



**Vlaanderen**  
is wetenschap



22\_060\_1  
WL rapporten

## Dwarsstromingen Platen van Ossense

Deelrapport 1  
Verbeteren van de langetermijn predictie  
op basis van astronomische voorspellingen

DEPARTEMENT  
MOBILITEIT &  
OPENBARE  
WERKEN

[waterbouwkundiglaboratorium.be](http://waterbouwkundiglaboratorium.be)

# Dwarsstromingen Platen van Ossenisse

## Deelrapport 1 – Verbeteren van de langetermijn predictie op basis van astronomische voorspellingen

Plancke, Y.; Stark, J.

### Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.  
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.  
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

### Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022  
D/2022/3241/197

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Plancke, Y.; Stark, J.** (2022). Dwarsstromingen Platen van Ossensisse: Deelrapport 1 – Verbeteren van de langetermijn predictie op basis van astronomische voorspellingen. Versie 4.0. WL Rapporten, 22\_060\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen


Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

### Documentidentificatie

Opdrachtgever:	RWS – Zee en Delta	Ref.:	WL2022R22_060_1
Trefwoorden (3-5):	Dwarsstroming, Schelde-estuarium, Platen van Ossensisse, astronomische voorspelling		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Hydrodynamica > Getij > Literatuur- en desktoponderzoek		
Tekst (p.):	13	Bijlagen (p.):	2
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.
------------	-------------

### Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Stark, J.	Getekend door: Jerden Stark (Signature) Getekend op: 2022-11-28 11:08:20 +01:0 Reden: Ik keur dit document goed 
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2022-11-25 15:10:14 +01:0 Reden: Ik keur dit document goed 

### Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sign) Getekend op: 2022-11-25 13:21:56 +01:0 Reden: Ik keur dit document goed 
-----------------	---------------	---



## Abstract

Ter hoogte van de Platen van Ossensisse treden bij sterke springtijden rond het moment van hoogwater dwarsstromingen op, die een potentieel risico kunnen vormen voor de scheepvaart. Door de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA) worden er daarom jaarlijks voorwaarschuwingen gepubliceerd, waarin de momenten van “matige” en “sterke” dwarsstroming worden weergegeven. Sinds 2021 is er echter een redelijke discrepantie tussen de voormelding op basis van astronomisch voorspelde waterstanden en de waarschuwing 24u vooraf op basis van de operationele modellen.

Binnen voorliggend rapport is onderzocht wat de oorzaak van dit verschil is. Uit het onderzoek blijkt dat dit toe te schrijven is aan de dataset die gebruikt wordt voor het bepalen van de harmonische componenten voor de astronomische voorspelling van de waterstanden. Vanaf 2021 worden de componenten gebruikt afgeleid uit de meetdata 2015-2018. Deze componenten geven over het algemeen aanleiding tot betere waterstandsvoorspellingen, maar het maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert wordt juist minder goed gerepresenteerd. Deze parameter is cruciaal voor het opmaken van de voormelding van de dwarsstroming nabij de Platen van Ossensisse.

Daarnaast is in dit rapport gekeken op welke manier de voormelding kan verbeterd worden. Hiervoor is een regressie opgemaakt tussen het voorspelde en gemeten maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert voor 2021. De lineaire relatie die aanwezig bleek te zijn, is vervolgens toegepast als correctie op de voorspelde waarden voor 2022. De alzo bekomen waarden werden voor de eerste jaarhelft van 2022 reeds vergeleken met de waarschuwingen uit de 24u-voorspellingen (voorspelmodellen), terwijl ook een predictie voor de tweede jaarhelft van 2022 gemaakt.

Voor de toekomstige voorwaarschuwingen wordt voorgesteld om oftewel de voorspelde vervallen te corrigeren met de gevonden lineaire relatie, oftewel de gehanteerde grenswaarden voor matige en sterke dwarsstroming aan te passen. Beide voorstellen hebben een identiek effect en zullen ervoor zorgen dat de lange termijn voorwaarschuwing nauwer aansluit bij de korte termijn voorspellingen.



# Inhoudstafel

Abstract .....	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de figuren .....	VI
Lijst van de tabellen.....	VII
1    Introductie .....	1
1.1    Situering.....	1
1.2    Probleemstelling.....	1
1.3    Doelstelling .....	1
2    Studiegebied.....	2
3    Analyse voorspelde en gemeten vervallen.....	3
3.1    Astronomische voorspellingen .....	3
3.2    Vergelijking astronomische voorspelde en gemeten vervallen .....	3
3.3    Harmonische componenten bij astronomische voorspellingen.....	4
4    Verbeterde methodologie .....	6
4.1    Correctie van astronomisch voorspelde vervallen .....	6
4.2    Validatie eerste jaarmidde 2022 .....	6
4.3    Predictie tweede jaarmidde 2022 .....	9
5    Conclusies en aanbevelingen .....	11
5.1    Conclusies.....	11
5.2    Aanbevelingen .....	12
6    Referenties .....	13
Bijlage A – Predictie dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval.....	B1

## Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzichtskaart van geulen en platen in het studiegebied.....	2
Figuur 2 – Vergelijking astronomisch voorspelde en gemeten maximaal verval: 2020 (links) en 2021 (rechts) .....	3
Figuur 3 – Vergelijking astronomisch voorspelde en gemeten maximaal verval voor het eerste jaarthelft 2022 .....	4
Figuur 4 – Invloed van harmonische componenten op verval Terneuzen-Hansweert .....	5
Figuur 5 – Vergelijking astronomisch voorspelde en gemeten maximaal verval voor 2022.....	7

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht karakteristieke astronomische voorspelling Prosperpolder voor periode 2015-2018.....	4
Tabel 2 – Vergelijking momenten van matige en sterke dwarsstroming o.b.v. gemeten verval en voorspelde vervallen .....	8
Tabel 3 – Overzicht momenten potentiële dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval .....	10
Tabel 4 – Overzicht momenten potentiële dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval .....	B1





# 1 Introductie

## 1.1 Situering

In navolging van de stranding van de Fowairet ter hoogte van de Platen van Ossensisse in 2005 werden verschillende onderzoeken opgestart om meer inzicht te krijgen in de oorzaak van dit ongeval. Er werden zowel stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat (RWS) als numerieke modellen opgezet (Decrop *et al.*, 2009) om de lokale stroompatronen nabij de oostrand van de Platen van Ossensisse in beeld te brengen. Dit onderzoek toonde aan dat bij sterke springtijden (ook “giertij” genoemd) er ter hoogte van de rand van de vaargeul aan de oostzijde van de Platen van Ossensisse een aanzienlijke stromingscomponent dwars op de vaargeul aanwezig kan zijn. De dwarsstroming wordt veroorzaakt door een grote neer die bij hoge (spring)tijden aanwezig is in dit gebied. In de afgelopen jaren werden verschillende onderzoeken naar morfologische ingrepen uitgevoerd om deze dwarsstroming in sterkte te reduceren (Deltares *et al.*, 2013 en Stark *et al.*, 2020). Echter, de verschillende oplossingen bleken maar een beperkte invloed te hebben op de dwarsstroming, waarbij ook de veranderende topo-bathymetrie het potentieel effect van de verschillende maatregelen beïnvloedt.

Om de veilige scheepvaart te garanderen wordt jaarlijks door Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA) een “voormelding” gemaakt die gebaseerd is op jaartabellen uitgegeven door Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2020). Hierbij wordt op basis van de astronomisch voorspelde waterstanden en het vervalcriterium een inschatting gemaakt van de momenten wanneer zich “matige” en “sterke” dwarsstromingen kunnen voordoen. Door meteorologische omstandigheden kunnen de werkelijke condities afwijken van de astronomische voorspelde situatie, waardoor momenten in de voormelding kunnen wijzigen (zowel toename als afname in sterkte van de voorspelde dwarsstroming), alsook niet in de voormelding aanwezige momenten kunnen optreden met “matige” of “sterke” dwarsstroming.

Naast de “voormelding” wordt door Rijkswaterstaat een waarschuwing bekend gemaakt aan de hand van de operationele voorspelmodellen, waarbij de waarschuwing is gebaseerd op de voorspelde waterstanden en het vervallen op een tijdshorizon van 24u vooruit (tot en met 2021 was dit 3u vooruit).

## 1.2 Probleemstelling

De voormelding dwarsstroomwaarschuwing voor het jaar 2022 maakt melding van slechts 4 momenten waarop zich een matige dwarsstroom kan voordoen (14-15 augustus en 12-13 september 2022). In de eerste jaarhelft van 2022 werden er echter op basis van de operationele voorspelmodellen op 27 momenten een waarschuwing uitgegeven voor matig of sterke dwarsstroom. Ook voor het jaar 2021 bleek er een groot verschil te zitten in het aantal momenten opgenomen in de voormelding dwarsstroomwaarschuwing voor het jaar 2021 en de waarschuwingen op basis van de operationele voorspelmodellen. Hierdoor lijkt het weinig waarschijnlijk dat dit verschil louter door meteorologische condities te klaren is.

Deze grote discrepantie tussen de voormelding (op basis van astronomische waterstandsvoorspellingen) en de korte termijn (24u) voorspellingen zijn de aanleiding geweest voor de GNA om de projectgroep Dwarsstroming te vragen dit verder te onderzoeken.

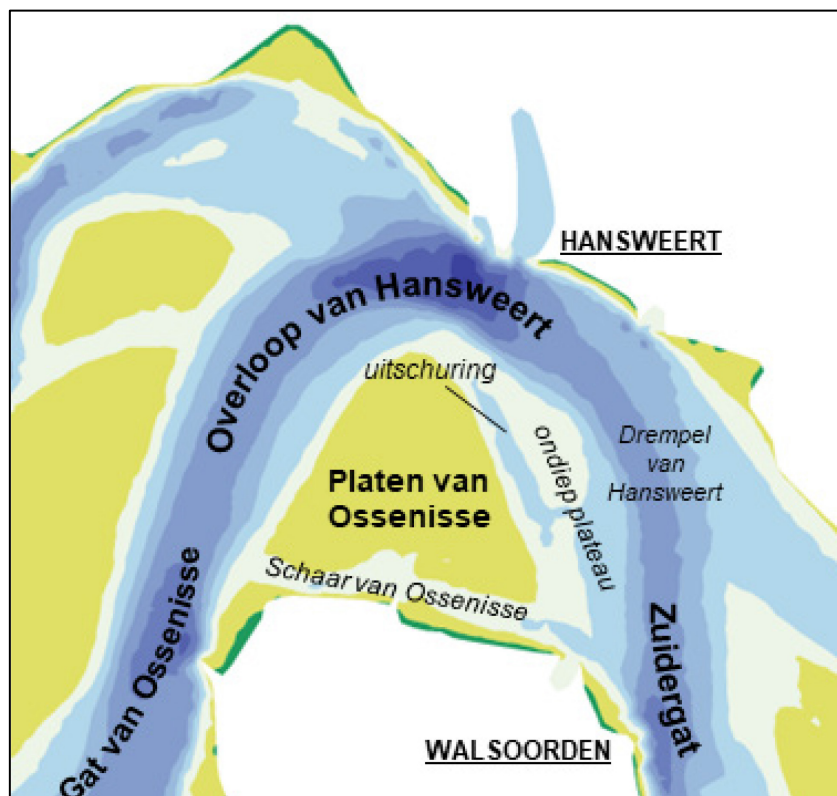
## 1.3 Doelstelling

Dit rapport heeft als doel (1) te onderzoeken waarom de grote verschillen in voorspelde momenten van dwarsstromingen optreden en (2) een voorstel te formuleren om welke manier dit verschil kan gereduceerd worden met het oog op de toekomstige voormeldingen, te beginnen met deze voor 2023.

## 2 Studiegebied

De dwarsstroming doet zich voor ter hoogte van de vaargeul nabij de drempel van Hansweert, grenzend aan de oostrand van de Platen van Ossensisse. Vanuit de Overloop van Hansweert plant de getijgolf zich in noordoostelijke richting voort naar Hansweert waar ze afbuigt in zuidoostelijke richting naar Walsoorden en het Zuidergat. Gedurende een groot deel van de getijcyclus vormen de Platen van Ossensisse een barrière waar het water rond moet stromen, slechts in de periode rond hoogwater worden deze platen overstromd en kan het water vanuit de Overloop van Hansweert naar het Zuidergat stromen over de platen (Figuur 1).

Ten oosten van de Platen van Ossensisse bevindt zich een ondiepte die zich over de laatste decennia heeft ontwikkeld. Dit plateau heeft op basis van recente bathymetrische gegevens (i.e., vaklodingen) uit 2018 een hoogteligging van om en nabij -7 m NAP in het zuidoostelijk deel van de ondiepte tot -4 m NAP op het noordelijk deel. In het meest noordelijk deel manifesteert zich een nieuwe plaat, waarbij een geul ('uitschuring' op Figuur 1) zich vormt tussen deze plaat en de Platen van Ossensisse. Ten zuiden van de plaat bevindt zich een ondiepe geul (Schaar van Ossensisse). Het is op dit ondiepe plateau dat een depressie ontstaat die de aanleiding vormt voor de vorming van de neer die dwarsstromingen in de vaargeul kan veroorzaken (Plancke *et al.*, 2020).



---

Figuur 1 – Overzichtskartaal van geulen en platen in het studiegebied.

---

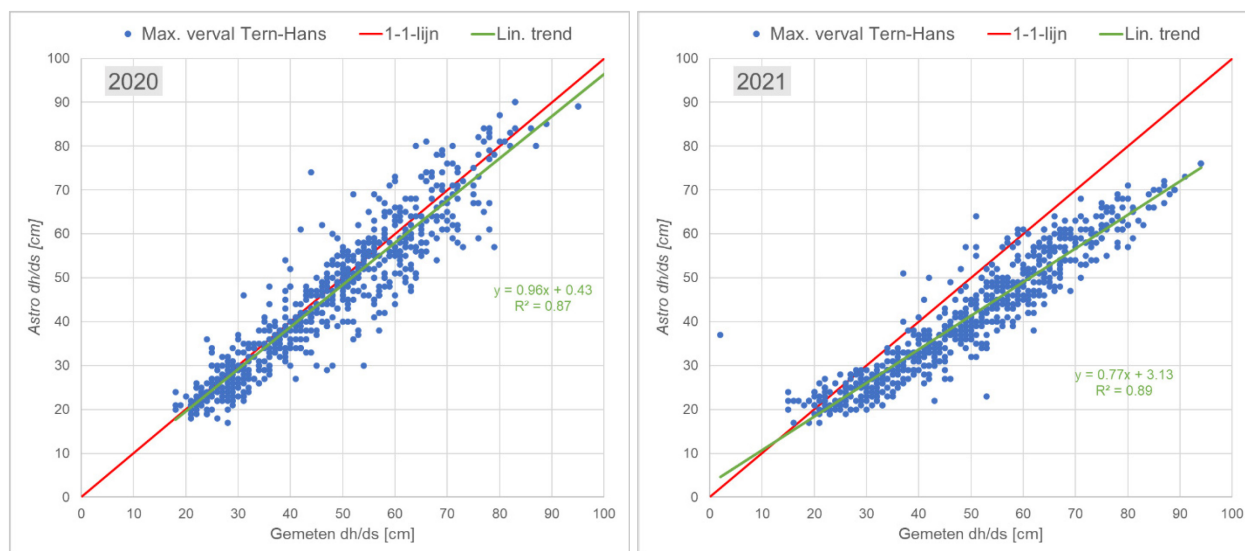
## 3 Analyse voorspelde en gemeten vervallen

### 3.1 Astronomische voorspellingen

Het GNA publiceert jaarlijks een “voormelding dwarsstroomwaarschuwing” op basis van astronomische voorspelde waterstanden. Aan de hand van het vervalcriterium wordt vervolgens een inschatting gemaakt van het voorkomen van “matige” en “sterke” dwarsstromingen. Dit criterium is gebaseerd op het voorspelde maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert tijdens de vloedfase voorafgaand aan het hoogwater te Hansweert (Rijkswaterstaat, 2020). Als dit verval groter is dan 0,80 m wordt een waarschuwing voor een “sterke” dwarsstrooming van > 3,5 mph in het Zuidergat gegeven. Als het maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert tussen 0,75 m en 0,80 m blijft, wordt een waarschuwing gegeven voor een “matige” dwarsstroom van < 3,5 mph in het Zuidergat.

### 3.2 Vergelijking astronomische voorspelde en gemeten vervallen

In het kader van eerder onderzoek (Plancke & Stark, 2022) is een vergelijking gemaakt tussen het maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert enerzijds op basis van de astronomisch voorspelde waterstanden en anderzijds de gemeten waterstanden. Deze vergelijking werd uitgevoerd voor de jaren 2020 en 2021 (Figuur 2).

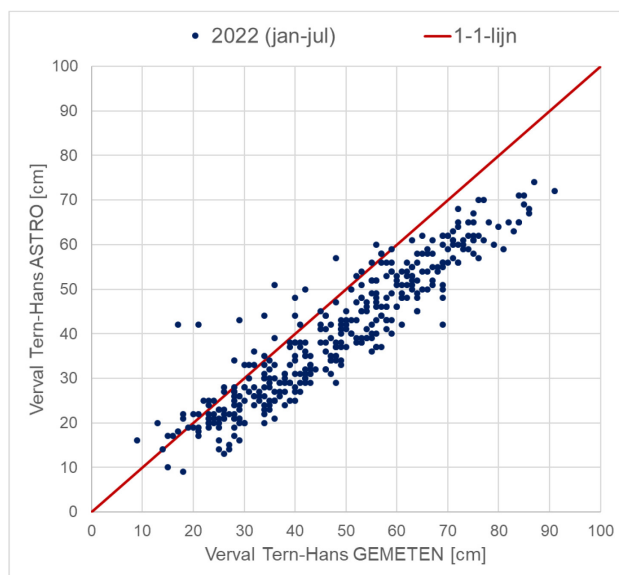


Figuur 2 – Vergelijking astronomisch voorspelde en gemeten maximaal verval: 2020 (links) en 2021 (rechts)

Uit bovenstaande figuur blijkt dat voor het jaar 2020 het astronomisch voorspelde en gemeten maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert verspreid ligt rond de 1-1-lijn. De meteorologische condities (wind, luchtdruk) zorgen ervoor dat de opgetreden vervallen verschillen van de astronomische voorspelling, wat voor een spreiding zorgt binnen de puntenwolk. Voor het jaar 2021 is deze spreiding ook aanwezig, maar daarnaast blijkt dat het astronomisch voorspelde maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert systematisch lager ligt (ca. 20%) dan de opgetreden waarden.

Aanvullend aan deze bestaande vergelijking, is een bijkomende vergelijking uitgevoerd voor de astronomisch voorspelde en gemeten maximale vervallen tussen Terneuzen en Hansweert voor de eerste jaarhelft (januari

– juli) van het jaar 2022 (Figuur 3). Ook voor deze periode blijkt dat het gemeten verval systematisch hoger ligt dan het astronomisch voorspelde verval. Hierdoor rijst de vraag of, en zo ja wat, er een wijziging is opgetreden voor en na 1/1/2021. In volgende paragraaf zal hierop ingegaan worden.



Figuur 3 – Vergelijking astronomisch voorspelde en gemeten maximaal verval voor het eerste jaarhelft 2022

### 3.3 Harmonische componenten bij astronomische voorspellingen

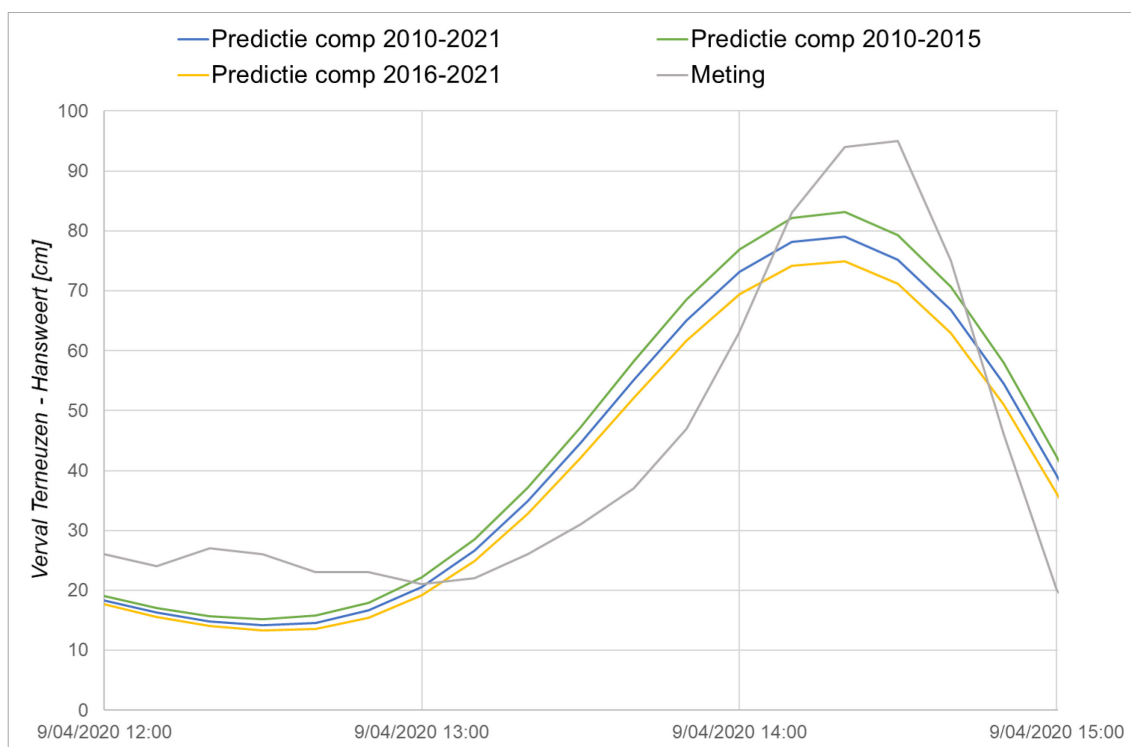
Een potentiële oorzaak van dit verschil die onderzocht wordt is de manier waarop de astronomisch waterstanden worden voorspeld: tot en met 2020 werd gebruik gemaakt van harmonische componenten bepaald over de periode 2009-2012. In 2020 vond een update van de componenten plaats waarbij gebruik gemaakt werd van een recentere periode (2015-2018). Deze update zorgde ervoor dat de kwaliteit van de harmonische voorspellingen in het algemeen verbeterde, zowel voor de stations in de Westerschelde (pers. comm. RWS) als voor Prosperpolder, gelegen op de Belgisch-Nederlandse grens (Tabel 1).

Tabel 1 – Overzicht karakteristieke astronomische voorspelling Prosperpolder voor periode 2015-2018  
 Kleinste afwijking ten opzichte van metingen is **groen** gemarkeerd

<i>Periode 2015-2018</i>	<b>Componenten 2009-2012</b>		<b>Componenten 2015-2018</b>	
	<i>Bias</i>	<i>RMSE</i>	<i>Bias</i>	<i>RMSE</i>
<b>Tijdreeks waterstand</b>	-5,3 cm	28,3 cm	0 cm	27,2 cm
<b>Hoogwater</b>	2,7 cm	24,2 cm	-0,6 cm	23,4 cm
<b>Tijdstip hoogwater</b>	1,4'	8,1'	2,1'	8,1'
<b>Laagwater</b>	-6,8 cm	27,3 cm	4,2 cm	26,5 cm
<b>Tijdstip laagwater</b>	-9,9'	14,4'	-7,8'	12,9'

Hoewel de algemene kwaliteit (BIAS en RMSE) verbeterde, blijkt de aanpassing van de methodiek voor het berekenen van de astronomische componenten (in concreto de update van de componenten) voor het maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert voor een systematische onderschatting te zorgen (Figuur 2). Dit wordt tevens geïllustreerd in Figuur 4: hierbij werden de componenten bepaald op basis van enerzijds de gemeten waterstanden in de periode 2010-2015 en anderzijds de gemeten waterstanden in de periode 2016-2021<sup>1</sup>. In deze figuur is te zien dat het gemeten maximale verval door alle astronomische voorspellingen onderschat wordt, maar dat er tevens een verschil (5 à 10 cm) ontstaat tussen beide astronomische voorspellingen, afhankelijk van de periode die gebruikt werd om de harmonische componenten te bepalen.

Het gebruik van andere harmonische componenten voor de astronomische voorspellingen van de waterstanden heeft ertoe geleid dat het maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert systematisch meer onderschat wordt. Hierdoor zal de gepubliceerde “voormelding dwarsstroomwaarschuwing” te weinig momenten weergeven waarop zich een matig of sterke dwarsstroming kan voordoen. In het volgende hoofdstuk zal nagegaan worden op welke manier dit kan verbeterd worden.



Figuur 4 – Invloed van harmonische componenten op verval Terneuzen-Hansweert

<sup>1</sup> Het betreft een eigen analyse, vandaar dat de gebruikte periode niet identiek is aan de periodes die voor de feitelijke astronomische voorspellingen worden gehanteerd door RWS.

## 4 Verbeterde methodologie

In vorige hoofdstuk werd een analyse uitgevoerd van de verschillen in het voorspelde en gemeten maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert. De oorzaak van het toegenomen verschil is te herleiden naar een gewijzigde periode voor het bepalen van de harmonische componenten die gebruikt worden voor de astronomische waterstandsvoorspellingen. Hierdoor wordt het aantal momenten waarvoor een voormelding dwarsstroomwaarschuwing plaatsvindt, sinds 2021 aanzienlijk onderschat. Om dit te verbeteren naar de toekomstige voormelding, zijn verschillende opties mogelijk:

1. Corrigeren van astronomisch voorspelde maximale verval
2. Aanpassen van de grenswaarde voor matige en sterke dwarsstroming in het vervalcriterium
3. Aanpassen van de harmonische componenten

In voorliggend rapport is ervoor gekozen om de eerste optie verder te verkennen. In se komt optie 2 op hetzelfde neer, dus de conclusies uit dit onderzoek zijn ook hierop van toepassing.

De derde optie is hier niet meegenomen aangezien de astronomische voorspellingen van de waterstanden op basis van de nieuwe componenten zal blijven plaatsvinden vanwege de betere resultaten voor de algemene tijdreeks van de waterstanden alsook de hoog- en laagwaters. Er kan echter voor geopteerd worden om de voorspelde waterstanden met de oude componenten als controle in te zetten voor de hier voorgestelde werkwijze.

### 4.1 Correctie van astronomisch voorspelde vervallen

De voorgestelde verbetering zal een correctie uitvoeren van het voorspelde maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert. De correctie betreft een lineaire relatie die gebaseerd is op het waargenomen verschil tussen de voorspellingen en de metingen in het jaar 2021 (zie Figuur 2 - rechts). Concreet komt dit neer dat de astronomische voorspelde vervallen ( $\text{verval}_{\text{astro}}$ ) als volgt worden aangepast:

$$\text{verval}_{\text{corr}} = (\text{verval}_{\text{astro}} - 3,13) / 0,77$$

Indien de tweede optie gekozen zou worden, waarbij de bestaande grenswaarden aangepast worden, zal volgende correctie moeten toegepast worden:

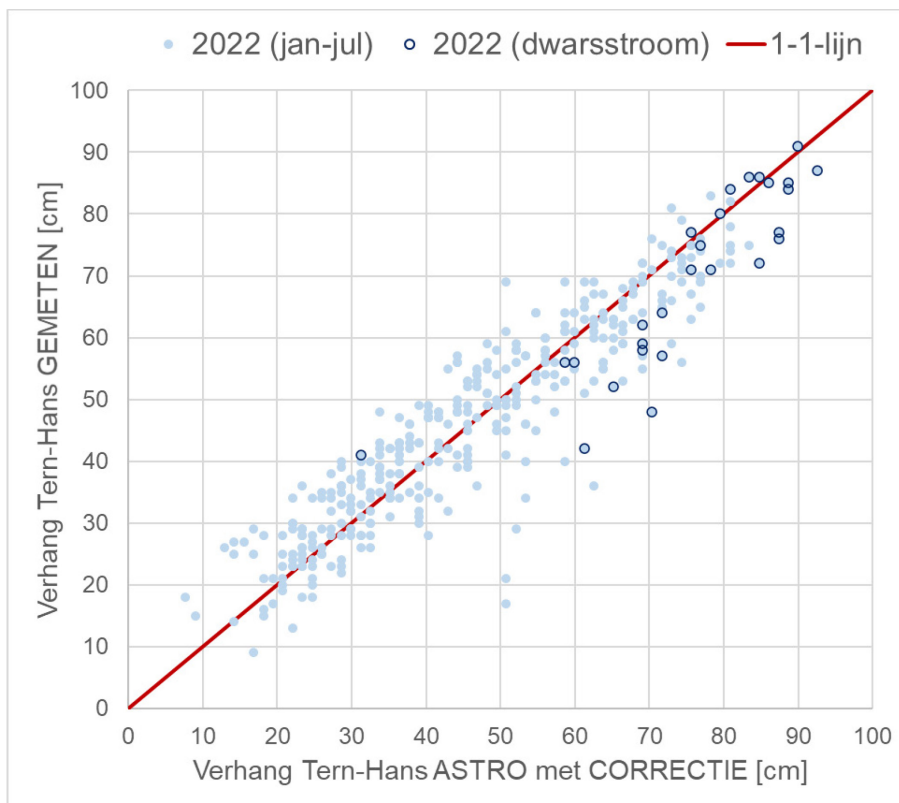
$$\text{grenswaarde}_{\text{corr}} = 0,77 \cdot \text{grenswaarde}_{\text{bestaand}} + 3,13$$

### 4.2 Validatie eerste jaarthelft 2022

De correctie van het verval is gebaseerd op de gemeten data uit 2021. Eén van de vragen is of deze correctie kan worden toegepast voor andere jaren. Daartoe is een validatie gebeurd voor de eerste jaarthelft van 2022. Hiervoor werden volgende stappen uitgevoerd:

- Bepalen van het maximaal verval Terneuzen-Hansweert per getij op basis van de astronomische voorspelde waterstanden (harmonische componenten 2015-2018);
- Toepassen van de correctie zoals beschreven in § 4.1;
- Vergelijking van het voorspelde en gemeten maximale verval;

De vergelijking is weergegeven in Figuur 5. Hierbij blijkt dat de punten opnieuw verspreid rond de 1-1-lijn liggen, wat erop wijst dat de relatie afgeleid uit de data van 2021 ook voor de eerste jaarthelft van 2022 geldig is.



Figuur 5 – Vergelijking astronomisch voorspelde en gemeten maximaal verval voor 2022  
Punten met donkere rand zijn momenten waarop dwarsstrooming werd voorspeld 24u vooraf

Naast de vergelijking tussen de voorspelde en gemeten<sup>2</sup> vervallen, is op bovenstaande figuur ook aangegeven (donkere rand) voor welke getijden er een waarschuwing (matig of sterk) werd uitgegeven op basis van de operationele modellen (24u-vooraf-waarschuwing). Hierbij is het de verwachting dat deze 24u-waarschuwing, die expliciet rekening houdt met de meteorologische condities op dit moment, beter overeenkomt met de moment waarop het uiteindelijk gemeten verval boven de grenswaarde ligt.

Op basis van de gemeten waterstanden werden de opgetreden vervallen bepaald. Hierbij werd op basis van de gebruikte grenswaarden (resp. 75 cm en 80 cm) de momenten met matige (11) en sterke (11) dwarsstrooming geïdentificeerd. Wanneer deze momenten vergeleken (Tabel 2) worden met de voorspelde momenten (eveneens volgens het vervalcriterium), blijkt dat de gecorrigeerde astronomische voorspellingen 10 van de 11 momenten met sterke dwarsstrooming ook zo heeft voorspeld. Het andere moment werd als matig voorspeld. Voor de momenten met matige dwarsstrooming, werden 6 momenten ook als matig voorspeld, terwijl de andere momenten als sterk voorspeld werden. Tenslotte werden ook 15 momenten (13 matig, 2 sterk) voorspeld waarop volgens de gemeten waterstanden geen dwarsstrooming optrad.

Voor de 24u-voorspelling zijn de afwijkingen groter: slechts 1 van de 11 momenten met sterke dwarsstrooming werd ook zo voorspeld; in 7 momenten was er een voorspelling van matige dwarsstrooming, terwijl 3 momenten niet voorspeld werden. Voor de momenten met matige dwarsstrooming, werden 5 momenten ook als matig voorspeld, terwijl de andere momenten niet voorspeld werden. Tenslotte werden ook 14 momenten (13 matig, 1 sterk) voorspeld waarop volgens de gemeten waterstanden geen dwarsstrooming optrad.

<sup>2</sup> Door hiaten in de metingen, kon niet voor elk getij het maximale verval berekend worden. Een aantal van de 24u-waarschuwing gebeurden op moment dat er geen metingen beschikbaar zijn, waardoor deze punten niet getoond worden.



Er dienen 2 belangrijke bemerkingen geplaatst te worden bij deze vergelijking: (1) de astronomische voorspellingen werd hier gecorrigeerd op basis van de vastgestelde lineaire relatie; voor de 24u-voorspelling is dergelijke correctie niet expliciet uitgevoerd en werd enkel gebruik gemaakt van de gecommuniceerde waarschuwingen; mogelijks kan de kwaliteit van deze voorspelmodellen ook nog verbeterd worden. (2) de vergelijking is gebeurd op basis van de vervallen; of er daadwerkelijk ook dwarsstroming heeft opgetreden is niet zeker, wat ook terugkomt in de spreiding die aanwezig is tussen de opgetreden vervallen en de gemeten dwarsstroming (van Weerdenburg & van der Werf, 2019). Het verdient de aanbeveling om, indien er ADCP-metingen uitgevoerd zijn, na te gaan wat de sterkte van de gemeten dwarsstroming is bij deze getijden.

Tabel 2 – Vergelijking momenten van matige en sterke dwarsstroming o.b.v. gemeten verval en voorspelde vervallen

Gemeten verval		24u-voorspelling		Astro voorspelling	
		<i>Matig</i>	<i>Sterk</i>	<i>Matig</i>	<i>Sterk</i>
<b>Geen</b>	-	13	1	13	2
<b>Matig</b>	11	5	0	6	5
<b>Sterk</b>	11	7	1	1	10

### 4.3 Predictie tweede jaarhelft 2022

Op basis van het gecorrigeerde verval (astronomische voorspellingen 2022), wordt een inschatting gemaakt van de momenten waarop zich een dwarsstroming kan voordoen<sup>3</sup>. Wanneer de originele grenswaarden gehanteerd worden, blijkt dat er voor 2022 in totaal 37 getijden een verval groter dan 80 cm wordt berekend en daarenboven 35 getijden een verval tussen 75 en 80 cm (zie Bijlage A – Predictie dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval). Gelet op bovenstaande vergelijking voor de eerste jaarhelft van 2022, stelt zich de vraag hoe representatief deze grenswaarden zijn.

Gelet op dit grote (72) aantal, is er tevens voor gekozen om hier een deelselectie te presenteren door een andere grenswaarde toe te passen. De keuze wordt gemaakt op basis van een alternatieve benadering gebaseerd op de kans op voorkomen van een bepaalde sterkte van de dwarsstroom (Plancke & Stark, 2022). Voor het bepalen van de grenswaarde wordt uitgegaan van een kans op voorkomen van 24 keer per jaar (2 keer per maand). Op basis van een eerder uitgevoerde data-analyse over de periode 2010-2021, hoort hierbij een verval van 82 cm (of 66 cm als de astronomische voorspellingen niet worden gecorrigeerd). Er wordt geen expliciet onderscheid gemaakt tussen “matig” en “sterke” dwarsstroming, maar de kleinere kans op voorkomen komt logischerwijs overeen met een sterkere dwarsstroming.

Op basis van deze grenswaarde worden er voor de laatste 5 maanden van 2022 (augustus – december) 14 momenten (in plaats van 27 met de oorspronkelijke grenswaarden) geïdentificeerd waarop een dwarsstroming kan voorkomen (Tabel 3).

In deze tabel zijn tevens de 4 momenten aangegeven die opgenomen zijn in de voorwaarschuwing voor 2022. Ook werd door RWS (pers. comm. Jan-Rolf Hendriks) een voorspelling gemaakt op basis van de oude harmonische componenten in combinatie met de grenswaarden uit het vervalcriterium. Hierbij kan vastgesteld worden dat er een zeer goede overeenstemming is tussen deze momenten en de momenten uit voorliggende analyse (kans op voorkomen toegepast op gecorrigeerde astronomische voorspellingen). Slechts 2 momenten komen niet in beide lijsten voor, waarbij deze momenten ook de kleinste kans op voorkomen hebben (resp. 18 en 21 keer per jaar).

---

<sup>3</sup> Dit is de eerste optie uit de voorgestelde oplossingen (§4). Er dient opgemerkt te worden dat optie 2, het bijstellen van de grenswaarden, identiek is aan deze werkwijze aangezien hiervoor dezelfde lineaire relatie zou gebruikt worden.

Tabel 3 – Overzicht momenten potentiële dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval

In het **vet** staan de momenten uit de oorspronkelijke voorwaarschuwing.In het *cursief* staan de momenten die voorspeld zijn gebruik makend van de oude harmonische componenten (pers. comm. RWS)

Moment	<i>Predictie dwarsstroming</i>	
	Max. verval Tern-Hans [cm]	Kans op voorkomen [#/jaar]
<i>13/08/2022 03:30</i>	86	16
<b>14/08/2022 04:10</b>	<b>94</b>	<b>7</b>
<i>14/08/2022 16:30</i>	85	18
<b>15/08/2022 05:00</b>	<b>97</b>	<b>5</b>
<i>15/08/2022 17:10</i>	83	21
<i>16/08/2022 05:40</i>	91	9
<i>11/09/2022 03:20</i>	91	9
<i>11/09/2022 15:30</i>	85	18
<b>12/09/2022 04:00</b>	<b>97</b>	<b>5</b>
<i>12/09/2022 16:10</i>	86	16
<b>13/09/2022 04:30</b>	<b>94</b>	<b>7</b>
<i>14/09/2022 05:10</i>	87	14
<i>10/10/2022 02:50</i>	85	18
<i>11/10/2022 03:30</i>	85	18

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

In voorliggend rapport is een analyse gebeurd naar de oorzaak van de grote discrepantie tussen de voormelding op basis van astronomisch voorspelde waterstanden en de waarschuwing 24u vooraf op basis van de operationele modellen. De oorzaak is terug te brengen tot de dataset die gebruikt wordt voor het bepalen van de harmonische componenten die aan de basis liggen van de astronomische voorspelling. Vanaf 2021 worden de componenten gebruikt afgeleid uit de meetdata 2015-2018, terwijl dit voorheen de meetdata 2009-2012 betrof. Deze nieuwe componenten geven over het algemeen aanleiding tot betere waterstandsvoorspellingen, maar niet voor het maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert. Net deze parameter is cruciaal voor het opmaken van de voormelding van de dwarsstroming nabij de Platen van Ossensisse. Het combineren van de astronomische voorspellingen op basis van de nieuwe harmonische componenten en de bestaande grenswaarden uit het vervalcriterium, geven aanleiding tot een sterke onderschatting van het aantal momenten in de voormelding ten opzichte van de waarschuwing 24u vooraf. Deze methodiek kan niet toegepast worden bij het opmaken van de voormelding.

In een tweede stap is vervolgens gekeken op welke manier de voormelding kan verbeterd worden. Hiervoor is een regressie opgemaakt tussen het astronomisch voorspelde en gemeten maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert voor 2021. Tussen beide datasets bleek een lineaire relatie aanwezig te zijn, die vervolgens is toegepast op de voorspelde waarden voor 2022. Een validatie voor de eerste jaarhelft van 2022 bevestigt de relatie. Vervolgens werden de gecorrigeerde vervallen gebruikt om de momenten van dwarsstroming te voorspellen. Voor de eerste jaarhelft van 2022 bleek dat hiermee 10 van de 11 momenten, waar op basis van de gemeten data een verval boven de grenswaarde voor sterke dwarsstroming werd gevonden, ook voorspeld werden. Voor het 11<sup>e</sup> moment werd een matige dwarsstroming voorspeld. Wel dient opgemerkt te worden dat er ook 5 (resp. 2) momenten waren waarvoor een sterke dwarsstroming werd voorspeld, en een matige (resp. geen) dwarsstroming werd vastgesteld in de gemeten vervallen.

Tenslotte werd een predictie gemaakt van de momenten waarop een dwarsstroom kan optreden in de tweede jaarhelft van 2022. Hierbij is gekozen om zowel de momenten te rapporteren gebruik makend van de grenswaarden uit het bestaande verval criterium (27 momenten voor verval > 75 cm), als een alternatieve benadering waarbij gebruik gemaakt wordt van de kans op voorkomen (14 momenten voor kans op voorkomen > 24/jaar). Tevens werd door RWS een predictie gemaakt op basis van de astronomische voorspelling gebruik maken van de oude harmonische componenten en het vervalcriterium. De overeenstemming tussen de alternatieve benadering (kans op voorkomen) en de oude-componenten-predictie is zeer goed. Beide methodes kunnen dan ook gebruikt worden voor het opmaken toekomstige voormeldingen.

## 5.2 Aanbevelingen

In voorliggend onderzoek werd een vergelijking gemaakt tussen het voorspelde en gemeten maximale verval tussen Terneuzen en Hansweert. Hieruit bleek dat sinds 2021 het voorspelde verval systematisch lager ligt dan de metingen. Het verdient dat ook de aanbeveling om hiermee rekening te houden bij de toekomstige “voormeldingen dwarsstroomwaarschuwing”. In voorliggend rapport is een methodiek voorgesteld gebaseerd op het gecorrigeerde astronomische verval en bijbehorende kans op voorkomen. Hoewel de voorspelling op basis van de oude componenten een gelijkaardig resultaat geeft, wordt voorgesteld om de toekomstige “voormeldingen dwarsstroomwaarschuwing” te baseren op de nieuwe harmonische componenten aangezien deze ook voor de reguliere astronomische predicties van de waterstanden zullen worden gebruikt. De voorspelde waarden van het verval moeten dan oftewel gecorrigeerd worden met de gevonden lineaire relatie, oftewel dient de grenswaarde aangepast te worden voor matig en sterke dwarsstroming. Beide opties hebben hetzelfde resultaat en de keuze wordt dan ook aan de uitvoerder gelaten welke zal worden toegepast. De benadering met de oude componenten kan eventueel als een extra controle gebruikt worden.

Een bijkomend aandachtspunt is de keuze van de grenswaarden. In eerder onderzoek werd een alternatieve benadering voorgesteld waarbij uitgegaan wordt van de kans op voorkomen in plaats van de 3-traps-waarschuwing (“geen”, “matig” of “sterk”) die nu gehanteerd wordt. Dit geeft een genuanceerder beeld.

Een andere aanbeveling is de noodzaak tot een gedegen onderbouwing van de waarschuwingsgrenzen, gerelateerd aan de nautische moeilijkheid. Hiervoor zouden vaarsimulaties kunnen plaatsvinden (e.g. fast-time simulaties met auto-pilot) voor verschillende stromingscondities en waarbij het vereiste roer-schroef-gebruik op het vaartraject wordt geregistreerd. Op basis hiervan kan een onderbouwing plaatsvinden van de waarschuwingsgrenzen.

## 6 Referenties

**Decrop, B.; De Clercq, B.; Vanlede, J.; Van Holland, G.; Ides, S.; Plancke, Y.; De Mulder, T.; Mostaert, F.** (2009). Dwarsstromingen Ossensisse-Zuidergat - Rapport numeriek modelonderzoek: Antwerp, Belgium. 115 pp.

**Deltares; IMDC; Svasek; Arcadis.** (2013). Mitigatie dwarsstroming Zuidergat. LTV V&T - rapport B-25

**Plancke, Y.; Stark, J.** (2022). Dwarsstromingen Platen van Ossensisse: Deelrapport 1 – Bepalen kans op voorkomen van hydrodynamische condities en bijbehorende dwarsstroming.

**Plancke, Y.; Stark, J.; Meire, D.; Schrijver, M.** (2020). Complex flow patterns in the Scheldt estuary: field measurements and validation of a hydrodynamic model. *J. Hydraul. Eng.* 146(7). Available at: [https://hdl.handle.net/10.1061/\(asce\)hy.1943-7900.0001737](https://hdl.handle.net/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001737)

**Rijkswaterstaat.** (2020). Voormelding dwarsstroomwaarschuwing 2021. 1 pp.

**Stark, J.; Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2020). Mitigatie dwarsstromingen Platen van Ossensisse: deelrapport 1. Scenario onderzoek. Versie 3.0. *WL Rapporten, 19\_030\_1*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

**van Weerdenburg, R.; van der Werf, J.** (2019). Dwarsstroming in het Zuidergat, Westerschelde: Analyse op basis van metingen tussen 2005 en 2019. 39 pp.



## Bijlage A – Predictie dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval

Tabel 4 – Overzicht momenten potentiële dwarsstroming op basis van gecorrigeerd verval  
In het vet staan moment waarvoor 24u-waarschuwing werd uitgegeven

ID	Datum	Astro-corr	
		dh/ds_cor [cm]	Kans [#jaar]
1	<b>4/01/2022 15:50</b>	76	48
2	<b>5/01/2022 16:40</b>	78	36
3	6/01/2022 17:40	77	42
4	2/02/2022 15:50	83	21
5	3/02/2022 4:10	76	48
6	<b>3/02/2022 16:40</b>	89	12
7	4/02/2022 4:50	76	48
8	<b>4/02/2022 17:20</b>	87	14
9	5/02/2022 18:00	81	28
10	2/03/2022 15:00	81	28
11	3/03/2022 3:10	77	42
12	<b>3/03/2022 15:40</b>	90	11
13	4/03/2022 3:50	81	28
14	<b>4/03/2022 16:20</b>	93	8
15	5/03/2022 4:30	80	32
16	<b>5/03/2022 17:00</b>	89	12
17	6/03/2022 5:10	76	48
18	6/03/2022 17:30	81	28
19	<b>19/03/2022 15:50</b>	80	32
20	<b>20/03/2022 16:30</b>	82	24
21	21/03/2022 17:00	81	28
22	31/03/2022 14:40	81	28
23	1/04/2022 2:50	77	42
24	<b>1/04/2022 15:20</b>	86	16
25	2/04/2022 3:30	77	42
26	<b>2/04/2022 16:00</b>	85	18
27	3/04/2022 16:30	78	36
28	<b>16/04/2022 14:50</b>	76	48
29	<b>17/04/2022 15:20</b>	81	28
30	18/04/2022 3:40	77	42
31	<b>18/04/2022 16:00</b>	83	21
32	19/04/2022 4:20	78	36



ID	Datum	Astro-corr	
		dh/ds_cor [cm]	Kans [#]/jaar]
33	<b>19/04/2022 16:40</b>	80	32
34	16/05/2022 15:00	76	48
35	17/05/2022 3:10	76	48
36	<b>17/05/2022 15:40</b>	77	42
37	18/05/2022 3:50	77	42
38	19/05/2022 4:40	76	48
39	17/06/2022 4:30	77	42
40	18/06/2022 5:20	76	48
41	15/07/2022 3:30	77	42
42	<b>16/07/2022 4:20</b>	85	18
43	<b>17/07/2022 5:20</b>	87	14
44	<b>18/07/2022 6:10</b>	85	18
45	19/07/2022 7:00	76	48
46	13/08/2022 3:30	86	16
47	13/08/2022 15:50	81	28
48	14/08/2022 4:10	94	7
49	14/08/2022 16:30	85	18
50	15/08/2022 5:00	97	5
51	15/08/2022 17:10	83	21
52	16/08/2022 5:40	91	9
53	16/08/2022 18:00	76	48
54	17/08/2022 6:30	81	28
55	10/09/2022 2:30	78	36
56	10/09/2022 14:50	78	36
57	11/09/2022 3:20	91	9
58	11/09/2022 15:30	85	18
59	12/09/2022 4:00	97	5
60	12/09/2022 16:10	86	16
61	13/09/2022 4:30	94	7
62	13/09/2022 16:40	81	28
63	14/09/2022 5:10	87	14
64	14/09/2022 17:20	76	48
65	15/09/2022 5:50	76	48
66	28/09/2022 4:10	76	48
67	9/10/2022 2:20	78	36
68	10/10/2022 2:50	85	18
69	10/10/2022 15:00	80	32
70	11/10/2022 3:30	85	18
71	11/10/2022 15:40	77	42
72	12/10/2022 4:10	80	32

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**  
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

[waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)