



WL hoogtepunten 2021-2022

Waterbouwkundig Laboratorium



Vlaamse
overheid

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE WERKEN



Voorwoord

2021 was een jaar vol veranderingen en ook in 2022 hebben we verder gesurft op allerlei veranderingen die op ons afkwamen.

De veranderingen voor het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) waren niet min:

- Een verhuis naar een nieuw gebouw werd een feit
- Reorganisatie door te focussen op kerntaken, werkbaar
- werk en efficiëntere dienstverlening
- We hebben afscheid genomen van collega's en nieuwe collega's verwelkomd

Elke verandering werd erkend, omarmd en er werd naar gehandeld. We werden niet uit onze lood geslagen en er werden altijd oplossingen gezocht. Dit is alleen mogelijk als je op een golf van veranderingen surft met focus op de toekomst, zeg maar een duidelijke punt aan de horizon.

In 2022 hebben we ook samen aan die toekomst gewerkt. We hebben bijvoorbeeld samengewerkt aan het datagovernanceplan en vanuit onze onderzoeksdomeinen een businessmodelcanvas opgesteld voor het Eigen Vermogen Flanders Hydraulics.

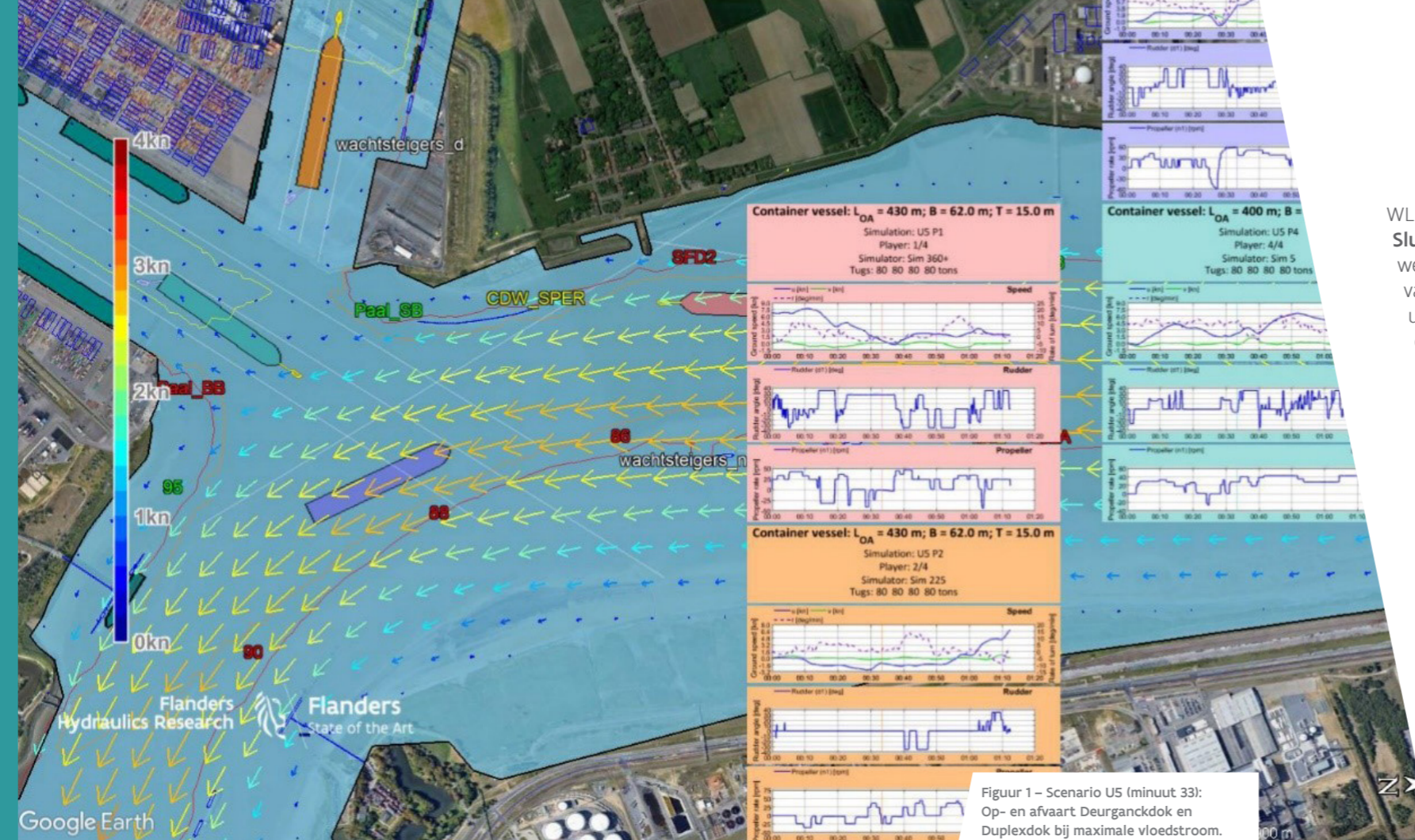
Ook hebben we aan een nieuw beleidsplan gewerkt voor het WL. Dit beleidsplan zal als rode draad dienen en onze basis vormen bij het definiëren van onze identiteit in de verschillende rollen die we vervullen: overheidsinstelling, Vlaams Wetenschappelijke Instelling (sinds mei 2022), Xpertapartner en ons huidige en toekomstige Eigen Vermogen.

Samen zullen we in 2023 verder vorm geven aan de structuren die nodig zijn om van het WL een wendbare organisatie te maken. Zodra deze structuren zijn opgezet, zullen we ons verdiepen in de inhoud door gezamenlijk naar de toekomst te kijken, weloverwogen keuzes te maken en onze relevantie duidelijker op de kaart te zetten.

In dit jaarverslag presenteren wij u een aantal projecten waar wij trots op zijn. De gedrevenheid en ambitie waarmee onze collega's klaarstaan voor het WL en haar Eigen Vermogen, Xperta en bij uitbreiding het departement MOW is de basis om deze projecten te realiseren.

Ik wil alle collega's, partners en klanten bedanken voor de aangename en constructieve samenwerking. Tot slot kijk ik ook al uit naar de realisaties die we in 2023 zullen vieren.

Karim Bellafkih
Afdelingshoofd Waterbouwkundig Laboratorium



Figuur 1 – Scenario U5 (minuut 33): Op- en afvaart Deurganckdok en Duplexdok bij maximale vloedstroom.

WL ondersteunt de afdeling Maritieme Toegang bij het **Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge**. Nadat in 2021 het ontwerp van de achterhaven geoptimaliseerd werd, werden in 2022 bijkomende simulaties uitgevoerd voor de voorhaven van de zuidelijke inplantingsvariant. Focus was de hinder van dwarsstroom uit de jachthaven op de sluismanoeuvres en de mitigerende maatregelen die daarvoor moeten genomen worden samen met ontwerp van fendering als drijfrahmen en hoekfendering nabij de sluishoeken.

Voor de modal shift van de weg naar de waterweg worden bedrijven geconfronteerd met de beperkingen in de beschikbare vloot voor uitvoering van dit transport enerzijds en de dimensies van de waterweg anderzijds. In opdracht van de Vlaamse Waterweg werd voor de **Zuid-Willemsvaart**, een klasse-IV waterweg beperkt tot binnenschepen met lengte 86 m en breedte 8.3 m, op korte termijn een bird's eye view simulatiestudie uitgevoerd om te evalueren hoe scheepsgroottes buiten de toegelaten afmetingen de waterweg kunnen gebruiken, mits ook aanpassingen aan de waterweg. De studie werd uitgevoerd door de Universiteit Gent afdeling Maritieme Techniek in samenwerking met het WL.

Alle simulatiestudies werden uitgevoerd in samenwerking met loodsen en sleepbedrijven en/of met schippers.

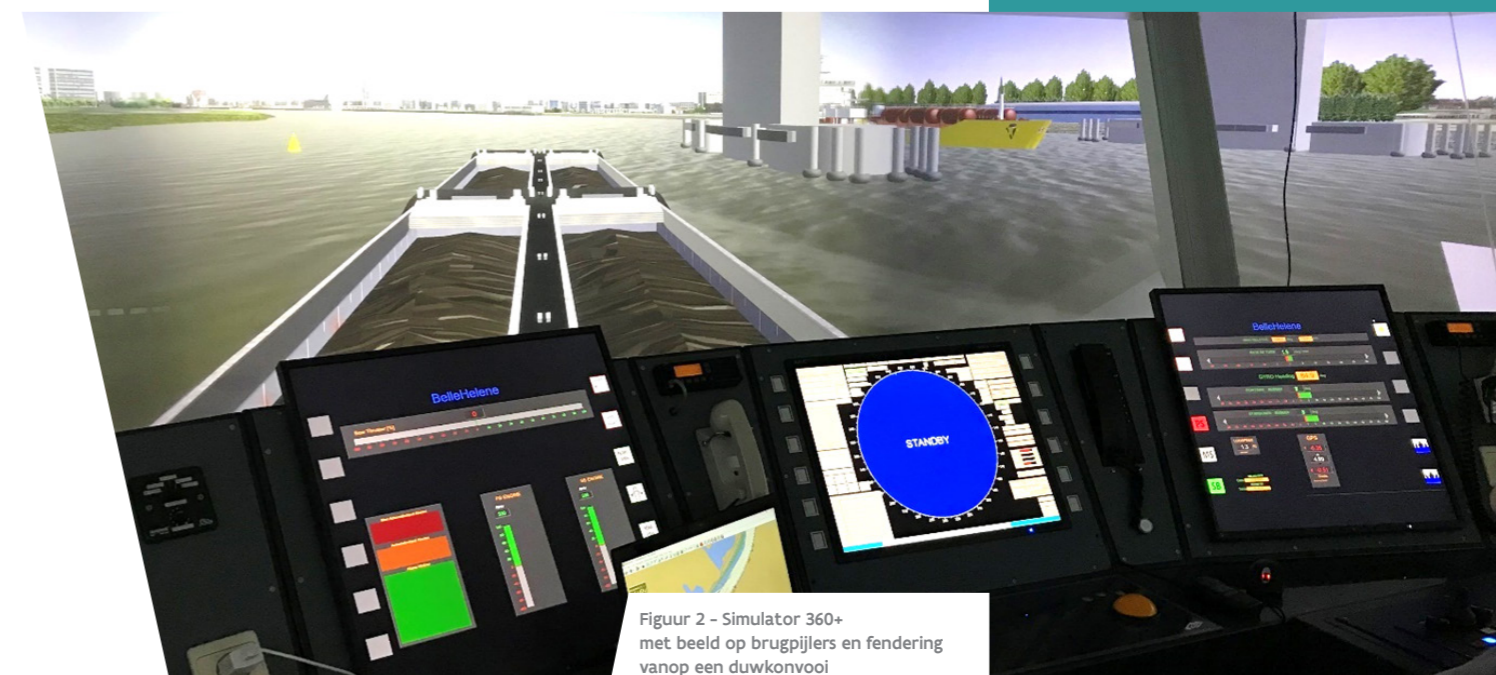
Simulatiestudies

Het uitvoeren van realtime simulatiestudies voor de beoordeling van de toegankelijkheid van scheepvaart tot waterwegen en havengebieden blijft een belangrijk onderzoekstopic voor het nautische team. Vanuit de multidisciplinaire aanpak werd er ook nauw samengewerkt met het hydrodynamische en sedimentologische team voor het aanleveren van numerieke 3D tij- en stroomvelden voor implementatie in de simulatoren.

Voor de Port of Antwerp-Bruges werden in het havengebied Antwerpen twee studies uitgevoerd in het kader van het **Complex Project Extra Containercapaciteit Antwerpen (CP ECA)** met een traffic simulatiestudie op vier gekoppelde simulatoren in maart 2022 (Figuur 1) en een studie naar noodscenario's in november 2022. Het ontwerp van het Duplexdok werd geëvalueerd als toegankelijk in normale en uitzonderlijke situaties. Alle rapporten over het Duplexdok kunnen gedownload worden vanaf: <https://cpeca.be/documenten/projecten-en-omgevingsvergunningen>.

In het kader van de **Scheldeoeververbinding** opwaarts van de Kennedytunnel werd, in opdracht van De Vlaamse Waterweg NV en de Stad Antwerpen, een simulatiestudie uitgevoerd ter beoordeling van het effect van de stroomtoename op de toegankelijkheid voor de scheepvaart door de bouw van een fietsbrug (Figuur 2). Bij een minimale doorvaartbreedte voor het beweegbare brugdeel gelijk aan 130 m blijft de Schelde toegankelijk voor zeevaart onder voorwaarden. Een bijkomend aandachtspunt is de evolutie van de bathymetrie onder invloed van de constructie voor de toegankelijkheid.

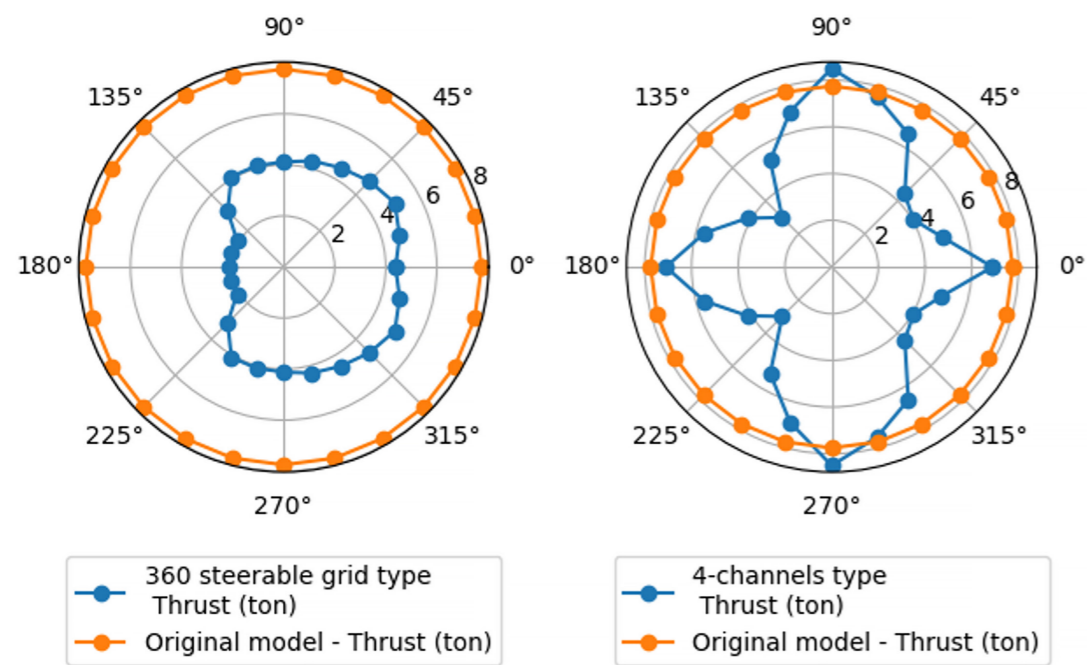
Bij port state control detenties van (container)schepen wenst Port of Antwerp-Bruges de betrokken schepen achter de sluisen te verhalen om de getijderekades vrij te maken voor andere schepen. Er werd onderzocht onder welke windomstandigheden een schip van 400 m op 56.4 m kan verhaald worden door de **Berendrechtssluis** naar het havengebied Rechteroever of door de **Kieldrechtssluis** naar het havengebied Linkeroever.



Figuur 2 – Simulator 360+ met beeld op brugpijlers en fendering vanop een duwkonvooi

6DOF-manoeuvrereemodel voor binnenvaartschip

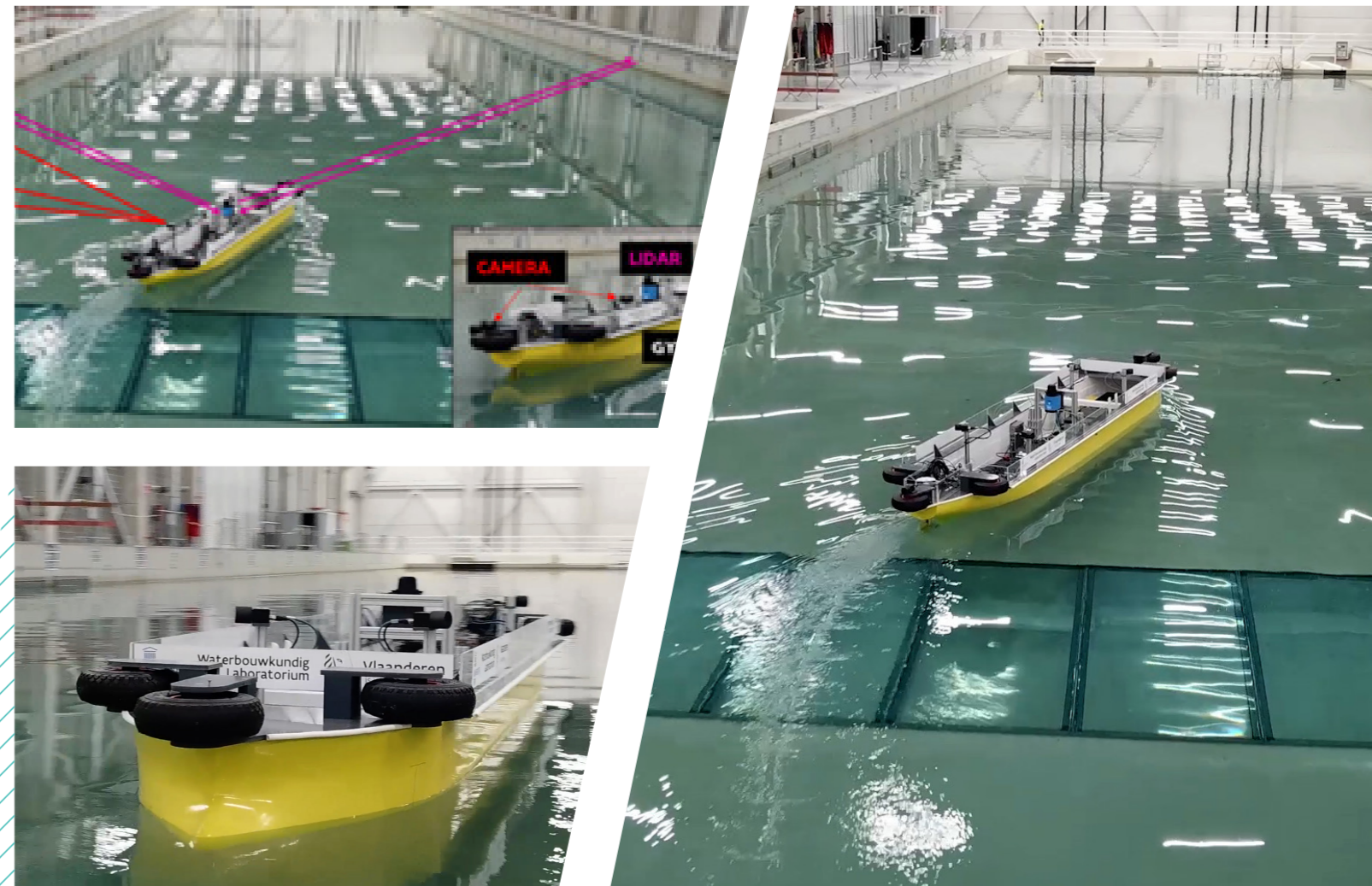
Manoeuvrereonderzoek voor de binnenvaart is een belangrijke toepassing van de simulator. De kwaliteit van de wiskundige manoeuvrere modellen is hierbij bepalend voor de toegankelijkheid van binnenvaart in complexe scenario's, vaak gekenmerkt door ondiep en beperkt water. In 2022 werd een belangrijke vooruitgang geboekt bij het verkrijgen van een 6DOF-manoeuvrere model van een klasse-Va motorschip (110 m x 11.4 m). Het manoeuvrere model werd gemodelleerd op basis van sleeptankproeven bij verschillende scheepsdiepgangen en waterdieptes waarna een eerste validatie uitgevoerd werd door simulaties van standaardmanoeuvres met geautomatiseerde sturing. Vervolgens werden twee validatiedagen georganiseerd waarop ervaren schippers het nieuwe manoeuvrere model beoordeelden. Op basis van hun feedback werd besloten om het beschikbare simulatiemodel voor de stuwkracht van roterbare boegschroeven te verbeteren. De effectiviteit van een boegschroef met verticale aanzuiging kent immers een belangrijke afhankelijkheid van de stuwrichting die voorheen niet in rekening gebracht werd in de simulator. Voor twee gangbare boegschroeftypes werd de stuwkracht in functie van de stuwrichting gedefinieerd op basis van beschikbare literatuur in combinatie met technische specificaties.

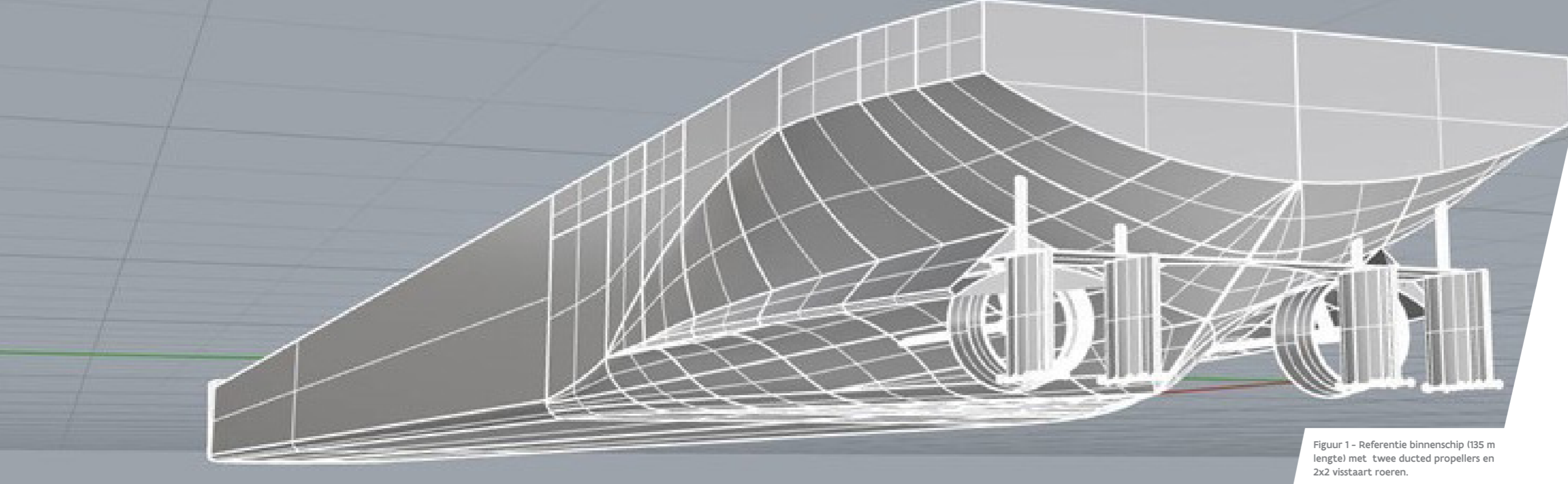


Vergelijking van de stuwkracht van twee soorten boegschroefmodellen in de simulator

Vrijvarend systeem sleeptank Oostende

In de ontwikkeling van het state-of-the-art vrijvarend systeem voor de sleeptank in Oostende was 2022 een belangrijk jaar. Net zoals vele WL-realisaties ontstond dit systeem uit een streven naar innovatie, namelijk hoe kan over een volledig bassin van 170 m lang en 20 m breed de positie van een schip nauwkeurig, kost-efficiënt en in real-time gemeten worden. Naast het bepalen van de positie diende ook het schip te worden aangestuurd op basis van complexe in-huis ontwikkelde controle-algoritmes. In samenwerking met Kapernikov leidde dit tot de ontwikkeling van een sturing over wifi-netwerken, werkend in een ROS (Robot Operating System) omgeving, waar vanop het schip m.b.v. Lidar (Light Detection And Ranging), IMU (Inertial Measurement Unit) en camera's de positie wordt gemeten. Na meer dan een jaar ontwikkeling werd dit in 2022 uitgerold, uitvoerig getest en reeds ingezet in doctoraatsonderzoek in samenwerking met de Universiteit Gent. Dit vrijvarend systeem wordt gezien als cruciaal onderdeel binnen de ontwikkeling van ASHIP – Autonomous Ship Innovation Platform – waar het WL kan instaan voor de validatie van autonome vaarsystemen. Naast de validatie in het bassin in Oostende wordt binnen ASHIP ook de mogelijkheid geboden om autonome vaarsystemen te beproeven in een simulatieomgeving.





Figuur 1 – Referentie binnenschip (135 m lengte) met twee ducted propellers en 2x2 visstaart roeren.

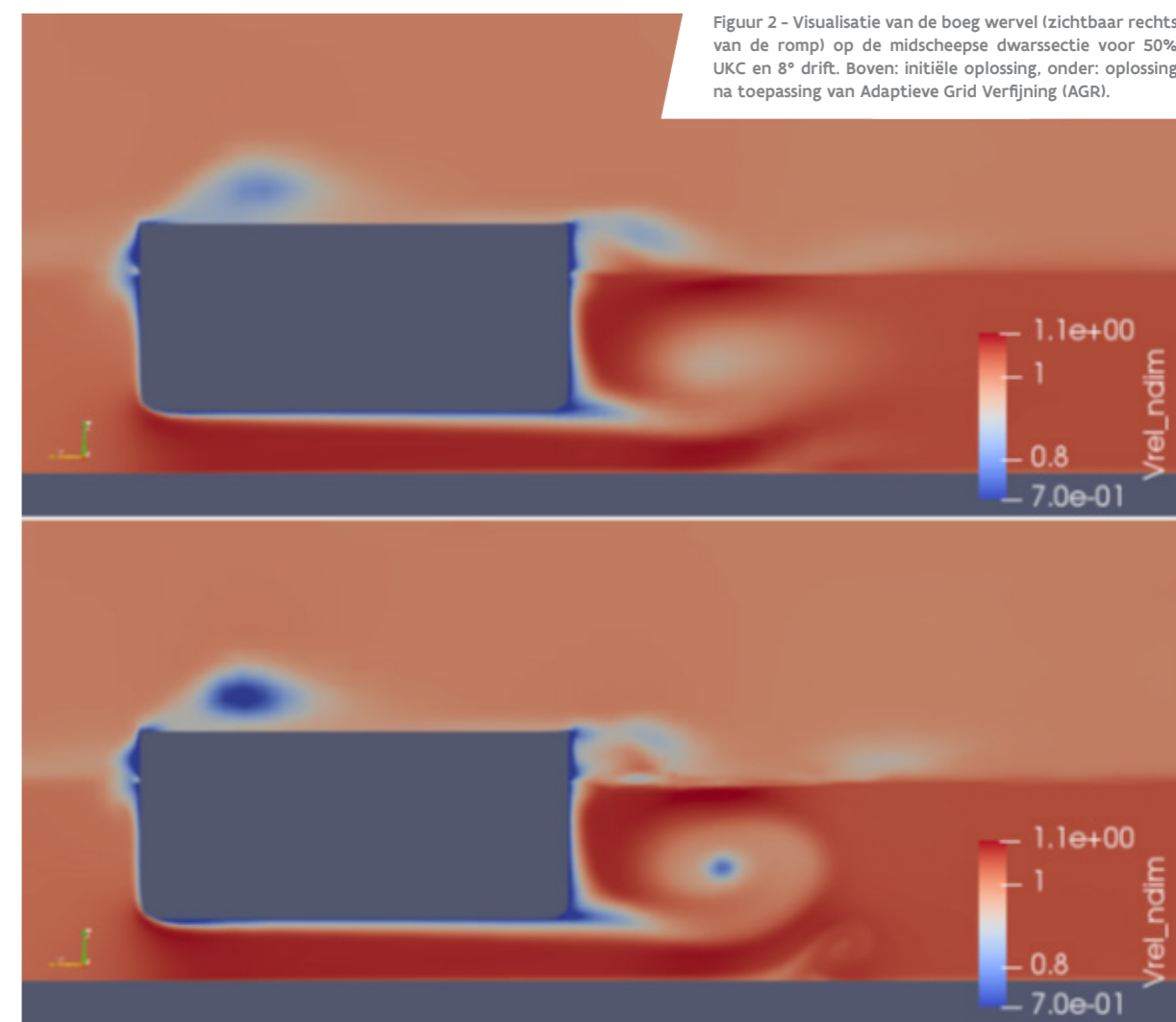
SHallow water INland ships manoeuvRING (SHINING) workshop

Binnen SHINING wordt een selecte groep onderzoekers met sterke interesse in het manoeuvreergedrag van schepen samengebracht. Het doel van het project is om met de inzet van CFD de manoeuvrevoorspellingen naar een hoger niveau te tillen. Tijdens de workshop worden voorspellingsmethoden beoordeeld die van toepassing zijn op de binnenvaart bij manoeuvres in ondiep water om te helpen bij de ontwikkeling van codes, het vaststellen van beste praktijken, en de industrie en regelgevende instanties te begeleiden. Deelnemers aan de eerste workshop zijn BAW en UDE (Duitsland), MARIN (Nederland), UGent en WL (België).

Voor de eerste workshop lag de focus op het simuleren van steady condities (recht door varen met en zonder drifthoeken), bij een enkele snelheid ($V = 0.556$ m/s), een enkele diepgang, maar waarbij de vrije ruimte onder de kiel (UKC – Under Keel Clearance) gevarieerd wordt. WL heeft een bijdrage geleverd door berekeningen uit te voeren in FINE/Marine bij 200% en 50% UKC, met drifthoeken die variëren van 0° tot 12° . Het schip wordt geplaatst in het centrum van een cilindrisch domein (zonder laterale beperking van het stroomveld), waarbij de componenten van de scheepsbeweging dusdanig worden opgelegd, dat alle drifthoeken met een enkel rekenrooster uitgevoerd kunnen worden.

Het weergegeven van stromingskarakteristieken (zoals longitudinale wervels bij varen met drifthoek en Kelvin oppervlaktegolven) met voldoende detail vergt normaliter een iteratief proces waarbij een aanzienlijke hoeveelheid engineering tijd besteed wordt aan het aanpassen van het rekenrooster. Het Adaptive Grid Refinement (AGR) algoritme in de ISIS-CFD solver van FINE/Marine werd gebruikt om deze stromingskenmerken te detecteren en de solver het raster automatisch aan te laten passen. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 2, waar het stroomveld bij de midscheepse dwarssectie van de romp wordt weergegeven bij 50% UKC en 8° drift. De bovenste visualisatie toont de oplossing op het initiële rekenrooster, terwijl de onderste visualisatie de oplossing toont na de aanpassing van het rekenrooster door de solver. De beperkte ruimte onder de romp van het schip veroorzaakt tevens een grenslaag op de bodem die resulteert in een wervel die draait in de tegengestelde richting van de boegwervel.

De opgeleverde resultaten van alle deelnemers werden samengebracht tijdens de eerste Workshop in Karlsruhe (11/5/2022 tot 12/5/2022). Voor de tweede workshop (gepland in het voorjaar van 2023), zal de focus liggen op het uitvoeren van draaicirkels in ondiep water.



Figuur 2 – Visualisatie van de boeg wervel (zichtbaar rechts van de romp) op de midscheepse dwarssectie voor 50% UKC en 8° drift. Boven: initiële oplossing, onder: oplossing na toepassing van Adaptieve Grid Verfijning (AGR).

Toegankelijkheid containerschepen Zeebrugge

De haven van Zeebrugge (onderdeel van Port of Antwerp-Bruges) kende de voorbije jaren een belangrijke groei in containertrafiek. Om deze trafiek te bestendigen vormt de toegankelijkheid van grotere scheepsdiepgangen tot het Albert-II dok een belangrijke randvoorwaarde. In opdracht van PoAB onderzocht het Waterbouwkundig Laboratorium de nautische toegankelijkheid van de haven op basis van een deterministische toegankelijkheidsberekening voor zowel op- als afvaart naar het AlbertII-dok. Hierbij werden verschillende operationele en omgevingsscenario's met elkaar vergeleken.

Bij een deterministische tijpoortberekening wordt het vaarvenster van een tijgebonden schip berekend op basis van onderstaande criteria:

- Een minimale waterdiepte ten opzichte van de nautische bodem in verschillende vaargebieden uitgedrukt als een factor van de scheepsdiepgang (1.1 binnen de haven, 1.125 in de toegangsgaai van de Zand en 1.15 op de zeeroutes (Scheur));
- Een maximale indringing van de scheepsdiepgang in de sliblaag tot 7% van de diepgang;
- Een maximale dwarsstroom ter hoogte van de havendammen gelijk aan 2.0 knopen (het stroomvenster).

Door de relatief korte aanlooproute tot de haven van Zeebrugge geldt voor de criteria gebaseerd op waterdiepte dat de hoogste diepgangen gerealiseerd kunnen worden bij de hoogste waterstanden en bijgevolg omstreeks hoog water en bij springtij condities. Echter bij deze condities zijn ook de stroomsnelheden aan de havendammen het grootst waardoor de toegankelijkheid van de haven in belangrijke mate beperkt wordt door het stroomvenster. Als gevolg van het stroomcriterium kunnen de grootste scheepsdiepgangen behandeld worden na hoog water (dus bij dalend getij).

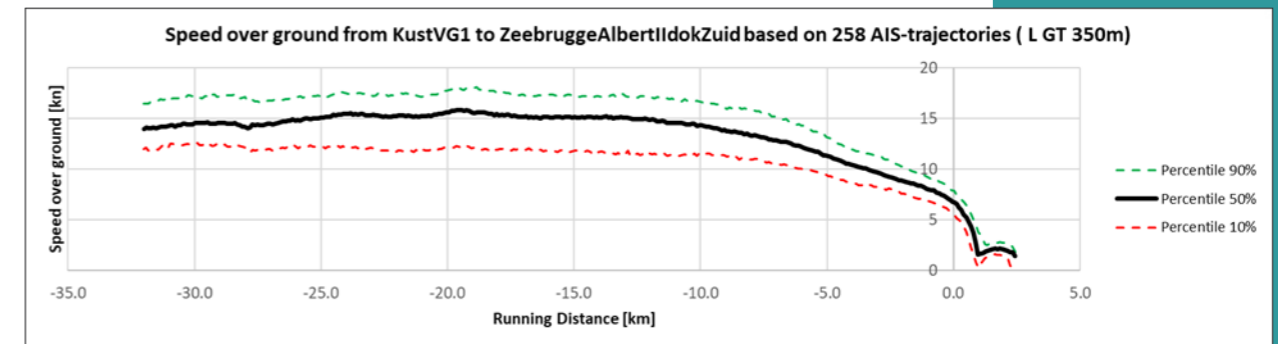
Behalve door bovenstaande criteria worden de resultaten van een deterministische tijpoortberekening ook beïnvloed door de diepteligging van de drempels, de hoogteligging van de sliblaag, de vaarsnelheid van het schip, de tijcondities (waterstand en stroming) en de scheepsdiepgang.

Binnen de opdracht werden verschillende scenario's onderzocht. Zo werden op basis van een AIS-analyse verschillende snelheidsprofielen van containerschepen bekomen (zie Figuur 1). Verder werden op basis van streefdieptes en historische waarnemingen verschillende dieptes scenario's onderzocht en werd het stroomvenster geëvalueerd met twee methodes. De eerste methode stemt overeen met de vaak gehanteerde vuistregel dat het stroomvenster steeds geldt gedurende drie uur, startend twee uur voor het tijdstip van hoog water en eindigend één uur na hoog water. De tweede methode gaat uit van de stroomatlas in combinatie met de geldende tijconditie. Er kan immers vastgesteld worden dat naargelang de tijconditie (doodtij, middeltij of springtij) het tijdstip waarop de stroomsnelheid afneemt tot minder dan 2 kn sterk afhankelijk is van deze tijconditie. Zo blijkt uit Figuur 2 dat voor een springtij-conditie het stroomvenster inderdaad één uur na hoog water sluit, maar dat voor een doortij-conditie de stroomsnelheid reeds 50 minuten voor hoog water onder de 2 kn zakt. Bijgevolg kan bij een doortij-conditie een schip bijna twee uur vroeger de havendammen passeren dan bij een springtijconditie waardoor het schip bij doortij de maatgevende drempels omstreeks hoog water kan passeren terwijl bij springtijcondities de stroomsnelheid aan de koppen vereist dat er na hoog water gevaren wordt.

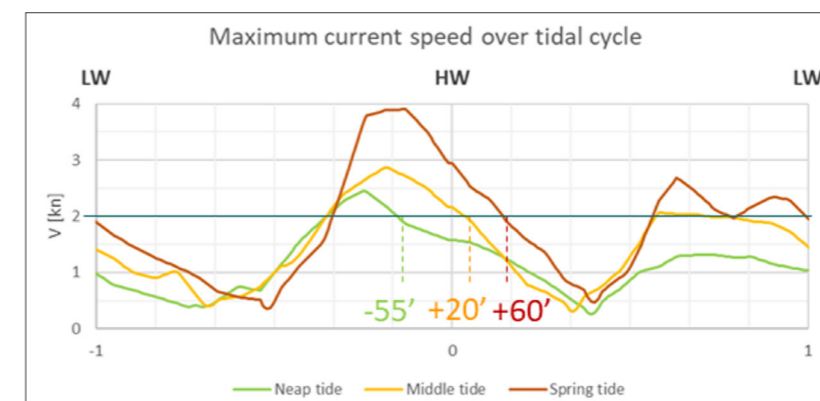
Bovenstaande illustreert dat toegankelijkheid van de haven bij doortij-condities in belangrijke mate verbeterd kan worden door rekening te houden met

het gunstige stroomvensters bij deze conditie. De studie toonde aan dat de maximale diepgangen waarmee op regelmatige basis (d.i. bij 90% van de hoog waters) naar de haven gevaren kan worden tot 5 dm kunnen toenemen door een variabel stroomvenster te hanteren ten opzichte van een vast stroomvenster (3h).

Verder toont de studie o.a. aan dat de toegankelijkheid van de haven voor opvarende schepen voornamelijk bepaald wordt door de ondieptes binnen de haven, terwijl voor afvarende schepen de drempels op het zeetraject maatgevend zijn. Voor beide trajecten geldt immers dat de start van het vaarvenster bepaald wordt door het sluiten van het stroomvenster en dat het sluiten van het vaarvenster bepaald wordt door de dalende waterstanden op de laatste drempels.



Figuur 1 – Statistische beoordeling van de vaarsnelheid van grote opvarende containerschepen tot het Albert-II dok.



Figuur 2 – Evolutie van stroomsnelheden aan de koppen van Zeebrugge bij verschillende tijcondities op basis van Stroomatlas 2011

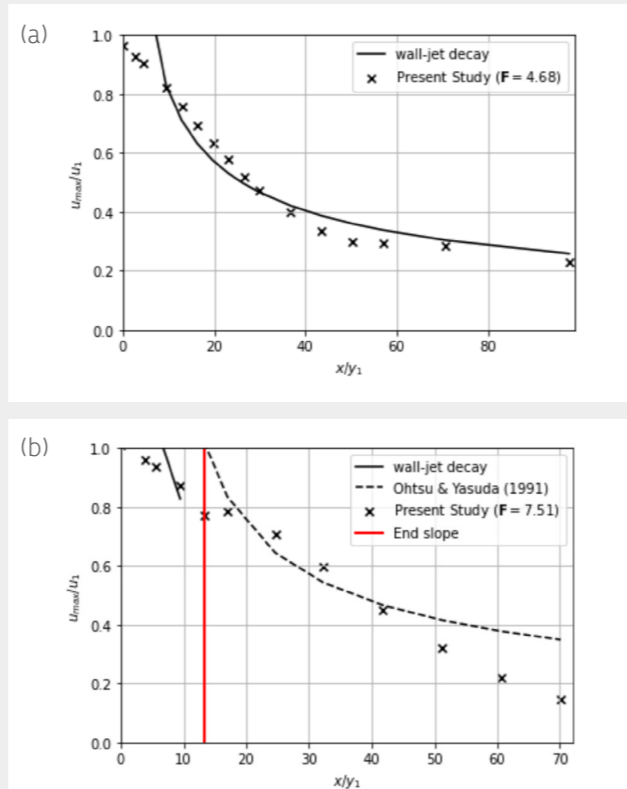
Validatie Computational Fluid Dynamics (CFD) voor hydraulisch onderzoek

In 2020 is het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) gestart met het testen, verifiëren, valideren van Computational Fluid Dynamics (CFD) als onderzoekstool voor hydraulische ontwerpstudies. Dit onderzoek omvat het simuleren met behulp van CFD van veel voorkomende stromingsarchetypen uit de hydraulica, zoals watersprongen, stroming over of onder een stuw of samenvloeiingen van stromen. De resultaten van deze simulaties worden vervolgens vergeleken met resultaten van schaalmodel- of terreinmetingen van WL of uit de literatuur.

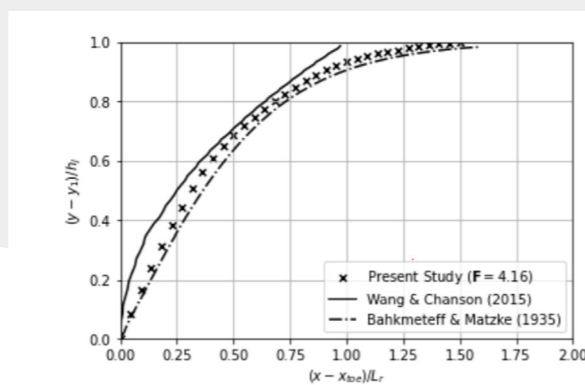
Als eerste stromingsarchetype werd een watersprong afwaarts van een helling beschouwd vanwege zijn complexiteit en relevantie bij het onderzoek naar overloopdijken. Binnen WL is de voorbije jaren schaalmodelonderzoek uitgevoerd naar de stroming afwaarts van een overloopdijk van een gecontroleerd overstromingsgebied. Dit schaalmodel heeft een breedte van 0.7 m, de helling van de dijk in het schaalmodel bedraagt 17°. Voor vergelijking met CFD geeft deze configuratie volgende uitdagingen: steile hellingen laten het gebruik van de potentiaaltheorie en andere methoden uit de klassieke hydraulica niet toe en het meten van karakteristieken van de beluchte stroming of de stroming op de helling is relatief complex. Er werd gekozen om de CFD-modellering te valideren met resultaten uit fundamenteel onderzoek uit de literatuur. Hiervoor is een klassieke stabiele watersprong afwaarts van een helling beschouwd (type A-watersprong) en een watersprong die gedeeltelijk op de helling plaatsvindt (een type B-watersprong).

Figuur 1 vergelijkt voor deze twee types watersprongen de afname van de stroomsnelheid afwaarts van de helling in functie van de afstand tot de helling. Uit de figuur volgt een relatief goede overeenstemming tussen CFD-modellering en resultaten uit de literatuur. Ook andere kenmerkende eigenschappen van een watersprong zoals de waterdiepte voor de sprong, waterdiepte na de sprong en de lengte van de roller bleken goed gereproduceerd te kunnen worden met CFD, zie Figuur 2. In deze figuur zijn deze kenmerkende eigenschappen weergegeven aan de hand van twee niet-dimensionele parameters. Een goede overeenkomst van de niet-dimensionele parameters betekent dat ook de genoemde drie onderliggende variabelen een goede overeenkomst moeten vertonen.

Dit onderzoek is een eerste stap in de validatie van CFD-modellering van een watersprong. Hierna is het de bedoeling om ook watersprongen bij stroming over of onder een stuw te onderzoeken.



Figuur 1 - Afname van maximale stroomsnelheid afwaarts van een helling in functie van de afstand tot de helling voor de klassieke watersprong (a) en een watersprong die gedeeltelijk op de helling plaatsvindt (b)



Figuur 2 - Variatie van waterdiepte voor sprong (y_1) en waterdiepte na sprong (h_1) in functie van afstand tot helling (x_{toe}) en lengte roller (L_r)

Opmeten scheepsbewegingen

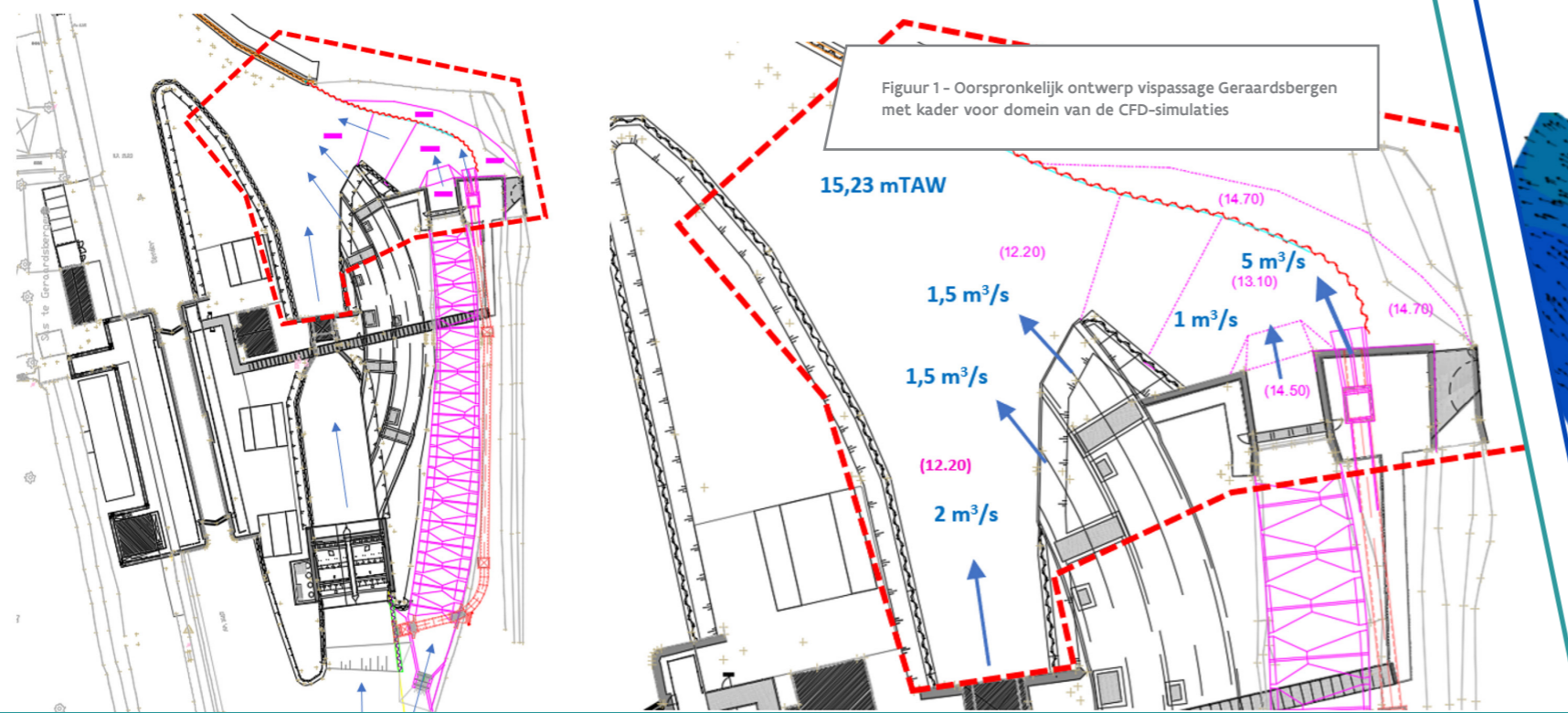
Sluizen vormen een essentiële schakel in het Vlaamse waterwegennetwerk. Het Waterbouwkundig Laboratorium voert regelmatig studies uit om het vul- en ledigingsproces van binnenvaartsluizen in Vlaanderen te optimaliseren. Een schip dat genivelleerd wordt in een sluiskolk zal ten gevolge van het in- of uitstromende water krachten ondervinden die afgedragen worden via de trossen. Hierbij mogen de krachten in de trossen, maar ook de verplaatsingen van het schip in de kolk, niet te groot worden.

Voor het hydraulisch ontwerp van het vul- en ledigingsysteem van een sluis wordt gebruik gemaakt van sterk vereenvoudigde theoretische modellen. Het toepassingsgebied van deze modellen is echter beperkt. Het gedrag van recreatievaartuigen bijvoorbeeld is slechts beperkt beschreven. Daarnaast kunnen terreinmetingen uitgevoerd worden als validatie van het ontwerp van het nivelleersysteem bij een nieuwe sluis of als optimalisatie van het nivelleersysteem bij een bestaande sluis. Op dit ogenblik beperken terreinmetingen zich tot het plaatsen van sensoren in de sluiskolk of op de schepen zelf. Deze methodes zijn omslachtig en de nauwkeurigheid van de opgeleverde data is eerder beperkt.

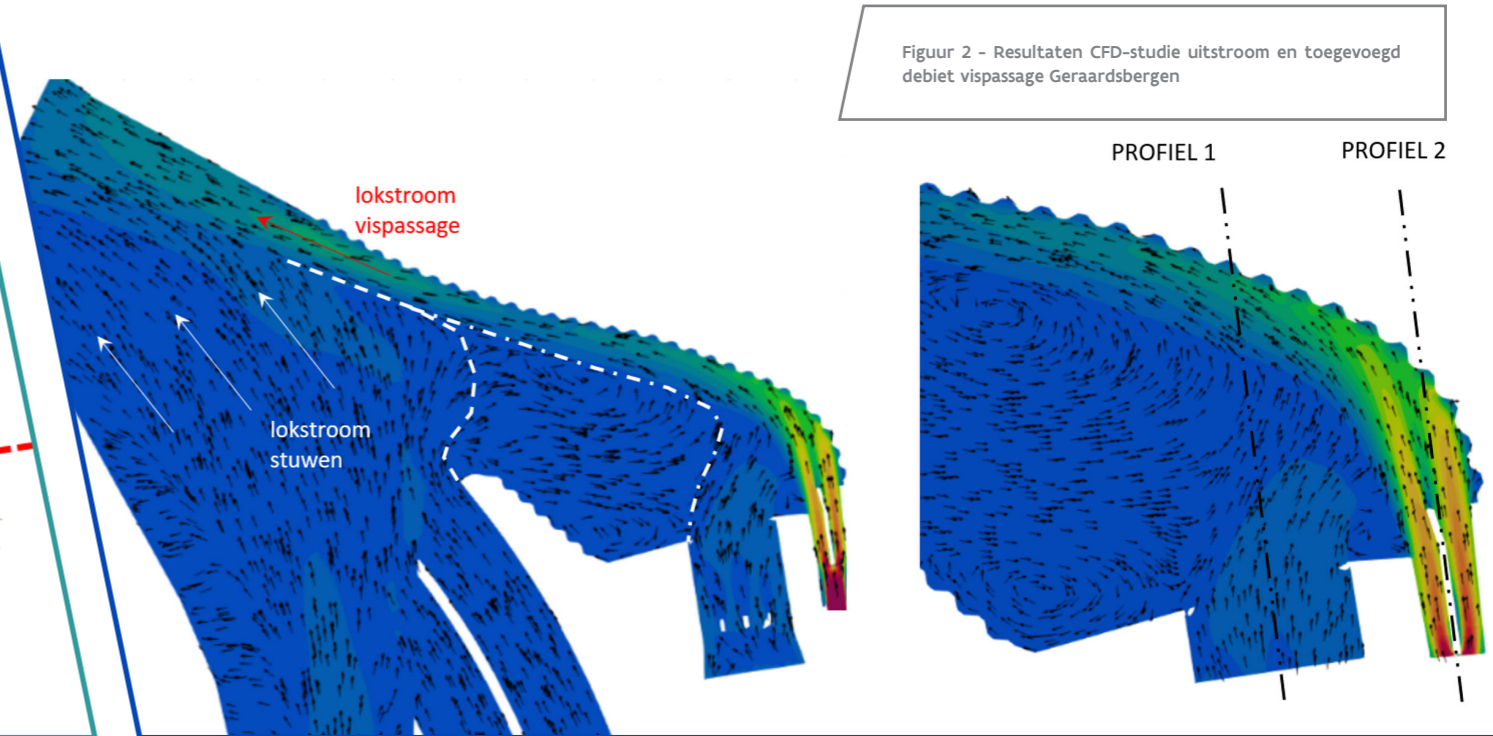
Om die reden ziet het Waterbouwkundig Laboratorium de noodzaak om een contactloze en mobiele meettechnologie te ontwikkelen die efficiënt en veilig, vanop de kade, de verplaatsingen en hellingen van een schip in een sluiskolk tijdens het nivelleren kan opmeten. De helling van het schip tijdens een nivellering is namelijk een goede maat voor de kracht die het water op het schip uitoefent. Deze nieuwe meettechnologie moet toelaten om de veiligheid en efficiëntie van de Vlaamse sluisen te optimaliseren en de doorstroming van de scheepvaart te verbeteren.

Aangezien er nog geen "off the shelf" meettoestel bestaat om dergelijke metingen uit te voeren werd in samenwerking met het Programma Innovatieve Overheidsopdrachten (PIO) een traject opgestart. Binnen dit traject werd door een externe consultant eerst een technologiescouting en een marktconsultatie uitgevoerd. Hieruit volgde de aanbeveling om door middel van een Proof of Concept (POC) verschillende meettechnieken en verwerkingstechnieken te vergelijken. In 2022 werd een aanbesteding uitgeschreven voor de uitvoering van maximaal drie POC's. Hierbij werden twee opdrachten gegund. De eerste opdracht betreft een POC met een fotogrammetrische techniek en de tweede opdracht betreft een POC met een techniek waarbij een prisma op het schip wordt geplaatst welke door een drone gevolgd wordt. In het voorjaar van 2023 worden de meettechnieken in gecontroleerde omstandigheden getest.

In het najaar van 2023 wordt vervolgens een test uitgevoerd in een echte sluis. Wij zijn alvast enthousiast en kijken uit naar de resultaten!



Figuur 1 - Oorspronkelijk ontwerp vispassage Geraardsbergen met kader voor domein van de CFD-simulaties

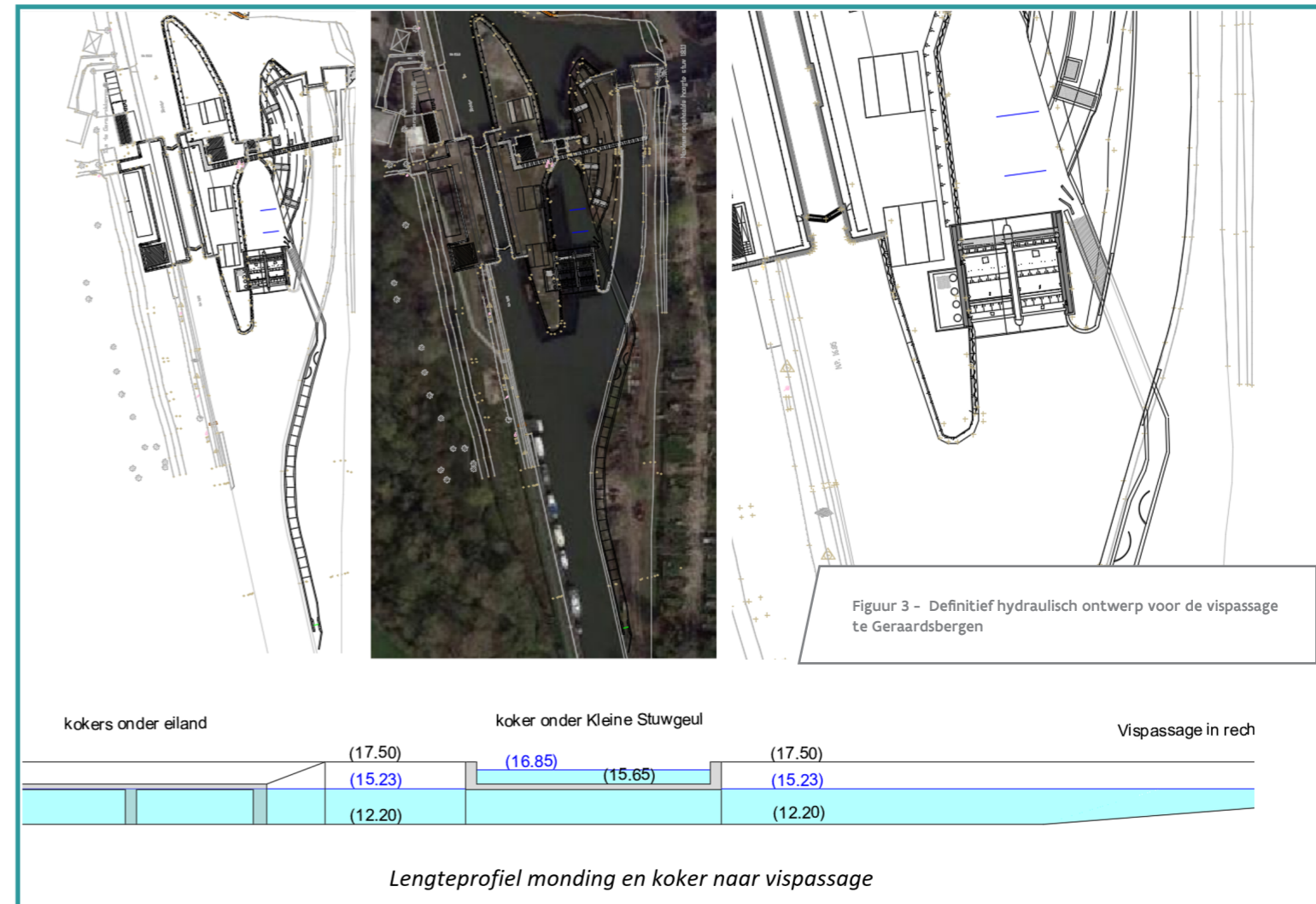


Figuur 2 - Resultaten CFD-studie uitstroom en toegevoegd debiet vispassage Geraardsbergen

Hydraulisch ontwerp vispassage Geraardsbergen

In kader van de nieuwe vergunningsaanvraag voor de vernieuwing van het stuwsuiscomplex te Geraardsbergen is een actualisatie van het ontwerp van de vispassage nodig. Daarom heeft De Vlaamse Waterweg afdeling Regio West aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) gevraagd om in nauwe samenwerking met het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) de actualisatie van het hydraulische ontwerp voor de vispassage uit te werken. Vanuit landschappelijke en erfgoedrandvoorwaarden had het aanvankelijk de voorkeur om de vispassage als V-vormige bekkentrap in de huidige Kleine Stuwgeul te realiseren (zie Figuur 1). Bij deze inpassing komt de vispassagemonding echter te ver afwaarts van het migratieknelpunt (de stuwen) te liggen. Daarom heeft INBO aangeven dat bij een dergelijke inpassing een lokstroom gerealiseerd moet kunnen worden die onder normale omstandigheden minstens de helft van de dagelijkse afvoer betreft. Een debiet van dergelijke grootte kan niet volledig via de vispassage worden geleid. Om die reden werd de toepassing van een (verhoogd) toegevoegd debiet onderzocht via een ondergrondse buis in de rechteroever die parallel aan de vispassage loopt en afwaarts uitmondt net naast de monding van de vispassage (zie rechts in Figuur 1).

Aangezien niet duidelijk was of met dit ontwerp een goed lokstroompatroon gerealiseerd zou kunnen worden, werd het stromingspatroon gesimuleerd aan de hand van Computational Fluid Dynamics (CFD). Uit de resultaten van de CFD-studie (zie Figuur 2) bleek echter dat het realiseren van een goede lokstroom niet mogelijk was. De meeste vissen zouden namelijk nog altijd naar de stuwen gelokt worden en zo de vispassage ingang missen. Daarnaast zouden ook relatief veel maatregelen nodig zijn om erosie van de rechteroever te voorkomen. Er werd daarom gekozen voor een alternatieve locatie van de vispassage in de rechteroever stroomopwaarts van de stuwen (zie Figuur 3). Op deze wijze kan de vispassagemonding wel op de juiste locatie gerealiseerd worden, wat een zeer belangrijk element is met oog op een efficiënt ontwerp. Om het historische landschappelijk karakter van het huidige stuwsuiscomplex te kunnen behouden is hierbij wel een kokerverbinding nodig onder de Kleine Stuwgeul door. Tenslotte bleek een vertical slot type vispassage een optimaler en robuuster ontwerp te geven met oog op passeerbaarheid en het toelaatbaar basisdebiet rekening houdend met het percentage van de tijd dat de vispassage geopend is.



Figuur 3 - Definitief hydraulisch ontwerp voor de vispassage te Geraardsbergen

kokers onder eiland	koker onder Kleine Stuwgeul	Vispassage in rech
(17.50)	(16.85)	(17.50)
(15.23)	(15.65)	(15.23)
(12.20)		(12.20)

Lengteprofiel monding en koker naar vispassage



Living Lab Raversijde

In Raversijde, deelgemeente van Oostende, wordt in de periode 2021-2030 onderzoek uitgevoerd om de kennis over kustbescherming te vergroten. DMOW, MDK en VLIZ hebben hiervoor de handen in elkaar geslagen om op het strand een Living Lab op te richten.

Dit Living Lab Raversijde omvat het bouwen van pilootprojecten, de realisatie van gedetailleerde monitoring en logistieke ondersteuning. Dit alles zal toelaten om nieuwe inzichten te bekomen over de werking van de zeedijken, de duinen, de stranden, de vooroevers en de kustnabije geulen en banken die samen de zeevering vormen in de badplaatsen aan de Belgische kust.

Universiteiten, wetenschappelijke instellingen en de private sector zijn uitgenodigd om projecten voor onderzoek, ontwikkeling en innovatie in relatie tot kustbescherming op te zetten waarbij ze in het Living Lab ondersteund worden door de terbeschikkingstelling van onderzoeksinfrastructuur en in-situ data.

In 2021 werd enerzijds de onderzoeksdijk gebouwd en anderzijds het 'duin voor dijk' pilootproject aangelegd. Twee onderzoeksprojecten werden opgestart die gebruik maken van deze onderzoeksinfrastructuur:



1. De onderzoeksdijk op het nat strand van Raversijde werd in 2021-2022 volledig uitgerust met een veertigtal meetinstrumenten. Met deze meetopstelling kan de golfoverslag over de kruin van de dijk bestudeerd worden in live omstandigheden. In de winter van 2022-2023 werd golfoverslag gemeten tijdens 2 winterstormen. In het verleden werd golfoverslag reeds in labo-omstandigheden nagebootst op schaalmodellen, waarbij echter bepaalde vereenvoudigingen moesten worden gemaakt. Op de onderzoeksdijk treden de werkelijke condities op hetgeen aanvullende inzichten zal opleveren in het proces van golfoverslag. Deze nieuwe kennis zal gebruikt worden voor een verdere optimalisatie van de bescherming van de badplaatsen tegen overstromingen.

2. Op het droog strand tussen Raversijde en Mariakerke werd in 2021 zand aangevoerd door suppletie als basis voor de aanleg van een duin voor de zeedijk. Rijshouthagen werden geplaatst en helmgras aangeplant in verschillende configuraties. In de eerste 2 jaren na de aanleg is een omvangrijke eolische aanwas van het duin opgetreden. De vegetatieontwikkeling werd grotendeels ondersteund door zand. De komende jaren zal de morfologie van deze duinen en de vegetatieontwikkeling verder gedetailleerd gemonitord worden.

Ook in Westende en ter hoogte van de Spinoladijk op de grens tussen Oostende en Bredene zijn 'duin voor dijk' pilots aangelegd en is de monitoring gestart. Langjarige monitoring van deze pilots zal waardevolle data opleveren waarmee 'duin voor dijk' projecten ontworpen kunnen worden die een belangrijke bouwsteen zijn in de toekomstige kustbescherming bij toenemende zeespiegelstijging.



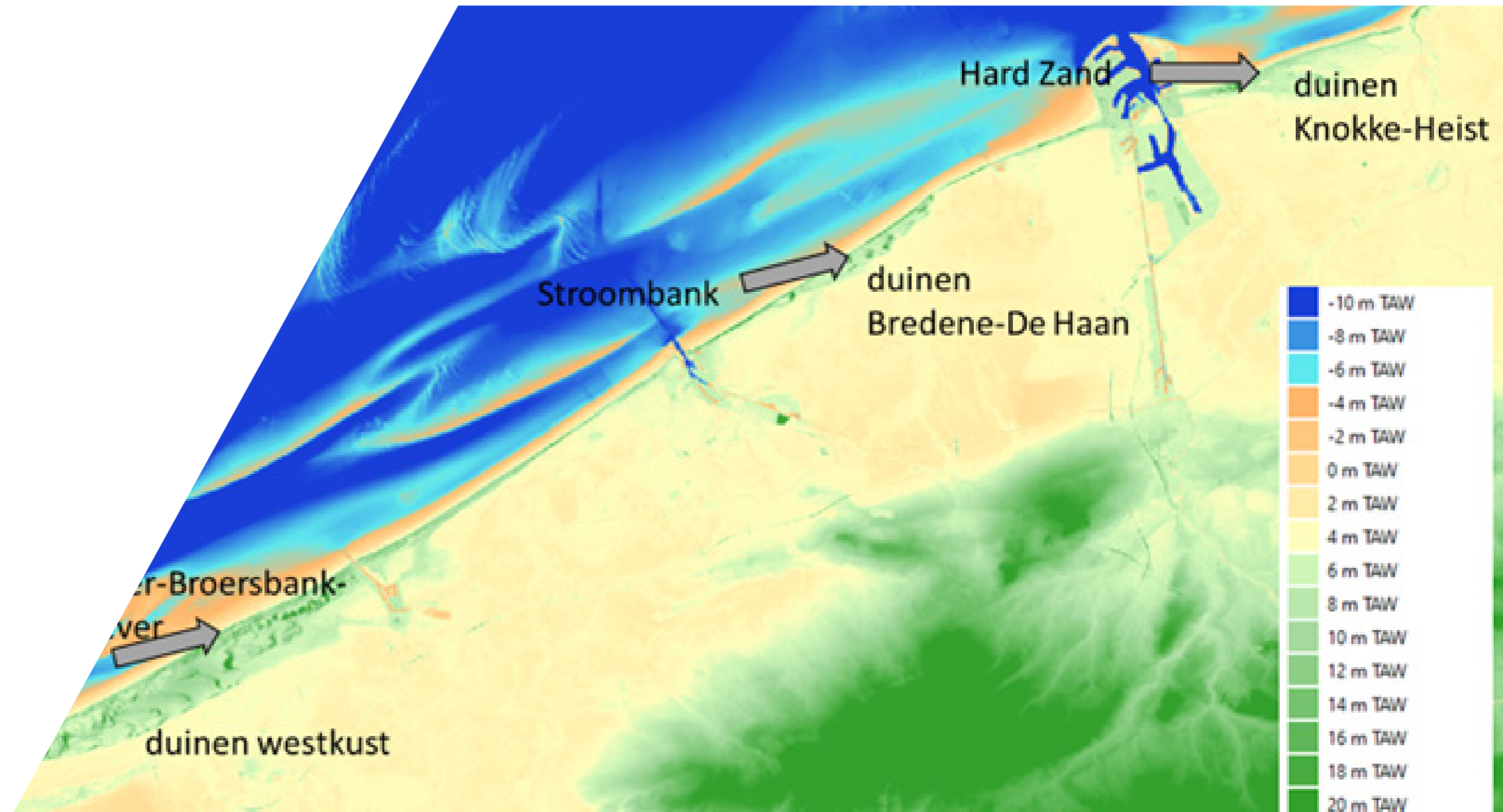
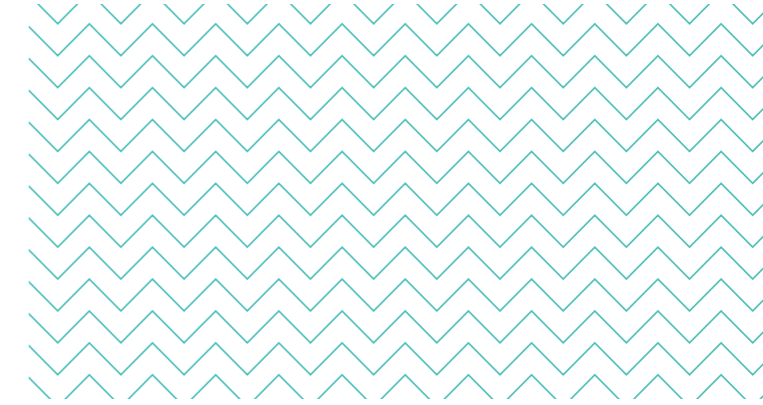
MOZES – Morfologische interactie tussen de Zeebodem en de Stranden

In 2022 is het MOZES onderzoeksproject gestart, dat handelt over de morfologische interactie tussen de zeebodem en de stranden. Dankzij project MOZES gaan we in de komende jaren meer te weten komen over het belang van de zeebodem voor de kustbescherming van de Belgische kust. We weten allemaal dat de duinen de natuurlijke zeewering is, maar nieuw voor de wetenschap is dat deze duinen ontstaan zijn via een proces van natuurlijke voeding vanuit het kustnabije geulen-banken systeem. Op het onderstaande plaatje zijn de locaties zichtbaar van enerzijds bredere duingebieden en anderzijds kust aangehechte banken, die niet toevallig samenvallen in 3 zones.

Het heeft wel heel lang geduurd alvorens er voldoende zand aangevoerd was vanuit zee om deze duinen vorm te geven. Orde van grootte gaat het over intensiteit van 200.000 m³/jaar gedurende een periode van 1000 jaar. Door de uitbouw van de havens van Oostende en Zeebrugge is actueel nog slechts op 1 van de 3 zones deze natuurlijke voeding onaangeroerd, namelijk aan de westkust. Daarnaast zijn er zones aan de

kust met opdringerige geulen die een bedreiging zijn voor de stabiliteit van de stranden. Traag maar gestaag bewegen deze geulen landwaarts en/of verdiepen ze. Het gaat maar over trage processen, maar op de lange termijn is het gevolg dat er meer suppletiewerken nodig zullen zijn om de kustbescherming er op peil te houden. Omdat er nog onontgonnen databronnen zijn waarmee nieuwe inzichten kunnen verkregen worden in de morfologische interactie tussen de zeebodem en de kustlijn, en omdat we wiskundige modellen willen maken ter beschrijving van deze processen is MOZES gestart. Het MOZES-onderzoek heeft een looptijd van 4 jaar (2022-2026) en wordt uitgevoerd middels een contract dat het WL heeft afgesloten met een consortium onder leiding van Antea bestaande uit Belgische en Nederlandse kustmorfologen en numerieke modelleers.

We zijn MDK-aKust dankbaar voor hun cofinanciering van dit project



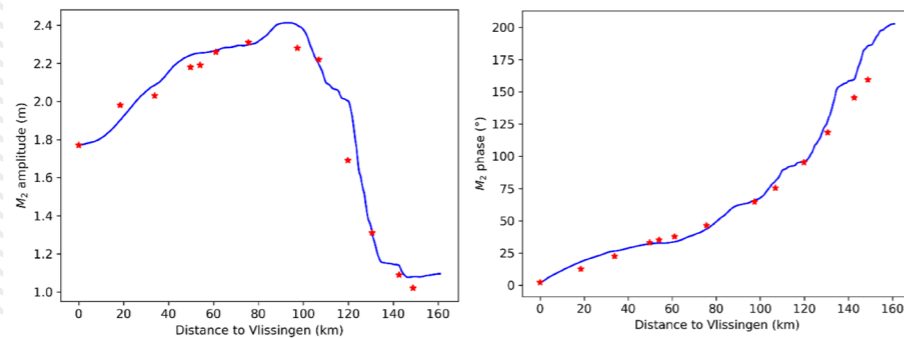
iFlow3D: toepassing van de hydrodynamische module

In het kader van de ontwikkelde "Visie Geïdealiseerd Modelleren" (WL-project 19_094) is er een samenwerking met de onderzoeksgroep DIAM van de TU Delft (contactpersoon prof. dr. H.M. Schuttelaars). Binnen dit kader is project 20_007 gedefinieerd waarbinnen door een doctoraatsstudent een 3D versie van het breedtegemiddelde iFlow-model (Dijkstra et al., 2017) wordt ontwikkeld. Het WL past dit 3D model toe op de Schelde. De actuele stand van zaken is dat de hydrodynamische module (hoofdgetij M2 met hogere harmonische componenten M0 en M4) getest wordt. Een sedimentmodule wordt momenteel ontwikkeld.

In 2022 is dit model deels is toegepast op de Schelde. Hierbij is enkel de geometrie van de hoofdtak (geen zijrivieren) meegenomen en is een tweedimensionale bodem gebruikt die voor wat betreft thalwegdiepte en nat doorstromingsoppervlak overeenkomt met de Schelde. Deze bodem kent vooralsnog één enkele geul en is voldoende diep zodat nergens droogval voorkomt.

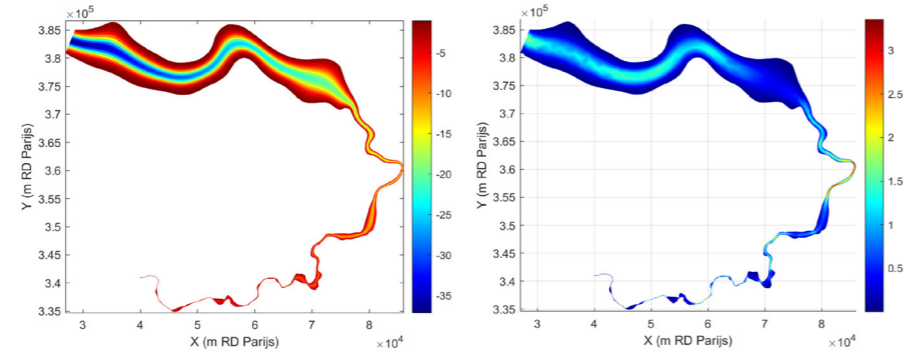
De versie van de code die in 2022 beschikbaar was beschreef enkel het hoofdgetij (M2). Hieronder zullen derhalve enkele resultaten worden gepresenteerd voor het gekalibreerde M2-getij.

In Figuur 1 is een vergelijking getoond tussen de gekalibreerde M2-waterstand en de metingen. De resultaten zijn verkregen door de bodemruwheid langs het estuarium ruimtelijk te laten variëren. Het gekalibreerde model komt voor wat betreft amplitude en fase van het M2 getij redelijk goed overeen met de metingen.



Figuur 1 - Langsverloop van de M_2 amplitude (links) en M_2 fase (rechts) voor het gekalibreerde model. De rode sterren geven de metingen weer.

In Figuur 2 is links de bodemhoogte ten opzichte van MSL weergegeven. Hierbij is duidelijk zichtbaar dat de bodemligging uit één enkele geul bestaat. In het rechterpaneel is de dieptegemiddelde grootte van de langsgerichte component van de M_2 -snelheid getoond. Hierbij is de ruimtelijke variatie van belang: afnemend in opwaartse richting in de Westerschelde, en weer toenemend tot een maximum nabij en net opwaarts van Antwerpen. Vervolgens daalt de snelheid weer. Dit soort lokale maxima van snelheden kunnen door een getij-asymmetrie mechanisme genaamd spatial settling lag (de Swart & Zimmerman, 2009; Postma, 1961) een belangrijke rol spelen bij het vasthouden van sediment waardoor zich estuariene troebelheidsmaxima kunnen vormen (Brouwer et al., 2018).



Figuur 2 - Links: bodemligging tov. gemiddeld zeeniveau (m), rechts: amplitude van de M_2 -snelheid (m/s) in de langsrichting van het estuarium.

In 2023 wordt het hier beschreven Scheldemodel uitgebreid met M0 -en M4-getij en zal ook een sedimentmodule beschikbaar komen waarmee sedimentverdelingen bij vaste, doch willekeurige rivierafvoeren kunnen worden bepaald. Tevens zal de bodemligging worden uitgebreid waardoor het meergeulensysteem in de Westerschelde kan worden meegenomen.

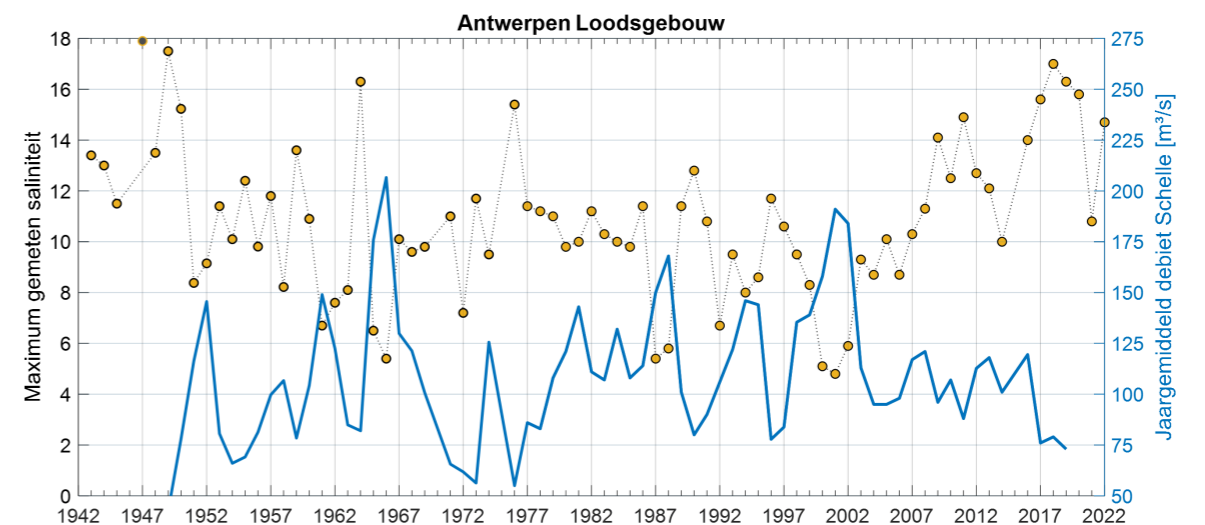
Zoutindringing in het Schelde-estuarium: historisch perspectief

In het project 19_081 (saliniteitsgradiënt in het Schelde-estuarium) werden er heel wat saliniteitsdata uit het archief van het Waterbouwkundig Laboratorium gedigitaliseerd. De vroegste meetpunten dateren van 1901, maar de eerste reeksen of systematische metingen dateren van 1943. In die tijd werd het zoutgehalte nog via titratie bepaald en het aantal metingen per tijdseenheid zijn dan ook beperkt. De archiefdata vullen toch onze blik op het verleden verder aan. Voor verschillende plaatsen in het estuarium zijn er nu ook meetreeksen beschikbaar vanaf 1943 tot 1977. Tot voor dit project was data van voor 1977 schaars. over zoutindringing in estuaria is al veel bekend en deze archiefdata geeft dan ook vooral een historisch perspectief voor zoutindringing in het Schelde-estuarium.

De historische data voor de locatie Antwerpen Loodsgebouw tonen zo bijvoorbeeld dat de saliniteitswaarden in de jaren 1947, 1948, 1949 en 1950 ook reeds zeer hoge waarden bereikten en zelfs hoger liggen dan de waarden die we de afgelopen jaren tijdens de droge zomers bereikten (zie figuur 1). Het is dan ook vooral de bovenafvoer van zoet water of beter het gebrek daaraan, dat voor een grotere zoutindringing zal zorgen. Ook in die historische jaren waarin de saliniteit te Antwerpen dergelijke hoge waarden bereikten was de bovenafvoer in de lente en zomer zeer beperkt. Het waren in die tijd ook zeer droge zomers. Tot op heden is het wel zo dat de bovenafvoer elk jaar dan wel weer hogere waarden bereikte zodat het zout dan weer uitgespoeld werd tot afwaarts Antwerpen.

Verder werd er binnen dit project aandacht besteed aan het effect van zeespiegelstijging op de zoutindringing. Een stijging van de gemiddelde waterstand in het estuarium zorgt voor een verdere indringing van zout in het estuarium. Het effect is vergelijkbaar met een verdieping van de watervoerende geul. Zo kende vooral de Beneden Zeeschelde de laatste decennia een verdieping van de geul. Ook dit heeft tot gevolg dat het zout gemakkelijker het estuarium kan indringen. Echter blijft de bovenafvoer of het gebrek eraan wel de belangrijkste factor om te bepalen hoever het zout het estuarium kan binnen dringen.

Naast het data-onderzoek werd er met behulp van een numeriek model de bovenstaande factoren bekeken wat betreft de zoutindringing in het Schelde-estuarium. Een numeriek model heeft als voordeel dat er parameters constant kunnen gehouden worden, terwijl andere kunnen gevarieerd worden. Zo werden er scenario's doorgerekend met betrekking tot zeespiegelstijging, verschillende debieten bovenafvoer en verschillende bathymetriën.

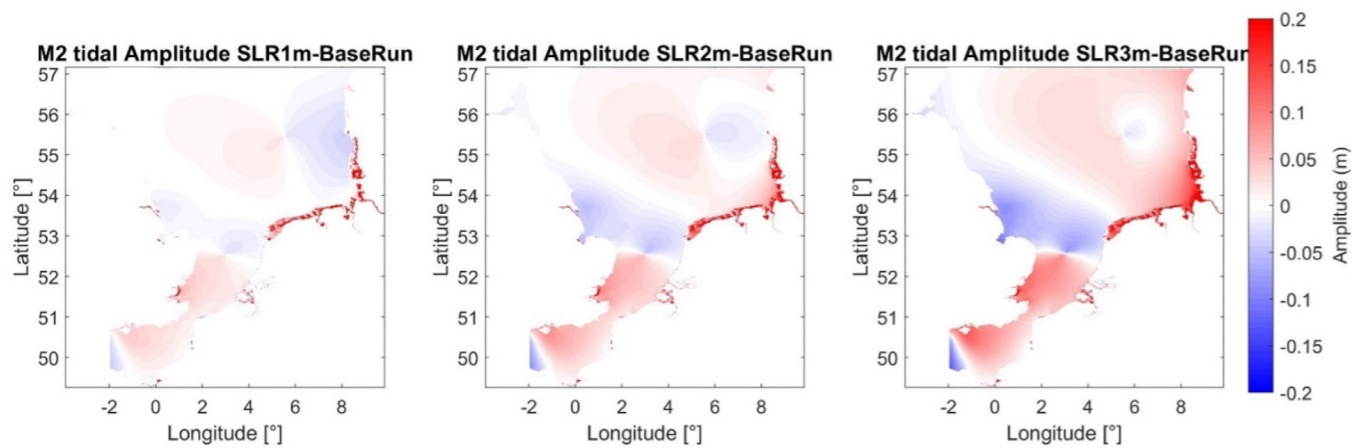


Figuur 1 - Voor de locatie Antwerpen Loodsgebouw werden in het archief de meeste data teruggevonden en gedigitaliseerd. In deze grafiek worden de maximum saliniteiten per jaar geplot. Daarnaast werd ook de jaargemiddelde bovenafvoer te Schelle afgebeeld. Dat jaargemiddelde is slechts beperkt indicatief, aangezien het vooral de lengte van de langste droge periode is die zorgt voor de maximum indringing van het zout in het estuarium.

Effecten Zeespiegelstijging op waterbeweging en sedimenttransport in de Schelde

In het kader van het onderzoeksprogramma "Agenda voor de Toekomst" voerde het WL onderzoek uit naar de verwachte invloed van zeespiegelstijging.

In deze studie werden 3 scenario's van zeespiegelstijging (ZSS) in acht genomen: +1, +2 en +3m. Dit zijn ook de waarden die worden gehanteerd binnen het project Kustvisie, een lopende strategische oefening die de adaptatiemogelijkheden in kaart brengt om de Belgische kust veilig beschermd te houden tegen toekomstige zeespiegelstijging. Deze waarden zijn gebaseerd op werk rond de impact van het mogelijk versneld afsmelten van de ijskap in Antarctica (Le Bars et al., 2017).



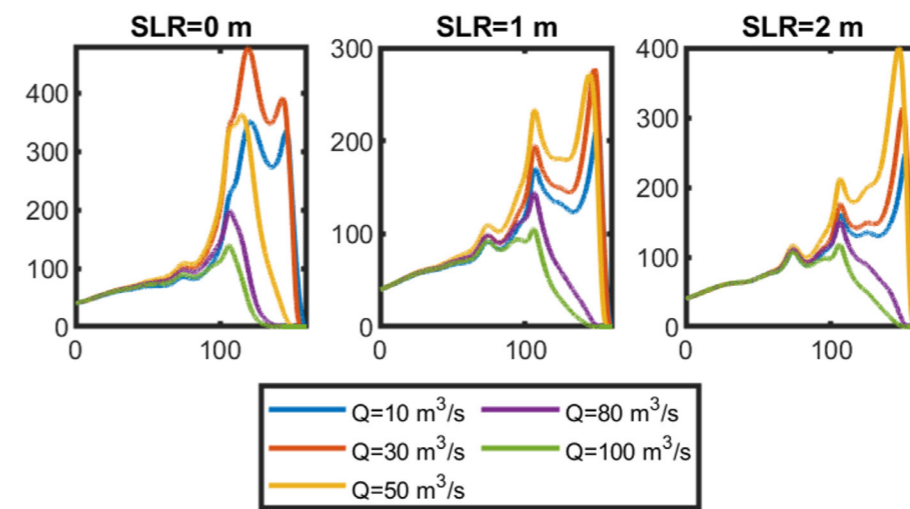
Figuur 1 - Effect van zeespiegelstijging van 1m (links), 2m (midden) en 3m (rechts) op de getijamplitude in de Noordzee. Rood is een toename van amplitude

Na een evaluatie (validatie) van de verschillende Noordzeemodellen die WL ter beschikking heeft, werden scenario's van zeespiegelstijging doorgerekend. De doorvertaling van de effecten in de Noordzee naar de Schelde gebeurde aan de hand van het SCALDIS model voor waterbeweging in de Schelde. Dit model rekent enkel het initieel effect door op de waterbeweging, het estuarium kan in dit model dus niet (morfologisch) meegroeien, een keuze die we hebben gemaakt door de grote onzekerheden die er nog zijn in de resultaten van morfologische modellen.

In de Noordzee verwachten we een toegenomen amplitude van de getijgolf onder ZSS. Concreet stijgt het tijverschil tussen HW en LW met 4cm per meter zeespiegelstijging.

De doorvertaling naar sedimenttransport in de Schelde gebeurde op twee manieren. Een analyse van getij-asymmetrie geeft aan dat de duurasymmetrie die zo kenmerkend is opwaarts (eb duurt langer dan vloed) significant afneemt onder invloed van ZSS: de ebdominantie neemt dus af. In termen van de verhouding van maximale eb- tov. vloedsnelheid, neemt de ebdominantie dan weer toe onder ZSS.

De scenario's van +1m en +2m ZSS werden ook doorgerekend met het iFlow model voor waterbeweging en slibdynamica, dat snel evenwichtssituaties kan uitrekenen (Dijkstra et al., 2017). De sedimentconcentraties zullen naar verwachting enigszins dalen onder ZSS, terwijl de sedimentimport over de open rand (Noordzee) naar verwachting eerder zal toenemen. Ter illustratie is in Figuur 2 het ruimtelijke verloop van de diepte -en getijgemiddelde concentratie weergegeven onder invloed van ZSS.



Figuur 2 - Diepte -en getijgemiddelde sedimentconcentratie (mg/l) langs de Schelde voor SLR=0, 1 en 2 m. De horizontale as geeft de afstand tot Vlissingen weer (km). De opwaartse rand is bij Gentbrugge (km 160). De lijnkleuring markeert de bovenstroomse afvoer (zie legenda)

Oplevering HF-radar

12 oktober 2022 leverden we een nieuw meetsysteem langs de Westerschelde op. Hiermee wordt een wervel of draaikolk ter hoogte van het Zuidergat nauwkeuriger in kaart gebracht. Het risico voor de scheepvaart is hiermee verkleind. De komende maanden zal het systeem uitgebreid worden getest.

Deelnemers (leden van de Permanente Commissie, vaarweggebruikers en betrokken medewerkers van de Vlaamse en Nederlandse overheden) kregen de kans om de HF-radar te bekijken vanuit de radartoren van Waarde. Nadien keerde men naar het dorps huis waar enkele presentaties gegeven werden. In de eerste toelichting werd de aanleiding toegelicht. De lokale morfologie zorgt bij sterke springtijden voor een neer die kan optreden rond HW. Dit zorgt ervoor dat de scheepvaart geconfronteerd wordt met uitdagende condities. Daarna werd ingegaan op het proces om tot een effectieve en efficiënte oplossing te komen voor het meten van deze stromingen. Hiervoor werd eerst een multicriteria-analyse uitgevoerd voor verschillende meettechnieken. Hieruit kwam de HF-radar als beste naar voor. Vervolgens werden alle nodige stappen gezet om de installatie te bouwen en in werking te laten treden. Hiervoor moesten verschillende vergunningen aangevraagd worden en was ook overleg met de verschillende stakeholders nodig. Nadat een leverancier (Helzel) werd gevonden, startte in augustus de bouw van de 3 radarinstallaties (2 op RO thv Waarde, 1 op LO thv Walsoorden). Eind augustus werden de eerste meetresultaten bekomen, die vervolgens in de Westerschelde-viewer opgenomen werden. In de komende maanden zal de verwerking van de beelden geoptimaliseerd worden en zal er een validatie plaatsvinden op basis van klassieke meettechnieken (ADCP, GPS-vlotters).

Tot slot werd de HF-radar officieel geactiveerd door de commissarissen van de Permanente Commissie, mevr. Willy Dekker en Nathalie Balcaen.



Verhuis WISKI- en KiWIS-applicaties naar de KISTERScloud

Sinds 2005 gebruikt het HIC de WISKI-applicatie voor opslag, beheer en validatie van de metingen van de HIC-metnetten (hydrologie, getij, neerslag, sediment). In de loop van de jaren werden – naast eigen metingen en voorspellingen – ook metingen en voorspellingen van externe partijen, voor zover relevant voor de operationele werking van het HIC, opgeslagen in de WISKI-databank. Met de komst van www.waterinfo.be (2014) deed ook het gebruik van KiWIS-webservices z'n intrede.

Het beheer en onderhoud van de applicaties (updates naar nieuwe versies, troubleshooting en patching, configuratie, ...) werd afgenomen bij de softwareleverancier KISTERS AG via jaarlijkse ondersteunings- en onderhoudscontracten. De onderliggende hardware voor de WISKI- en KiWIS-applicaties werd gehost op servers in het datacenter van het Waterbouwkundig Laboratorium. Alle hardware (inclusief netwerk) werd beheerd door de openvolgende IT-outsourcers, via de raamovereenkomsten van de Vlaamse Overheid.

Zoals bij alle IT-systemen deden zich in de loop van de jaren een aantal problemen voor. Het feit dat de applicaties draaiden in een operationele omgeving die 24*7 beschikbaar moest blijven maakte dit nog wat moeilijker. In 2020 werden daarom de eerste stappen ondernomen om een alternatieve piste te verkennen. I.s.m. KISTERS AG werd een proof of concept (POC) opgezet, waarbij de betrokken applicaties werden gehost in de KISTERScloud (private cloud in het datacenter van KISTERS AG). De ontsluiting van de applicaties verliep via Citrix. Tijdens de POC onderzocht het HIC of deze werkwijze vlot ingepast kon worden in de dagelijkse werking.

Na een positieve evaluatie van de POC werd in het voorjaar van 2021 een openbare aanbesteding uitgeschreven voor een geïntegreerde IT-oplossing voor dataopslag, -beheer en -ontsluiting bij het HIC. De belangrijkste doelstelling hiervan was om het beheer van en de verantwoordelijkheid voor de volledige omgeving bij één partij te leggen. De opdracht werd gegund aan KISTERS AG. In het najaar van 2021 ging dan het project van start waarbij de volledige WISKI-/KiWIS-omgeving planmatig werd overgezet naar de KISTERScloud. Na een grondige testperiode schakelde het HIC voor z'n operationele werking op 24 maart 2022 tenslotte volledig over naar de KISTERScloud. In de daaropvolgende maanden werden dan nog de nodige contractuele documenten afgerond over het beheer en onderhoud van de HIC-omgeving, inclusief een 24*7-ondersteuning.

ts_id	station_name	station_latitude	station_longitude	parametername	ts_name	ts_unitname	ts_unitsymbol	station_no	station_id	rows
69752010	Kanne/Albertkl	50.8255555392442	5.6474296996305	Q	Pv	cubic meter per second	m³/s	abk11a-1066	15365	277

Timestamp	Value	Quality Code
2023-01-24T00:00:00.000+01:00	78.40	111
2023-01-24T00:05:00.000+01:00	74.37	111

Migratie LIMS

Sinds 2010 gebruikt het sedimentlabo de unilab software om de resultaten van staalanalyses in te voeren in een databank. De unilab software is een Labo Information Management System (LIMS) dat gebruikt wordt om resultaten op te slaan, te beheren en te ontsluiten. Sinds de migratie naar Windows 10 zijn er echter tal van problemen met deze LIMS:

- Er kan niet gewerkt worden met een grote hoeveelheid aan stalen, bijgevolg moeten de jobs die de software draaien om de paar weken heropgestart worden.
- De bijstand van de leverancier laat te wensen over.
- Data uit LIMS halen is in principe niet meer mogelijk, aangezien het exportprogramma BO (Business Object) niet werkt op Windows 10 maar op Windows 7.

Tal van redenen dus om uit te kijken naar een nieuwe LIMS. Er werd een traject opgestart waarbij werd nagegaan welke leveranciers een LIMS kunnen aanleveren die voldoet aan de noden van het sedimentlabo en het HIC. Hierbij werd gekozen voor de Water Quality Module van de firma Kisters. Het grote voordeel van Kisters is dat alle HIC data onder éénzelfde databeheersysteem komen (naast Wiski voor de hoogfrequente sensordata).

In een eerste fase werden de data uit de vroegere LIMS (unilab) gemigreerd naar de Kisters Water Quality Module (KiWQM). In totaal werden er 11 meetprogramma's gemigreerd (Figuur 1). In tegenstelling tot de hoogfrequente sensordata (Wiski) hebben de data van de meetprogramma's een duidelijke lagere temporele resolutie, en kunnen er een aanzienlijk aantal meetstations zijn binnen een meetprogramma (Figuur 1 en Figuur 2). Voor elk individueel meetstation krijg je in KiWQM een overzicht van de parameters waarvoor er data beschikbaar zijn (panel links, Figuur 3), en kan je de data van een gekozen parameter visualiseren in grafiek- en tabelvorm (Figuur 3). In een latere fase van het project werd de operationele stroom op poten gezet, zodat het sedimentlabo de resultaten van de verwerkte stalen kan importeren in KiWQM.

In totaal werden er zo'n 450 000 staalresultaten gemigreerd naar KiWQM. Naast de analyseresultaten van de stalen werd ook metadata-informatie opgeslagen in de databank, zoals bijvoorbeeld de staalnamemethodiek op terrein en de analysetechniek in het sedimentlabo. In combinatie met het opzetten van de operationele flow, zorgt dit er voor dat de opslag, het beheer, en de ontsluiting van meetprogrammadata nu veel makkelijker en efficiënter kan worden uitgevoerd.

Figure 1 shows the overview of 11 measurement programs (left window) in KiWQM. The right window displays the measurement stations within the 'Halvetij Eb' program.

Label	Name	Number
Antwerpen Kennedytunnel SF/Zeeschelde / zes22a-...	Antwerpen Kennedytunnel SF/Zeeschelde	zes22a-SF-1066
Antwerpen Loodsgebouw SF/Zeeschelde / zes21d-...	Antwerpen Loodsgebouw SF/Zeeschelde	zes21d-SF-1066
Appels Opwaarts Veer SF/Zeeschelde / zes48u-SF-1...	Appels Opwaarts Veer SF/Zeeschelde	zes48u-SF-1066
Atlantide Wrak SF/Westerschelde / zes38a-SF-1066	Atlantide Wrak SF/Westerschelde	zes38a-SF-1066
Baasrode De Cramp SF/Zeeschelde / zes45g-SF-1066	Baasrode De Cramp SF/Zeeschelde	zes45g-SF-1066
Baasrode Veer SF/Zeeschelde / zes44p-SF-1066	Baasrode Veer SF/Zeeschelde	zes44p-SF-1066
Boei132 Opwaarts Notelaer SF/Zeeschelde / zes34r-...	Boei132 Opwaarts Notelaer SF/Zeeschelde	zes34r-SF-1066
Boei79 SF/Westerschelde / zes45a-SF-1066	Boei79 SF/Westerschelde	zes45a-SF-1066
Boei81A SF/Westerschelde / zes46a-SF-1066	Boei81A SF/Westerschelde	zes46a-SF-1066
Boei85A (grens B-NL) SF/Zeeschelde / zes00q-SF-1...	Boei85A (grens B-NL) SF/Zeeschelde	zes00q-SF-1066
Boei87 SF/Zeeschelde / zes02a-SF-1066	Boei87 SF/Zeeschelde	zes02a-SF-1066
Boei99 Kruisschans SF/Zeeschelde / zes12a-SF-1066	Boei99 Kruisschans SF/Zeeschelde	zes12a-SF-1066
Branst SF/Zeeschelde / zes41a-SF-1066	Branst SF/Zeeschelde	zes41a-SF-1066
Buggenhout (Oude Briel) SF/Zeeschelde / zes44g-S...	Buggenhout (Oude Briel) SF/Zeeschelde	zes44g-SF-1066
Burcht SF/Zeeschelde / zes23a-SF-1066	Burcht SF/Zeeschelde	zes23a-SF-1066
Dendermonde Dendersluis SF/Zeeschelde / zes47d-...	Dendermonde Dendersluis SF/Zeeschelde	zes47d-SF-1066
Dendermonde SF/Zeeschelde / zes46v-SF-1066	Dendermonde SF/Zeeschelde	zes46v-SF-1066
Doel Haven SF/Zeeschelde / zes08a-SF-1066	Doel Haven SF/Zeeschelde	zes08a-SF-1066
Durmmondong SF/Zeeschelde / zes37s-SF-1066	Durmmondong SF/Zeeschelde	zes37s-SF-1066
Hemiksem (Kallebeek veer) SF/Zeeschelde / zes28d-...	Hemiksem (Kallebeek veer) SF/Zeeschelde	zes28d-SF-1066
Kallosluis SF/Zeeschelde / zes14g-SF-1066	Kallosluis SF/Zeeschelde	zes14g-SF-1066
Kruibeke Veer SF/Zee...		
Kruiningen Haven S...		
Kwatrecht Afwaar...		
Kwatrecht SF/Zee...		

Figure 1 – Overzicht van de 11 meetprogramma's (venster links) in KiWQM. In het venster rechts worden de meetstations weergegeven binnen het meetprogramma 'Halvetij Eb'.

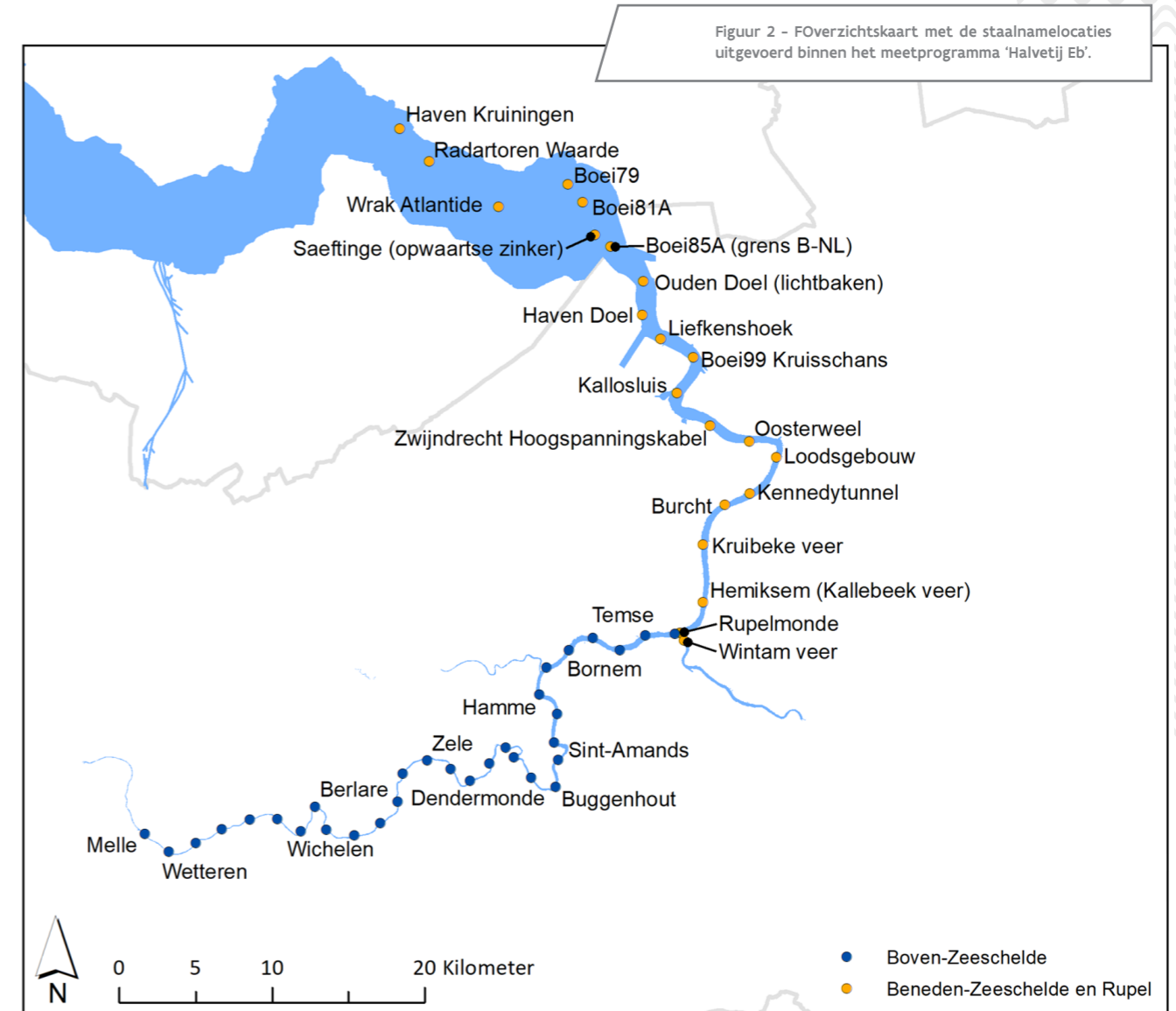


Figure 2 – FOverzichtskaart met de staalnamelocaties uitgevoerd binnen het meetprogramma 'Halvetij Eb'.

Figure 3 shows an overview of the parameters measured at the Antwerpen Loodsgebouw station (measurement program 'Halvetij Eb'). The interface displays a list of parameters and a data table.

Date	Time	Suspended
20/06/2007	01:00:00	331.221	
20/06/2007	01:00:20	153.221	
20/06/2007	01:00:24	201.221	
20/06/2007	01:01:00	270.221	
20/07/2007	14:05:00	154.221	
20/07/2007	14:21:00	90.221	
20/08/2007	01:00:00	109.221	
20/08/2007	01:00:20	85.221	
20/08/2007	01:01:00	97.221	
19/09/2007	01:00:20	154.221	
19/09/2007	01:00:24	149.221	
19/09/2007	01:01:00	156.221	
19/11/2007	01:00:00	405.221	
19/11/2007	01:00:20	156.221	
19/11/2007	01:00:24	72.221	
19/11/2007	01:01:00	206.221	
17/12/2007	13:55:00	218.221	
17/12/2007	13:55:19	192.221	
17/12/2007	13:55:24	157.221	
17/12/2007	13:56:00	186.221	
15/01/2008	01:00:00	363.221	
15/01/2008	01:00:20	323.221	
15/01/2008	01:00:24	156.221	

Figure 3 – Overzicht van de parameters bemeaten ter hoogte van Antwerpen Loodsgebouw (meetprogramma 'Halvetij Eb').

Beter kader voor samenwerking Permanentie WL met DVW

De grote overstromingen van juli'21 gaven aanleiding tot evaluatie-en verbetertrajecten op vele niveaus. In de eerste maanden na de dramatische gebeurtenissen werd vooral gewerkt aan Factual Data rapportering, waarbij voor de waterwegen in Vlaanderen een gemeenschappelijk rapport van [WL met DVW](#) gemaakt werd. Een aantal quick wins in zowel tools als processen konden al eind 2021-begin 2022 gerealiseerd worden. Zo werd bijvoorbeeld de planningsopmaak voor het permanentiewerk van WL grondig herbekeken, waarbij onder andere de permanentieperiodes korter werden – niemand kan een volledige week aan een stuk 24/7 werken- en de opmaak ervan sneller gebeurt. Nadeel is natuurlijk dat er meer permanentieperiodes verdeeld moeten worden binnen het team en dat lange-termijnplanning van bv. vakantie noodzakelijk is om beschikbaarheden te kunnen doorgeven. Het systeem wordt begin 2023 geëvalueerd.

Minder snel te realiseren is de operationele inzet van **nieuwe mensen in het permanentieteam WL**. Het is immers een doorlopende uitdaging van WL om een voldoende grote en genoeg ervaren ploeg met een doorgedreven algemene kennis van het volledige waterwegensysteem in Vlaanderen te kunnen inzetten. Er waren maar liefst 6 kandidaten, waarvan voor 2 het juridische/administratief te ingewikkeld bleek om ze op te nemen in het permanentieteam. Een opleidingstraject van vele uren en bergen informatie voor 4* nieuwe permanentiecollega's werd gerealiseerd in 2022. Jammer genoeg was het een uitermate droog jaar, met zelfs weinig stormen. En laat het nu zo zijn dat natte en winderige momenten degene zijn waarop het meest te leren valt en de droge theorie aan de praktijk getoetst kan worden. Voor 2023 wordt gehoopt op een aantal regen-en stormmomenten om iedereen de kans te geven voldoende ervaring op te doen, zodat permanentie WL blijvend een waardevolle steun kan zijn voor De Vlaamse Waterweg bij regen en ontij.

De **samenwerking tussen Permanentie WL en DVW** is geregeld in de Richtlijn Aanpak en Melding Crisisituaties Waterwegen, die naar aanleiding van de gebeurtenissen in juli'21 nog eens helemaal onder loep werd genomen. Eind 2022 kon een volledig nieuwe versie ondertekend worden door onze SG (Filip Boelaert) en de GB van DVW (Chris Danckaerts). Bij DVW is zowel de Afdeling Sturing als de drie verschillende territoriale afdelingen hierbij betrokken. Er werd gekozen om het permanentieteam WL vooral in te zetten wanneer het moet: in normale (droge) omstandigheden werken we wat minder intensief, om er blijvend stevig te staan bij hoge afvoeren en storm. Zo werden met alle DVW-districtshoofden de drempelwaardes en meetposten in hun gebied overlopen. Met die oefening wordt er gezamenlijk over gewaakt dat de drempelwaardes op [waterinfo.be](#) (die ook doorgecommuniceerd worden door RIS-DVW naar noodplanningsdiensten) zo goed mogelijk de effectieve terreinsituatie weergeven. Een kwestie van alle beschikbare desktopinformatie (opmetingen, meetreeksen,...) te combineren met de feitelijke terreinwaarnemingen van de laatste jaren. Het feit dat alle provincies na juli'21 aan de slag zijn met de opmaak van een BNIP (Bijzonder Nood-en interventieplan) rond Wateroverlast en overstroming maakt deze oefening nog meer waardevol.

Kortom: in 2022 werd volop ingezet op een betere voorbereiding op nieuwe calamiteiten, die ongetwijfeld zullen volgen.

* Jammer genoeg zal al één nieuwe kandidaat de ploeg weer verlaten door opname van een andere functie binnen WL. Daarbovenop zal ook een meer ervaren permanentie-lid het WL verlaten in de eerste maanden van 2023.

Datarapportage via R Markdown

De meetposten van het HIC leveren het hele jaar door data aan, waaronder peilmetingen, stroomsnelheden en debieten. Van deze verzamelde gegevens worden jaarlijks overzichten gemaakt in rapporten zoals de laagwaterberichten, het hydrologisch jaarboek en MONEOS. In het verleden werden de benodigde figuren en tabellen aangemaakt door scripts in R en Excel analyses. Een nadeel bij het gebruik van standaard scripts is het scheiden van de code en de output die de code genereert. Hierdoor kan men na afloop moeilijk nagaan welk script, welke figuren en tabellen genereerde. Ook is het moeilijk om de geproduceerde output te reproduceren, bijvoorbeeld omdat het script intussen gewijzigd is. Tenslotte zal niemand die verder werkt met de figuren en tabellen eenvoudig inzicht kunnen krijgen in de gebruikte code, wat niet transparant is.

Als oplossing voor deze tekortkomingen werd er het voorbije jaar ingezet op het uitvoeren van analyses met R Markdown bestanden, eerder dan R bestanden (i.e. de standaard R-scripts). In een R Markdown bestand is er de mogelijkheid om de code en het resultaat ervan tezamen weer te geven. Daarnaast kan je opgemaakte tekst voorzien tussenin de code en de output (bijvoorbeeld een indeling in koppen en je interpretatie) en is het toevoegen van externe figuren mogelijk. Als de analyse klaar is, kan alles met elkaar gecombineerd worden, een proces dat men "knitting" of letterlijk vertaald "breien" noemt. Het resultaat van het "knitten" is een document dat je code, je output en je interpretatie tezamen bevat. Dit eindresultaat kan een PDF of Word document zijn, maar bijvoorbeeld ook een HTML document waarmee men kan interageren door dynamische figuren of downloadbare tabellen toe te voegen.

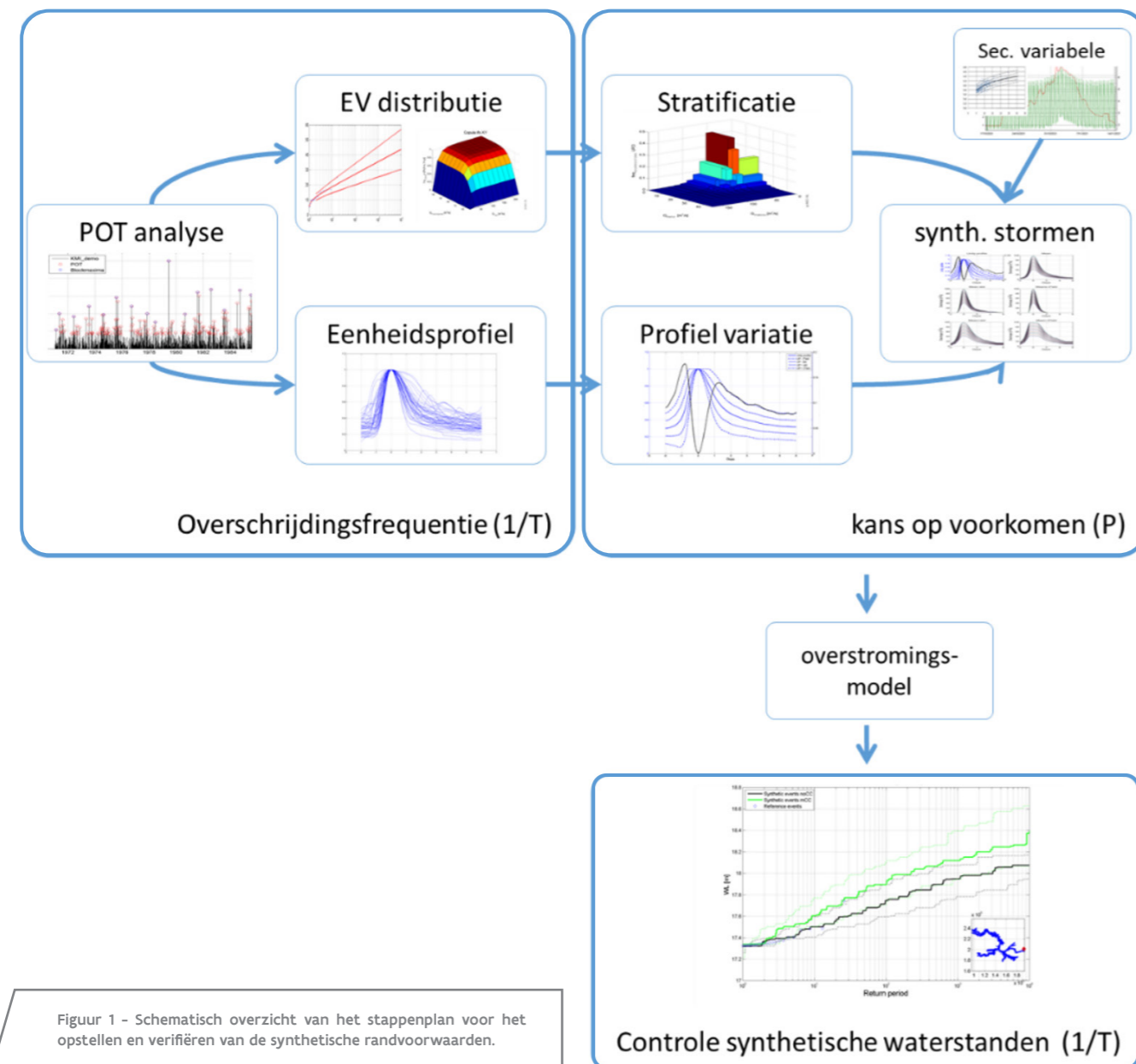
Wanneer herhaaldelijk dezelfde analyse moet worden uitgevoerd, is het mogelijk om deze analyses in R Markdown te parametriseren. Dit wil zeggen dat je de inhoud van de analyse laat afhangen van bepaalde variabelen. In het geval van MONEOS zijn er bijvoorbeeld verschillende fysische parameters waarop dezelfde analyses jaar na jaar moeten worden uitgevoerd. Door een jaartal en fysische parameter mee te geven met het R Markdown bestand wordt er met een druk op de knop een HTML bestand samengesteld van waaruit rechtstreeks alle figuren, met de juiste afmetingen en resolutie voor MONEOS, gehaald kunnen worden. Ook alle tabellen met de juiste indeling staan klaar in het HTML bestand. Is er later vraag naar de code die gebruikt werd bij de berekende statistieken of de opgestelde figuren, dan kan men in diezelfde HTML al deze informatie terugvinden.

Voor toekomstige ontwikkelingen is het nog interessant om te kijken naar Bookdown. Bookdown is een open-source R pakket dat het maken van boeken en (lange) rapporten met R Markdown faciliteert. Ook kan de publicatiestijl uitgebreid geconfigureerd worden, waardoor het "knitten" van rechtstreeks publiceerbare rapporten tot de mogelijkheden gaat behoren.



Actualiseren van de synthetische randvoorwaarden voor het opstellen van overstromingsgevaarkaarten

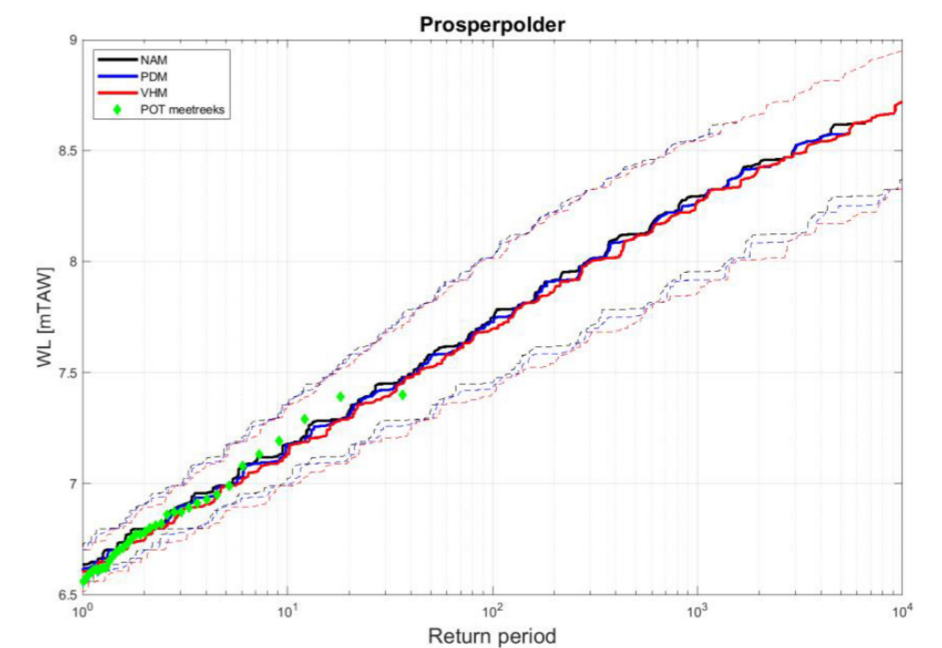
In het kader van de Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR), dient Vlaanderen elke zes jaar een update te maken van de stroomgebiedbeheerplannen (SGBP) en de in Vlaanderen daaraan gekoppelde **overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP)**. Deze laatste bevatten maatregelen ter "vermindering van de potentiële negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische bedrijvigheid". De ORBP's dienen daarom rekening te houden met potentieel extreme waterstanden langsheen de rivieren, tot een kans van optreden van 1 op 1000 jaar. Bij het opmaken van de ORBP's worden er voor de bevaarbare waterlopen verschillende berekeningen uitgevoerd op basis van numerieke hydrodynamische modellen die gebruik maken van synthetische randvoorwaarden. Deze **synthetische randvoorwaarden** leveren waterstanden op die overeenkomen met bepaalde terugkeerperiodes en om deze te bepalen zijn **statistische analyses en extrapolaties** nodig van historisch opgetreden waterstanden. De resultaten van de modellering worden dan gebruikt om overstromingsgevaarkaarten op te stellen en te komen tot de ORBP's.



Figuur 1 - Schematisch overzicht van het stappenplan voor het opstellen en verifiëren van de synthetische randvoorwaarden.

Het proces van statistische analyses en extrapolaties om tot de synthetische randvoorwaarden te komen werd uitgevoerd in het kader van project 19_135 dat in 2022 afgewerkt werd en is relatief complex. Een aantal van de stappen die hierbij gevolgd worden, zijn weergegeven in Figuur 1 en hierna beknopt beschreven. Het startpunt is echter het **bepalen van de drijvende variabelen** per hydrologisch bekken, i.e. de variabelen die de grootste invloed hebben op de optredende waterstanden in een gebied. Dit zijn in eerste instantie de opwaartse debieten, maar kunnen, afhankelijk van het bekken, ook de afwaartse waterstanden, windsnelheid en/of opzet zijn. Voor de drijvende variabelen worden dan lange, historische tijdreeksen verzameld en geanalyseerd, zodat **onafhankelijke piekwaarden (POT-waarden)** kunnen geselecteerd worden om betrouwbare **Extreme Waarden verdelingen** (EV distributie) af te ijken. Dit vormt de eerste stap naar het bepalen van terugkeerperiodes. Er zijn echter ook **onderlinge afhankelijkheden** (correlaties) die niet toelaten om de distributies eenvoudig te gaan combineren. Om alle invloeden en hun onderlinge correlaties toch in rekening te kunnen brengen wordt op basis van één of meerdere copula's een **multivariate extreme waarden verdeling** opgesteld die gebruikt wordt om het "extreme domein" te **stratificeren** (i.e. op te splitsen in klassen of strata met piekwaarden en een bepaalde kans van voorkomen). Door ook rekening te houden met de **variatie in de tijd** van waargenomen extreme events en door het toevoegen van de **invloed van secundaire variabelen** (bv. het astronomisch getij aan de afwaartse rand van sommige hydrologische bekken), kan de informatie uit de strata omgezet worden naar **synthetische events**. Ter controle worden deze synthetische events ook opgelegd als **randvoorwaarden van het hydraulisch model**, waarna de resultaten vergeleken worden met deze van de langetermijnsimulatie (Figuur 2).

Om tot een robuuster resultaat te komen, werd bij de berekeningen uitgegaan van een set van drie hydrologische modellen (NAM, PDM, VHM), waardoor de afhankelijkheid van het model op het eindresultaat beperkt kon worden. Daarenboven leveren de verschillende combinaties van drijvende variabelen honderden sets aan randvoorwaarden op per hydrologisch bekken. Om dit in de praktijk werkbaar te houden wordt er daarom gebruik gemaakt van zogenaamde "**maatgevende events**", specifieke synthetische events die voor een bepaald gebied waterstanden opleveren die een retourperiode hebben van 0,5, 1, 2, 5, 10, 50, 100, 1000 en zelfs 10 000 jaar. Deze kunnen dan als input gebruikt worden voor hydrodynamische modellering bij bv. scenario-analyse of voor het bepalen van de terugkeerperiode van een opgetreden event. Tot slot omvat het project voor het actualiseren van de synthetische randvoorwaarden naast de synthetische randvoorwaarden voor het huidige klimaat, ook randvoorwaarden die rekening houden met **klimaatverandering**. Zo wordt er voor de meteorologische input gewerkt met **drie klimaat impactscenario's** (winter hoog, zomer hoog en gemiddeld) voor 2050, 2075, 2100 en 2125, en zijn de randvoorwaarden beschikbaar voor een mogelijke **zeespiegelstijging** van 0,5m, 1m, 2m, 3m en 4m.



Figuur 2 - Controle van de resultaten voor de synthetische events (zwarte, blauwe en rode lijn) met de resultaten van de langetermijnsimulatie (groene bollen) voor Prosperpolder

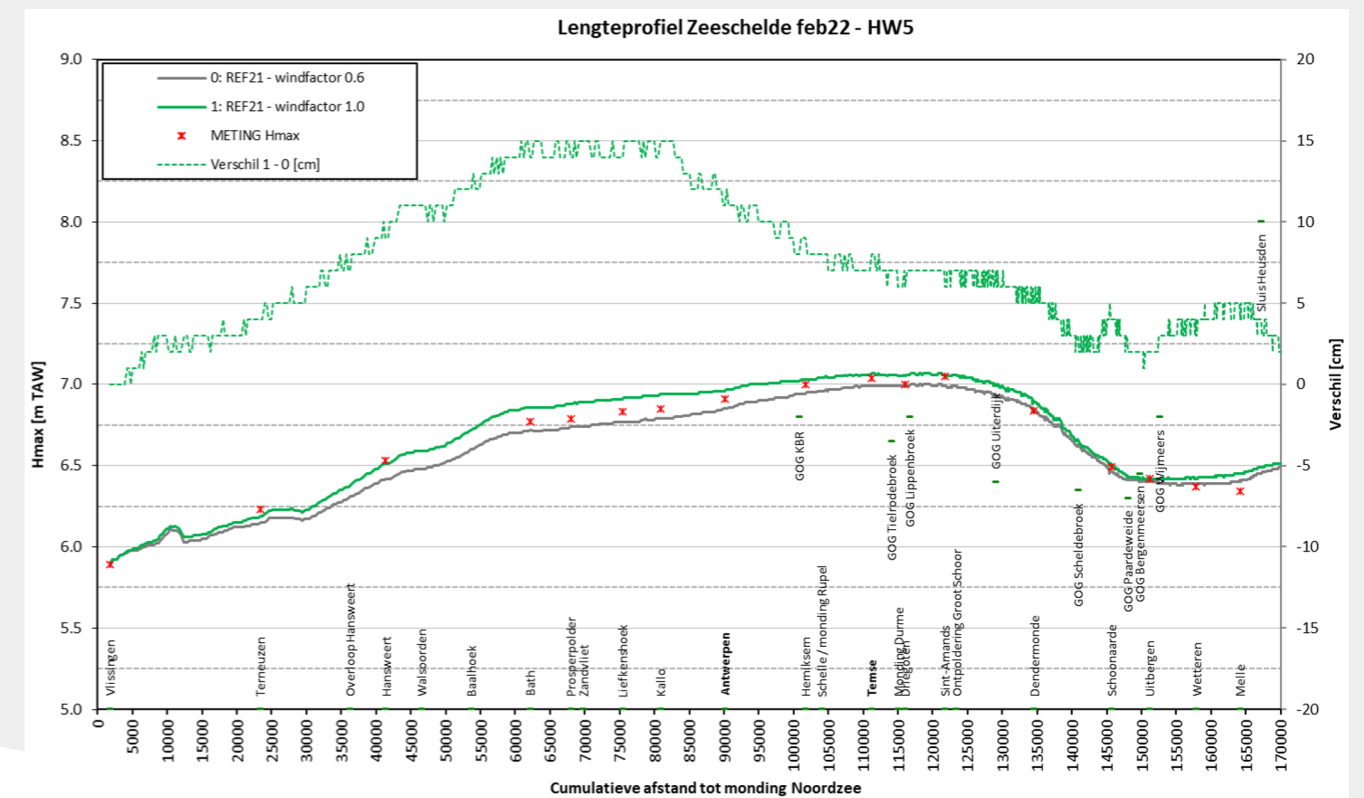
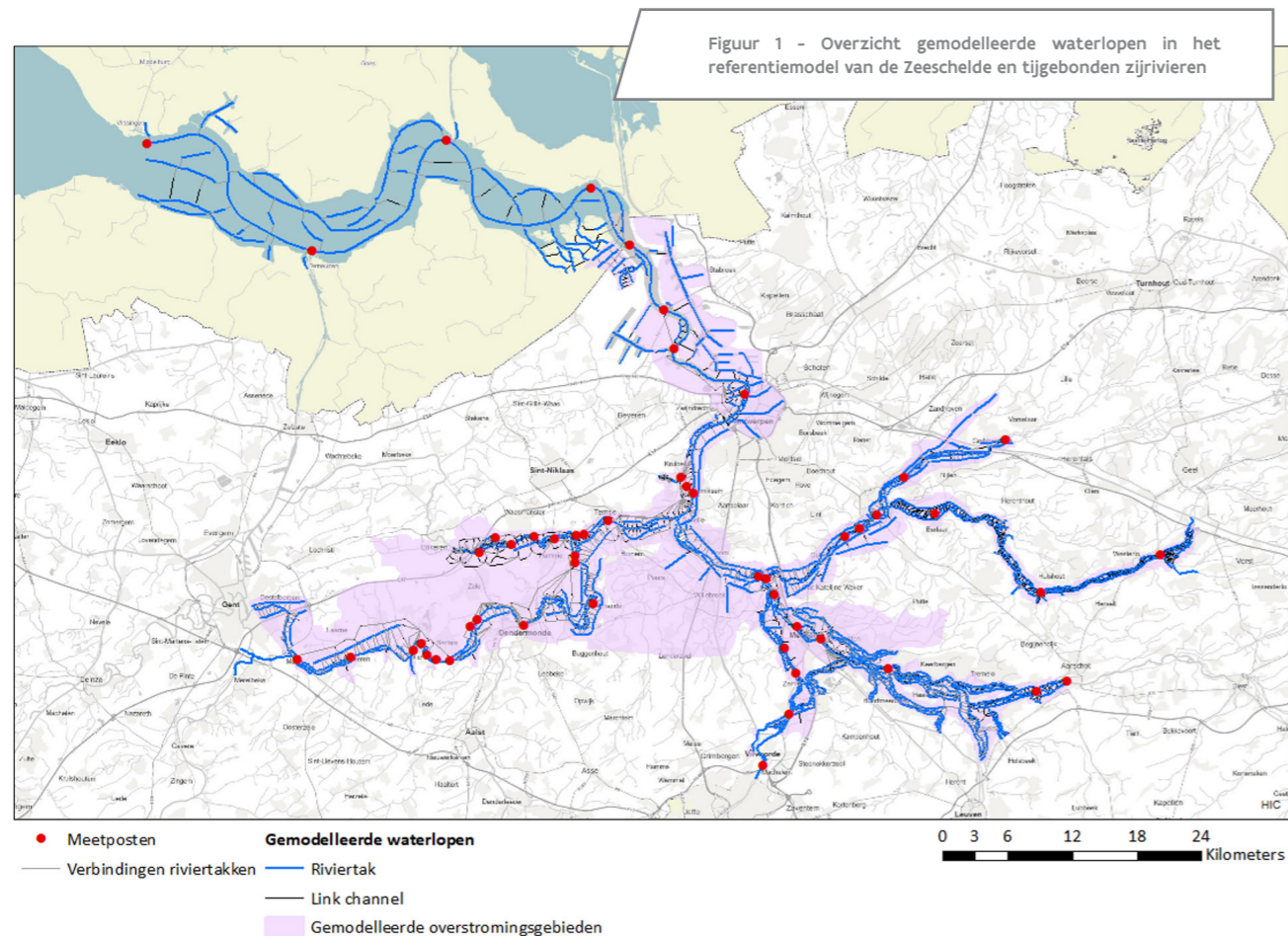
Modelactualisatie en hindcast Zeescheldemodel

Door de uitvoering van het Sigmaplan verandert er heel wat langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren. Om waterpeilen en afvoeren zo goed mogelijk te kunnen simuleren met de hydrodynamische modellen, dienen deze ingrepen ook geïmplementeerd te worden. Deze modelactualisaties worden uitgevoerd in het kader van de permanente activiteit 'PA015 Onderhoud 1D-modellen'. Enkel voorbeelden van geïmplementeerde aanpassingen vorig jaar zijn de overlopdijken en uitwateringssluizen van GOG's Grote Vijver noord en zuid, en de inwateringssluizen van GOG-GGG Grote Vijver zuid, aanpassingen aan de uitwatering en vispassage in GOG Paardeweide, en de ontpoldering van de Hedwige-Prosperpolder in het Zeescheldemodel. In het Demermodel werden enkele nieuw aangelegde meanders geïmplementeerd.

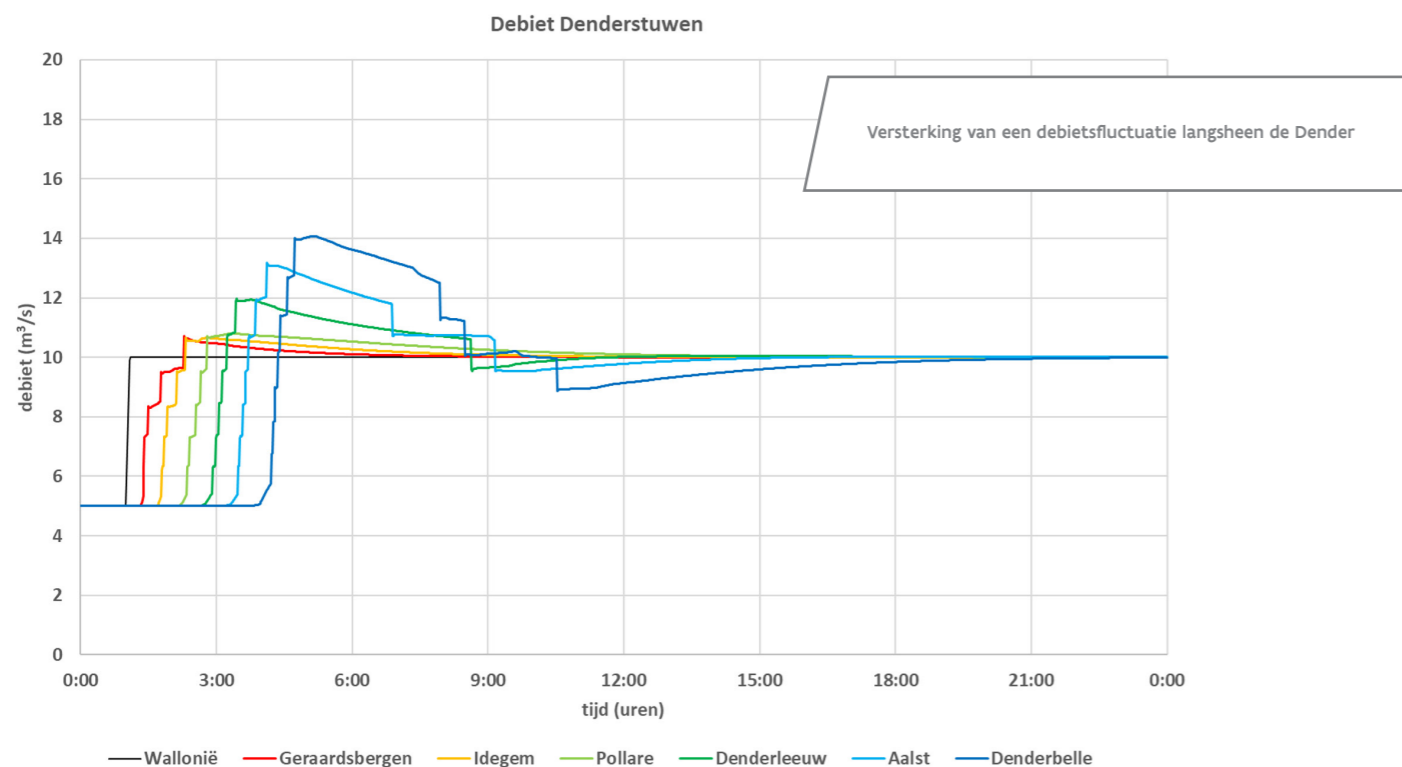
Figuur 1 toont de gemodelleerde waterlopen en overstromingsgebieden in het referentiemodel van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren.

De actualisatie van de modellen vraagt ook om een validatie van de gesimuleerde waterpeilen. Hiervoor wordt vaak gebruik gemaakt van een hindcast van recent opgetreden events zoals stormen of wassen in het beschouwde rivierbekken. In het Zeescheldebekken zijn in de maanden januari en februari 2022 drie stormperiodes opgetreden. Op 31 januari 2022 werd een hoogwaterpeil van 6,94 mTAW gemeten in Antwerpen. In de periode van 17 tot 21 februari 2022 werd de prewaakdrempel te Antwerpen zes keer overschreden, waarbij één keer ook de waakdrempel overschreden werd. Tijdens de periode trad het GOG KBR éénmaal in werking. Omdat tijdens de eerste stormperiode, begin januari 2022, GOG KBR niet in werking getreden is, en om de rekentijd te beperken, werd deze periode niet in beschouwing genomen voor de hindcast. De hindcast had tot doel de performantie van het geactualiseerde 1D-model tijdens de periodes met springtij en storm van eind januari en februari 2022 na te gaan. De stormen eind januari 2022 en februari 2022 werden nagerekend met het geactualiseerde model van het Zeescheldebekken.

Hierbij zijn enkel historische meetreeksen als randvoorwaarde gebruikt. Omdat in een eerste simulatie voor enkele stormen het maximum hoogwater onderschat werd, werd een extra simulatie uitgevoerd met een hogere topofactor voor de wind. Waterpeilen zijn geëvalueerd ter hoogte van de meetposten langs de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren, met behulp van statistische analyse van gesimuleerde versus gemeten waarden. Ook in de GOG's worden waterpeilen geëvalueerd op basis van meetgegevens van aanwezige waterpeilmeters. Uit vergelijking van de gemeten en gesimuleerde waterpeilen blijkt dat de hogere topofactor niet steeds voor een verbetering van de gesimuleerde waterpeilen zorgt. Voornamelijk bij grotere windsnelheden wordt het stormhoogwater veel te sterk opgestuwd met een hogere topofactor. Bij de statistische analyse van de gesimuleerde versus de gemeten waterpeilen over de volledige simulatieperiode zorgt de verhoogde topofactor voor de wind veelal voor hogere waarden van bias en RMSE, voornamelijk bij de hoogwaters. Figuur 2 toont een lengteprofiel met gemeten en gesimuleerde maximum waterpeilen langs de Westerschelde en Zeeschelde voor één van de beschouwde stormhoogwaters in de hindcast. Algemeen kan gesteld worden dat langs de Westerschelde, Zeeschelde en de afwaartse gedeelten van de tijgebonden zijrivieren de gesimuleerde waterpeilen de metingen vrij goed benaderen. Een aanpassing van de schematisatie van de riviertakken in de Westerschelde wordt aanbevolen om de modelresultaten verder te verbeteren.



Figuur 1 - Lengteprofiel met gemeten en gesimuleerde maximum waterpeilen Westerschelde en Zeeschelde – storm feb22 HW5



Slim stuwen – fase 3

Het waterpeil op een aantal waterwegen in Vlaanderen wordt geregeld door middel van ketens van automatische stuwen. Naast deze stuwen worden vispassages aangelegd en op een aantal sites worden ook waterkrachtcentrales gebouwd. Al deze kunstwerken worden gestuurd door middel van een lokale sturing: een algoritme dat enkel gebruik maakt van metingen op of in de nabijheid van de site. De stuwen worden gestuurd op basis van het waterpeil terwijl de vispassages en de waterkrachtcentrales gestuurd worden door middel van een combinatie van waterpeil en debiet. Daarnaast zijn er ook een aantal voorrangregels die bepalen in welke volgorde de kunstwerken op een site in- of uitgeschakeld worden. De kunstwerken op een bepaalde site interageren met elkaar, maar ook de kunstwerken op verschillende sites langsheen dezelfde waterweg kunnen elkaar beïnvloeden.

In het kader van de derde fase van het project "Slim Stuwen" werden een aantal analyses uitgevoerd van het gedrag van de kunstwerken langsheen drie waterwegen: de Dender, de Leie en de Bovenschelde. Daarbij werd gebruik gemaakt van ééndimensionale hydrodynamische modellen.

In een eerste stap werd de werking van bestaande vispassages en verschillende ontwerpen voor nieuwe vispassages onderzocht aan de hand van historische meetreeksen voor een gemiddeld, een nat en een droog jaar. Uit de berekeningen blijkt dat een kleine vispassage in combinatie met een toegevoegd debiet (om de lokstroom te verhogen) een langere openingstijd heeft dan een grote vispassage. Waar mogelijk, zal dit aangepaste ontwerp dan ook toegepast worden. Daarnaast werd ook een flexibele sturing uitgewerkt die geïmplementeerd kan worden op nieuwe vispassages.

In een tweede stap werd de werking van een keten van stuwen bestudeerd. Daarbij werd onderzocht hoe verstoringen aan het opwaartse einde van de keten zich voortplanten doorheen de keten. Op basis van theoretische analyses kan verwacht worden dat een lokale sturing zal leiden tot een versterking van verstoringen bij lage afvoeren, maar niet bij hoge afvoeren. Modelmatige controleberekeningen met synthetische en historische gebeurtenissen bevestigen dit vermoeden. Langsheen Dender, Leie en Bovenschelde kunnen afvoergolven uit Wallonië of Frankrijk versterkt worden.



Sluis, stuw, waterkrachtcentrale en vispassage op de Leie te Harelbeke (© de Vlaamse Waterweg)

Bovendien kunnen de meest afwaartse stuwen tijdelijk sluiten op het einde van de dalende flank van een versterkte afvoergolf. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt dat dit gedrag maar in beperkte mate beïnvloed wordt door de parameters van de lokale sturing.

In een derde en laatste stap werd de interactie tussen de stuwen en de andere kunstwerken onderzocht. De versterking van sommige verstoringen door de stuwen heeft een impact op de werkingsduur van de waterkrachtcentrales en op het toegevoegd debiet van de vispassages. De vispassages zelf worden maar in beperkte mate beïnvloed, omdat zij de hoogste prioriteit krijgen bij de waterverdeling in tijden van watertekort.

In de volgende fase van het project "Slim Stuwen" zal onderzocht worden of de nadelen van een lokale sturing verholpen kunnen worden door het gebruik van een centrale sturing. Bij een centrale sturing ontvangt elke site ook informatie over de bovenstroomse afvoer en eventueel ook nog de werking van de kunstwerken op de sites verder opwaarts in de stuwenketen. Met behulp van deze informatie kan dan lokaal geanticipeerd worden op naderende afvoergolven.

Vlaamse overheid
Departement Mobiliteit en
Openbare werken

Waterbouwkundig Laboratorium
Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 3 224 60 35
Fax +32 3 224 60 36

www.waterbouwkundiglaboratorium.be

waterbouwkundiglaboratorium@vlaanderen.be

Depotnummer: D/2023/3241/080