

Waterbouwkundig  
Laboratorium



Vlaanderen  
is wetenschap

# Het Waterbouwkundig Laboratorium

---

Expertise in beweging



Vlaamse  
overheid

DEPARTEMENT  
MOBILITEIT &  
OPENBARE WERKEN





# Het Waterbouwkundig Laboratorium

---

# Wie zijn we?

---



Het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) is al meer dan 80 jaar een expertisecentrum voor onderzoek en adviesverlening over waterbouwkundige, nautische, hydraulische, sedimentgerelateerde en hydrologische vraagstukken.

Als wetenschappelijke instelling en technisch ondersteunende afdeling maken we deel uit van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid. Het Waterbouwkundig Laboratorium ondersteunt de beleidsvoorbereiding en -uitvoering van de Vlaamse overheid door op een integrale, wetenschappelijk verantwoorde manier te voorzien in kennis, kennisproducten en advies op het gebied van watersystemen.

Naast activiteiten in opdracht van het beleidsdomein MOW voeren we ook opdrachten uit voor andere beleidsdomeinen van de Vlaamse overheid, andere binnenlandse en buitenlandse overheidsdiensten en voor de privésector. Opdrachten voor derden worden gefaciliteerd door het Eigen Vermogen Flanders Hydraulics.



## ONZE VISIE

Het Waterbouwkundig Laboratorium streeft ernaar om kennis, kennisproducten en advies te verschaffen over watersystemen op een integrale, wetenschappelijk verantwoorde en kwalitatief hoogstaande manier. Zo willen we het beleid van de Vlaamse overheid ondersteunen.

## ONZE DOELSTELLINGEN

Dit zijn de strategische doelstellingen van het Waterbouwkundig Laboratorium:

- 1 Wij ondersteunen de Vlaamse overheid in haar streven om:
  - de veiligheid van de scheepvaart te verbeteren;
  - wateroverlast en -tekort effectief en efficiënt aan te pakken, de veiligheid tegen overstromingen te verhogen en in te zetten op het beheer van de waterkwantiteit;
  - veilige, efficiënte en effectieve watergebonden infrastructuur te ontwikkelen;
  - een duurzaam kust- en waterwegbeheer uit te bouwen;
  - bij te dragen aan het waterwegen-, kust- en havenbeleid, als deel van de economische ontwikkeling, maar rekening houdend met de leefmilieucomponent.
- 2 Wij sluiten ons maximaal aan bij de langetermijndoelstellingen van het beleid en van de klanten.
- 3 Wij gaan strategische allianties aan om onze dienstverlening te verbeteren en onze positie te versterken.
- 4 Wij bouwen een specifiek wetenschappelijk instrumentarium uit en streven zo naar toepasbare, kwaliteitsvolle en economisch verantwoorde innovatie.

## ONZE AANPAK

Samen met een 100-tal medewerkers - die beschikken over een brede waaier aan gespecialiseerde kennis - streeft het Waterbouwkundig Laboratorium naar een interdisciplinaire aanpak. We analyseren vragen en probleemstellingen grondig voordat we methodes en oplossingen voorstellen. Die zijn stuk voor stuk wetenschappelijk onderbouwd en ze sluiten maximaal aan bij de noden en verwachtingen van de klant.

We volgen nieuwe ontwikkelingen op de voet en vergaren via studies, onderzoek en ontwikkeling nieuwe kennis om toe te passen in onze projecten. We beschikken over specifieke expertise die ons toelaat om de Vlaamse overheid te ondersteunen en te adviseren op vlak van waterbeheer en -beleid, waterbouwkunde, nautica, sedimentbeheer, morfologie, hydraulica en hydrologie.

Daarnaast stimuleren we de markt om innovatieve producten, toepassingen en technologieën te ontwikkelen en te verspreiden. Binnen ons nationale en internationale netwerk gaan we structurele samenwerkingsverbanden aan om nieuwe kennis te toetsen, te consolideren en verder uit te bouwen.

Om onze klanten een betere dienstverlening te garanderen, besteden wij speciale aandacht aan de planning en het management van al onze projecten. In elke fase streven we naar duidelijke communicatie en optimale wisselwerking met de klanten. In dit kader passen we ons ISO9001 gecertificeerd kwaliteitssysteem toe.

## ONZE INSTRUMENTEN & INSTALLATIES

Elke onderzoeksvraag verdient een kwalitatief hoogstaand antwoord. Het Waterbouwkundig Laboratorium kan hiervoor terugvallen op een breed scala aan instrumenten en installaties. Voor een goed begrip van de probleemstelling en de uitwerking van oplossingen kunnen we een beroep doen op:

- fysische (schaal)modellen;
- scheepsmanoeuvresimulatoren;
- numerieke modellen en ondersteunende IT-infrastructuur;
- een meetnet voor permanente monitoring van hydrologische en fysische parameters op en langs bevaarbare waterlopen;
- instrumenten voor meetcampagnes;
- het sedimentologisch laboratorium;
- ons eigen documentatiecentrum voor literatuuronderzoek en desktopstudies.







# Wat doen we?

---

De activiteiten van het Waterbouwkundig Laboratorium kunnen onderverdeeld worden in vijf groepen:

- studie & advies;
- onderzoek & ontwikkeling;
- operationele dienstverlening;
- kennis- & informatiebeheer;
- beheer & onderhoud van onderzoekstools.

## STUDIE & ADVIES

De eerste kerntaak van het Waterbouwkundig Laboratorium bestaat erin wetenschappelijke en technische ondersteuning te bieden op vlak van waterbouwkunde door studies uit te voeren en advies te verlenen. In de praktijk gebeurt dit door desktopstudies, door schaalmodellen te ontwerpen en te bouwen en door schaalmodelproeven, numerieke berekeningen en meetcampagnes en staalanalyses uit te voeren. Om een efficiënte werking en betrouwbare resultaten te garanderen, zoeken we steeds naar de meest geschikte combinatie van onderzoekstools die voorhanden zijn.

## ONDERZOEK & ONTWIKKELING

Het Waterbouwkundig Laboratorium zet zich in voor de ontwikkeling van een dynamisch en state-of-the-art onderzoeksinstrumentarium en specifieke expertise. Onze onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten leveren technologische

innovaties en specifieke kennis op die we kunnen toepassen in onze studien en adviesopdrachten. Zo verbeteren we permanent onze dienstverlening en onze producten met een focus op effectiviteit, efficiëntie en kwaliteit.

## OPERATIONELE DIENSTVERLENING

Het Hydrologisch Informatie Centrum (HIC) maakt deel uit van het Waterbouwkundig Laboratorium en staat in voor de permanente operationele dienstverlening aan de beleidsmakers en beheerders van Vlaamse waterwegen en aan burgers. Het levert specifieke producten en diensten zoals hoog- en laagwaterberichten, realtime waterstanden en rivierafvoeren en voorspellingen van debieten en waterstanden (voor de komende uren tot maximaal 10 dagen vooruit). Het HIC organiseert ook helikoptervluchten bij overstromingen om de getroffen gebieden in kaart te brengen. Sediment- en waterstalen uit continue metingen of meetcampagnes worden geanalyseerd

in het eigen sedimentlabo van het Waterbouwkundig Laboratorium.

Daarnaast beschikt het Waterbouwkundig Laboratorium over scheepsmanoeuvresimulatoren die ook ter beschikking gesteld worden voor opleiding en training van kapiteins, loodsen en schippers.

#### KENNIS- & INFORMATIEBEHEER

Een groot deel van de output van het Waterbouwkundig Laboratorium is ook toegankelijk voor het grote publiek via de platformen [www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be) en [www.waterinfo.be](http://www.waterinfo.be) en via het bibliotheekstelsel. In samenwerking met de Universiteit Gent hebben we het kenniscentrum 'Varen in ondiep en beperkt water' opgericht, met een internationale verankering via de website [www.shallowwater.be](http://www.shallowwater.be).

Wij maken gebruik van de meest recente technologieën om de beschikbare informatie te personaliseren en de inhoud en vorm af te stemmen op de noden en wensen van de doelgroep.

We archiveren de bestanden van elk project en houden de resultaten klaar voor eventuele toekomstige vragen. Om alles te kunnen traceren en te hergebruiken in toekomstige projecten, werken we met een systeem van intern versiebeheer voor numerieke modellen, databanken, rapporten, plannen en handleidingen.

#### BEHEER & ONDERHOUD VAN ONDERZOEKSTOOLS

Dagelijks verzekeren we een professionele dienstverlening onder de vorm van rapporten, adviezen, voorspellingen, enz. Om dat mogelijk te maken, zetten enthousiaste medewerkers zich permanent in achter de schermen voor het beheer en het onderhoud van het instrumentarium en de infrastructuur.

We streven ernaar om alle componenten van het onderzoeks- en monitoringsinstrumentarium operationeel en functioneel te houden volgens state-of-the-art technologie. Daarom besteden we veel aandacht aan het beheer en de ontwikkeling ervan. De fysische modellen en installaties vergen een gecoördineerde inzet van expertise die in het Waterbouwkundig Laboratorium opgebouwd wordt. Zo laten we proeven optimaal aansluiten bij de wensen en noden van onze klanten.

Daarnaast verzorgen we de realtime communicatie met onze meetnetten op het terrein, de exploitatie van de scheepsmanoeuvresimulatoren en het gebruik van numerieke modellen. Dit wordt mogelijk gemaakt dankzij een eigen serverpark, rekeninfrastructuur, cloudfaciliteiten en de samenwerking met universiteiten. Ons IT-team speelt hierin een sleutelrol en werkt nauw samen met onderzoekers en technici om een optimale werking te garanderen.



We verzekeren wetenschappelijke en technische ondersteuning door een professionele dienstverlening onder de vorm van metingen, rapporten, adviezen, voorspellingen, ...





# Expertise en onderzoeksdomeinen

---

Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over expertise in vier onderzoeksdomeinen die sterk met elkaar verbonden zijn:

- havens & vaarwegen;
- waterbeheer;
- hydraulica & sediment;
- waterbouwkundige constructies.

## HAVENS & VAARWEGEN

Het Waterbouwkundig Laboratorium bevordert een veilige en vlotte scheepvaart naar de Vlaamse havens en op de binnenwateren. Met state-of-the-art technologie bieden wij een wetenschappelijke onderbouwing voor de gehanteerde criteria die bepalen of schepen al dan niet toegelaten worden op de trajecten naar de Vlaamse havens en op de binnenwateren. We bestuderen het manoeuvreergedrag van schepen, onder andere op basis van onderzoek met schaalmodellen in onze eigen sleeptank. Daarnaast testen we de uitvoerbaarheid van manoeuvres in functie van stroming, wind, snelheid, sleepbootassistentie, ... op onze scheepssimulatoren in samenwerking met loodsen.

## Toegankelijkheid

Wij beschikken over een gespecialiseerd team dat de toegankelijkheid van havens en vaarwegen onderzoekt. Zij bestuderen de relaties tussen de configuratie van havens en vaargeulen, de lokale hydro- en sedimentdynamiek en het scheepsgedrag in de aanloop naar de havens en op de binnenwateren.

Om de toegankelijkheid van Vlaamse en internationale havens en binnenwateren te verbeteren, stellen we oplossingen voor, vaak in internationale samenwerkingsverbanden. Dat gebeurt op basis van meetgegevens, simulaties en numerieke en fysische modellen

die ons toelaten om stromingsvelden, sedimentdynamiek en scheepsgedrag in ondiep en beperkt water te bepalen.

Onze studies beïnvloeden het ontwerp van havens en sluisoegangen en zijn een belangrijke bron van informatie als het gaat over de haalbaarheid van scheepsmanoeuvres in havens en vaarwegen. Daarnaast onderzoeken en beoordelen we de toegankelijkheid van bestaande infrastructuur en dimensioneren we externe hulpmiddelen zoals sleepbootassistentie, fendering en navigatiehulpmiddelen. We adviseren ook over optimalisatiestrategieën voor onderhoudsbaggerwerk van havens en waterwegen. Tot slot formuleren we aandachtspunten voor procedures bij kritieke scheepsbewegingen.

## Simulatoren

Onze scheepssimulatoren staan garant voor gedetailleerd onderzoek van alle beschikbare informatie. Daarbij bepalen we de toegankelijkheidsgrenzen in functie van externe factoren zoals wind, stroming, aanwezigheid van oevers of structuren of de interactie met andere schepen.

In onze simulatoren wordt de toegankelijkheid onderzocht in realtime of in fasttime (computergestuurd). Om realtime simulaties voor de zeevaart uit te voeren, beschikken we over de 'full mission' brugsimulatoren SIM 360+ en SIM 225, inclusief sleepbootsimulaties, die ook aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Ze worden gebruikt voor simu-



laties van zee- en binnenvaart. Specifiek voor de binnenvaart werken we ook met de simulator Lara.

### Numerieke modellen en software

Aan de hand van numerieke modellen van havens en vaarwegen berekenen we stromingsvelden en verwacht baggerbezwaar voor werkelijk opgetreden of fictieve scenario's.

De software ProToel (Probabilistisch Toelatingsbeleid) werd ontwikkeld om het toelatingsbeleid tot de Vlaamse havens te voorspellen en dit van de toegangseulen op de Noordzee tot aan de terminals. ProToel laat toe om tijpoortberekeningen uit te voeren via zowel probabilistische (op basis van een maximaal aanvaard risico op bodemraking) als deterministische (op basis van een vaste minimale kielspeling) criteria. Bijkomend analyseren we scheepsbewegingen aan de hand van Automatic Identification System (AIS) registraties om een totaalbeeld te bekomen van de trafiek op de vaarwegen.

### Manoeuvreren

Schepen worden alsmaar groter. Zij opereren in vaarwateren waarvan de afmetingen niet in gelijke mate toenemen. Dit betekent dat schepen relatief

minder ruimte hebben om te varen. Met als gevolg dat hun manoeuvreerruimte kleiner wordt en hun manoeuvreerbaarheid moeilijker. Het Waterbouwkundig Laboratorium focust precies op het varen in deze moeilijke omstandigheden.

Wij voeren experimenteel onderzoek uit naar het gedrag van schepen in ondiep en beperkt water. Daarbij nemen we de manoeuvreereigenschappen boven een vaste bodem of een nautische bodem onder de loep.

Het Waterbouwkundig Laboratorium brengt de krachtwerkingen in kaart die van belang zijn voor scheepsmanoeuvresimulaties waaronder:

- invloed van de nabijheid van een oever of een kade op de hydrodynamische krachtwerking op de romp en op de werking van voortstuwing, roer en boegschroeven;
- krachtwerkingen die optreden bij het naderen, invaren en uitvaren van schutsluizen;
- interactie met andere (afgemeerde, ontmoetende, oplopende) schepen.

Daarnaast verrichten we studies rond squatverschijnselen (stationaire verticale bewegingen) en het gedrag van schepen in ondiep water onder invloed van golven.

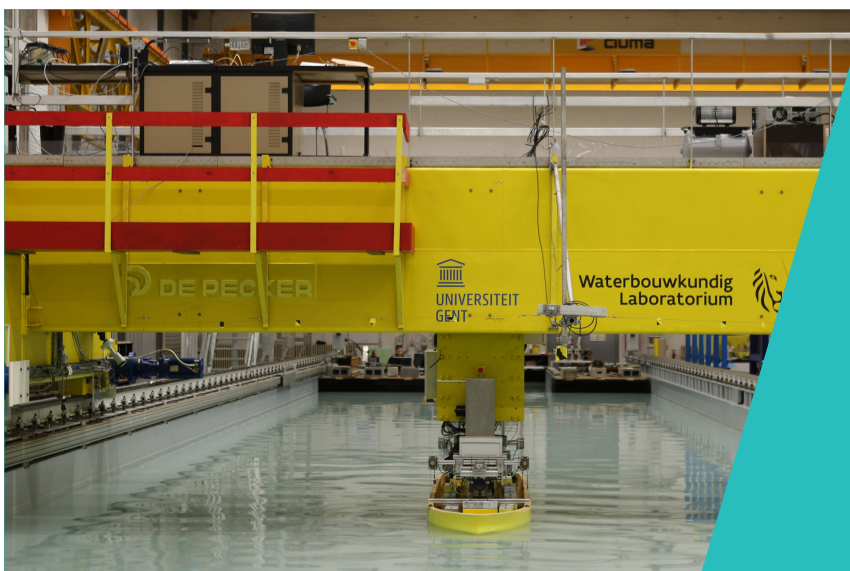
### Schaalmodellen

In onze sleeptank voeren wij verschillende proeven als schaalmodelstudie uit:

- Computerized Planar Motion Mechanism (CPMM) proeven of gedwongen proeven voor de voorspelling van het scheepsgedrag in open en kalm water, maar ook in golven;
- gedwongen interactieproeven tussen schepen onderling of een schip en structuren (schip-schip, schip-oever, schip-bodem, sluiseffecten, ...);
- vrijvarende proeven waarbij het schip door middel van eigen sturingsmiddelen (schroef en roer) gestuurd door een autopilot een traject aflegt in de sleeptank.

### Berekeningen & metingen

De berekeningen van scheepshydrodynamica in ondiep en beperkt water gebeuren aan de hand van numerieke modellen, waaronder CFD-berekeningen. Om aanvaardbare rekentijden te bekomen in dit complexe domein, is een deel van onze interne rekencluster exclusief voorbehouden voor dit onderzoek. We voeren ook metingen uit op schepen en binnenschepen als validatie voor onze modellen.



Wij voeren experimenteel onderzoek uit naar het gedrag van schepen in ondiep en beperkt water.

## WATERBEHEER

Een van de belangrijkste onderzoeksactiviteiten van het Waterbouwkundig Laboratorium bestaat erin om de waterafvoer in rivieren en kanalen te begrijpen, te verklaren en te simuleren, rekening houdend met alle functies van de waterweg. Onze focus ligt op het beheer van oppervlaktewater, maar in samenwerking met andere partners zetten we ons ook in voor een integrale benadering, inclusief hemel- en grondwater.

De expertise van het Waterbouwkundig Laboratorium strekt zich uit van overstromingsmodellen tot waterbeschikbaarheidsstudies. Hierbij nemen scenarioanalyses van de huidige of toekomstige toestand vaak een centrale rol in, vooral op vlak van doorrekening en analyse.

We ondersteunen de Vlaamse beleidsverantwoordelijken en de beheerders van de bevaarbare waterlopen en in de kustzone. Onze kennis wordt aangewend om (lokale en internationale) waterregelgevingen in de praktijk uit te werken, strategische plannen op te maken en het operationele beheer te verbeteren.



Dankzij de toenemende verwerkingskracht van computers slagen we erin om modellen te ontwikkelen die een steeds groter gebied omvatten.

## Overstromingen

Het Waterbouwkundig Laboratorium ontplooit een brede waaier aan activiteiten op het gebied van overstromingen. De operationele taken van het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) maken hier deel van uit, net zoals meetcampagnes tijdens hoogwatersituaties of helikoptervluchten om de situatie snel in kaart te brengen.

Bovendien investeert het Waterbouwkundig Laboratorium sinds lang in het onderzoek van overstromingen, hoofdzakelijk met behulp van numerieke modellen. We vertrekken van een gedetailleerde weergave van de actuele toestand van de rivier, haar kunstwerken (en hun sturing), dijken, ... om het wassen van het water te becijferen en ook stormen in het getijgebied. Zo brengen we de uitgestrektheid van overstromingen, waterdieptes, stroomsnelheden, ... duidelijk in kaart.

Voor alle bevaarbare waterlopen in Vlaanderen en voor de kustzone voorzien we een geactualiseerd model om snel te kunnen inspelen op nieuwe advies- en studievragen. Zo kunnen we de randvoorwaarden wijzigen om bv. effecten van klimaatverandering te be-

studeren. Of we kunnen de effecten van een ingreep nog voor de uitvoering bestuderen door het model aan te passen.

Dankzij de toenemende verwerkingskracht van computers slagen we erin om modellen te ontwikkelen die een steeds groter gebied omvatten. Zo kunnen we gecombineerde effecten van storm en hoge rivierafvoeren en hun samenhang bestuderen.

Niet alle overstromingen hebben dezelfde gevolgen. Bepaalde gebieden zoals gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) of gereduceerde getijgebieden (GGG) worden zelfs aangelegd met het doel om ze min of meer regelmatig te laten overstromen. Daarom stellen we onze overstromingskaarten op aan de hand van hydraulische modellen gecombineerd met schademodelen om zo het economische, ecologische en sociale risico te bepalen.

## Waterbeschikbaarheid

In Vlaanderen wonen we met velen op een beperkte oppervlakte. Onze waterbeschikbaarheid is dan ook laag in vergelijking met de meeste andere Europese landen. Komen tot een optimale verdeling van beschikbaar water is dus een belangrijke oefening met veel en complexe parameters.

Waterbeschikbaarheids- en waterallocatiemodellen geven een ruimtelijk en temporeel inzicht in de hoeveelheid water die beschikbaar is voor de verschillende economische sectoren, de huishoudens en het milieu.

Met deze uiterst relevante modellen kunnen we de impact van socio-economische ontwikkelingen en keuzes op de waterbeschikbaarheid inzichtelijk maken en de gevolgen van klimaatveranderingen in kaart brengen.





### Beleidsvoorbereidend werk

Als technisch experts bieden we ondersteuning aan beleidsmakers en beheerders van de bevaarbare waterlopen en de kustzone.

Het Waterbouwkundig Laboratorium is vertegenwoordigd in werkgroepen rond waterbeheer en -beleid en dit in Vlaanderen, België en internationaal. Onze focus ligt op de internationale stroomgebiedsdistricten van de Schelde en de Maas, maar ook voor andere stroomgebieden binnen en buiten Europa helpen we het integrale waterbeleid te ontwikkelen.

Voor grote projecten, zoals het Sigmaplan of het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan, bieden we technische ondersteuning gedurende het volledige traject: van de visieontwikkeling en de eerste ideeën tot aan het finale plan en de implementatie op het terrein. Als onafhankelijk kenniscentrum onderbouwen we scenario's voor individuele maatregelen en maatregelenprogramma's met cijfermateriaal.

De Europese Overstromingsrichtlijn (2007/60/EG) en het Decreet Integraal Waterbeleid zijn daarbij belangrijke kapstokken. Het Waterbouwkundig Laboratorium maakt elke 6 jaar een

volledige set van kaarten voor alle bevaarbare waterlopen en gaat daarbij verder dan wat strikt noodzakelijk is voor de Europese rapportering. Wij willen immers niet enkel aan de regels voldoen, maar beleidsmakers en beheerders een zo goed mogelijk inzicht bieden in het bestudeerde watersysteem.

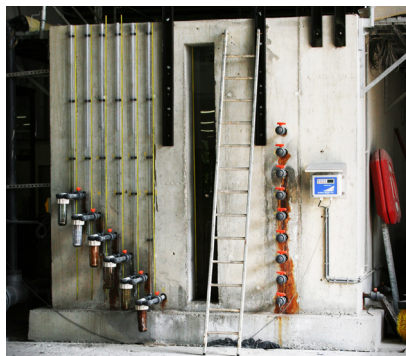


## HYDRAULICA & SEDIMENT

Het hydrodynamisch onderzoek van het Waterbouwkundig Laboratorium focust op kusten en estuaria. We bestuderen het getij, de getijstrooming, de golven en de zoutindringing aan de hand van terreinmetingen, fysische modelproeven en numerieke simulaties.

Onderzoek naar cohesief sediment (slib) moet meer inzicht verschaffen in het sedimenttransport, de consolidatie van sediment en de turbiditeit met het oog op baggerwerken. Tegelijk is kennis van de reologie (nautische bodem) van belang om de manoeuvreerbaarheid van schepen en de grenscondities voor veilige haventoeegang te bepalen.

In het belang van de scheepvaart, de veiligheid tegen overstroming en de natuurlijke sediment- en morfodynamiek voeren we onderzoek uit naar grootschalige structuren zoals zand-



banken voor de kust en systemen van geulen, drempels en platen in estuaria. In morfodynamische studies hebben we aandacht voor de stranddynamiek en kustafslag, die we in detail onderzoeken. Daarbij komen zowel het dwarstransport (vooroever - strand - duin) als het langstransport aan bod. Die kennis is belangrijk om de meest geschikte kustverdediging en -veiligheid te realiseren.

## Hydrodynamica

Ons hydrodynamisch onderzoek legt de focus op het getij, de getijstrooming, de golven en de zoutindringing van kusten en estuaria. We bestuderen voornamelijk de hydrodynamica van de Noordzee en het Schelde-estuarium, maar ook andere gebieden komen aan bod om onze kennis over processen uit te breiden. Daarvoor zetten we terreinmetingen, fysische modelproeven en numerieke simulaties in.

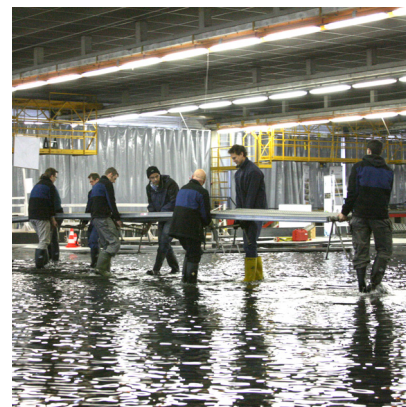
Om de rekentijd en detailgraad in balans te brengen, is een flexibel numeriek modelinstrumentarium noodzakelijk om enerzijds het volledige systeem te begrijpen en anderzijds detailuitspraken te doen over bepaalde locaties. Naast het gebruik van commerciële en opensourcesoftware, ontwikkelt het Waterbouwkundig Laboratorium dan ook eigen tools en schematisaties op maat van het kust- en Scheldeonderzoek.

Om vraagstukken rond zoutindringing te beantwoorden, is een 2D-voorstelling vaak onvoldoende. Hiervoor zet het Waterbouwkundig Laboratorium complexe 3D-modellen in die bv. de variatie over de waterkolom kunnen weergeven.

## Cohesief sediment

Het onderzoek naar cohesief sediment (slib) verschaft het Waterbouwkundig Laboratorium meer inzicht in het sedimenttransport, de consolidatie van sediment en de turbiditeit.

De eigenschappen en beweging van sedimentvolumes brengen we niet alleen in kaart ten behoeve van baggerwerken. Kennis van de reologie (nautische bodem) is ook van belang om de manoeuvreerbaarheid en grenscondities te bepalen waarin schepen nog een veilige toegang tot de havens hebben. Het onderzoek naar cohesief sediment van het



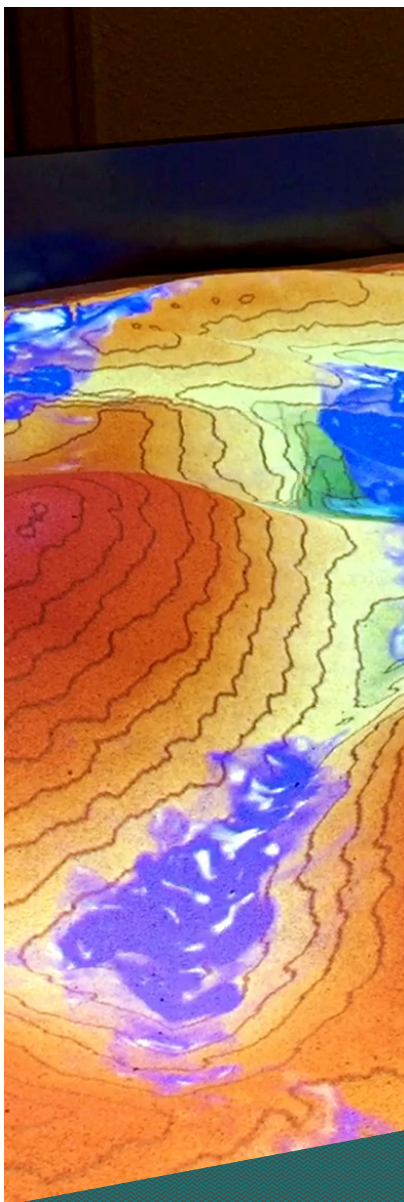
Waterbouwkundig Laboratorium heeft dus ook een groot economisch belang.

Om de eigenschappen van slib beter te doorgronden, vergelijken we slib uit de Schelde met stalen uit andere Europese delta's. Samen met partners doen we onderzoek naar omslagpunten in het estuarium om een duurzaam veilige en toegankelijke natuur te verzekeren.

## Morfodynamica

In morfodynamische studies van de kust bestudeert het Waterbouwkundig Laboratorium zowel het langstransport als het dwarstransport. Dwarstransportstudies focussen op vooroever-, strand- en duinafslag ten gevolge van stormen. Met die kennis ondersteunen we het kustveiligheidsbeleid en helpen we een duurzame kustverdediging te ontwerpen.

Grootschalige structuren zoals de evolutie van zandbanken voor de kust en systemen van geulen en platen in estuaria behoren ook tot onze morfodynamische expertise. Onze kennis over de drempels in estuaria is belangrijk om het toegangsbeleid voor de scheepvaart te bepalen, om duurzame overstromingsbeveiliging voor te stellen en is cruciaal voor de evolutie van het estuarium en de kustzone op lange termijn.



Om vraagstukken rond zoutindringing te beantwoorden, is een 2D-voorstelling vaak onvoldoende.

## WATERBOUWKUNDIGE CONSTRUCTIES

Het Waterbouwkundig Laboratorium onderzoekt het hydraulische gedrag van waterbouwkundige constructies en hun wisselwerking met de omgeving. Ze worden immers belast door bv. stroming, scheepsgolven, windgolven en waterdruk. De expertise die we verwerven in dit onderzoeksdomein sluit nauw aan bij ons doel om duurzaam te streven naar een veilige, vlotte en slimme mobiliteit. Bovendien willen we een infrastructuur helpen realiseren die geïntegreerd en efficiënt beheerd wordt ten dienste van de maatschappij en de economie.

Voor waterkerende constructies zoals zee- en rivierdijken onderzoeken we de invloed van de erosieve werking van hydraulische belastingen op de stabiliteit van de dijk of onderdelen ervan, en bepalen we de gevolgen van het mogelijke falen van de dijk.

Worden er nieuwe schutsluizen ontworpen of worden bestaande stuwsluiscomplexen gerenoveerd, dan staan we paraat met advies en/of een hydraulische studie. Zo dragen we meteen ook bij aan de visdoorlaatbaarheid van stuwsluiscomplexen door vispassages. Ook voor andere waterbouwkundige constructies (zoals stuwen, in- en uitwateringsconstructies en duikers) voeren we hydraulische studies uit.

## Waterkeringen

Het Waterbouwkundig Laboratorium is gespecialiseerd in beleidsondersteunend advies en het (voor)ontwerp, de monitoring en de toetsing van waterkeringsstructuren. Wij beschikken over specifieke expertise in oevers, keermuren, rivier- en zeedijken en voeren onderzoek uit naar bresgevoeligheid, faalkansen, faalmechanismen en bresgroei.

Voor kustbeschermingsstructuren, o.a. zeedijken en duinen, strandhoofden, havendammen en stormmuren onderzoeken we de interactie met golven, stromingen en sedimentbewegingen. Dit doen we door gebruik te maken van in situ metingen, schaalmodelproeven en geavanceerde numerieke modellen voor golf- en stromingsbelastingen die ons inzicht geven in getij, golfklap, golfoploop en golfvoertopping.

Daarnaast voeren we de dimensionering uit van de bekleding van rivierdijken, zeedijken, overloofdijken en ringdijken voor gecontroleerde overstromingsgebieden. Eerst analyseren of meten we de erosieve werking van hydraulische belastingen die optreden op de dijken en nadien bepalen we de noodzaak, het type dijkbekleding en de afmetingen.

## Schutsluizen

### Ontwerp van het nivelleersysteem

Het Waterbouwkundig Laboratorium is gespecialiseerd in studies voor nivelleersystemen van schutsluizen. Via een desktopontwerp schatten we de benodigde doorstroomsectie van het nivelleersysteem in. Daarna tekenen we de geometrie uit en gaan we na of er sprake is van luchtaanzuiging of cavitatie.

Met behulp van diverse gespecialiseerde softwarepakketten (o.a. ons eigen ontwikkelde programma *vuLsluis*.) simuleren we het vullen en ledigen van de volledige sluiscolk en brengen we de krachten in kaart die optreden op schepen in de sluiscolk. Hiervoor kunnen we ook een schaalmodel van de sluiscolk bouwen of de stroming in de sluiscolk simuleren met CFD-modellering. Zo kan ook het lokale stromingspatroon van specifieke delen van het nivelleersysteem nagebootst en onderzocht worden.





We voeren de dimensionering uit van de bekleding van rivierdijken, zeedijken, overlooppdijken en ringdijken voor gecontroleerde overstromingsgebieden.

In bestaande of nieuwe schutsluizen voeren we ook terreinmetingen uit om het comfort van de schepen tijdens het vullen of ledigen van de sluiskolk te verhogen en de werking van het sluisstelsel te optimaliseren.

Zo meten we:

- de variatie in de tijd van de stijgsnelheid van het waterpeil;
- de helling van de waterspiegel in de sluiskolk;
- de openingsnelheid van kleppen of schuiven;
- eventuele hydraulische verliezen van het nivelleersysteem van de sluiskolk;
- golven in de voorhavens of kanaalpannen ten gevolge van het schutten.

#### Ontwerp van de bodembescherming

Voor schutsluizen nemen we ook het ontwerp van de bodembescherming voor onze rekening die in de voorhavens van de sluis of naast de kaaimuren aangebracht moet worden. Hiervoor be-

palen we eerst de hydraulische belastingen op de bodem via een desktopstudie of numerieke modellering. Op basis van dit resultaat stellen we het vereiste type bodembescherming voor, inclusief de afmetingen. Ook de hydraulische krachten op sluisdeuren (bv. door golven) kunnen wij bepalen.

#### Vispassages

Om knelpunten voor vismigratie op te lossen, doet het Waterbouwkundig Laboratorium onderzoek naar het hydraulisch ontwerp van vispassages. Dat gebeurt vaak in nauwe samenwerking met het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) dat een adviesfunctie vervult inzake ecologische aspecten en criteria. Via desktopstudies bepalen we het meest aangewezen vispassagetype (bv. V-vormige bekken-trappen of verticale slotpassages) en de beste ruimtelijke en hydraulische inpassing.

In geval van complexere ontwerp- of onderzoeksvragen - bv. de realisatie van een optimale lokstroom of de inpassing in meer complexe ruimtelijke en/of hydraulische situaties - voeren we studies uit met schaalmodellen en numerieke modellen (bv. CFD-modellering).

Het Waterbouwkundig Laboratorium staat niet alleen in voor advies en onderzoek over het ontwerp van nieuwe vispassages, maar evalueert ook de hydraulische werking van bestaande vispassages. Hiervoor voeren we terreinmetingen uit van bv. waterstanden, debieten, stroomsnelheden en stroompatronen.

#### Overige waterbouwkundige constructies

Het Waterbouwkundig Laboratorium is gespecialiseerd in studies over allerlei watervoerende constructies, zoals in- en uitwateringsconstructies, afvoerduikers, stuwen, spuiconstructies, de toevoer en



afvoer naar pompgemalen en turbines, enz.

We maken gebruik van desktopstudies om de benodigde doorstroomsectie te bepalen, de hydraulische verliezen in te schatten, de woelkom te ontwerpen en de luchtaanzuiging aan de inlaat van de constructie te controleren.

Om het debiet, de stroomsnelheid en de druk in de leidingen te simuleren, zetten we gespecialiseerde softwarepakketten in. Aan de hand van een schaalmodelstudie of via CFD-modellering kunnen we meer in detail het ontwerp van de woelkom of het stromingspatroon (naar of uit deze constructies) bepalen, net zoals het hydraulisch verlies van de constructies.

De stroomsnelheden op de bodem bepalen we met behulp van numerieke modellen of schaalmodellen om de noodzaak, het type en de afmetingen van de bodembescherming naast de constructies te bepalen.

Daarnaast voeren we terreinmetingen uit om meer inzicht te verwerven in de hydraulische werking van deze constructies. We bepalen het debiet door de constructies en het waterpeil opwaarts en afwaarts van de constructies. Ook de stroomsnelheid naar of uit de constructie is meetbaar, net zoals de stand van schuiven of kleppen.



“  
Via een desktopontwerp schatten we de benodigde doorstroomsectie van het nivelleersysteem in.





## Operationele dienstverlening

---

Het operationeel meetnet van het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) omvat de realtime monitoring van waterpeilen, debieten en neerslag op ongeveer 200 Vlaamse locaties. Door verwachtingen op te stellen, ondersteunt het HIC het dagelijkse waterbeheer van de Vlaamse bevaarbare waterlopen.



## ONTWIKKELING VAN VOORSPELLINGS- & WAARSCHUWINGSSYSTEMEN

Het HIC maakt gebruik van accurate voorspellingsmodellen die gevoed worden met de meest recente metingen uit het eigen meetnet, maar ook met gelijkaardige metingen en voorspellingen uit Wallonië, Brussel, Frankrijk en Nederland en met meteorologische voorspellingen. Meerdere keren per dag worden de waterstanden en debieten voorspeld voor de komende 48 uur.

Er is permanente opvolging gegarandeerd van de werking van het meetnet en de beschikbaarheid van de metingen en voorspellingen. Bij significante regenval of hoge waterstanden in het getijdengebied met verhoogd risico op overstroming is er permanente bewaking van het watersysteem voorzien. Daarbij staat een deskundig permanentieteam in rechtstreeks contact met alle betrokken instanties. Het staat in voor de opmaak van hoogwaterberichten en communiceert met de crisiscentra.

Om de voorspellingen, hoogwaterberichten en alle andere producten van het HIC beter toegankelijk te maken voor professionele instanties en burgers, heeft het HIC in samenwerking met de Vlaamse waterbeheerders de website [www.waterinfo.be](http://www.waterinfo.be) opgezet.



Daarop worden alle realtime metingen en voorspellingen van alle instanties ter beschikking gesteld, inclusief interpretaties van de huidige en de verwachte toestand.



## SEDIMENTOLOGISCH ONDERZOEK

We monitoren niet alleen de waterstanden en debieten op de Vlaamse waterwegen, maar ook het sedimenttransport en andere fysische parameters. Continu verzamelen we waterstalen op vaste meetpunten of tijdens vaste meetvaarten die we analyseren in ons eigen sedimentologisch labo. De meettoestellen die op het terrein worden ingezet, worden hier ook gekalibreerd.

De interesse in sediment is in het voorbije decennium steeds groter geworden gezien het belang voor de planning van baggerwerken, de vrijwaring van de toegang tot de havens, het afvoergedrag van rivieren en het risico op overstroming. Ook zet verontreiniging zich makkelijk vast op sedimentdeeltjes en wordt meegevoerd door de rivierafvoer. Op basis van de unieke samenstelling, vorm of kleur van de deeltjes kunnen we een sedimentclassificatie opstellen. Ook wanneer sediment meegevoerd wordt, kunnen we de herkomst van de deeltjes toch nog achterhalen.

Voor een overzicht van de analyses die we verrichten en de parameters die we meten, verwijzen we naar onze 'Meettechnieken & -instrumenten'.

## SCHEEPSMANOEUVREER- SIMULATOREN

Een scheepsmanoeuvresimulator is een fysische scheepsbrug met een geprojecteerde virtuele omgeving. Hij is ontworpen om manoeuvres op vaarwegen of in havens aan te leren of te testen met alle mogelijke scheepstypes en onder allerlei condities (zoals weer of getij). Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over drie simulatoren die onderling gekoppeld kunnen worden om interacties tussen verschillende schepen waarheidsgetrouw voor te stellen.

De simulatoren SIM 360+ en SIM 225 laten toe om te varen met verschillende scheepstypes, waaronder zeeschepen, kusters en sleepboten. De simulator Lara is een specifieke scheepsmanoeuvresimulator voor binnenvaartschepen.

Onze simulatoren zijn ontwikkeld vanuit de noodzaak om studie en onderzoek te doen naar bevaarbaarheid, toegankelijkheid en manoeuvreergedrag. Ze zijn bovendien ook een handig up-to-date instrument voor de opleiding en training van kapiteins, loodsen en schippers.



Waarheidsgetrouwe interacties tussen verschillende schepen kunnen dankzij drie simulatoren onderling gekoppeld worden.

# Kennis- & informatiebeheer

---

Het open WL archief is een online dienstverlening die toegankelijk is voor deskundigen en burgers. Zij kunnen een ruim digitaal aanbod van brochures, eigen publicatierreeksen en onderzoeksresultaten vrij raadplegen via de website [www.waterbouwkundig-laboratorium.be](http://www.waterbouwkundig-laboratorium.be) ('Open WL Archief').

## OPEN WL ARCHIEF

Zo wil het Waterbouwkundig Laboratorium de zichtbaarheid, de verspreiding en het gebruik van zijn onderzoeksresultaten stimuleren en de wetenschappelijke communicatie maximaal bevorderen.

Via het gebruiksovereenkomstformulier kunnen overheidsinstanties, wetenschappelijke instellingen en studie bureaus onze studies digitaal verkrijgen. Ook voor de media en geïnteresseerden stelt het Waterbouwkundig Laboratorium gegevens, documentatie en infrastructuur ter beschikking.

## NETWERKING & SAMENWERKING

Het Waterbouwkundig Laboratorium participeert in heel wat kennisnetwerken en gaat samenwerkingsovereenkomsten aan met binnenlandse en buitenlandse partners om samen aan thematische kennisopbouw te doen. In het kader van internationale projecten gaan we in functie van de oproep of het onderwerp partnerships aan met binnenlandse en buitenlandse kennisinstututen (zoals universiteiten en onderzoeksinstellingen), met beheerders, maar ook met private partijen.

Een aantal van die partnerships zijn langlopend en geformaliseerd in samenwerkingsovereenkomsten met partners die een complementaire expertise hebben zodat we klanten steeds een zo goed mogelijke dienstverlening kunnen aanbieden. Hierbij respecteren

we steeds de geldende regels als deel van de Vlaamse overheid, zoals de wet op de overheidsopdrachten of de openbaarheid van bestuur. De samenwerking - met universiteiten, maar ook andere gespecialiseerde (overheids)diensten - op gebied van kustonderzoek of het kennisnetwerk 'dijken' zijn daar mooie voorbeelden van.

## Kenniscentrum 'varen in ondiep en beperkt water'

---

Het kenniscentrum 'Varen in ondiep en beperkt water' werd opgericht in 2008. Het streeft ernaar om de wetenschappelijke kennis en praktijkervaring over het gedrag van schepen in ondiep en beperkt water te verzamelen, uit te breiden en beschikbaar te maken. Zo biedt het ondersteuning aan het toelatingsbeleid en bij de ontwikkeling van waterwegen voor schepen naar de Vlaamse havens en voor de binnenvaart.

De doelstellingen van het kenniscentrum zijn:

- een efficiënt documentatiebeheer;
- een accuraat databeheer;
- complementaire internationale samenwerking.

Het kenniscentrum wordt uitgebouwd in samenwerking met de Universiteit Gent, Afdeling Maritieme Techniek en verspreidt zijn kennis wereldwijd via de Engelstalige website [www.shallowwater.be](http://www.shallowwater.be). Het staat ook in voor de organisatie van de internationale MASHCON conferenties.





# Instrumenten en installaties

---

Zowel voor metingen in het laboratorium als voor meetcampagnes op het terrein heeft het Waterbouwkundig Laboratorium heel wat expertise en instrumenten beschikbaar. Naast de continue monitoring voor de operationele dienstverlening door het HIC, voeren we meetcampagnes uit in functie van allerhande onderzoeksvragen en projecten voor klanten. We kunnen hierbij voor elke soort meting de meest optimale combinatie van sensoren inzetten.

## MEETTECHNIEKEN & -INSTRUMENTEN

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste soorten metingen die we kunnen uitvoeren. In functie van de projectnaden en in samenspraak met de klant bepalen we de meest geschikte combinatie van meettechnieken, -frequentie, -duur en sensoren. Voor de aankoop van meetinstrumenten is het Waterbouwkundig Laboratorium niet gebonden aan een producent of leverancier. Bovendien ontwikkelen we zelf specifieke toestellen die niet op de markt verkrijgbaar zijn.

### Metingen in situ

---

Voor meetcampagnes in situ, waaronder ook meetvaarten, beschikt het Waterbouwkundig Laboratorium over de nodige expertise om het volledige traject te doorlopen: vanaf de verkenning van de meetlocaties en de organisatie en voorbereiding van de campagne, over de mobilisatie, uitvoering en demobilisatie tot de oplevering van de data (inclusief een factual data rapport). Daarvoor maken we gebruik van een uitgebreide set hoogtechnologische meetapparatuur, waaronder:

- apparatuur om de stroomsnelheid en -richting te meten: verschillende soorten Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP), Acoustic Doppler Velocimeters (ADV) en elektromagnetische snelheidsmeters;
- instrumenten om het waterniveau en de golfploop te meten (akoestisch en druk);

- turbiditeit-, druk-, conductiviteit-, zuurstof- en temperatuursensoren;
- verschillende waterstaalname en monsternametoestellen;
- RTK-gps voor hoogtemetingen en plaatsbepaling;
- meetframes om uit te zetten op de zee/rivierbodem;
- positiemeetsysteem voor scheepsbewegingen;
- hoekmeters en rotatiesnelheidsmeters;
- hogedefinitiecamera's.

Daarnaast adviseert het Waterbouwkundig Laboratorium bij gespecialiseerde metingen die in situ plaatsvinden om sliblagen en slibeigenschappen in beeld te brengen. Wij begeleiden klanten om de juiste geofysische meettoestellen in te zetten en de verkregen data correct te evalueren. Het gaat om volgende apparatuur:

- akoestische bathymetrische toestellen (singlebeam en multibeam);
- in-situ dichtheitsprofielerende toestellen;
- reologische toestellen.

### Metingen op fysische modellen

---

Om metingen op schaalmodellen en op andere installaties in het Waterbouwkundig Laboratorium uit te voeren, bepaalt het Waterbouwkundig Laboratorium de meest aangewezen instrumentenkeuze en meetmethode. Dat gebeurt in functie van de te meten parameters en de beschikbare meetruimte op het model. Het meetinstrumentarium bestaat onder andere uit:





- elektromagnetische en akoestische snelheidsmeters en debietmeters;
- druksensoren voor statische of dynamische druk;
- golvmeters;
- laserpositiemeters;
- totaalstation en elektronisch waterpastaestel;
- hoekmeters en rotatiesnelheidsmeters;
- krachtenmeters;
- waterniveaumeters;
- kalibratietoestellen voor sturen en meetsignalen en rekstrooktoepassingen;
- visiesystemen waaronder 'Particle Tracking Velocimetry' metingen;
- op maat gemaakte meetinstrumenten voor specifieke toepassingen.

### Laboratoriumanalyses

In ons sedimentologisch labo voeren we volgende analyses het meest frequent uit:

- korrelgrootteverdeling;
- bepaling van reologische karakteristieken;
- densiteitsbepaling;
- bepaling van het kalk- en organisch gehalte, de sedimentconcentratie, de saliniteit en het Cl-gehalte.

We beschikken over geautomatiseerde (Prepash) en manuele (moffeloven) toestellen voor de bepaling van droog- en as(gloeï)-resten en het gloeiverlies. Met de automatische filtratiemachine die we in huis ontwikkelden, kunnen we ook de droogresten bepalen. Verder beschikt het sedimentologisch labo over de nodige toestellen om te vriesdrogen en een ionenchromatograaf.

In het sedimentologisch labo verrichten we ook vernieuwend projectmatig onderzoek en laboratoriumanalyses, o.a. licht- en elektronenmicroscopie met behulp van EDX en de optie om digitale microfoto's te nemen.

### NUMERIEKE MODELLELING

Voor onze numerieke modellering maken we gebruik van een waaier aan commerciële pakketten, opensource-oplossingen en zelf ontwikkelde programma's en tools. Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft de juiste expertise in huis om uit het bestaande portfolio van modellen het meest geschikte instrument te selecteren voor elke toepassing. We houden het portfolio continu up-to-date en vullen eventuele lacunes aan.

Wij zijn vertrouwd met heel wat software voor zeer uiteenlopende toepassingen. Hieronder lijsten we de belangrijkste even kort op.

### Hydrologische modellen

Het Waterbouwkundig Laboratorium maakt gebruik van hydrologische modellen voor de berekening van de afvoer vanuit een rivierbekken naar de waterloop. Zo bepalen we randvoorwaarden die gebruikt worden in hydraulische modellen en waterbalansmodellen.

De meeste hydrologische modellen - zeker operationeel - van het Waterbouwkundig Laboratorium zijn conceptuele reservoirmodellen. Voor studieopdrachten maken we vergelijkingen tussen conceptuele modellen (NAM, PDM, ...), gemengde conceptuele-fysisch gebaseerde modellen (bv. WetSpa) en hooggedetailleerde, fysisch gebaseerde en volledig gedistribueerde modellen (bv. MIKE SHE).

### Hydrodynamische modellen

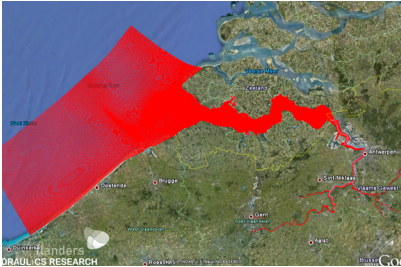
Hydrodynamische modellen in 1D gebruikt het Waterbouwkundig Laboratorium voornamelijk om waterstanden en debieten in rivieren en hun overstromingsgebieden te berekenen in functie

van de tijd. We maken o.a. gebruik van MIKE11 modellen die we onderhouden en actualiseren om steeds zo goed mogelijk de actuele situatie weer te geven.

Op het gebied van hydrodynamische modellen in 2D en 3D is een waaier aan toepassingen mogelijk. Het Waterbouwkundig Laboratorium gebruikt deze modellen voor de kustzone, de rivierdelta's en voor specifieke vraagstukken zoals zoutindringing in havens. Deze softwarepakketten hebben ook modules om het sedimenttransport te simuleren. In functie van de benodigde functionaliteiten voor de opdracht en de partners werken we o.a. met TELEMAC, Delft3D en MIKE21. Voor verschillende van deze softwarepakketten werken we mee aan nieuwe ontwikkelingen door nieuwe code te schrijven voor specifieke toepassingen of modules, of via uitgebreide testen van nieuwe functionaliteiten.

We zetten hydrodynamische modellen zowel in voor studies, adviezen en onderzoeken als voor onze operationele voorspellingsmodellen. Typische studievraagstukken zijn scenarioanalyses ter ondersteuning van het waterbeheer, de planning en de ontwikkeling van het beleid. Deze softwarepakketten bevatten naast waterbeweging ook modules voor morfologie.

Voor de operationele voorspellingsmodellen koppelt het Waterbouwkundig Laboratorium zijn hydrologische en hydrodynamische modellen aan de WISKI databank via webservices. In deze databank wordt info over neerslag, debieten, waterstanden en sedimenthoeveelheden continu opgeslagen aan de hand van metingen op het terrein. Zo doen we minimaal 4 keer per dag voorspellingen voor de komende 48 uur voor alle bevaarbare waterlopen in Vlaanderen.



#### **NEVLA model**

Het NEVLA model - kort voor 'Nederlands-VLAams' - is een hydrodynamisch model dat ontwikkeld werd in de SIMONA software. Het omvat de Belgische kustzone, de Westerschelde en Zeeschelde en ook debijrivieren Durme, Rupel, Nete, Dijle en Zenne. Deze rivieren zijn allemaal tot aan hun getijgrens opgenomen in het model. SIMONA staat voor 'Simulatie MOdellen voor de NATte waterstaat' en is het instrumentarium waarvan de Nederlandse Overheid (Rijkswaterstaat) gebruik maakt voor haar watermanagementtaken. Door de NEVLA schematisatie in deze software op te bouwen en te onderhouden, kan het model makkelijk in een internationale (Vlaams-Nederlandse) context worden gebruikt.

Het model wordt door het Waterbouwkundig Laboratorium onderhouden in een 3D- en 2D-versie. De 3D-versie wordt vooral gebruikt voor berekeningen van saliniteit en sedimenttransport (zand en slib). De 2D-versie is sneller in gebruik en zorgt voor operationele voorspellingen.

### **Waterbalansmodellen**

---

We doen een beroep op waterbalansmodellen (zoals MIKE Basin) voor studies rond waterbeschikbaarheid en waterallocatie. We zetten ze bv. in bij scenarioanalyses voor wijzigende klimatologische omstandigheden of een wijzigende watervraag.

### **Golfmodellen**

---

Numerieke modellering van golven is een manier om het gedrag van de kustverdediging te bestuderen. Het Waterbouwkundig Laboratorium maakt voornamelijk gebruik van SWASH, DualSPHysics en XBeach. Verder zijn we actief betrokken bij de verdere ontwikkeling van DualSPHysics. Het XBeach pakket wordt ook ingezet voor kustmorfologische studies.

### **Sedimenttransport- en morfologische modellen**

---

De kennis over de sedimentdynamiek en de morfodynamiek in de waterwegen, het estuarium en de kustzone wordt in wiskundige modellen beschreven. Lacunes in de kennis worden door gericht onderzoek en meetcampagnes aangepakt om op die manier de zwakke punten in de modellen stap voor stap structureel te verbeteren. Basismodellen voor het hele werkingsgebied worden up-to-date gehouden door aanpassing van geometrie en randvoorwaarden aan uitgevoerde werken en evoluties op het terrein.

Verskillende types van wiskundige modellering worden ingezet afhankelijk van de toepassing. Voor de kortere tijdsschalen zijn procesmodellen - die aangedreven worden door hydrodynamische modellen - het meest aangewezen. Voor langere tijdsschalen worden ook modellen met geïdealiseerde procesbeschrijving of geïdealiseerde geometrie ontwikkeld. Daarnaast worden empirische modelleringen toegepast, die aangedreven worden door sedimentgerelateerde of morfologische data.



## Analyse van scheepstrajecten

Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over een specifieke tool om scheepsverkeer te analyseren.

### *AIS data-analysetool*

Het Waterbouwkundig Laboratorium ontwikkelde een tool om Automatic Identification System (AIS) data op een flexibele en effectieve manier te analyseren. AIS data bevatten informatie die bv. gebruikt kan worden bij de analyse van het scheepsverkeer voor operationele doeleinden of voor specifieke manoeuvres op welbepaalde locaties.

Omdat datavolumes vaak zeer groot zijn, sorteert de AIS data-analysetool eerst de nodige scheepsinformatie. Nadien wordt die gefilterd op basis van specifieke parameters zoals de scheeps- of reiskarakteristieken. Voor de visualisatie van de data voorziet de AIS data-analysetool exportopties in verschillende formaten die compatibel zijn met GIS viewers.

## Computational fluid dynamics

Met Computational Fluid Dynamics (CFD), oftewel numerieke stromingsleer, bestuderen we stromingen van vloeistoffen en gassen (zoals water en lucht) via numerieke weg met behulp van computers. Hierbij worden de Navier-Stokes vergelijkingen in discrete vorm opgelost, waardoor we gedetailleerd stromingspatronen kunnen simuleren. CFD wordt gebruikt om de hydrodynamische krachten op schepen te bepalen en om de stroming door of in de omgeving van waterbouwkundige constructies te simuleren.

### *FINE™/Marine*

Het softwarepakket FINE™/Marine, ontwikkeld door NUMECA, berekent de turbulente lucht-waterstroming rond een vaartuig op basis van de Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen. Het Waterbouwkundig Laboratorium focust zijn onderzoek enerzijds op het nabootsen van experimentele resultaten bekomen via sleeptankonderzoek (o.a. schip-oeverinteractie, schip-schipinteractie en het gedrag van schepen in golven). Anderzijds gebruiken we deze software om de nodige input (bv. windcoëfficiënten van schepen) te leveren voor onderzoekssimulators waarvoor het Waterbouwkundig Laboratorium geen experimentele faciliteiten heeft.

### *OpenFOAM*

OpenFOAM is een gratis, open source CFD software die ontwikkeld wordt door de OpenFOAM Foundation. Het pakket bevat meerdere solvers om specifieke stromingsproblemen te simuleren. Het Waterbouwkundig Laboratorium gebruikt OpenFOAM voornamelijk voor de modellering van lokale stromingsprocessen door of in de omgeving van waterbouwkundige constructies.



Het Waterbouwkundig Laboratorium maakt gebruik van hydrologische modellen voor de berekening van de afvoer vanuit een rivierbekken naar de waterloop.

## Hydrostatica van schepen

Het Waterbouwkundig Laboratorium kan een breed gamma aan software voor hydrostatiche berekeningen van schepen inzetten, elk met eigen functionaliteiten en mogelijkheden.

### *DELFTship*

DELFTship Pro is een compleet ontwerppakket voor toepassingen in de mariene sector. Hiermee kunnen we elke mogelijke rompvorm ingeven en het kent een grote flexibiliteit. Dankzij de visuele benadering kan het gebruikt worden voor bijna elk drijvend object.

### *Rhino en Orca3D*

Dit programma berekent de hydrostatica en stabiliteit van een schip en kan een breed gamma aan invoer- en uitvoerbestanden verwerken.

## Hydrodynamica van schepen

Ook voor de studie van de hydrodynamica van schepen beschikken we over verschillende onderzoeksmogelijkheden.



### *ROPES*

ROPES is een project dat het effect van passerende schepen bestudeert op de beweging van afgemeerde schepen. De grootte van schepen neemt almaar toe en er worden continu nieuwe terminals ontwikkeld langs waterwegen en toegangswegen tot de havens. Voor de planning en ontwikkeling van de operationele havenactiviteiten is het dus zeker belangrijk om de impact goed in kaart te brengen.

### *ProToel*

Het Waterbouwkundig Laboratorium ontwikkelde samen met de Universiteit Gent afdeling Maritieme Techniek de software ProToel (Probabilistisch Toelatingsbeleid). Het gaat om een gebruiksvriendelijke toepassing die de tijvensters van maatgevende schepen bepaalt tot de Vlaamse havens op basis van zowel probabilistische criteria (maximale kans op bodemraking) als deterministische criteria (minimale kielspelingen, maximale stroomsnelheid, enz.).

Een gebruiker kan in de ProToel-GUI de gewenste reis simuleren door selectie van het schip, de ladingsconditie, de vaarroute met bijhorende vaarsnelheden en het/de gewenste tijdstip(pen) van vertrek. Op elk trajectpunt vraagt ProToel de voorspelde hydrometeogegevens (getij, stroom en directioneel golfklimaat) op via een webservice die het Waterbouwkundig Laboratorium host. Voor berekeningen op lange termijn is het mogelijk om astronomische hydrometeogegevens te definiëren in de lokale databank.

De reacties van het schip op zeeegang (dynamische verticale beweging) en squat (stationaire verticale beweging) berekenen we met behulp van een databank van scheepsbewegingskarakteristieken (bekomen uit modeltesten en numerieke berekeningen).



## Vullen & ledigen van schutsluizen

---

Het Waterbouwkundig Laboratorium gebruikt programma's die het vul- en ledigingsproces van een schutsluis beschrijven in een geschematiseerde vorm. Ze berekenen de variatie in de tijd van de waterstand in de sluiscolk, de variatie in de tijd van het debiet door openingen in deuren of omloopriolen en de variatie in de tijd van langskrachten op het schip in de sluiscolk (dwarskrachten kunnen niet berekend worden).

### *LOCKFILL*

Het programma LOCKFILL wordt gratis ter beschikking gesteld door het onafhankelijk onderzoeksinstituut Deltares. De berekeningsmethode is gebaseerd op schaalmodelonderzoek, deskstudies en eerder ontwikkelde berekeningsprogramma's. LOCKFILL werd door Deltares ontwikkeld in de periode 1989-1993 in opdracht van Rijkswaterstaat. Dit programma laat toe om het vullen en ledigen van een sluis via openingen in de sluisdeuren te simuleren en de langskrachten op het schip in de sluiscolk te berekenen. In beperkte mate is het in LOCKFILL ook mogelijk om nivelleersystemen met korte omloopriolen en woelkelder te bestuderen.

### *vul\_sluis*

Het programma vul\_sluis is een (Matlab) programma dat het Waterbouwkundig Laboratorium ontwikkeld heeft op basis van de beschikbare literatuur in verband met het programma LOCKFILL. Het werd gevalideerd met meetgegevens uit de literatuur en bijkomende meetgegevens van het Waterbouwkundig Laboratorium. Ook dit programma laat toe om het vullen en ledigen van een sluis via openingen in de sluisdeuren te simuleren en de langskrachten op het schip in de sluiscolk te berekenen.

Bij de ontwikkeling van het programma vul\_sluis is enkel de nivellering via openingen in de sluisdeuren in rekening genomen. Nivellering via korte omloopriolen en de component van de langskracht op het schip ten gevolge van dichtheidsverschillen is hierbij niet beschouwd.

## Impact van overstromingen

---

Naast het bepalen van fysische parameters zoals waterstanden of stijgsnelheden in overstroomde gebieden, berekent het Waterbouwkundig Laboratorium ook de impact van overstromingen door inschattingen te maken van schade en slachtoffers. Dit doen we om het risico voor en na een ingreep te vergelijken of om bv. de effecten van klimaatscenario's door te rekenen.

### *LATIS*

Om de impact van overstromingen te berekenen, ontwikkelde het Waterbouwkundig Laboratorium in samenwerking met de Universiteit Gent de specifieke GIS-tool LATIS. Die wordt gebruikt om overstromingsschade en risico's te bepalen. De tool berekent zowel het economische risico (uitgedrukt in euro/jaar) als het risico op slachtoffers (uitgedrukt in slachtoffers/jaar). Hierbij is het overstromingsrisico het product van de kans van een overstroming en de schade van die overstroming. De schade van een bepaalde overstroming wordt bepaald door de waterdiepte en de maximale schade, wat dan weer afhankelijk is van het landgebruikstype en de socio-economische context.

LATIS gebruikt een zeer gedetailleerde landgebruikskaart tot op perceelniveau. De exacte locatie van (residentiële en industriële) gebouwen, wegen en andere constructies wordt in rekening gebracht. Op basis van deze landgebruiksinformatie en socio-economische data is het mogelijk om een potentiële schadekaart op te stellen. Die wordt gecombineerd met verschillende overstromingskaarten voor diverse terugkeerperioden om 1 risicokaart te vormen. Met behulp van schadefuncties wordt de werkelijke schade berekend op basis van de waterdiepte, maar ook de stroomsnelheid en de stijgsnelheid van het water.

LATIS speelt een belangrijke rol om te voldoen aan de eisen van de Europese Overstromingsrichtlijn (Richtlijn 2007/60/EG). Het pakket is opgebouwd in Microsoft.NET met behulp van de Idrisi API (raster-GIS, Clark Labs). De gebruikersinterface en het algoritme van het model zijn geïmplementeerd in C#.Net.

## SCHEEPSMANOEUVREERSIMULATOREN

De scheepsmanoeuvresimulator is een instrument om ontworpen vaarwegen in een virtuele omgeving te testen. Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt over drie simulatoren: SIM 360+, SIM 225 en Lara.

SIM 360+ en SIM 225 laten toe om te varen met verschillende types van schepen zoals zeeschepen, kusters en sleepboten. Lara is een specifieke scheepsmanoeuvresimulator voor binnenvaartschepen.

In een simulator worden de scheepsmanoeuvres als volgt nagebootst:

- bewegingen van het schip zijn waar te nemen middels de instrumenten op de navigatiebrug en door de ramen (buitenbeeld);
- de navigator merkt hoe het schip zich gedraagt;
- de navigator geeft aangepaste bevelen (roer, telegraaf, sleepbootassistentie) om het schip te besturen;
- de krachtenwerking op het schip wordt berekend (wiskundig model);
- de snelheid en nieuwe positie van het schip worden bepaald en getoond op de instrumenten en via het buitenbeeld.

### Doel

---

De simulatoren worden gebruikt voor onderzoek en manoeuvreeropleidingen.

In geval van een onderzoek krijgen ervaren navigators een manoeuvreertaak opgelegd. Nadien gebeurt er een statistische analyse op de uitgevoerde manoeuvres. Dit laat toe om de conditie te evalueren en bv. de veilige vaarbaanbreedte in te schatten. Wij voeren verschillende soorten onderzoeksvaarten uit om:

- havens en vaarwegen te ontwerpen;
- nautische procedures te testen;
- de grenzen te bepalen voor veilig verkeer (risicoanalyse).

De manoeuvreeropleiding voor loodsen en stuurliu omhelst het inoefenen van specifieke manoeuvres.

### SIM 360+

---

#### Karakteristieken Scheepsbrug:

- navigatie-uitrusting om verschillende scheepstypes te besturen (zeevaart, kustvaart en Voith-Schneider sleepboten);
- automatisch radarplotapparaat (ARPA radar);
- quadrofonisch geluidssysteem;
- VHF radio;
- Electronic Chart Display Information System (ECDIS).

#### Buitenbeeld:

- computergegenereerd perspectiefbeeld van de omgeving geprojecteerd op een cilindrisch scherm;
- beeldhoek: 360° horizontaal en 35° verticaal;
- mist, nevel, schemering en nachtzicht.





#### Instructeursruimte:

- operatorconsole om vaarten te selecteren, op te maken, te starten en te stoppen;
- leiden van vreemde schepen;
- instellen van atmosferische condities en de tijd van de dag;
- openen en sluiten van bruggen en sluisdeuren;
- bedienen van verkeerslichten;
- bedieningsconsole voor 4 sleepboten (klassiek, Voith-Schneider, Z-peller).

#### Wiskundig model:

- berekening van hydrodynamische krachten, ondiepwatereffecten, beperktwatereffecten;
- voortstuwing;
- aerodynamische krachten;
- contactkrachten en interactie met ontmoetende en oplopende vreemde schepen.

### SIM 225



#### Karakteristieken

De scheepsmanoeuvresimulator SIM 225 is bijna identiek aan SIM 360+, behalve wat betreft het buitenbeeld. Het beeld van de buitenwereld wordt geprojecteerd op een cilindrisch scherm met een beeldveld van 225° horizontaal en 35° verticaal. Het is mogelijk om de kijkrichting te wijzigen waardoor het schip gevisualiseerd kan worden van boeg tot hek.

### Lara

#### Karakteristieken Stuurhut:

- autopilot voor de roerbediening;
- telegraaf;
- dubbele boegschroefbediening;
- Electronic Chart Display Information System (ECDIS);
- radar;
- camerabeelden met bediening;
- instelling van de stuurhuthoogte;
- koers, roerstand, bochtenmeter en tal van andere indicatoren.

#### Buitenbeeld:

- computergegeeneerd perspectiefbeeld van de omgeving gevisualiseerd op zeven 52" LCD beeldschermen met full HD-resolutie;
- beeldhoek van 210°;
- mist, nevel, schemering en nachtzicht.

#### Instructeursruimte:

- operatorconsole om vaarten te selecteren, op te maken, te starten en te stoppen;
- leiden van vreemde schepen;
- instellen van atmosferische condities en de tijd van de dag;
- openen en sluiten van bruggen en sluisdeuren;
- bedienen van verkeerslichten.



#### Wiskundig model:

- berekening van hydrodynamische krachten, ondiepwatereffecten, beperktwatereffecten;
- voortstuwing;
- aerodynamische krachten;
- contactkrachten en interactie met ontmoetende en oplopende vreemde schepen.



### Modellen op maat

Naast de vaste opstellingen die verder beschreven worden, ontwerpt het Waterbouwkundig Laboratorium ook modellen op maat voor specifieke studies van een bepaald gebied. In de multifunctionele overdekte ruimte van onze proefhallen is ongeveer 5.000 m<sup>2</sup> beschikbaar voor het ontwerpen van schaalmodellen op maat in samenwerking met de opdrachtgever. Dankzij de bestaande infrastructuur (o.a. rolbruggen) en de beschikbare instrumenten kunnen we een brede waaier aan hydraulische, sedimentgerelateerde, nautische en waterbouwkundige constructies bestuderen en testen.

### ZEEBRUGGEMODEL (OP MAAT)

Momenteel is een gedeelte van onze hallen - ongeveer 2.000 m<sup>2</sup> - ingenomen door een speciaal ontworpen schaalmodel van de haven van Zeebrugge voor langdurige proeven.

De Vlaamse overheid heeft de voorbije jaren fors geïnvesteerd in verdiepingsbaggerwerken in de maritieme toegang van de haven van Zeebrugge. Hierdoor kunnen schepen met een diepgang van 15,5 tot 16,0 m vandaag de haven bereiken. Het vaarvenster - oftewel de tijd om de haven in- en uit te varen - van dergelijke schepen en van LNG-tankers is echter beperkt tot circa 4 à 6 uur per dag. Dat komt door de grote dwarsstroming voor de havenmond en de moeilijk te baggeren sliblaag in de voorhaven. Bovendien heeft de haven van Zeebrugge te kampen met aanslibbing: twee keer per dag kan het aanwezige slib op de zeebodem binnenstromen tijdens de vloedfase.

### Problematiek van de getijstroming

De stroming voor de Vlaamse kust is meestal parallel met de kustlijn. Tijdens de vloedfase stroomt het water van het Nauw van Calais langs de Vlaamse kust richting Westerschelde en tijdens de eb fase stroomt het uit de Westerschelde in omgekeerde richting. Ter hoogte van de haven van Zeebrugge concentreert de kustparallele stroming zich voor de havenmond waardoor een sterke dwarsstroming in de vaargeul optreedt. In de periode rond hoogwater is deze stroming zo sterk dat grote schepen de haven niet veilig kunnen in- of uitvaren. Dat is een belangrijke beperking voor de haven van Zeebrugge, want op dat ogenblik is de waterdiepte net het grootst om de allergrootste schepen toegang te verschaffen.

### Modellering

Het Waterbouwkundig Laboratorium bestudeert deze problematiek met drie verschillende onderzoekstools: gedetailleerde numerieke modellen, scheepssimulatoren en een groot schaalmodel. Hierin wordt de dwarsstroming aan de havenmond en in de vaargeul in detail bestudeerd, zowel voor de huidige situatie als voor mogelijke aangepaste lay-outs.

Het grote schaalmodel en de bijhorende computersturing hebben we volledig zelf ontworpen. Het model omvat een kustlijn van 15 km (van Blankenberge tot Knokke) en gaat 10 km ver in zee tot voorbij de vaargeul 'Scheur'. Het schaalmodel simuleert een volledig springtij, met een correcte variatie van de veranderende waterstand en stroming gedurende de volledige getijdencyclus. De stroomsnelheden en stromingspatronen kunnen we hierbij in detail opmeten en onderzoeken.

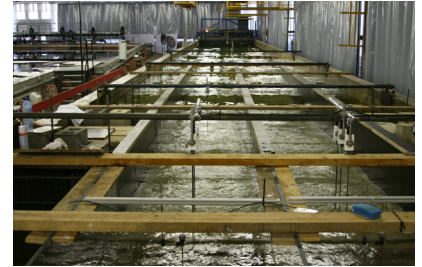
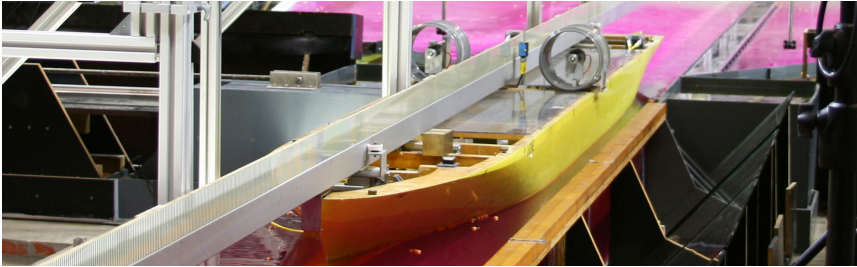
Eigenschappen van het schaalmodel van Zeebrugge:

- horizontale schaal: 1/300;
- verticale schaal: 1/100;
- snelheidschaal: 1/10;
- tijdschaal: 1/30;
- debietschaal: 1/300 000;
- getijdencyclus: 25 minuten (= 12,5 uur in werkelijkheid);
- amplitude bij gemiddeld springtij: 4,3 cm (= 4,3 m in werkelijkheid).



In de multifunctionele overdekte ruimte van onze proefhallen is ongeveer 5.000 m<sup>2</sup> beschikbaar voor het ontwerpen van schaalmodellen op maat in samenspraak met de opdrachtgever.





### Sluismodel

Met behulp van het nautische sluismodel kunnen we zowel het in- als het uitvaren van een schip in een sluiskolk bestuderen. Het scheepsmodel vaart langs een geleidingsrail die dwingt om een rechtlijnig traject te varen terwijl de dwarskrachten vooraan en achteraan het scheepsmodel worden opgemeten. De geleidingsrail kan een welbepaalde drifthoek of excentriciteit opleggen aan het schip ten opzichte van de aslijn van de sluiskolk. Het scheepsmodel vaart op eigen kracht in of uit de sluiskolk en wordt aangestuurd door de scheepspropeller. Daarnaast kunnen we sleepboothulp in langsrichting simuleren met vliegtuigpropellers die gemonteerd worden op het dek.

De sluiskolk is voorzien van een sluisdeur die geopend kan worden aan een voorgeschreven snelheid. Dit laat toe om de sluiskolk te vullen met water van een verschillende densiteit in vergelijking met de aanloopzone (bv. zoutzoet) om de densiteitsuitwisselingen te bestuderen tijdens de proeven. Wordt het water in de sluiskolk bijgekleurd, dan kan een geavanceerd camera-systeem de stromingen in beeld brengen.

#### Karakteristieken (basisconfiguratie)

##### **Aanloopgeul:**

- lengte: 38,00 m;
- breedte: 3,50 m;
- maximale waterstand: 0,32 m.

##### **Sluiskolk:**

- lengte: 6,10 m;
- breedte: 0,69 m;
- wegneembare bodem om een drempel te creëren.

Boven op de basisconfiguratie zijn volgende wijzigingen mogelijk:

- verkorten en versmallen van de sluiskolk;
- inbouwen van een tweede sluiskolk voor sluis-sluisproeven;
- oeverprofiel aanbrengen in de aanloopzone en geleidingswanden voor de sluiskolk;
- spuimonden inplannen, met bijhorende vul- en ledigingswetten.

### Golfgoten

Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft in zijn proefhallen twee golfgoten ter beschikking om de weerbaarheid van waterbouwkundige constructies aan den lijve te testen.

Zowel regelmatige (monochromatische) als onregelmatige (spectrale) golfpatronen kunnen we computergestuurd opwekken. De aanstuursoftware laat toe om standaard golfspectra (JONSWAP, Pierson-Moskowitz) te genereren, maar ook spectra bepaald door de gebruiker (bv. opgemeten in situ).

### Grote golfgoot

##### **Gebruik:**

We kunnen verschillende soorten onderzoek verrichten met schaalmodellen in 2D:

- stabiliteit van stranden;
- stabiliteit van dijken en golfbrekers;
- vergelijkend onderzoek tussen verschillende soorten van deklaag-elementen;
- porositeit van stortsteenlagen;
- waterdruk en golfkracht op constructies;
- golfoploop en golfoverslag op dijken;
- golfvoortplanting over een specifiek bodemprofiel;
- ...

##### **Afmetingen:**

- lengte: 70,00 m;
- breedte: 4,00 m;
- hoogte: 1,40 m.

De grote golfgoot is uitgerust met een golfgenerator van het zuigertype. De slaglengte van het schot is 60 cm, waardoor een golfhoogte van 65 cm bij een waterdiepte van 90 cm bekomen kan worden.

Dankzij de afmetingen van de grote golfgoot is onderzoek mogelijk op schaalmodellen met gebruikelijke schaalfactoren tussen 1/25 en 1/40.

### Kleine golfgoot

##### **Gebruik:**

De kleine golfgoot laat toe om onderzoek te doen naar:

- stroming over (beweegbare) bodems;
- wisselwerking golven-stroming;
- waterdruk en golfkracht op constructies;
- golfoploop en golfoverslag op dijken;
- ...





**Afmetingen:**

- lengte: 31,70 m;
- breedte: 0,70 m;
- hoogte: 0,86 m.

Het middengedeelte van het kanaal is over een afstand van 20 m voorzien van glazen wanden.

De kleine golfgoot is uitgerust met een golfgenerator van het zuigertype. De slaglengte van het schot is 30 cm waardoor een golfhoogte van 40 cm bij een waterdiepte van 60 cm bekomen kan worden.

We kunnen de waterhoogte in deze goot laten variëren, in overeenstemming met een gegeven getij. Een pomp met een debiet van ca. 175 l/s kan stromingen in het kanaal genereren en dit zowel in de voortplantingsrichting van de golven als in tegengestelde richting. De maximale snelheid van deze stromingen bedraagt ca. 0,3 m/s.

Door de afmetingen van de kleine golfgoot liggen de gebruikelijke schaal-factoren van de schaalmodellen in deze goot tussen 1/40 en 1/70.

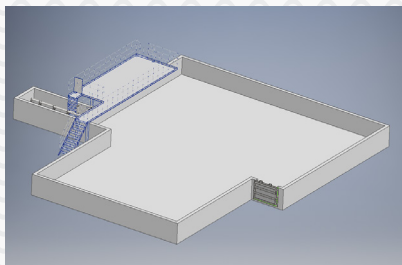
**Golftank**

**Gebruik:**

Het Waterbouwkundig Laboratorium zet de golftank in om verschillende haventoe-gangen en uitbreidingen te testen en de beste oplossing voor die specifieke haven te kiezen. Verder kunnen we er golfstudies inzake kustveiligheid mee uitvoeren. In de golftank kunnen schaalmodellen in 3D gebouwd worden om volgend onderzoek uit te voeren:

- 3D-stabiliteit van golfbrekers en koppen van golfbrekers;
- golfloop en golfoverslag op (zee) dijken en kaaimuren;
- golfindringing in havens;
- waterdruk en golfkracht op constructies.

In 2016 heeft het Waterbouwkundig Laboratorium een grote stap vooruit gezet op vlak van realistische modellering van golven op schaalmodellen. We



bouwd een volledig nieuwe golftank volgens de huidige internationale standaard met inbegrip van een multidirectioneel golfschot. Hiermee kunnen we zowel langkruinige schuine golven als kortkruinige golven (uit verschillende richtingen door elkaar) opwekken. Ook actieve golfabsorptie wordt toegepast zodat gereflecteerde golven in de golftank niet opnieuw door het golfschot gereflecteerd worden.

**Afmetingen:**

- lengte: 19,70 m;
- breedte: 17,40 m;
- hoogte: 1,20 m.

**Stroomgoten**

**Gebruik:**

In de stroomgoot voeren we onderzoek uit naar o.a. stromingspatronen, ladingsverliezen, e.d. bij schutsluizen, vispassages, gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG), gereduceerde getijgebieden (GGG), enz.

**Grote stroomgoot**

**Afmetingen:**

- lengte: 56,20 m;
- breedte: 2,40 m;
- hoogte: 1,45 m.

Het maximale debiet van deze goot bedraagt 400 l/s en de maximale waterdiepte 1,30 m. Aan het afwaartse uiteinde kan het waterniveau ingesteld worden door middel van een kantelstuw.



**Kleine stroomgoot**

**Afmetingen:**

- lengte: 34,80 m;
- breedte: 0,56 m;
- hoogte: 0,76 m.

Dit kanaal is over een lengte van 20 m voorzien van glazen wanden en door de beweegbare bodem kan het gebruikt worden als hellend kanaal. Het is uitgerust met een wagen en kan gebruikt worden voor het ijken van meettoestellen.

**Multifunctionele proeftank**

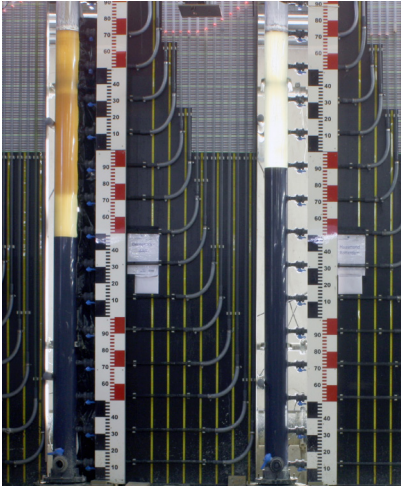
**Gebruik:**

In deze proeftank kunnen o.a. onderstaande onderzoeken verricht worden:

- schutsluizen (ontwerp van vul- en ledigingsystemen en troskrachten);
- gecontroleerde overstromingsgebieden met gereduceerd getij (ontwerp van in- en uitlaatopeningen en over-stroombare dijken);
- beproeven van samenvloeiingen (bv. de lokstroom van een vispassage in een stuwsluiscomplex);
- ...

**Afmetingen:**

- lengte: 19,00 m;
- breedte: 9,80 m;
- hoogte: 1,60 m.



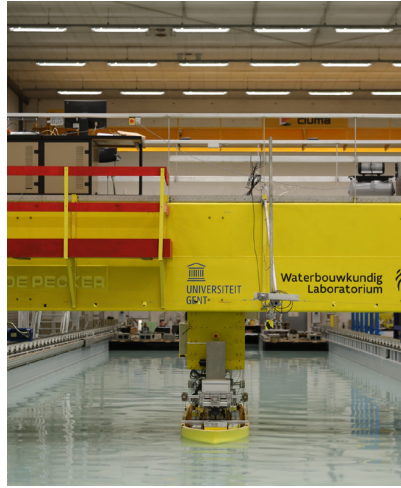
De proeftank is opgesplitst in twee delen:

**Tank A:** beschikbare zone voor modellen van 18,00 m x 4,90 m. Deze tank kan ingezet worden als stroomgoot met een maximaal debiet van 400 l/s. Afwaarts kan de waterhoogte geregeld worden met behulp van een kantelstuw (hoogte: 0,56 m) De maximale waterhoogte bedraagt 1,20 m.

**Tank B:** beschikbare zone voor modellen van 16,5 m x 4,00 m. Deze tank wordt meestal gebruikt voor sluisonderzoek. Op- en afwaarts kunnen we met behulp van overlagen een constant waterpeil opleggen. Het maximale debiet bedraagt 200 l/s. Deze tank kan ook aangepast en ingezet worden als stroomgoot. De maximale waterhoogte bedraagt 1,20 m.

### Sedimenttesttank & consolidatiekolommen

De sedimenttesttank is een multifunctionele betonnen tank waarin we divers onderzoek uitvoeren naar verscheidene aspecten van slibbodems. Gebouwd in verschillende compartimenten laat de tank toe om slib aan te maken en te gebruiken met diverse eigenschappen. Het slib kan al dan niet in verschillende sliblagen aangelegd worden om een zo realistisch mogelijke situatie na te bootsen.



Tevens is er de mogelijkheid om het te onderzoeken slib, eens aangemaakt, te behandelen (waterinjectie, beluchting, ...) om zo verschillende technieken van slibbehandeling te testen.

Volgende onderzoeksactiviteiten worden uitgevoerd in deze tank:

- ontwikkeling van nieuwe meettechnieken om de bevaarbaarheid van slib te bepalen;
- ontwikkeling van nieuwe baggertechniek(en) door de slibstructuur aan te passen (waterinjectie, beluchting, ...);
- kalibratie en evaluatie van meetinstrumenten in situ;
- onderzoek naar consolidatiegedrag van behandeld slib;
- onderzoek naar het verband tussen de benodigde pompkarakteristieken en de reologische kenmerken van slib;
- onderzoek naar de generatie van dichtheitsstromingen.

Al deze onderzoeksthema's kaderen in het grotere plaatje om baggerwerken in onze havens en rivieren enerzijds te optimaliseren en anderzijds te minimaliseren.

### Sleeptank

Om onderzoek te doen naar het gedrag van schepen in beperkt water is het gebruik van modelproeven vereist.

Daarom bouwde het Waterbouwkundig Laboratorium in samenwerking met de Universiteit Gent een 'Sleeptank voor manoeuvres in Ondiep Water' in 1992-1993.

Het scheepsmodel wordt met krachtenmeters aan de sleepwagen bevestigd. De sleepwagen dwingt het schip een bepaald traject te varen en dat veroorzaakt krachten op het scheepsmodel. Uit de gemeten krachten en bewegingen leiden we een wiskundig model af. Dat wordt gebruikt om het manoeuvreergedrag van een schip na te bootsen met de scheepsmanoeuvresimulator.

#### Gebruik:

- gedwongen manoeuvreerproeven (het scheepsmodel wordt gedwongen te bewegen in het horizontale vlak);
- vrijvarende manoeuvreerproeven;
- gedwongen zeegangproeven (golven);
- manoeuvres in beperkte wateren (o.a. oevereffecten);
- invloed van scheepsinteractie.

#### Eigenschappen:

- totale lengte: 88,00 m (67,00 m voor proeven);
- breedte: 7,00 m;
- maximale waterdiepte: 0,50 m;
- lengte van de scheepsmodellen: ongeveer 4 m (schaal 1:50 tot 1:85);
- de sleepwagen beweegt over de lengte van de tank (24 uur op 24 en 7 dagen op 7);
- het 'Planar motion' mechanisme laat dwarsverplaatsingen toe over 5,50 m en verdraaiingen over 355°;
- de golfgenerator wekt regelmatige en onregelmatige golven op om de verticale beweging van het schip te onderzoeken;
- hulpwagentje voor een tweede scheepsmodel (kan enkel volgens een rechte koers voortbewegen).



## TOEKOMSTIGE INFRASTRUCTUUR

In september 2016 besliste de Vlaamse regering om een nieuwe onderzoeks-faciliteit te bouwen in Oostende met een sleeptank en een golfbassin (Coastal & Ocean Basin, COB). Tegen 2020 zijn deze faciliteiten volledig operationeel.

De nieuwe sleeptank zal een totale lengte bezitten van 174 m (waarvan 136 m nuttige lengte voor proeven), een breedte van 20 m en een maximale waterdiepte van 1 m. Bovenop deze waterstand kunnen golven gegenereerd worden met een amplitude tot 20 cm. Het ontwerp scheepsmodel dat in deze sleeptank kan gebruikt worden, heeft een totale maximale lengte van 8 m en breedte van 1,5 m.

In tegenstelling tot de huidige sleeptank, zal de nieuwe sleeptank observatieramen en een observatietunnel hebben om de stroming naast en onder het scheepsmodel makkelijk te visualiseren. De volautomatische sleepwagen zal minimaal dezelfde mogelijkheden hebben als deze op de huidige sleeptank en bijkomende functionaliteiten worden nog bekeken.

Het COB is een samenwerking tussen de Universiteiten van Gent en Leuven en het Waterbouwkundig Laboratorium. In deze golftank van 30 x 30 m<sup>2</sup> kunnen schaalmodellen onderworpen worden aan zowel golven als stroming en wind. Verschillende golfschotten zullen toelaten om een multidirectioneel golfklimaat te realiseren in combinatie met stroming tot 0,4 m/s. Bijkomend kan windbelasting aangebracht worden tot een maximale snelheid van 70 km/u. Het bassin is breed inzetbaar in verschillende domeinen en markten zoals golf- en getijdenenergie, offshore engineering, kustwaterbouwkunde of golf/stroming-vegetatie interactie.



In september 2016 besliste de Vlaamse regering om een nieuwe onderzoeksfaciliteit te bouwen in Oostende met een sleeptank en een golfbassin.







Vlaamse overheid  
Departement Mobiliteit  
& Openbare werken

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

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

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

Depotnummer: D/2016/3241/290