabel 3-14 worden de passeerafstanden tot de rechter normaallijn per kilometerraai voor verschillende afvoerranges weergegeven. Tabel 3-13 en Tabel 3-15 geven de gemiddelde passeerafstanden per deelgebied.

3.3.4.1 Passeerafstanden tot linker normaallijn

Twee langsdammen (Wamel en Dreumel) liggen tussen ca kmr 911,5 t/m 918,5 aan de linkerzijde van de rivier (zie ook Figuur 1-2). In Figuur 3-21 is de ligging van deze twee langsdammen weergegeven als een paarse lijn onder in de grafiek. Uit de grafiek blijkt dat fluctuatie van de passeerafstand zich voordoet in het deel (van de langsdammen) waar de dam zich bevindt.



Figuur 3-21 Passeerafstand tot linker normaallijn (dam of kribkop) zowel opvaart als afvaart tijdens verschillende afvoerranges

Bij lagere waterafvoer wordt er een grotere afstand aangehouden tot de linker normaallijn. Wel is het verschil in passeerafstand tot de linker normaallijn tussen lage en hoge waterafvoer kleiner bij de langsdammen ten opzichte van het verschil boven of benedenstrooms. Er kan ook uit Figuur 3-21 gehaald worden dat bij een waterafvoer van $Q_{Lobith} > 2500 \text{ m}^3/\text{s}$ de passeerafstand tot de linker normaallijn vergelijkbaar is tussen het gebied bij de langsdammen en bovenstrooms van de langsdammen.

De passeerafstanden voor verschillende afvoerranges bij kmr 921 zijn bijna gelijk en de afstanden liggen vrij dicht bij de linker normaallijn (rood pijltje in Figuur 3-21). De langsdammen beginnen bij kmr 921,5 op de rechter normaallijn. Dit kan een effect zijn van de langsdammen waar de opvarende schepen afstand proberen te houden als ze voor het eerst langsdammen tegenkomen en dichterbij de linker normaallijn varen waar geen langsdammen liggen.

Bij kmr 911 ligt de Prins Willem Alexander brug bij Beneden Leeuwen. De schepen moeten onder de twee delen van de brug door, dit verklaart waarom bij alle afvoerranges de passeerafstand hetzelfde is.

Tabel 3-12 Passeerafstand per passagelijns tot linker normaallijn tijdens verschillende afvoerranges

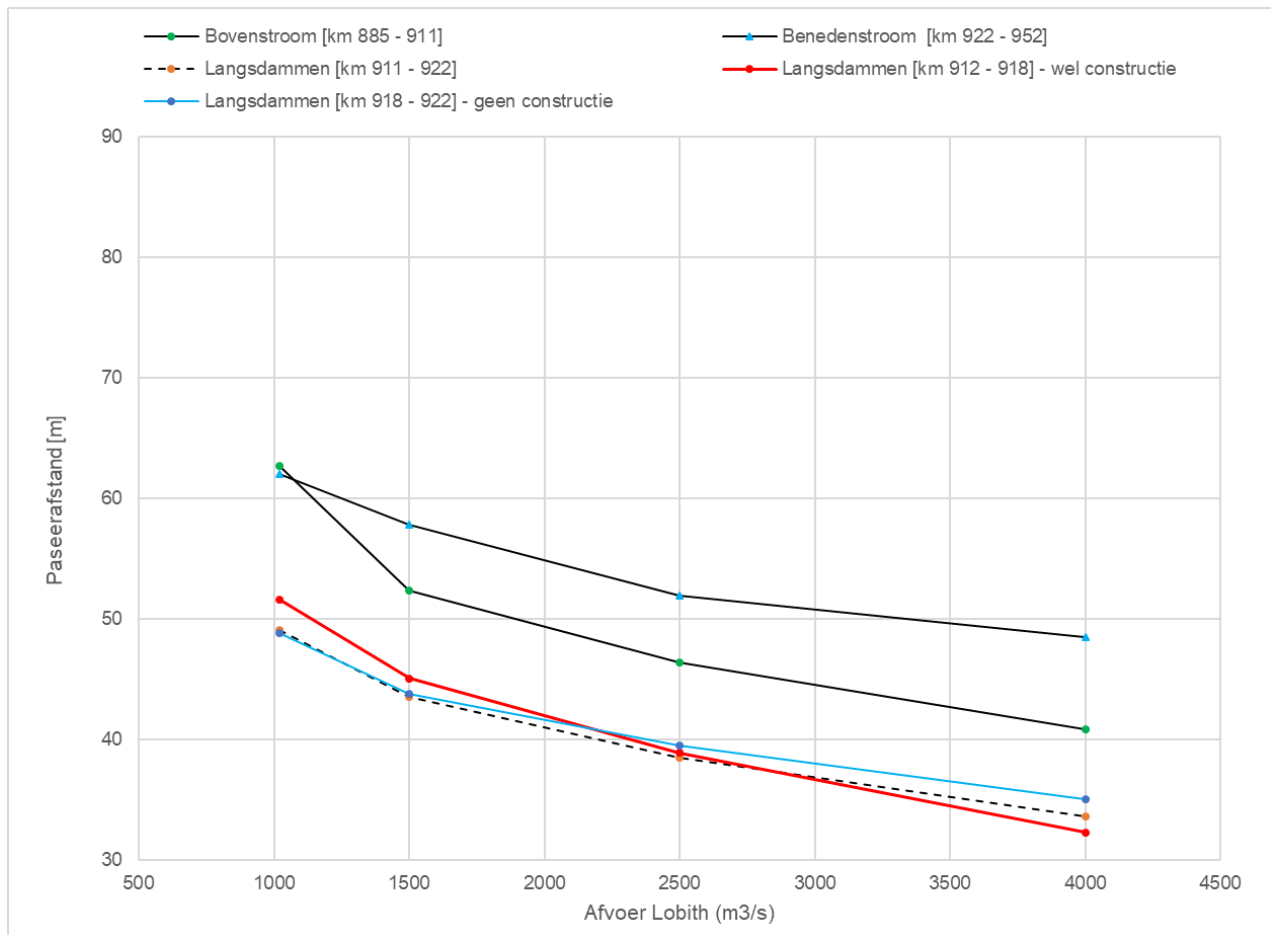
Deelgebied	Kilometrerings	Afstand 5%-percentiellijn tot linker normaallijn [m]			
		1020 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 1500 m ³ /s	1500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 2500 m ³ /s	2500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{Lobith} > 4000 m ³ /s
Bovenstrooms van langsdammen	885	48.0	52.6	51.8	56.4
	886	51.8	53.9	55.9	48.4
	887	76.2	72.8	70.8	57.2
	888	111.6	102.5	83.4	58.3
	889	89.7	43.2	54.0	48.3
	890	72.7	51.4	43.4	37.0
	891	46.4	43.6	42.2	39.6
	892	48.5	48.8	42.2	34.2
	893	77.0	53.9	45.3	37.2
	894	62.9	57.8	44.5	38.8
	895	39.3	39.6	37.4	34.0
	896	68.0	50.4	40.9	38.0
	897	89.5	61.7	47.4	41.2
	898	64.6	51.6	40.4	39.3
	899	44.3	42.8	37.3	38.0
	900	45.3	44.1	39.2	35.6
	901	72.5	53.7	43.5	28.3
	902	73.1	54.8	43.9	38.7
	903	49.1	41.3	46.3	47.1
	904	44.0	41.5	35.6	31.3
905	58.7	53.5	47.6	43.7	
906	77.5	65.0	54.7	47.0	
907	75.3	58.0	47.2	42.4	
908	67.3	49.6	41.2	32.9	
909	39.2	37.4	33.6	30.9	
910	38.2	37.2	35.9	37.2	
Langsdammen	911	38.4	35.3	34.3	36.3
	912	46.6	41.4	36.0	25.8
	913	50.3	45.0	37.8	32.6
	914	52.9	45.2	42.2	37.6
	915	53.7	47.8	42.6	33.4
	916	51.2	44.2	35.4	34.4
	917	52.1	44.3	36.6	27.6
	918	54.6	47.7	41.7	34.7
	919	47.6	44.5	42.6	38.0
	920	39.7	36.0	36.4	37.0
	921	35.4	33.4	33.1	29.7
	922	66.7	57.4	43.6	36.0
Benedenstrooms van langsdammen	923	61.8	50.2	42.4	38.2
	924	47.3	44.2	41.2	37.9
	925	36.7	35.9	35.1	38.0
	926	35.1	34.1	41.0	53.3

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand 5%-percentielijn tot linker normaallijn [m]			
		$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
	927	37.8	39.0	37.7	39.3
	928	44.7	47.2	47.3	43.4
	929	68.5	56.3	45.1	40.4
	930	77.0	60.9	46.3	39.3
	931	74.0	58.4	43.7	38.1
	932	60.9	56.4	52.6	46.6
	933	41.6	40.1	39.9	39.7
	934	39.3	34.8	32.2	31.3
	935	64.4	55.9	47.3	39.4
	936	77.3	68.8	60.2	52.3
	937	43.3	43.1	45.1	46.7
	938	47.4	47.2	47.7	47.4
	939	35.6	37.1	34.3	38.5
	940	101.6	92.3	84.4	79.4
	941	122.8	112.4	71.6	60.8
	942	50.3	51.3	49.2	46.6
	943	35.9	37.6	38.3	39.4
	944	47.6	48.9	51.5	51.2
	945	57.4	49.9	42.9	41.2
	946	92.0	89.5	77.7	69.0
	947	113.9	107.3	80.6	74.0
	948	93.7	92.0	77.5	65.8
	949	57.6	58.2	63.2	48.5
	950	36.3	38.2	40.7	42.4
	951	53.4	53.8	55.1	56.6
	952	104.7	94.4	86.1	70.8

Tabel 3-13 toont de gemiddelde scheepsafstanden tot de linker normaallijn voor de drie gebieden. Voor het langsdammen gebied is een onderverdeling gemaakt om onderscheid te maken tussen het deel waar zich daadwerkelijk een dam-constructie bevindt, en het deel waar dit niet het geval is.

Tabel 3-13 Gemiddelde passeerafstand tot linker normaallijn tijdens verschillende afvoerranges

Deelgebied	Gemiddelde passeerafstand vanaf 5%-percentielijn tot linker normaallijn [m]			
	$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
Bovenstrooms [kvr 885 - 911]	62.7	52.4	46.4	40.8
Langsdammen [kvr 911 - 922]	49.1	43.5	38.5	33.6
Langsdammen [kvr 912 - 918] - wel constructie	51.6	45.1	38.9	32.3
Langsdammen [kvr 918 - 922] - geen constructie	48.8	43.8	39.5	35.1
Benedenstrooms [kvr 922 - 952]	62.0	57.8	51.9	48.5

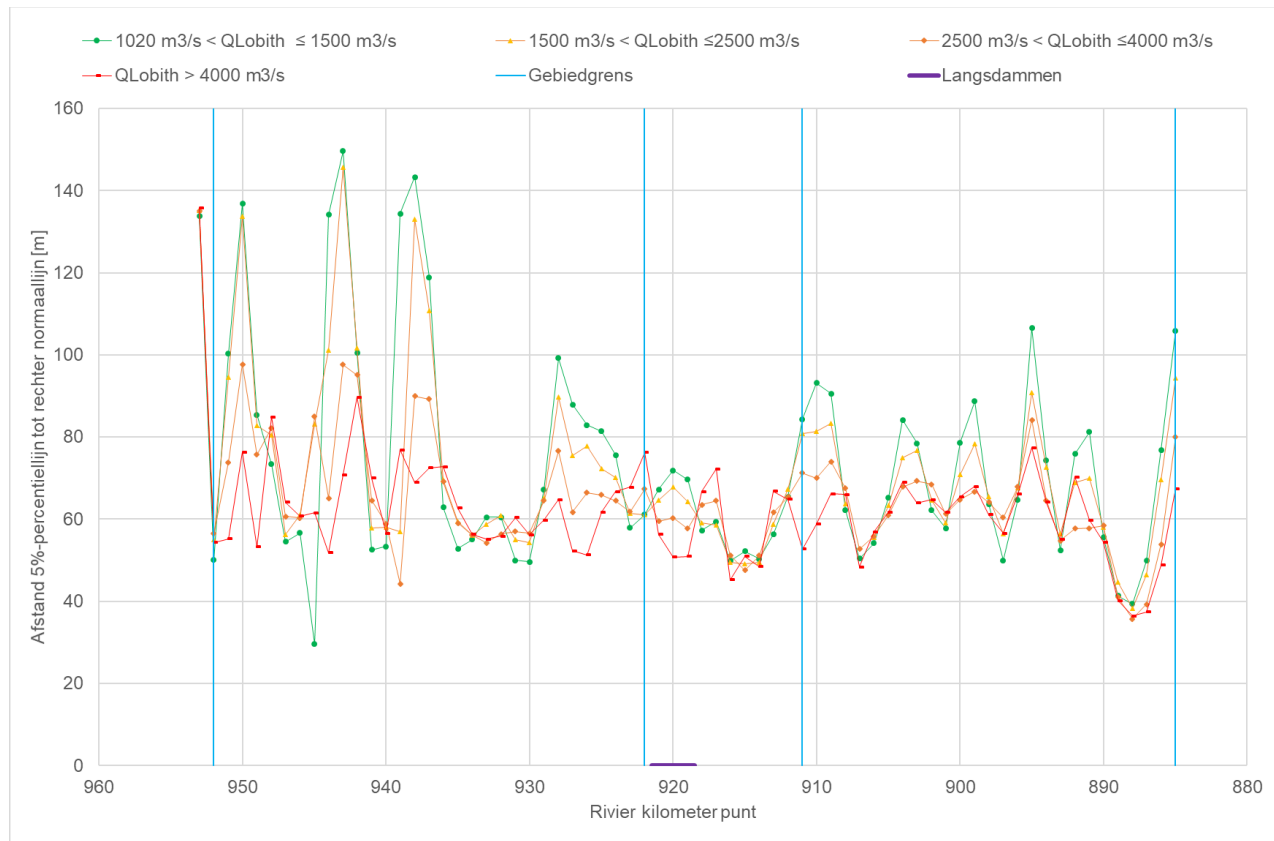


Figuur 3-22 Gemiddelde passeerfstand tot linker normaallijn tijdens verschillende afvoerranges

Tabel 3-13 en Figuur 3-22 laten zien dat bij de kmr 912 t/m 918 (waar de langsdammen aan de linkerkant van de rivier liggen) er bij een lage waterafvoer (tot $Q_{\text{Lobith}} = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$) meer afstand gehouden wordt tot de linker normaallijn in vergelijking met hetzelfde deelgebied zonder langsdammen-constructie (kmr 918 – 922).

3.3.4.2 Passeerafstanden tot rechter normaallijn

Een langsdam (Ophemert) liggen tussen ca. kmr 918,5 t/m 921,5 aan de rechter kant van de rivier (zie ook Figuur 1-2). In Figuur 3-23 is de ligging van deze langsdam weergegeven als een paarse lijn onder in de grafiek. Uit de grafiek blijkt dat fluctuatie van de passeerafstand zich voordoet in het deel van langsdammen waar de dam zich bevindt.



Figuur 3-23 Passeerafstand tot rechter normaallijn (dam of kribkop) zowel opvaart als afvaart tijdens verschillende afvoerranges

Tabel 3-14 Passeerafstand per passagelijns tot rechter normaallijn tijdens verschillende afvoerranges

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand 95%-percentiellijn tot rechter normaallijn [m]			
		1020 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 1500 m ³ /s	1500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 2500 m ³ /s	2500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{Lobith} > 4000 m ³ /s
Bovenstrooms van langsdammen	885	105.9	94.3	80.0	67.4
	886	76.8	69.5	53.9	48.8
	887	49.9	46.5	39.2	37.4
	888	39.4	38.2	35.7	36.4
	889	41.3	44.7	41.0	40.1
	890	55.6	58.0	58.4	54.4
	891	81.2	69.9	57.8	59.8
	892	75.9	68.9	57.7	70.3
	893	52.5	56.4	54.8	55.0
	894	74.3	72.6	64.6	64.1
	895	106.5	90.8	84.2	77.4
	896	64.7	67.6	67.8	66.1
	897	50.0	56.4	60.4	56.5
898	63.7	65.6	64.1	61.1	

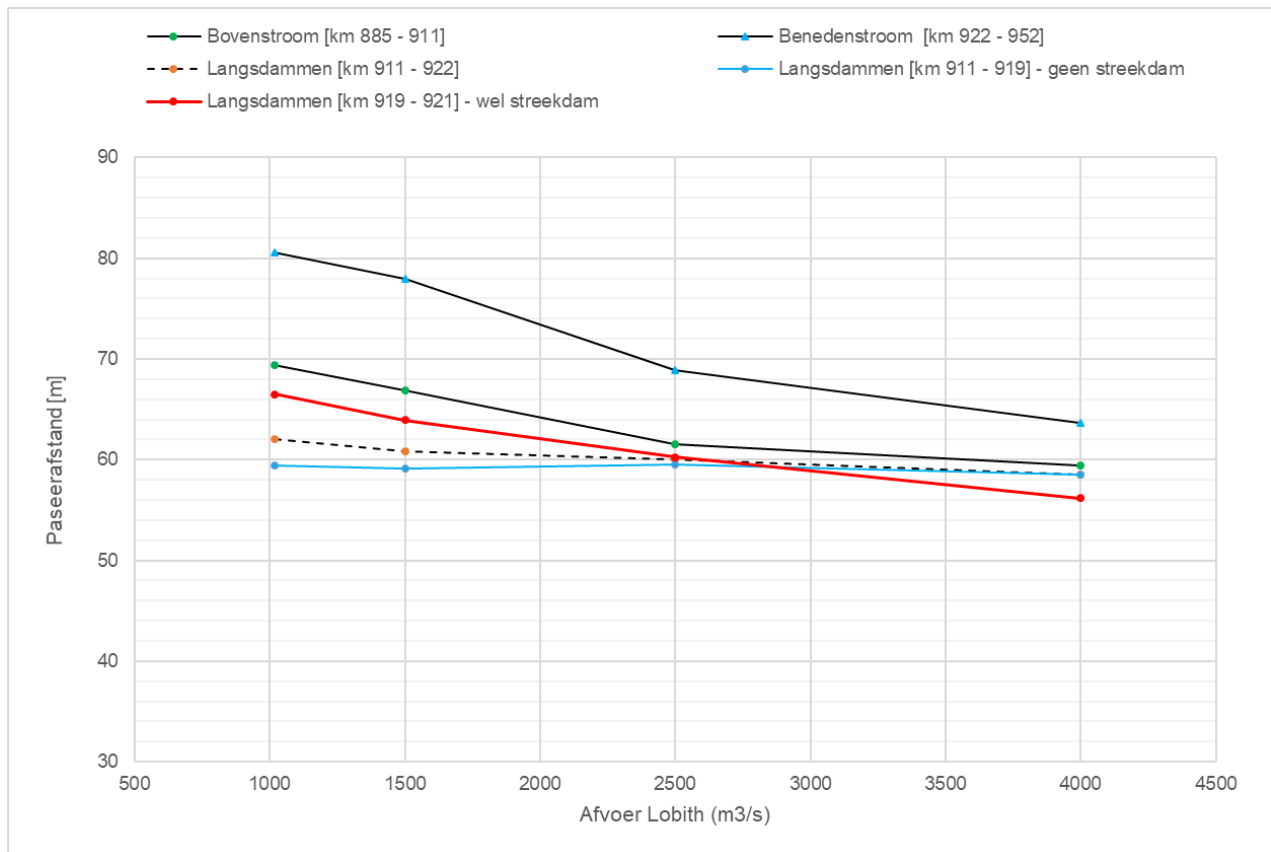
Deelgebied	Kilometrerings	Afstand 95%-percentielijn tot rechter normaallijn [m]			
		1020 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 1500 m ³ /s	1500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 2500 m ³ /s	2500 m ³ /s < Q _{Lobith} ≤ 4000 m ³ /s	Q _{Lobith} > 4000 m ³ /s
	899	88.7	78.3	66.7	68.0
	900	78.6	70.9	64.8	65.5
	901	57.8	59.2	61.2	61.6
	902	62.2	64.6	68.5	64.7
	903	78.4	76.8	69.3	64.0
	904	84.1	74.9	67.8	69.0
	905	65.2	63.3	61.0	61.7
	906	54.1	55.5	55.8	56.9
	907	50.4	-114.8	52.7	48.4
	908	62.2	63.8	67.5	66.0
	909	90.6	83.4	74.1	66.1
910	93.1	81.4	70.0	58.8	
Langsdammen	911	84.3	80.8	71.2	52.7
	912	65.4	67.3	65.3	64.8
	913	56.3	58.7	61.7	66.8
	914	50.4	49.4	51.2	48.4
	915	52.2	49.1	47.5	50.9
	916	49.9	49.5	51.2	45.2
	917	59.4	58.6	64.5	72.3
	918	57.2	59.1	63.5	66.7
	919	69.6	64.2	57.7	50.9
	920	71.9	67.9	60.3	50.7
	921	67.2	64.7	59.5	56.3
	922	61.1	61.1	67.3	76.3
Benedenstrooms van langsdammen	923	57.9	61.4	61.8	67.8
	924	75.6	70.1	64.5	66.7
	925	81.4	72.2	65.9	61.7
	926	82.9	77.8	66.5	51.3
	927	87.9	75.4	61.8	52.3
	928	99.3	89.8	76.6	64.7
	929	67.2	65.1	64.5	59.7
	930	49.6	54.2	56.6	56.2
	931	50.0	55.1	57.0	60.3
	932	60.5	60.8	56.4	55.9
	933	60.4	58.7	54.2	55.2
	934	55.0	56.1	56.1	56.2
	935	52.8	59.5	59.1	62.7
	936	62.8	69.5	69.1	72.8
	937	118.9	110.7	89.3	72.5
	938	143.3	133.0	90.0	68.9
	939	134.4	56.9	44.3	76.9
	940	53.4	58.0	58.8	56.5
	941	52.5	57.9	64.6	70.0
	942	100.5	101.7	95.1	89.7

Deelgebied	Kilometrerings	Afstand 95%-percentiellijn tot rechter normaallijn [m]			
		$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
	943	149.6	145.7	97.6	70.8
	944	134.1	101.1	65.1	51.8
	945	29.6	83.2	85.0	61.5
	946	56.6	61.0	60.3	60.7
	947	54.5	56.3	60.6	64.1
	948	73.4	80.5	82.2	84.9
	949	85.5	82.7	75.7	53.2
	950	136.8	133.8	97.7	76.3
	951	100.3	94.5	73.8	55.2
	952	50.1	54.9	56.6	54.3

Tabel 3-15 toont de gemiddelde scheepsafstanden tot de normaallijn voor de drie gebieden. Voor het langsdammen gebied is een onderverdeling gemaakt om onderscheid te maken tussen het deel waar zich daadwerkelijk een dam-constructie bevindt en het deel waar dit niet het geval is.

Tabel 3-15 Gemiddelde passeerafstand tot rechter normaallijn tijdens verschillende afvoerranges

Deelgebied	Gemiddelde passeerafstand vanaf 95%-percentiellijn tot rechter normaallijn [m]			
	$1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$	$1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$	$2500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 4000 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
Bovenstroom [kvr 885 - 911]	69.4	66.8	61.5	59.4
Langsdammen [kvr 911 - 922]	62.1	60.9	60.1	58.5
Langsdammen [kvr 911 - 919] - geen constructie	59.4	59.1	59.5	58.5
Langsdammen [kvr 919 - 921] - wel constructie	66.5	64.0	60.2	56.2
Benedenstrooms [kvr 922 - 952]	80.6	77.9	68.9	63.7



Figuur 3-24 Gemiddelde passeerafstand tot rechter normaallijn tijdens verschillende afvoerranges

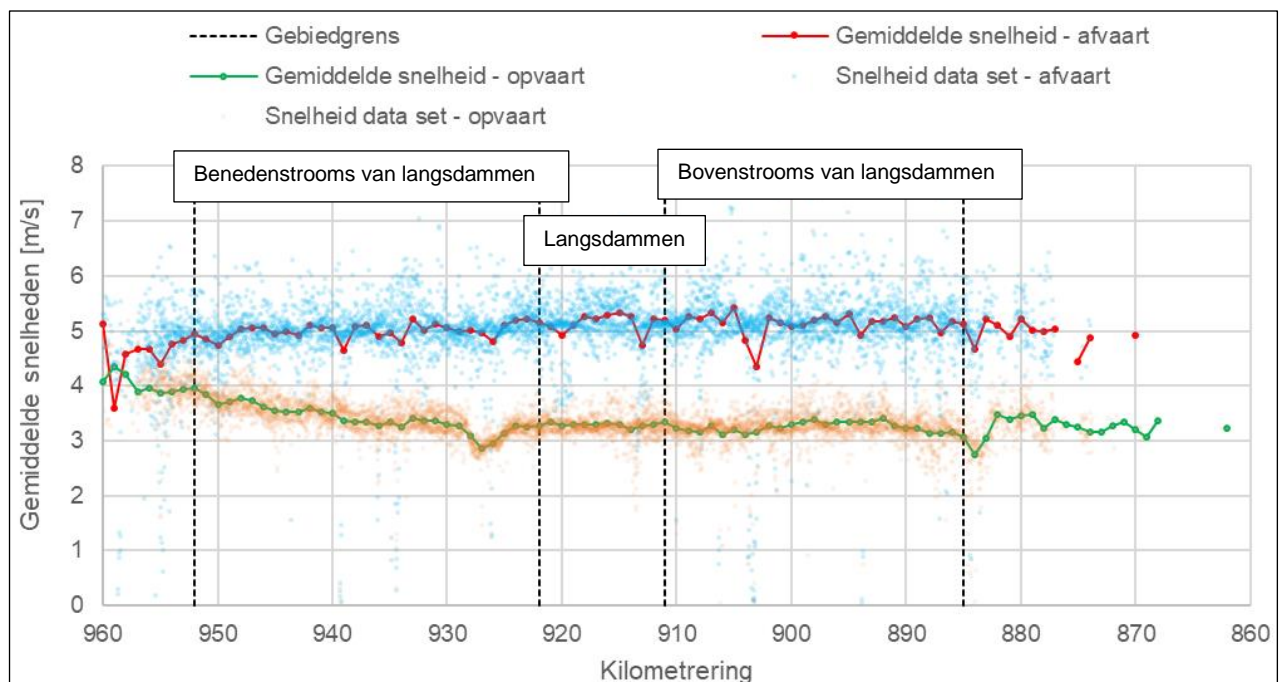
Tabel 3-15 toont de gemiddelde scheepsafstanden tot de normaallijn voor de drie gebieden. Voor het langsdammen gebied is een onderverdeling gemaakt om onderscheid te maken tussen het deel waar zich daadwerkelijk een dam constructie bevindt en het deel waar dit niet het geval is.

In Tabel 3-15 en Figuur 3-27 is te zien dat bij de kmr 919 t/m 921 (waar de langsdammen aan de rechterkant van de rivier liggen) er bij een lage waterafvoer (tot $Q_{Lobith} = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$) meer afstand gehouden wordt tot de rechter normaallijn dan in vergelijking met hetzelfde deelgebied zonder langsdammen-constructie.

3.4 Verkeerstrom veranderingen

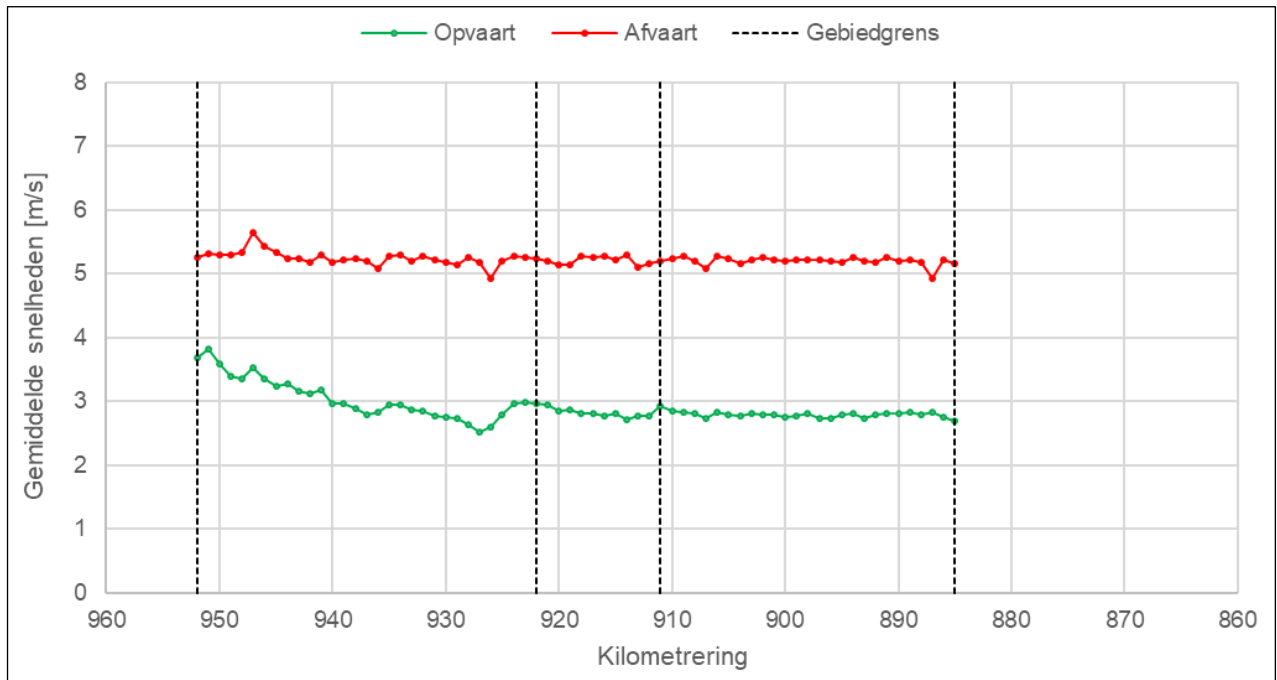
In 2012 is een studie uitgevoerd om het ruimtegebruik van de rivier te bepalen tussen Nijmegen en Vuren ([Ref 2.]). Deze studie werd uitgevoerd over een periode van 10 dagen (31 mei t/m 10 juni 2012). Deze studie heeft plaats gevonden voordat de langsdammen aangelegd zijn en kan dienen als referentie en om verschillen te beschouwen tussen de situatie voor en na aanleg van de langsdammen. Binnen die 2012 studie is het vaargedrag aan de hand van de vaarsnelheid en positie bekeken van bepaalde scheepsklassen (M8-M12; BII-1; BII-2I; BII-2b; BII-4; BII-6I;BII-6b; BIIa-1; BII-L-1; C3b; C3-I en C4) met een diepgang > 3.5 m.

In Figuur 3-25 is de gemiddelde vaarsnelheid over de grond in m/s gegeven voor de schepen met een diepgang van > 3.5 m in de 10 dagen in 2012. In deze periode was er een waterafvoer bij Lobith tussen de 1700 en 2200 m³/s.



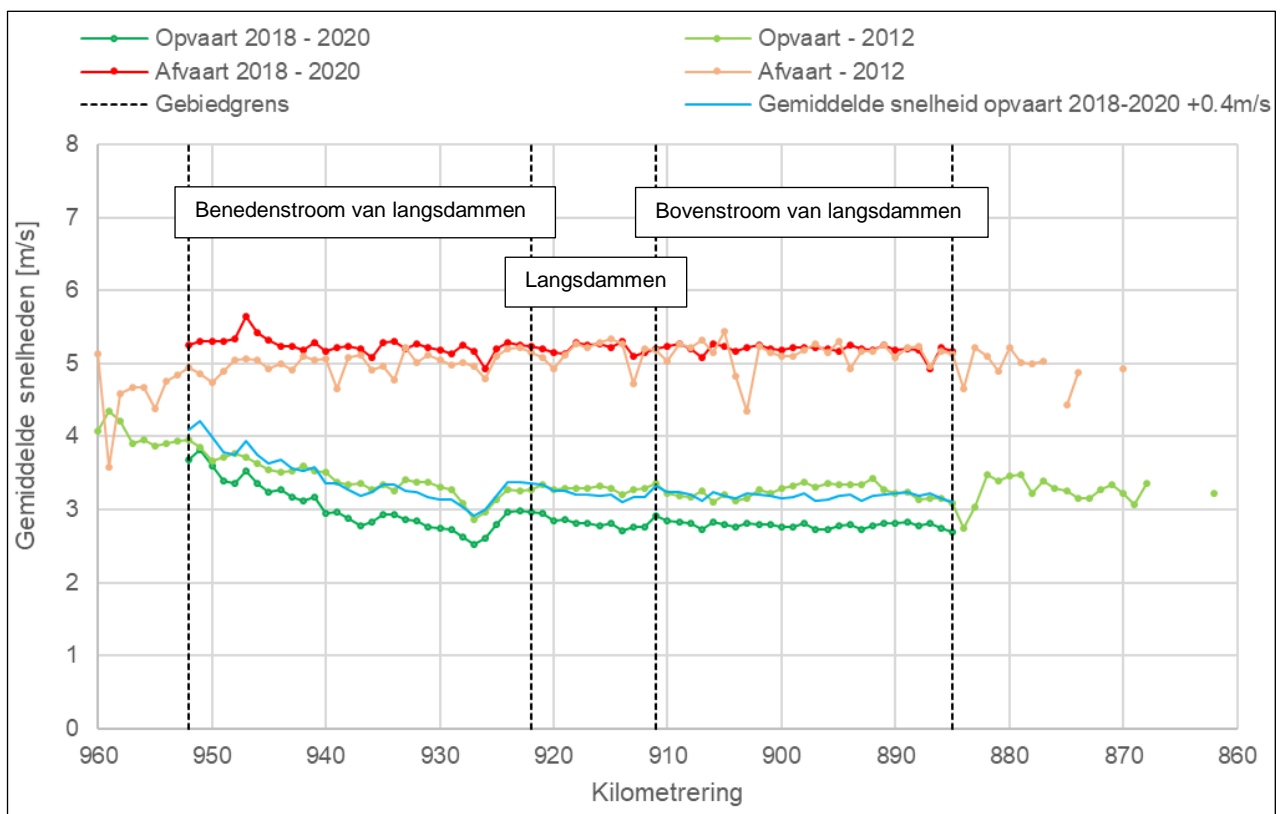
Figuur 3-25 Gemiddelde vaarsnelheid profiel voor schepen met diepgang > 3.5 m tussen 31 mei en 10 juni 2012

In Figuur 3-26 wordt de gemiddelde vaarsnelheid over de grond in m/s gegeven voor bepaalde scheepstypen (vrachtvaartuig, tankvaartuig, vracht-duweenheden en tank-duweenheden) met een diepgang van > 3.5 m, dit over de hele onderzoeksperiode van januari 2018 t/m mei 2020 met een waterafvoer van 1500 en 2500 m³/s bij Lobith.



Figuur 3-26 Gemiddelde vaarsnelheid profiel voor schepen met diepgang > 3.5 m tussen januari 2018 tot mei 2020 tijdens $1500 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 2500 \text{ m}^3/\text{s}$

Figuur 3-27 vergelijkt beide datasets. De waterafvoerrange tussen de 2 perioden is verschillend, waarbij de afvoerrange van de recentere dataset groter is. In paragraaf 3.2 (bv Figuur 3-27) is aangetoond dat er een verschil in het vaarsnelheidsprofiel bij verschillende waterafvoercondities is voor schepen in de afvaart. De vaarsnelheid is groter bij hogere waterafvoer.



Figuur 3-27 Gemiddelde vaarsnelheid profiel voor schepen met diepgang > 3.5 m; vergelijking 2012 met periode tussen januari 2018 en mei 2020

Tabel 3-16 Gemiddelde vaarsnelheid voor schepen met diepgang > 3.5 m per deelgebied tussen twee onderzoeksperiode

Deelgebied	2012		2018 - 2020	
	Opvaart	Afvaart	Opvaart	Afvaart
Bovenstroom [kmr 885 - 910]	3.2	5.1	2.8	5.2
Langsdammen [kmr 911 - 922]	3.3	5.1	2.8	5.2
Benedenstroom [kmr 922 - 952]	3.4	5.0	3.0	5.2

Bij de vergelijking van de twee datasets kan worden opgemerkt dat de gemiddelde vaarsnelheid voor de afgaande scheepvaart bijna hetzelfde is. Voor opgaande scheepvaart is het vaarsnelheidsverschil tussen de 10 dagen in 2012 en de onderzoeksperiode van januari 2018 tot mei 2020 0.4 m/s. Als er naar het vergelijkbare verkeer ter hoogte van de langsdammen en bovenstrooms gekeken wordt hebben de datasets een vergelijkbaar patroon. Er is op basis van de beschikbare data geen effect op de vaarsnelheid over de grond waar te nemen als gevolg van de aangelegde langsdammen.

4 DWARSPROFIELEN

Zie Appendix 2 van dit rapport 32127-1-MO-rev.1.0.

Voor elke passagelijijn zijn de volgende grafieken en tabellen weergegeven in deze appendix:

1. Grafiek en tabel met de verdeling van de scheepslengte per scheepstype en per vaarrichting. In de grafiek staan op de y-as negatieve waarden, dit is gedaan om onderscheid te kunnen maken naar vaarrichting. In werkelijkheid zijn dit uiteraard positieve aantallen.
2. Grafieken met de verdeling van de koers in graden per scheepstype en per vaarrichting.
3. Grafieken met de passage-positie per scheepstype en vaarrichting tot de vaargeulgrens en normaallijn en percentiellijnen van de passerende schepen per scheepstype en per vaarrichting tijdens verschillende afvoerranges.
4. Grafieken met de verdeling van de vaarsnelheid in knopen per scheepstype en per vaarrichting tijdens verschillende afvoerranges.

5 CONCLUSIES EN OBSERVATIES

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de analyse van het scheepvaartverkeer op drie deelgebieden in de Waal in de perioden januari t/m juni 2018, januari t/m december 2019 en januari t/m mei 2020. Het doel van het rapport is het beantwoorden van de onderzoeksvraag of de aangelegde langsdammen in de Waal bij Tiel invloed hebben op het gedrag van schepen die door het gebied varen.

De volgende conclusies vatten de bevindingen van het onderzoek samen:

- Op basis van de reistijd- en vaarsnelheidsanalyse is er geen bewijs dat de schepen snelheid verminderen in het langsdammen gebied.
 - In de opvaart ter hoogte van de langsdammen is de gemiddelde reistijd per kilometer (5.3 minuut) iets korter dan bovenstrooms (5.7 minuut) maar weer iets langer dan benedenstrooms (5.2 minuut).
 - In de afvaart is de gemiddelde reistijd per kilometer over de hele rivier ongeveer gelijk (3.3 – 3.4 minuut).
 - Er kan geen significant verschil afgeleid worden tussen snelheden over de grond op het gebied van de langsdammen en bovenstrooms.
 - De diepgang van de schepen heeft geen invloed op de vaarsnelheid over de grond bij de afvarende schepen, wel bij de opvarende schepen; de diepstekende schepen hebben wel een lagere vaarsnelheid over de grond. Dit verschil is over alle deelgebieden te zien.
- Uit de analyse van het ruimtegebruik blijkt dat:
 - Het langsdammen-traject het kleinste ruimtegebruik heeft in vergelijking met de boven- en benedenstroomse deelgebieden. De minimale passeerafstand tussen het schip en de normaallijn (afstand tot de dam of kribkop) is ook het kleinst.
 - Het gebruik van de rivierbreedte sterk afhankelijk is van de afvoerranges. Hoe hoger de afvoer, hoe breder de rivier wordt gebruikt voor scheepvaart. De gemiddelde toename van het rivierbreedte-gebruik tussen het laagste waterpeil ($1020 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{Lobith}} \leq 1500 \text{ m}^3/\text{s}$) en het hoogste waterpeil ($Q_{\text{Lobith}} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$) is 21%. Tussen de drie deelgebieden, heeft het langsdammen-gebied de laagste toename in rivierbreedtegebruik (15%). Ter hoogte van de langsdammen heeft de waterafvoer minder invloed op de gebruikte beschikbare rivierbreedte dan boven- of benedenstrooms.
 - De minimale passeerafstand tot de normaallijn ook sterk afhankelijk van de waterconditie. Hoe hoger de waterafvoer, hoe kleiner de afstand tot de normaallijn.
 - In het deel van het langsdammen-traject waar de dam zich bevindt komt een fluctuatie van de passeerafstand voor. Bij een lage waterafvoer is de afstand tot de langsdam groter dan in vergelijking met hetzelfde deelgebied zonder langsdammen-constructie.
 - Bij kmr 912 t/m 918 (waar de langsdammen aan de linkerkant van de rivier liggen) wordt er bij een lage waterafvoer (tot $Q_{\text{Lobith}} = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$) meer afstand gehouden tot de linker normaallijn in vergelijking met hetzelfde deelgebied zonder langsdammen-constructie (kmr 918 – 922).
 - Bij kmr 919 t/m 921 (waar de langsdammen aan de rechterkant van de rivier liggen) wordt er bij een lage waterafvoer (tot $Q_{\text{Lobith}} = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$) meer afstand

gehouden tot de rechter normaallijn dan in vergelijking met hetzelfde deelgebied zonder langsdammen-constructie.

- De schepen varen dichter naar elkaar toe tijdens de (tegemoetkomende) scheepsontmoetingen ter hoogte van de langsdammen. Bij langsdammen waaiert het minder ver uit als de waterdiepte toeneemt, omdat de ruimte om uit te waaiëren er ook niet is door de dammen. Dit kan nautisch onveilige situaties leveren. Er moet een scheepsontmoetingen analyse worden uitgevoerd om deze veronderstelling nader te onderzoeken en te bevestigen.

Vergelijking met AIS-data van voor de aanleg van de langsdammen in de Waal:

- Bij de vergelijking van AIS-data voor schepen met een diepgang van meer dan 3.5 m over 10 dagen in 2012 en de jaren 2018 tot 2020 kan worden opgemerkt dat de gemiddelde vaarsnelheid over de grond voor de afgaande scheepvaart vergelijkbaar is. Voor opgaande scheepsvaart is het snelheidsverschil over de grond over alle gebieden 0.4 m/s. Dit verschil is voornamelijk te wijten aan het feit dat de afvoercondities niet helemaal gelijk waren.
- Als er naar het vergelijkbare verkeer (schepen met dezelfde diepgangsklasse en hetzelfde scheepstype) ter hoogte van de langsdammen en bovenstrooms gekeken wordt, hebben de datasets een vergelijkbaar patroon in langsrichting van de rivier. Er is op basis van de beschikbare data geen effect op de vaarsnelheid over de grond waar te nemen als gevolg van de aangelegde langsdammen.

REFERENTIES

- [Ref 1.] Europese Commissie, *Uitvoeringsverordening (EU) 2019/838 van de commissie inzake de technische specificaties voor tracking- en tracingsystemen voor schepen en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 415/2007*, 20 februari 2019
- [Ref 2.] Rijkswaterstaat, *Overzicht karakteristieken vaargeulgebruik 31 Mei – 10 Juni 2012 tussen Nijmegen en Vuren, door scheepvaart met meer dan 3.5 m diepgang*, 21-05-2013

DEFINITIES

Normaallijn

De lijn door de positie van de navigatiehulpmiddelen (bakens) langs de rivier.

Gebruikte rivierbreedte

Gebruikte rivierbreedte wordt gedefinieerd als de lengte van de doorsnede tussen 5% en 95%-percentiellijnen. Dit betekent dat 90% van de schepen de gedefinieerde rivierbreedte passeren.

Stroomopwaarts

Tegen de stroom in, in de richting van de mond naar de oorsprong, tegen de richting van de stroom

Stroomafwaarts

Met de stroom mee, in de richting van de oorsprong naar de mond, in de richting van de stroom

Linkeroever

De oever aan de linkerkant als men stroomafwaarts kijkt

Recheroever

De oever aan de rechterkant als men stroomafwaarts kijkt

AFKORTINGEN

AIS	Automatic Identification System
COG	Course over ground
ERI	Electronic Reporting International
IMO	International Maritime Organisation
LTW	Longitudinal Training Wall
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
RWS	Rijkswaterstaat
ROT	Rate of turn
SOG	Speed over ground

APPENDICES

APPENDIX 1 SCHEEPSTYPEN

BINNENVAART	
VRACHT- EN TANKVAART	NIET UITSLUITEND VRACHTVERVOEREND
<p>8010. (01) motorvrachtschip 8030. (03) containerschip</p>	<p>8400. (40) sleeptank losvarend</p>
<p>8020. (02) motortankschip 8040. (04) gas-tankschip 8021. (02) tankschip type N 8022. (02) tankschip type C 8023. (02) tankschip droog</p>	<p>8410. (41) sleeptank behorend bij één of meer sleep-schepen. De sleeptank kan ook langszij zijn vastgemaakt. 8420. (42) sleeptank assistierend bij schip, gekoppelde schepen (c.q. hakken) of ander drijvend object.</p>
<p>8050. (05) stepend motorvrachtschip 8110. (11) sleep-vrachtschip</p>	<p>8430. (43) duwboot losvarend</p>
<p>8060. (06) stepend motortankschip 8120. (12) sleep-tankschip</p>	<p>8440. (44) passagiersschip, rode kraaischip e.d. 8441. (44) veerboot 8443. (44) cruiseschip 8444. (44) rondvaartboot</p>
<p>8070. (07) motorvrachtschip, met één of meer vrachtautogen langszij 8080. (08) combinatie als 8070., waarbij te minste één van de schepen een tankschip is.</p>	<p>8450. (45) dienstvaartuig: Politie, Rijkswaterstaat (peil-, meet-, directie- vaartuig, e.d.), Havendienst. Ook particulier directievaartuig.</p>
<p>8090. (09) motorvrachtschip, met één of meer vrachtautogen dwars 8100. (10) combinatie als 8090., waarbij te minste één van de schepen een tankschip is.</p>	<p>8460. (46) werkvaartuig: bok, zuiger, baggermolen, kabellegger, bergingsvaartuig, betonningsvaartuig</p>
<p>8110. (11) sleep-vrachtschip 8120. (12) sleep-tankschip</p>	<p>8470. (47) gesleept object, anders dan codes (1) t/m (18). (bijv. pijpleiding, brandaal, e.d.)</p>
<p>8130. (13) gekoppelde sleepvrachtschepen 8140. (14) combinatie als 8130., waarbij te minste één van de schepen een tankschip is.</p>	<p>8480. (48) vissersvaartuig</p>
<p>8150. (15) vrachtduwbak 8160. (16) tankduwbak</p>	<p>8490. (49) overige binnenvaartuigen en drijvende objecten, nog niet genoemd, incl. bankerboten en parlevinkers.</p>
<p>8170. (17) vrachtduwbak geladen met containers 8180. (18) gas-tankduwbak</p>	
DUWENHEDEN	RECREATIEVAART
<p>Uitsluitend vrachtduwbakken</p> <p>8210. (21) duwboot met één vrachtduwbak 8220. (22) duwboot met twee vrachtduwbakken 8230. (23) duwboot met drie vrachtduwbakken 8240. (24) duwboot met vier vrachtduwbakken 8250. (25) duwboot met vijf vrachtduwbakken 8260. (26) duwboot met zes vrachtduwbakken 8270. (27) duwboot met zeven vrachtduwbakken 8280. (28) duwboot met acht vrachtduwbakken 8290. (29) duwboot met meer dan acht vrachtduwbakken</p> <p>Per scheepstype worden de tonnages van de bakken bij elkaar opgeteld.</p>	<p>1800. (80) motorjacht, ook snelvarend</p>
<p>Met minimaal 1 (gas-)tankduwbak</p> <p>8310. (31) duwboot met één tankduwbak c.q. gas-tankduwbak 8320. (32) duwboot met twee duwbakken w.v. ten minste één (gas-)tankduwbak 8330. (33) duwboot met drie " 8340. (34) duwboot met vier " 8350. (35) duwboot met vijf " 8360. (36) duwboot met zes " 8370. (37) duwboot met zeven " 8380. (38) duwboot met acht " 8390. (39) duwboot met meer dan acht duwbakken w.v. ten minste één (gas-)tankduwbak</p> <p>Per scheepstype worden de tonnages van de bakken bij elkaar opgeteld.</p>	<p>1810. (81) speedboot</p>
	<p>1820. (82) zeiljacht varend op (hulp) motor 1830. (83) zeilend jacht</p>
	<p>1840. (84) vaartuig voor sportvissers</p>
	<p>1850. (85) zeil- c.q. motorschepen met een lengte van meer dan 20 m, in gebruik als recreatief vaartuig o.a. bruine vloot, charterschepen, omgebouwde beroepsvaartuigen, e.d.</p>
	<p>1890. (89) overige recreatief vaartuigen: roeiboort, kano, rubberboot, zeiltank, e.d.</p>

ZEEVAART
VRACHT- EN TANKVAART
<p>1500. (50) vrachtschip voor stukgoed</p>
<p>1510. (51) containerschip, ro-ro vrachtschip, tash-schip</p>
<p>1520. (52) bulkcarrier</p>
<p>1530. (53) tanker voor olie en andere vloeibare lading</p>
<p>1540. (54) tanker voor samengeperste gasen</p>
NIET UITSLUITEND VRACHTVERVOEREND
<p>1601. (60) zeesleeptank, bevoorradingsschip: losvarend 1602. (61) zeesleeptank, bevoorradingsschip: stepend</p>
<p>1750. (62) vissersvaartuig (geen binnenvisser, geen mosselvisser)</p>
<p>1592. (63) veerboot, ro-ro schip (niet uitsluitend vracht vervoerend)</p>
<p>1590. (64) passagiersschip</p>
<p>1712. (65) zeegeand dienstvaartuig, patrouilleboot, loodsdiens, peil- en meetvaartuig, andere tenders, e.d.</p>
<p>1720. (66) zeegeand werkvaartuig: bok, zuiger, kabellegger, bergingsvaartuig, betonningsvaartuig, etc.</p>
<p>1780. (67) gesleept zeegeand object: boor-kraaneiland, doodschip, e.d.</p>
<p>1770. (68) marinevaartuig (ook Koninklijke landmacht)</p>
<p>1700. (69) overige zeegeande vaartuigen en drijvende objecten: weerschip, opleidingsvaartuig, e.d.</p>
<p>Scheepstype kaart conform UN/CeFact Rec. 28. Uitgave: RWS Dir. Zeeland, november 2004</p>

Scheepstype	Code-ERI	Beschrijving
vrachtvaartuig	1500	Vrachtschip (zee)
	1510	Containerschip (zee)
	1520	Bulkcarrier (zee)
	8010	Motorvrachtschip
	8030	Containerschip
	8050	Motorvrachtschip, sleepboot
	8060	Motortankschip, sleepboot
	8070	Motorvrachtschip met een of meer schepen langszij
	8080	Motorvrachtschip met tanker
	8090	Motorvrachtschip dat een of meer vrachtschepen voortduwt
	8100	Motorvrachtschip dat ten minste een tankschip voortduwt
	8110	Sleepboot, vrachtschip
	8130	Gekoppeld sleep-vrachtschip
	8150	Vrachtduwbak
8170	Vrachtduwbak met containers	
tankvaartuig	1530	Tanker
	1540	Gastanker
	8020	Motortankschip
	8021	Motortankschip, vloeibare lading, type N
	8022	Motortankschip, vloeibare lading, type C
	8023	Motortankschip, droge lading alsof het om een vloeibare lading ging (bv. cement)
	8040	Gastanker
	8120	Sleepboot, tankschip
	8140	Gekoppeld sleep-vracht/tankschip
	8160	Tankduwbak
	8161	Tankduwbak, vloeibare lading, type N
	8162	Tankduwbak, vloeibare lading, type C
	8163	Tankduwbak, droge lading alsof het om een vloeibare lading ging (bv. cement)
	8180	Gastankduwbak
8500	Duwbak, tanker, chemisch	
vracht-duweenheden	8210	Duwboot met een vrachtduwbak
	8220	Duwboot met twee vrachtduwbakken
	8230	Duwboot met drie vrachtduwbakken
	8240	Duwboot met vier vrachtduwbakken
	8250	Duwboot met vijf vrachtduwbakken
	8260	Duwboot met zes vrachtduwbakken
	8270	Duwboot met zeven vrachtduwbakken
	8280	Duwboot met acht vrachtduwbakken
	8290	Duwboot met negen of meer vrachtduwbakken
tank-duweenheden	8310	Duwboot met een tank- of gastankduwbak
	8320	Duwboot met twee vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
	8330	Duwboot met drie vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
	8340	Duwboot met vier vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
	8350	Duwboot met vijf vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
	8360	Duwboot met zes vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak

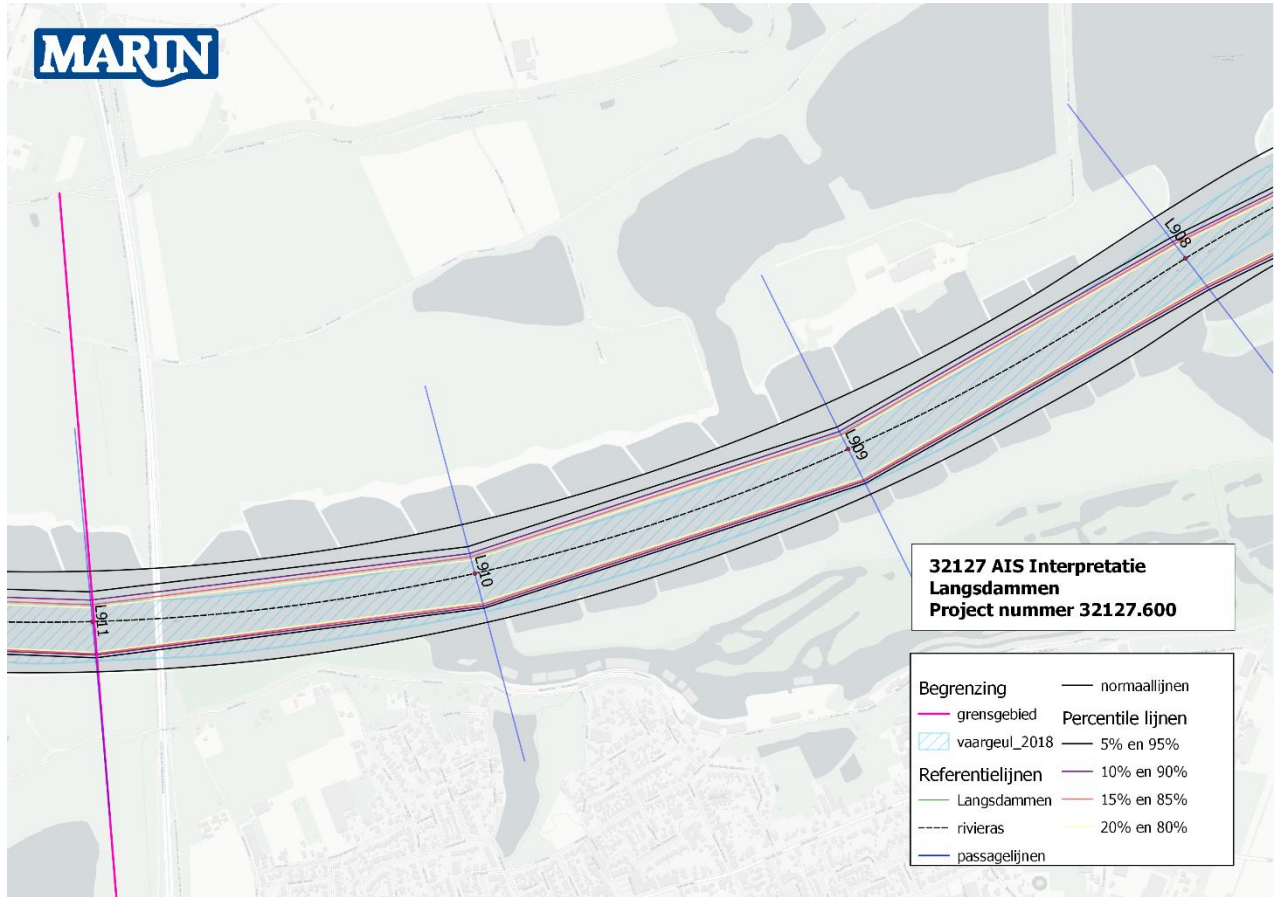
	8370	Duwboot met zeven vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
	8380	Duwboot met acht vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
	8390	Duwboot met negen of meer vrachtduwbakken, waarvan minstens een tank- of gastankduwbak
niet- vrachtvervoerend- duweenheden	8400	Sleepboot, losvarend
	8410	Sleepboot met een of meer slepen
	8420	Assisterende sleepboot
	8430	Duwboot, losvarend
werkvaartuig	8450	Dienstvaartuig, politiepatrouilleboot, havendiensten
	8451	Dienstvaartuig
	8452	Politiepatrouilleboot
	8453	Havendienstvaartuig
	8454	Patrouillevaartuig
	8460	Werkvaartuig, drijvende kraan, kabelschip, betonningsvaartuig, baggermachine
overige	1850	Recreatievaartuig, meer dan 20 meter
	1900	Snel schip
	1910	Draagvleugelboot
	1920	Snel vaartuig met twee evenwijdige kielen
	8440	Passagiersschip, veerboot, Rode Kruisschip, cruiseschip
	8441	Veerboot
	8442	Rode Kruisschip
	8443	Cruiseschip
	8444	Passagiersschip zonder accommodatie
	8445	Hogesnelheidsschip voor dagtochten
	8446	Draagvleugelboot voor dagtochten
	8447	Cruisezeilschip
	8448	Passagierszeilschip zonder accommodatie
	8470	Niet nader gespecificeerd gesleept object
	8480	Vissersvaartuig
8490	Bunkerschip	
8510	Niet nader gespecificeerd object	
onbekend	8000	Vaartuig, type onbekend

APPENDIX 2 DWARSPROFIELEN

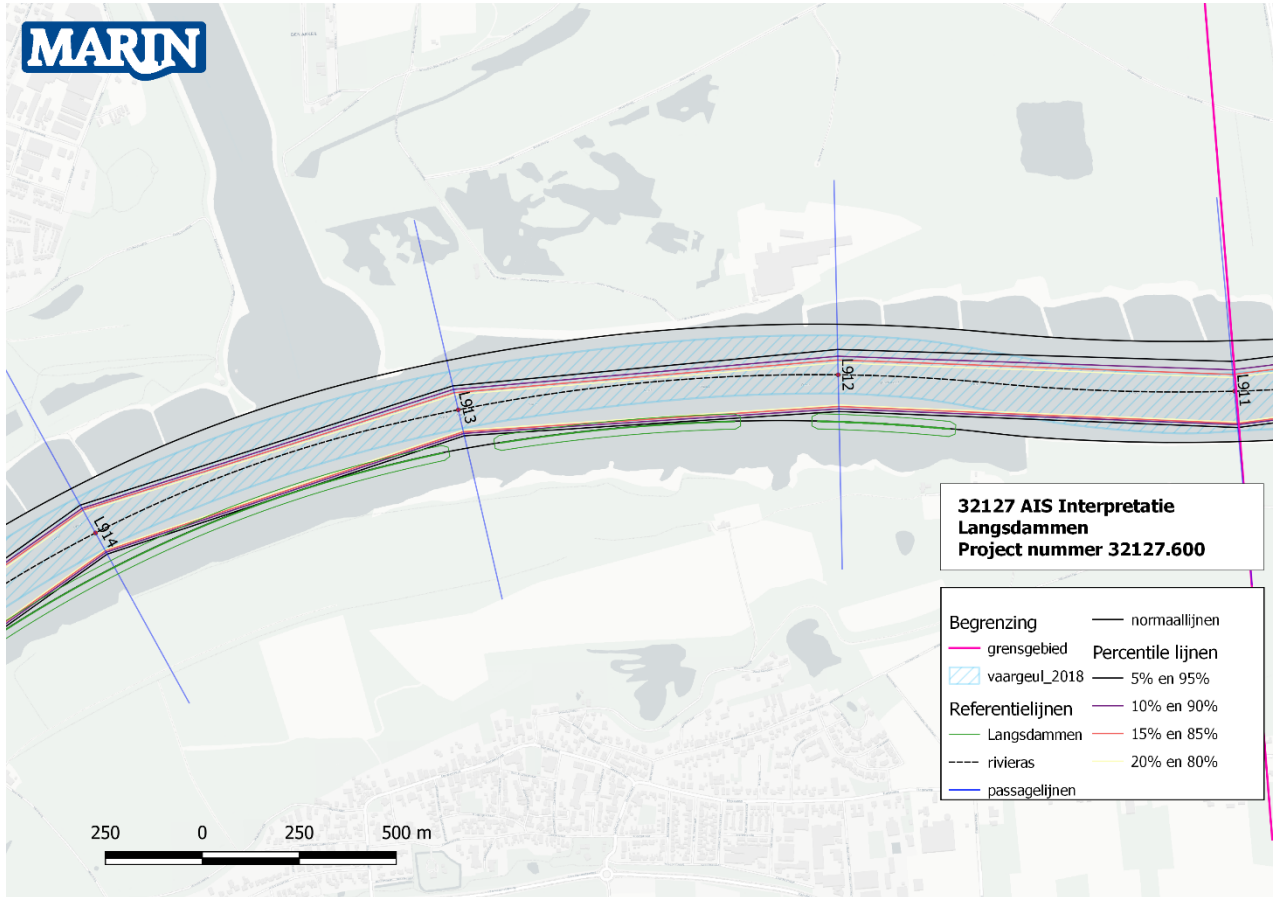
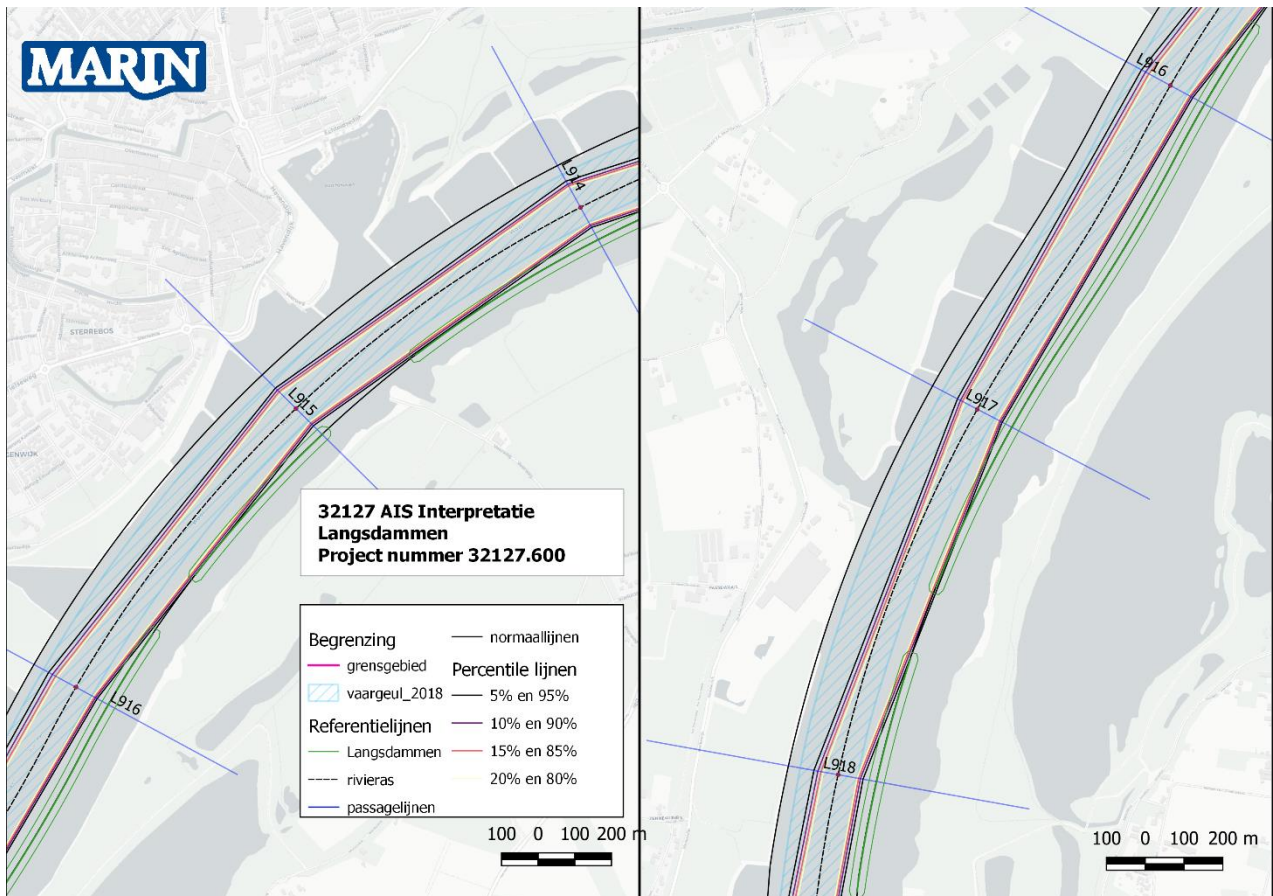
APPENDIX 3 KAARTEN

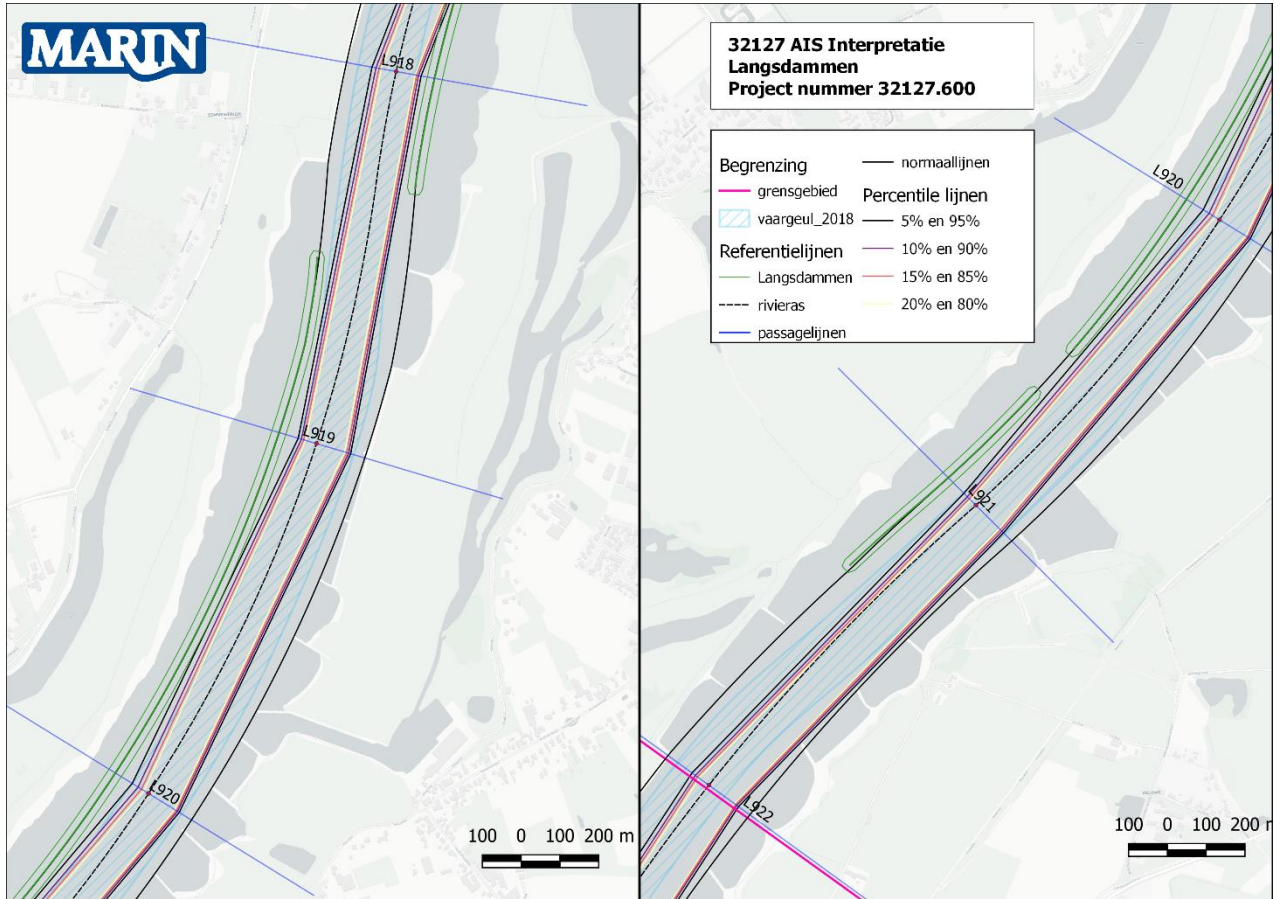
In deze bijlage worden enkele afbeeldingen van de projecten gepresenteerd.

Ruimtegebruik tijdens $Q_{Lobith} > 4000\text{m}^3/\text{s}$

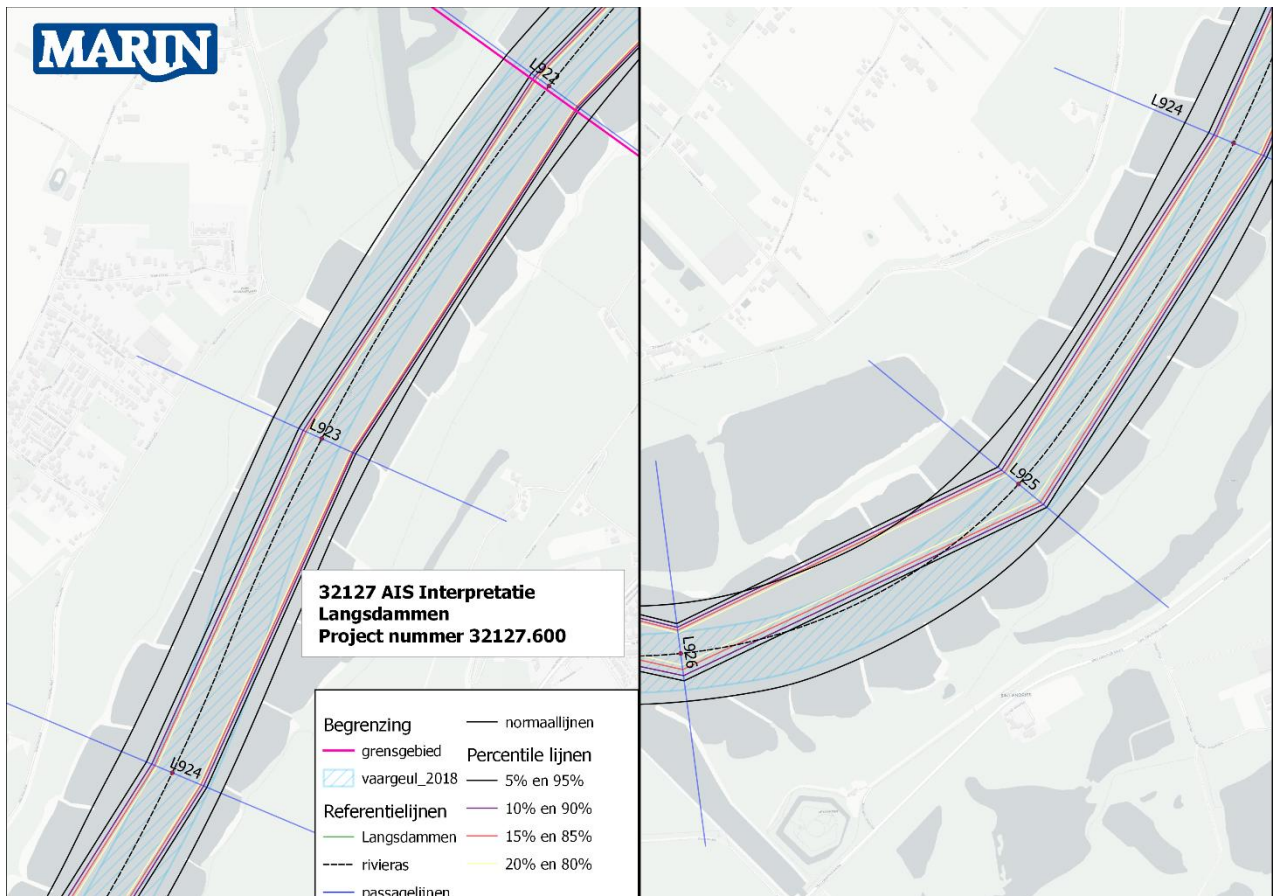


Figuur A3 - 1 Ruimtegebruik tussen kmr 908 - 911 tijdens $Q_{Lobith} > 4000\text{ m}^3/\text{s}$

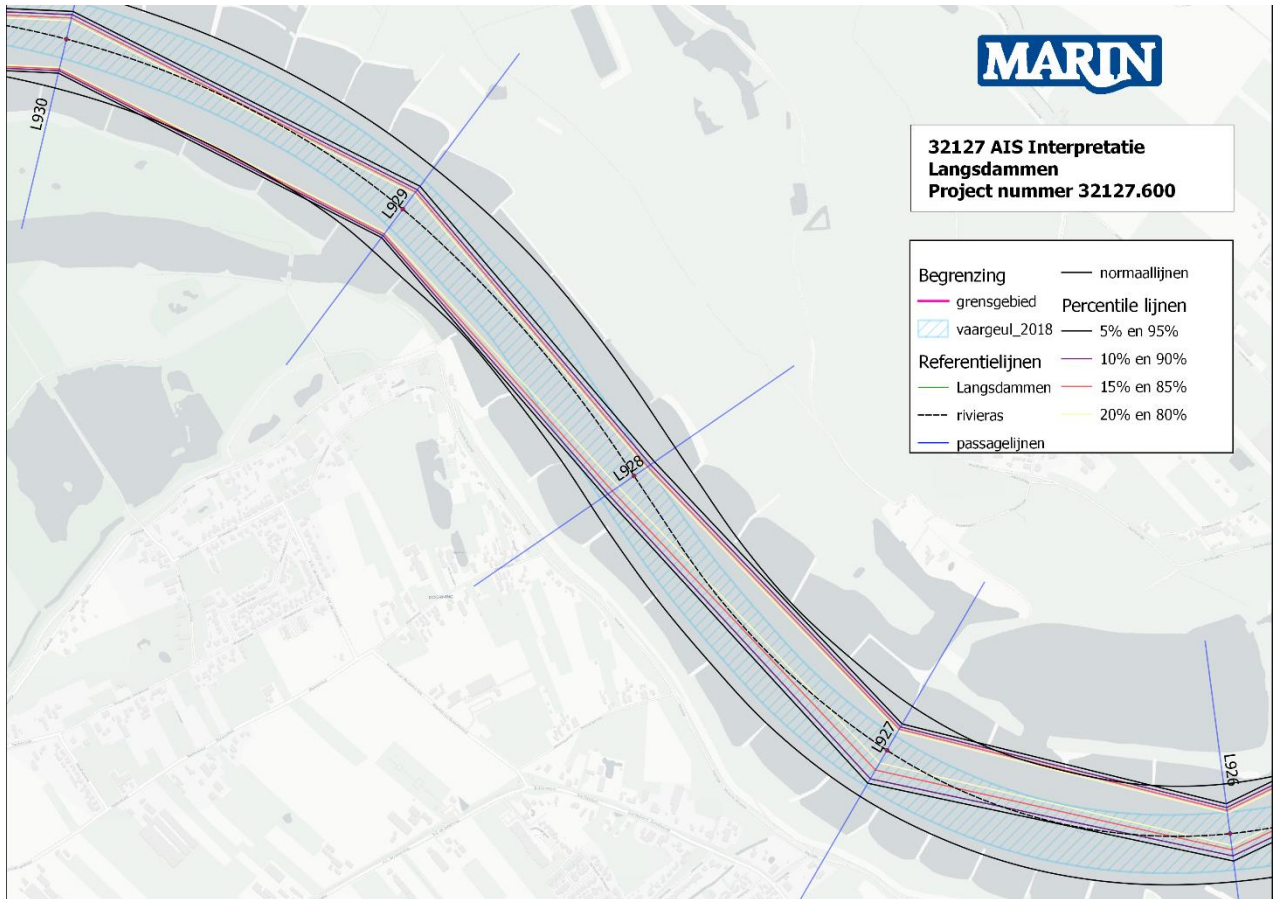

 Figuur A3 - 2 Ruimtegebruik tussen kmr 911-914 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

 Figuur A3 - 3 Ruimtegebruik tussen kmr 914-918 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur A3 - 4 Ruimtegebruik tussen kmr 918-922 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

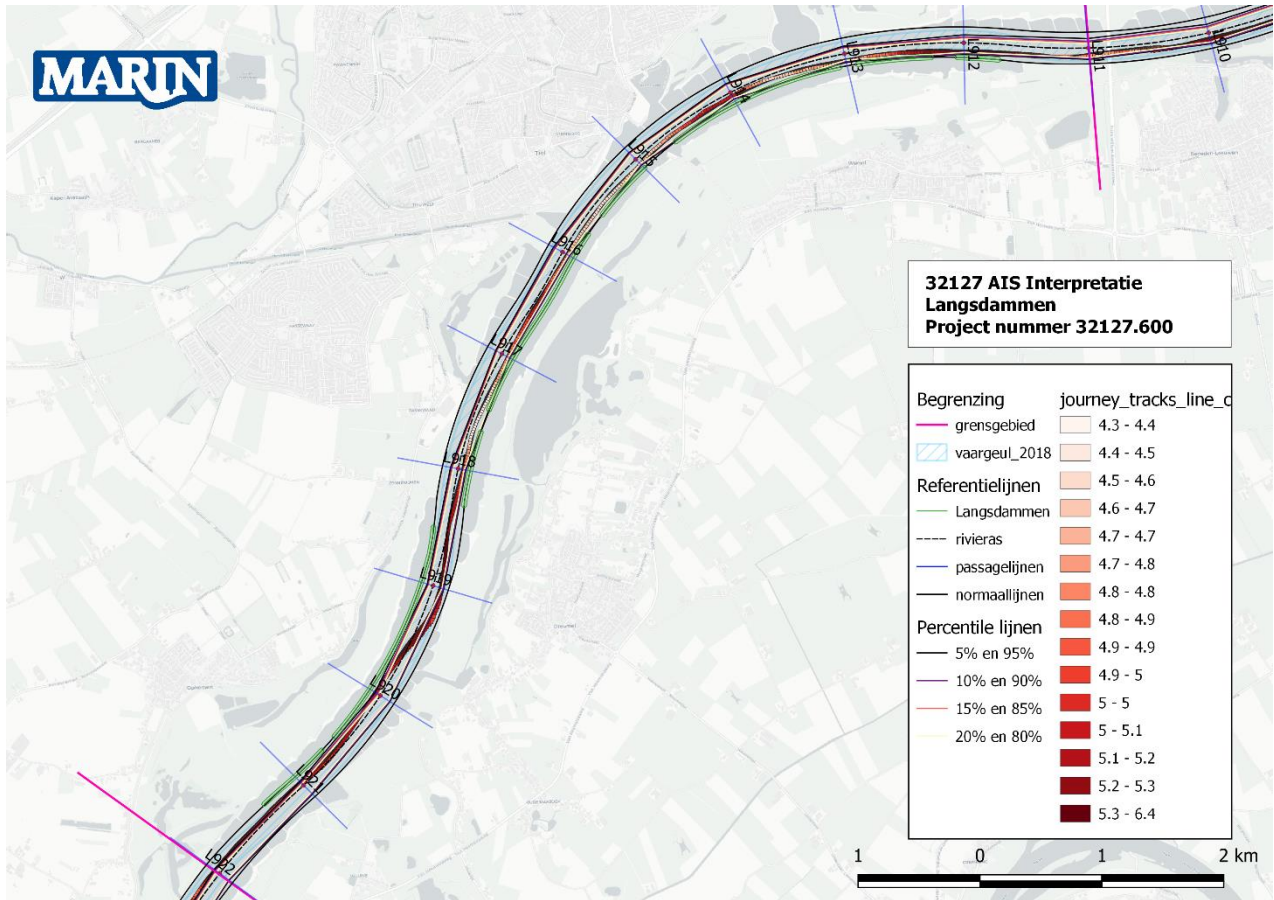


Figuur A3 - 5 Ruimtegebruik tussen kmr 922-926 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

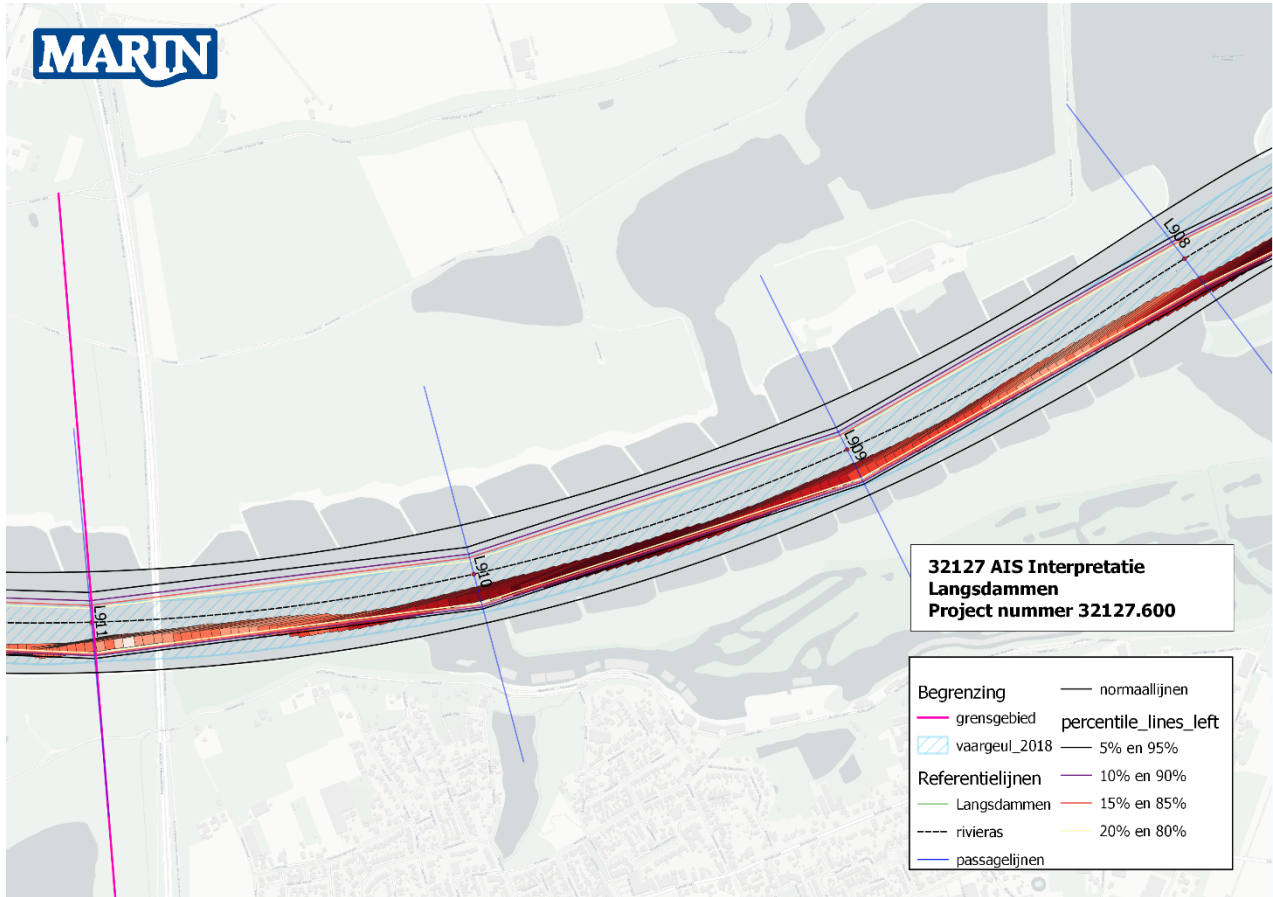


Figuur A3 - 6 Ruimtegebruik tussen kmr 926-930 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

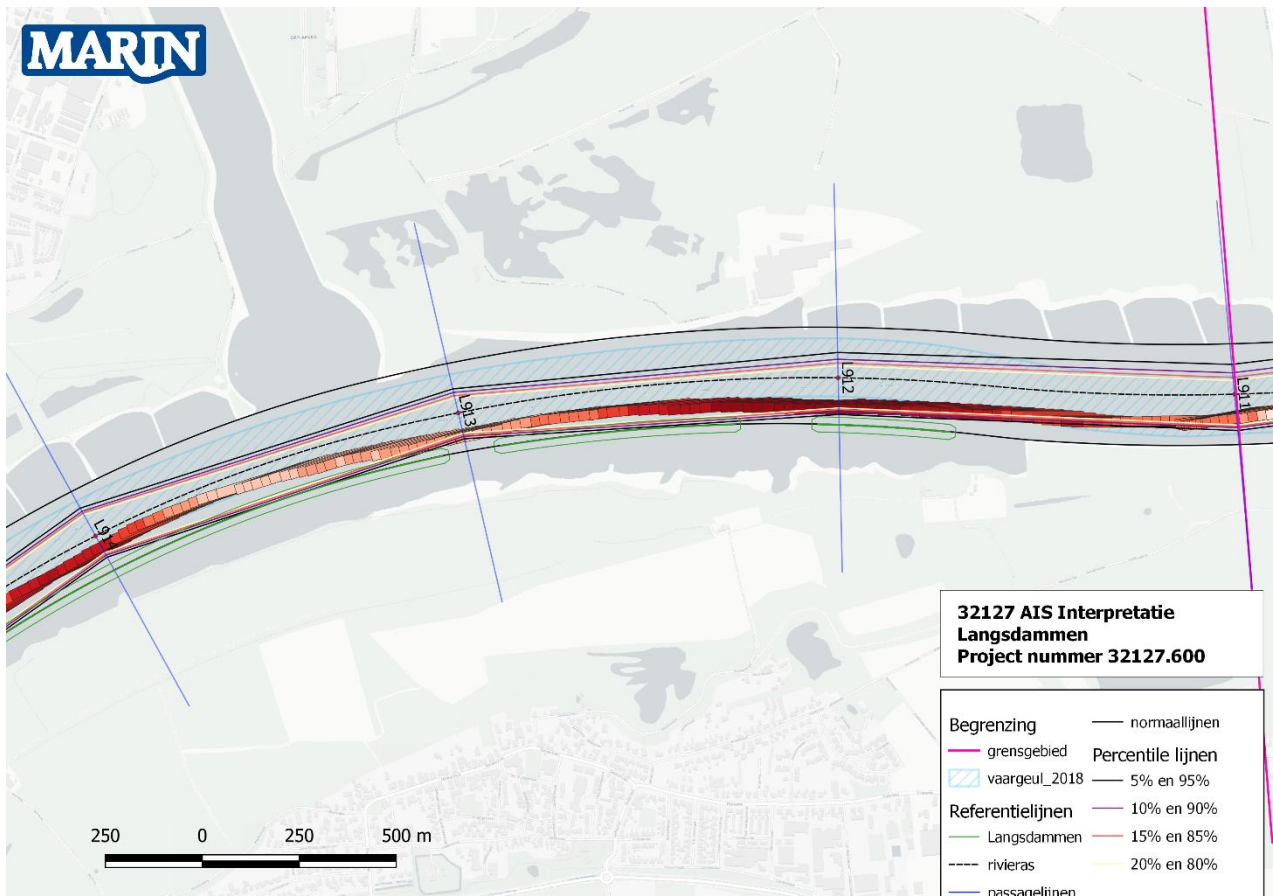
Opvarend vrachтваartuig tijdens $Q_{Lobith} > 4000\text{m}^3/\text{s}$



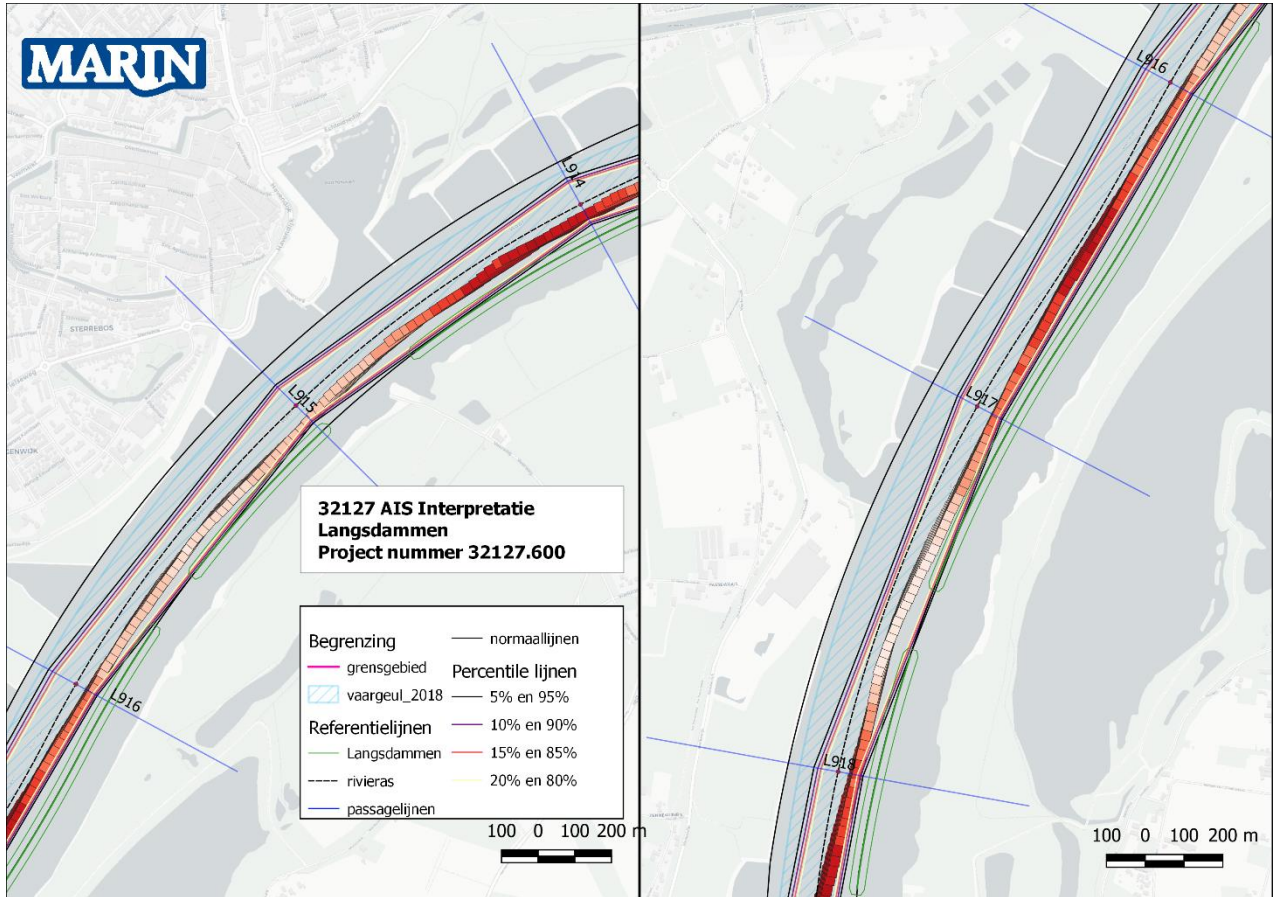
Figuur A3 - 7 Opvarend vrachтваartuig bij langsdammen deel gebied tijdens $Q_{Lobith} > 4000\text{ m}^3/\text{s}$



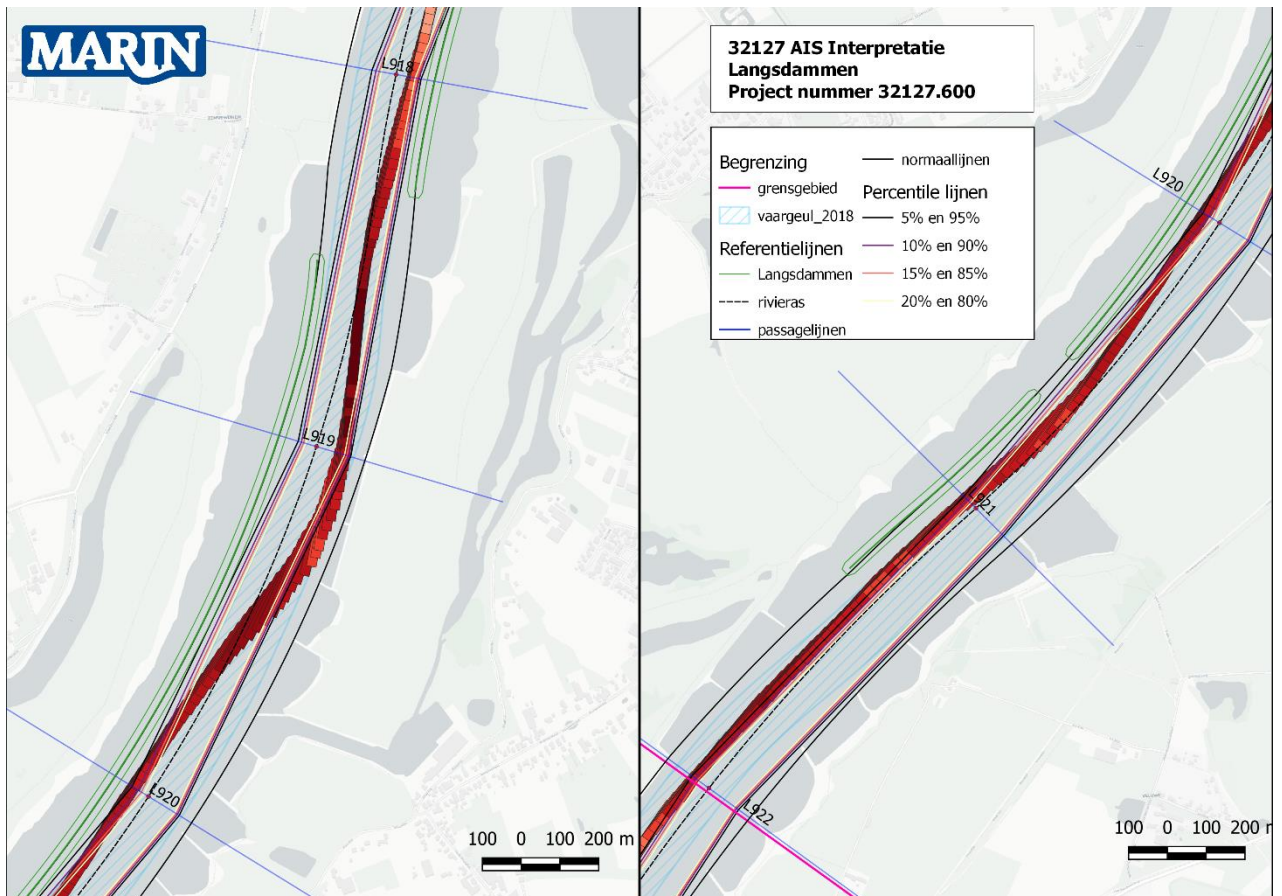
Figuur A3 - 8 Opvarend vrachtvaartuig tussen kmr 908 – 911 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



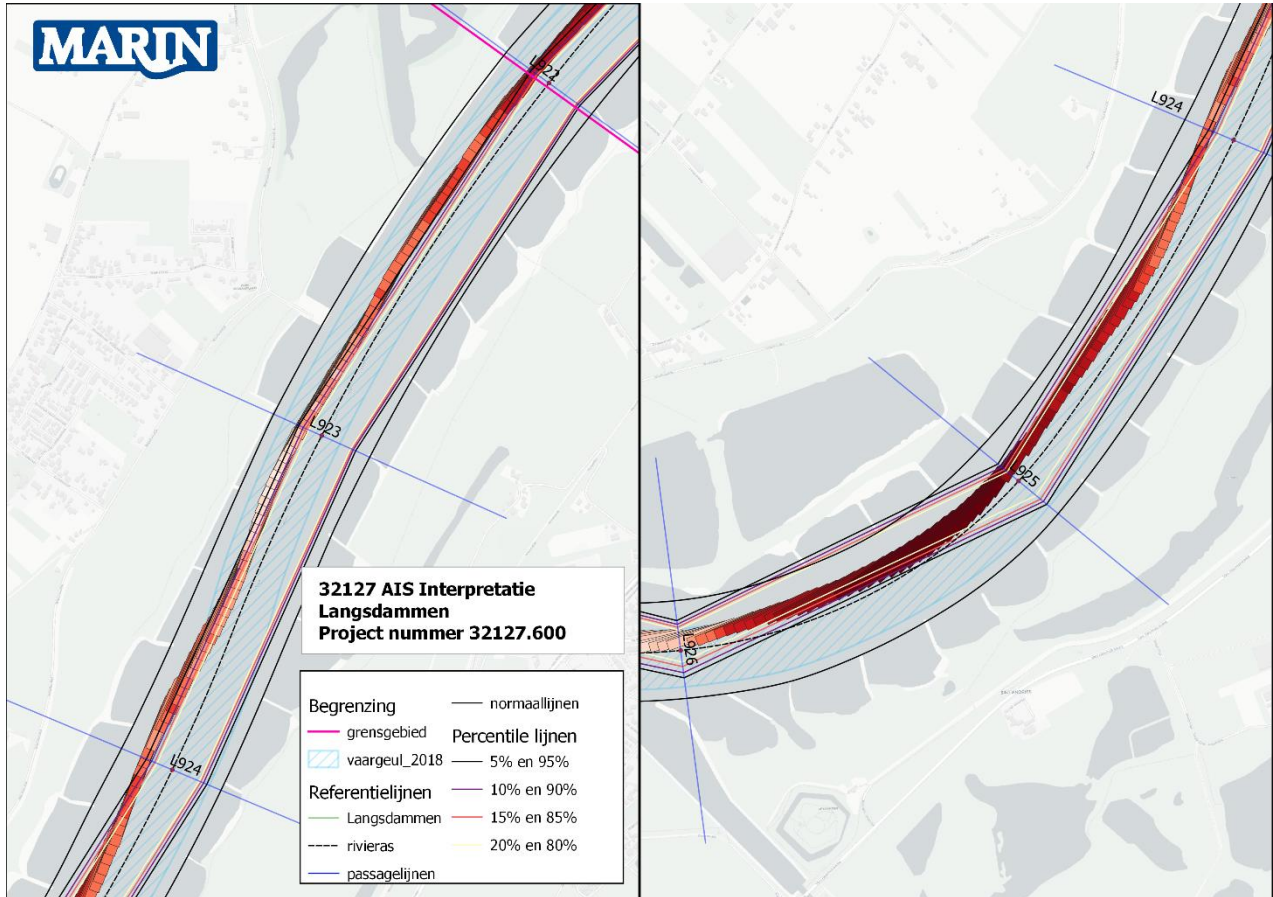
Figuur A3 - 9 Opvarend vrachtvaartuig tussen kmr 911 – 914 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



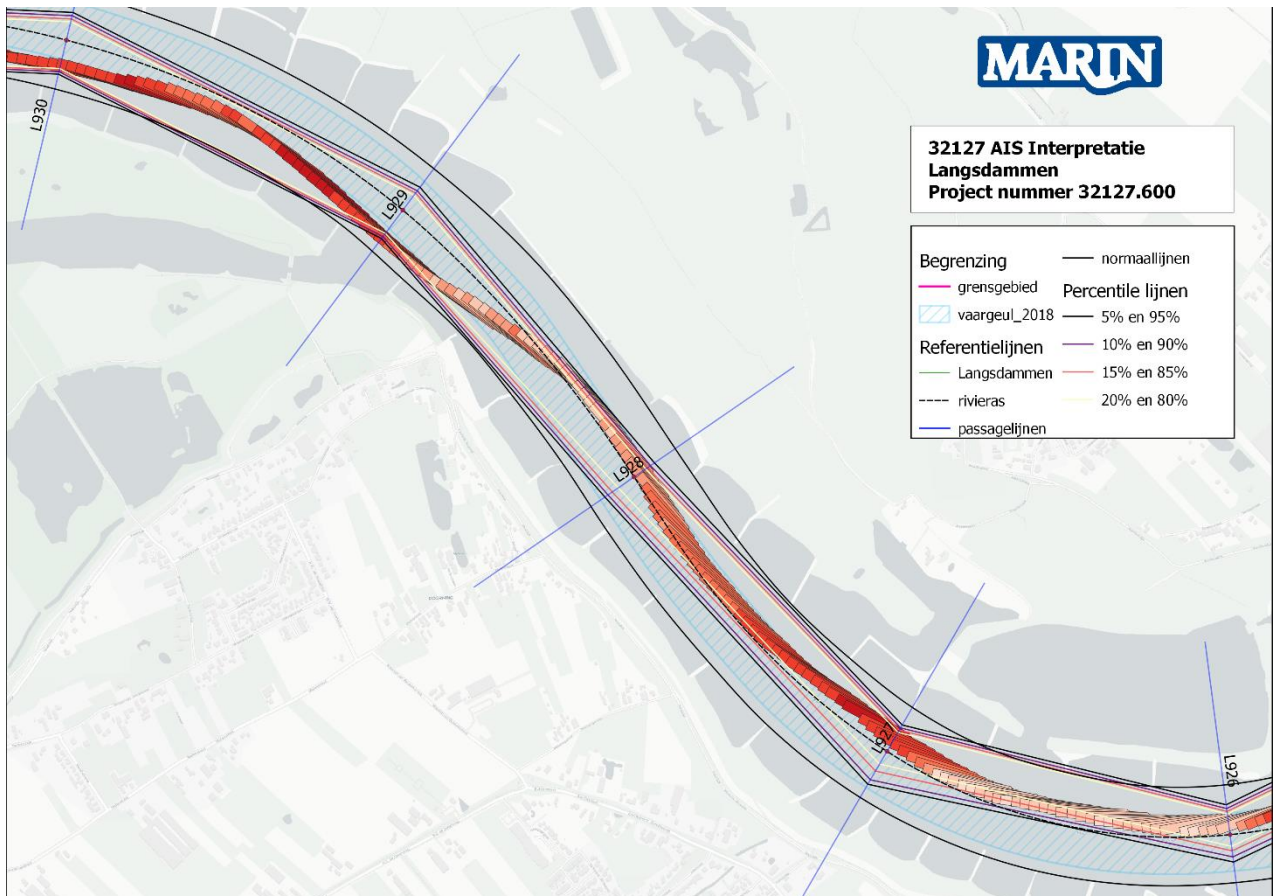
Figuur A3 - 10 Opvarend vrachtvaartuig tussen kmr 914 – 918 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur A3 - 11 Opvarend vrachtvaartuig tussen kmr 918 – 922 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur A3 - 12 Opvarend vrachtvaartuig tussen kmr 924 – 926 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur A3 - 13 Opvarend vrachtvaartuig tussen kmr 926 – 930 tijdens $Q_{Lobith} > 4000 \text{ m}^3/\text{s}$

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 49 39 11
E info@marin.nl

I www.marin.nl
   