

# Maak een spetterende spreekbeurt

Wil jij een spreekbeurt houden over de test- en meetwereld van de scheepvaart? Of wil je er een werkstuk van maken? Er valt veel over te vertellen. Want hoe test je eigenlijk schepen, terwijl ze nog niet gebouwd zijn? En hoe bereidt een kapitein en stuurman zich voor op hun werk aan boord van een schip? Met dit spreekbeurtpakket kun je meteen aan de slag!

In het pakket vind je niet alleen heel veel informatie, het zit ook boordevol foto's en filmpjes. De foto's kun je downloaden op onze site, de filmpjes kun je direct afspelen door op de play-button te klikken. Snel kijken dus!

Wij wensen je veel succes en plezier bij het maken van je spreekbeurt of werkstuk en hopen je te mogen begroeten op een van onze open dagen!



Schepen worden gebouwd op een scheepswerf. Scheepswerven vind je in havens of langs rivieren en kanalen. Schepen kunnen daar ook worden gerepareerd. Meestal zie je bij een scheepswerf een helling waar een schip uit het water getrokken kan worden of een dok waarmee een schip uit het water getild wordt. Op een scheepswerf staan vaak hele grote kranen waarmee zware stukken van een schip gehesen kunnen worden.

## VAN ZEILSCHIP NAAR STOOMSCHIP NAAR SUPERSCHIP

Tot ongeveer 1850 zag je eigenlijk alleen maar zeilschepen varen op de zeeën en rivieren. Toen werd de stoommachine uitgevonden en al gauw gingen men ook stoommachines toepassen op schepen.



*Zeilschip met stoommachine of stoomschip met zeilen?*

De bouwers van de eerste stoomschepen hadden het niet gemakkelijk. Van zeilschepen wist men alles, maar van stoomschepen wist men nog erg weinig. Waar kon de stoommachine het best geplaatst worden? Hoe sterk moest de machine zijn om het schip een bepaalde snelheid te geven? Zulke vragen waren moeilijk te beantwoorden, omdat de ontwerpers nog geen ervaring hadden. Het gebeurde nogal eens dat een schip veel langzamer was dan de **scheepswerf** met de opdrachtgever had afgesproken. De ontwerper had dan het vermogen van de machine niet goed berekend.



*Superhefschip en pijpenlegger Pioneering Spirit*

Tegenwoordig zien we dat nog steeds gebeuren. Er worden nu superschepen gebouwd, containerschepen met meer dan 20.000 containers aan boord, cruiseschepen van bijna 400 m lang, supergrote kraanschepen. Ook nu hebben de ontwerpers weer veel vragen omdat ze voor de eerste keer iets moeten bedenken.

## SCHAALMODELLEN

Omdat er zo vaak problemen waren met het kiezen van de stoommachine voor de eerste stoomschepen, moest er iets bedacht worden om het machinevermogen van tevoren nauwkeurig te bepalen. William Froude, uit Engeland, bedacht een methode. Hij zei: "Laten we eerst proeven nemen met schaalmodellen en dan pas het schip gaan bouwen".

Wat is een schaalmodel? Dat is een verkleinde uitvoering van een bepaald voorwerp, waarbij alle onderlinge verhoudingen kloppen. We zeggen dan: het model is op schaal gemaakt. Je kunt bijvoorbeeld een schaalmodel van een huis maken.

Stel dat het huis in werkelijkheid 8 meter lang, 4 meter breed en 6 meter hoog is en dat het model tien keer zo klein moet worden. Dan zal het miniatuurhuis de volgende maten moeten krijgen: 8 decimeter lang, 4 decimeter breed en 6 decimeter hoog. De onderlinge verhoudingen blijven dus onveranderd. Op dezelfde manier kunnen we schaalmodellen maken van auto's, treinen en.... van schepen.

## SLEEPTANK

Het idee van de Engelsman William Froude: hij wilde dus eerst proeven nemen met schaalmodellen van schepen. Die moesten door een grote bak met water worden getrokken. De vakmensen noemen zo'n bak met water een sleeptank. De eerste sleeptank ter wereld werd in 1870 door Froude gebouwd in Torquai aan de Engelse zuidkust. De tweede sleeptank werd in 1873 gebouwd in het marinedok op de Rijkswerf in Amsterdam. Die sleeptank is echter maar kort in gebruik geweest.

In 1932 werd er in ons land een nieuwe sleeptank in gebruik genomen. Deze sleeptank - een diepwatersleeptank - was het begin van MARIN in Wageningen. MARIN, wat een afkorting is van Maritiem Research Instituut Nederland, is nu wereldberoemd. MARIN werkt voor bedrijven die zich bezighouden met schepen en offshoreconstructies zoals scheepswerven, **reders** en oliemaatschappijen uit de hele wereld.

## WAGENINGEN

MARIN werd in 1932 opgericht door de overheid (de regering), rederijen en de Nederlandse scheepswerven. Toen was Nederland nog een van de belangrijkste scheepsbouwlanden in de wereld. Om kosten te besparen, zocht men naar een plaats waar men niet hoefde te heien.

Heien betekent dat er grote heipalen in de grond worden geslagen, waarop het gebouw - en in dit geval ook de enorme diepwatersleeptank - wordt gebouwd. Die heipalen zijn nodig in gebieden met een zachte ondergrond (veen of klei), maar niet in streken met een harde bodem (bijvoorbeeld zandgrond).

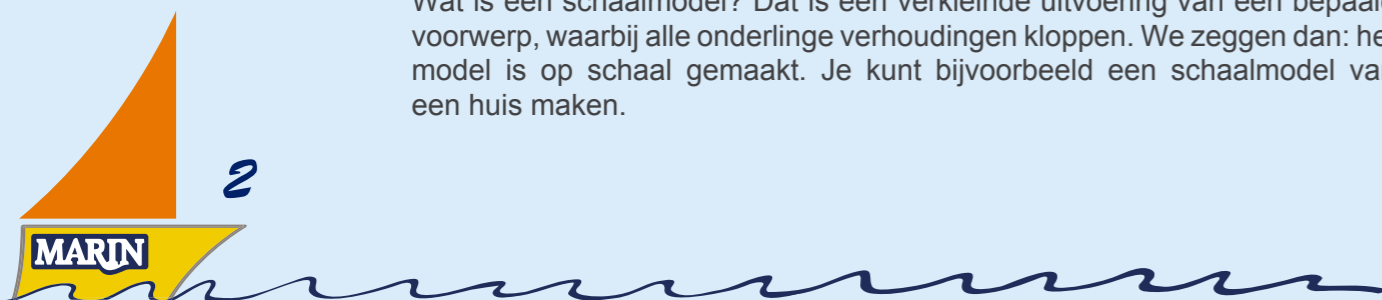
In Wageningen hebben we een harde bodem van zand. Een ander voordeel was dat de burgemeester van Wageningen MARIN graag in zijn stad wilde: dit betekende werkgelegenheid voor veel Wageningers. Hij bood de grond aan voor het symbolische bedrag van 1 euro. En daarom is de sleeptank in Wageningen gebouwd en niet in de buurt van de scheepswerven in Rotterdam en Amsterdam.

## ADVISEREN

Het belangrijkste werk van MARIN is om bedrijven die een schip of een boorplatform of iets anders dat drijft willen bouwen, te adviseren, raad te geven. Wat is de beste vorm voor een schip, welke voortstuwer heb je nodig voor je schip, vaart het schip goed door de golven, blijft het boorplatform drijven in een hele zware storm?

De eigenaar van een schip noemen we ook wel de reder.

Een bedrijf dat schepen in de vaart heeft noemen we een rederij. Een bekende rederij is MAERSK, je kunt ze makkelijk herkennen, al hun schepen zijn lichtblauw geverfd.

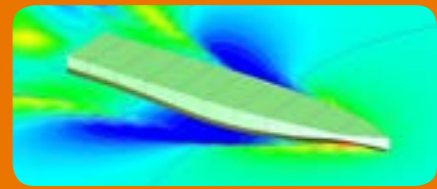


Hoe stuur je een schip? Met een stuurwiel natuurlijk, maar dat stuurwiel moet ook weer iets bedienen. Om een schip te besturen gebruik je meestal een roer. Het roer zit net achter de schroef, aan de achterkant van het schip. Als een schip heel langzaam vaart dan werkt het roer niet goed, daarom hebben schepen vaak ook een boegschroef. Dat is een schroef die in een pijp zit die dwars door het schip loopt. Die pijp zit meestal aan de voorkant van het schip, de boeg, vandaar de naam boegschroef.

Als een reder een schip laat bouwen, wil hij dat dit schip zo zuinig mogelijk vaart. Het gaat erom dat het schip met een bepaald machinevermogen de hoogste snelheid haalt. We kunnen het ook andersom zeggen: het is de bedoeling dat het schip bij een bepaalde snelheid een zo klein mogelijke motor nodig heeft. Dat levert de reder voordelen op. De motor neemt minder ruimte in en een kleinere motor betekent dat het schip minder brandstof verbruikt en daardoor wordt het varen met het schip goedkoper.

### HOE KUNNEN WE EEN ZUINIG SCHIP MAKEN?

Dat zullen we stap voor stap nagaan. We beginnen bij de scheepswerf. Daar maakt de ontwerper een zogenaamd lijnenplan van het schip. Dat is een tekening waarop de vorm van het schip zeer nauwkeurig staat aangegeven.

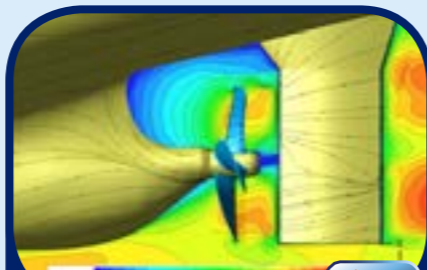


Computerberekening golven van een schip

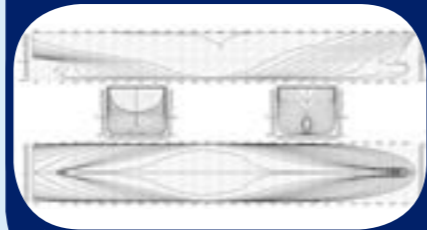
Met dat lijnenplan gaat de ontwerper naar MARIN. Hier stoppen we eerst de tekening in de computer en berekenen dan met een speciaal computerprogramma welke golven het schip maakt en hoe het water langs het schip stroomt.

Vaak zien we dan al dat het schip een te hoge boeggolf heeft of het water niet mooi naar de schroef stroomt. Met de computer wordt het lijnenplan van het schip aangepast en opnieuw berekend. Omdat MARIN al bijna 10.000 modellen heeft getest, weten we aardig hoe we het lijnenplan moeten aanpassen om er een beter schip van te maken. We moeten natuurlijk wel opletten dat er nog steeds lading, zoals containers en de motor, in het schip past. Dus het schip mag niet te smal of te kort worden.

Als MARIN samen met de ontwerper van het schip heeft bedacht hoe het schip er moet uitzien maken we van het lijnenplan een scheepsmodel in onze werkplaats.



Computerberekening van stroming bij de schroef



Lijnenplan

### WERKPLAATSEN

MARIN heeft allerlei werkplaatsen, zoals een modelwerkplaats, een instrumentmakerij en een schroevenwerkplaats. In de modelmakerij worden de modellen gemaakt. Meestal zijn de modellen van hout gemaakt en soms van kunststof zoals carbon fiber als ze heel licht en sterk moeten zijn.

Om het model te kunnen maken worden eerst planken op elkaar gelijkmd. Die planken hebben al een beetje de vorm van het schip. Daarna gaat het model naar een grote freesmachine die de vorm van het lijnenplan in het model freest. Ook boort die freesmachine allerlei gaten in het model, bijvoorbeeld voor de **boegschroef**, de schroefas en het **roer**.



Ruw model

Daarna worden de modellen geel gespoten en voorzien van allerlei lijnen die ook op het lijnenplan staan. De modellen zijn tussen de 2 en 12 meter lang.



Freesmachine voor de modellen

### INSTRUMENTMAKERIJ

In de instrumentmakerij maken we de instrumenten om te kunnen meten. Bijvoorbeeld een **thruster** waarmee een schroef wordt aangedreven en waarmee we de krachten van de schroef kunnen meten. Die worden eerst op de computer ontworpen en daarna door de instrumentmakers gemaakt.



Instrument om stuwkracht van de schroef te meten

Wat is een thruster? Een thruster is een soort buitenboordmotor voor een schip. Een thruster kun je overal onder een schip zetten. Schepen die veel moeten sturen, zoals sleepboten, hebben vaak thrusters omdat die in alle richtingen kunnen sturen. Ook schepen die steeds op hun plek moeten blijven liggen, zoals het superhefschip, hebben veel thrusters om zo steeds tegen de golven en de wind in te kunnen sturen.



Thruster om een schroef aan te drijven, gemaakt in de instrumentmakerij



De snelheid van de sleepwagen wordt opgegeven in meters per seconde (m/s). Een snelheid van 1 m/s is 3.600 meter per uur, bijna 4 kilometer per uur. Dat is ongeveer de snelheid als je loopt. In de auto of op je fietscomputer wordt de snelheid aangegeven in kilometers per uur. De snelheid van een schip wordt uitgedrukt in knopen. Eén knoop is een snelheid van één zeemijl (= 1.852 meter) per uur. Een schip dat 20 knopen vaart, heeft dus een snelheid van  $20 \times 1.852 \text{ m} = 37.040 \text{ meter}$  of circa 37 kilometer per uur.



## SCHROEFENMAKERIJ

Naast scheepsmodellen maken we schroefmodellen en modellen van roeren. De schroeven worden met een andere freesmachine uit een schijf metaal gefreesd en de roeren maken we van een soort schuim dat veel sterker is dan piepschuim. Ook worden steeds meer onderdelen van een model geprint uit plastic of metaal met een 3D-printer.

## DIEPWATERSLEPTANK

Als het scheepsmodel en de schroeven klaar zijn, kunnen de proeven beginnen. Meestal beginnen we met een weerstands- en een voortstuwingsproef omdat de opdrachtgever wil weten hoe snel het schip kan varen. Deze proeven doen we in de Diepwatertank. Dit is een met water gevulde bak, gemaakt van beton. De bak is 10,5 meter breed, 5,5 meter diep en 252 meter lang. Dat is dus wel 10 zwembaden achter elkaar.

## WEERSTANDSPROEF

De eerste proef is de weerstandsproef. In die langwerpige betonnen bak worden de modellen zonder schroef voortgetrokken door de sleepwagen. De sleepwagen is een soort brug die over de sleeptank heen gebouwd is. Maar het is geen gewone brug: hij kan namelijk rijden. Daarvoor zitten er wielen aan en die wielen passen op de rails die aan de randen van de betonnen bak van de sleeptank gemonteerd zijn. De maximale snelheid van de sleepwagen is **9 meter per seconde**, dat is **30 kilometer per uur**.



Sleepwagen Diepwatertank

Wat gebeurt er nu als het scheepsmodel aan de sleepwagen is vastgemaakt? De sleepwagen gaat rijden over de rails en brengt het model op de gewenste snelheid. Als het zo ver is worden - al rijdend en varend - er allerlei metingen gedaan met de instrumenten en die metingen worden opgeslagen op computers. Ten slotte wordt de sleepwagen tot stilstand gebracht en dan komt ook het scheepsmodel vanzelf stil te liggen. Bij elke snelheid wordt de weerstand gemeten. Weerstand is de kracht die nodig is om het model door het water te trekken. Hieruit kan men de weerstand van het echte schip berekenen. Hoe? Dat gebeurt door te schalen, maar nu andersom. Stel we werken met schaal 10. Alles van het model is dus 10 keer zo klein. Als we nu 1 kg weerstand meten dan moeten we dat met  $10 \times 10 \times 10 = 1.000$  vermenigvuldigen voor het echte schip. Een kilogram op schaal 10 komt overeen met 1.000 kg in het echt. En als we nu schaal 100 hadden gekozen?



## VOORTSTUWINGSPROEF

Als men alles over de weerstand weet volgt de tweede proef: de voortstuwingsproef. Het scheepsmodel vaart dan op eigen kracht door het water. Dat wil zeggen: het wordt voortgestuwd door een eigen motortje en een eigen schroef (of schroeven). Zo kunnen we berekenen hoe sterk de motor moet zijn om het schip een bepaalde snelheid te geven.

Als beide proeven zijn gedaan, kan MARIN de opdrachtgever adviseren welke motor en schroef hij moet kopen om het schip met een bepaalde snelheid te laten varen.



Voortstuwingsproef

Dat kunnen we nog niet goed berekenen met computers en omdat je een hoge boete moet betalen als het schip niet hard genoeg vaart op de proeftocht, wil de scheepswerf toch vaak dat deze proeven gedaan worden.

## CAVITATIE TUNNEL

In 1941 werd bij MARIN een tweede installatie in gebruik genomen: de cavitatie tunnel. Deze tunnel wordt gebruikt voor het onderzoeken van scheepsschroeven. Als een schroef door het water draait, ontstaan er aan de voorkant van de schroefbladen bellen gevuld met waterdamp, we noemen dit verschijnsel cavitatie. Deze bellen verdwijnen ook weer, alleen ze ontploffen (exploderen) niet, maar ze ploffen in elkaar (imploderen). Dat blijft zo doorgaan, zolang de schroef ronddraait. Het voortdurend ontstaan van bellen en imploderen van bellen tast de schroefbladen aan. Ze beginnen snel te slijten. Omdat een schroef (en het vervangen ervan) erg veel geld kost, is het zaak om deze slijtage tot een minimum te beperken. Dat kan meestal wel, maar dan moet de vorm van de schroefbladen veranderd worden. Daarvoor zijn allerlei proeven nodig en die worden in de cavitatie tunnel uitgevoerd.



Caviterende schroef



Cavitatie tunnel

## ZEEGANGS- EN MANOEUVREERTANK

Een schip vaart niet altijd met mooi weer, vaak stormt het op zee. Hoe beweegt een schip in golven, worden de passagiers ziek, kunnen de golven over de boeg slaan, is de motor sterk genoeg om tegen een storm in te varen, is het roer groot genoeg om te sturen, slaat het schip niet om als je een hele scherpe bocht maakt, hoe snel kan een schip stoppen? Allemaal vragen waarop de eigenaar van een schip een antwoord wil krijgen. Heel veel kunnen we tegenwoordig met een computer berekenen, maar ook veel dingen nog niet, of we willen eerst zien wat er gebeurt als een schip op zee vaart. MARIN was een van de eersten in de wereld die een speciale tank voor proeven in **golven** heeft gebouwd.

Hoe maak je eigenlijk golven? Nou eigenlijk heel simpel je beweegt een plank heen en weer door het water en dan komen er golven. Zo'n plank noemen wij een flap. Alle flappen bij elkaar heet een golfopwekker. De golfopwekker in onze Zeegangs- en manoeuvreertank heeft wel 330 van zulke flappen waarmee we golven kunnen maken. Die golven kunnen wel één meter hoog worden (gemeten tussen het golfdal en de golftop). Op schaal 20 zou zo'n golf 20 meter hoog zijn, twee keer zo hoog als een huis.



Waarom zijn de modellen geel? Vroeger maakten we de modellen niet van hout maar van kaarsvet (paraffine). We konden dan de modellen na het testen weer omsmelten naar een ander model. Het kaarsvet was geel. Toen we modellen van hout gingen maken was de keus welke kleur ze moesten krijgen snel gemaakt: geel want dat leek het meest op de modellen die van kaarsvet werden gemaakt. Ook is deze felle kleur goed zichtbaar in het water en op foto's en film. Waarom we gestopt zijn met kaarsvet? Simpel, er was geen goed kaarsvet meer te koop. Het kaarsvet moest namelijk wel sterk zijn anders brak het model in stukjes.

De scheepsmodellen varen op eigen kracht door de golven. Ze worden daarbij gevolgd door een sleepwagen, net zo'n rijdende brug als we eerder tegenkwamen. Alle bewegingen die het schip in de golven maakt, worden op de sleepwagen gemeten.

Vaak slaan de golven over het dek heen en willen we weten waar dat water blijft. Slaan de containers overboord of breken de ruiten in het stuurhuis? Om dat te zien wordt bij de modellen die in golven varen ook alles wat op dek staat nageemaakt, dus de lading (containers) en het dekhuis of het kanon bij een marineschip.



Golfopwekker in de Zeegangs- en manoeuvreertank

Proef met een containerschip in golven

De Zeegangs- en manoeuvreertank is 170 meter lang, 40 meter breed en 5 meter diep. Over de tank rijdt een sleepwagen van 70 ton (net zoveel als 50 auto's) met een maximale snelheid van 6 meter per seconde, ofwel 20 kilometer per uur (zo hard kun je ook met een elektrische fiets). Onder de sleepwagen hangen twee wagens waarmee het model gevolgd wordt. Op de ene wagen zitten de mensen die de proeven moeten doen, op de andere zitten de opdrachtgevers die de proeven willen zien en daar speciaal voor naar Wageningen komen.



Proef met een onderzeeër

We kunnen in de Zeegangs- en manoeuvreertank ook proeven doen om te kijken hoe het schip stuurt. Door het schip allerlei bochten en manoeuvres te laten maken, kunnen we advies geven hoe groot het roer moet zijn, of de boegschroef goed werkt en het schip veilig is om mee te varen en sturen. Ook worden er proeven gedaan met onderzeeërs om te zien hoe die onderwater sturen.



8

## ONDIEPWATERTANK

De eerste sleeptank van MARIN was de Diepwatertank. Als een schip op zee vaart dan is het water diep dus wilde men dat nabootsen. Als het schip in de buurt van de haven komt of als een schip over een rivier of een meer moet varen, wordt het water ondiep. Het water stroomt dan anders om het schip heen, het kan er niet meer onderdoor maar moet langs de zijanten stromen, de weerstand van het schip verandert dan. In de Ondiepwatertank kunnen we dat nabootsen. Hier beproeven we modellen van schepen die op rivieren, kanalen of andere ondiepe wateren varen. In de Ondiepwatertank worden veel proeven gedaan met schepen die bijvoorbeeld op de rivier de Rijn varen. Als het schip door een nauw kanaal moet varen dan maken we soms het kanaal ook na op schaal en kijken we hoe het schip er doorheen vaart.

De Ondiepwatertank is 220 meter lang, 15,8 meter breed en de waterdiepte is instelbaar tussen 10 centimeter en 1 meter. In de Ondiepwatertank kunnen we ook golven maken omdat langs de kust ook golven zijn en we willen weten hoe een schip in zulke golven vaart. Ook staan er langs de kust soms booreilanden of windmolens in het water. Welke krachten komen daarop door de golven? Ook dat testen we in de Ondiepwatertank.



Krachten van golven op windmolens

## OFFSHORETANK

Op de oceaan en op zee komen niet alleen golven voor, maar het waait er ook en er kunnen stromingen voor komen. Die hebben ook invloed op de bewegingen van het schip. Voor het zoeken naar olie en gas op zee moeten schepen en booreilanden vaak lange tijd op één plek blijven liggen. Als het water niet al te diep is worden ze met kettingen en ankers aan de zeebodem vastgemaakt. Maar als het heel diep is dan worden ze met schroeven of thrusters op hun plaats gehouden. Als een booreiland of een schip in een orkaan terechtkomt moet het wel blijven drijven. Maar hoeveel krachten komen er dan op het schip?

Als er olie onder de zeebodem zit dan wordt er vaak een grote tanker boven het olieveld gelegd en wordt de olie eerst in de tanker opgeslagen. Af en toe komt er een andere tanker langs die de olie dan ophaalt en naar de haven brengt. Kunnen die tankers altijd naast elkaar gaan liggen? Of moeten ze achter elkaar gaan liggen om de olie over te pompen omdat ze door de golven te hard tegen elkaar aan botsen? Wanneer moeten ze stoppen, bij **windkracht 4** of bij windkracht 7?

In ons land noemen we een hele harde storm een orkaan. In Amerika noemen ze het een cycloon en in Oost-Azië een tyfoon.

De kracht van een storm wordt uitgedrukt in windkracht.

Windkracht 1 is een zacht windje, windkracht 12 een orkaan.

Een cycloon of een tyfoon zijn nog sterker dan een orkaan en gaan wel tot windkracht 16.



9

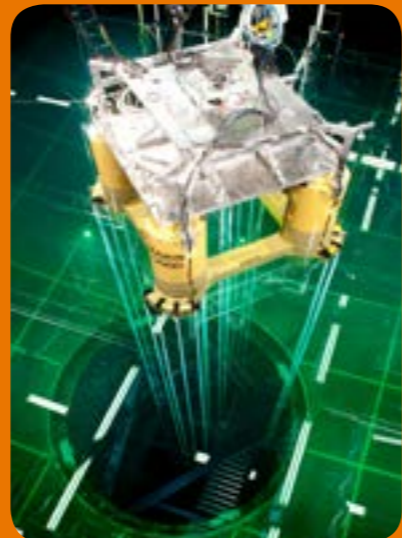
Een simulator is een apparaat dat iets kan nabootsen. De manoeuvreer-simulator van MARIN is een nabegouwde brug van een schip. De brug is de commando-post van het schip, daar staat de kapitein of de stuurman om het schip te besturen. Op de brug staan alle instrumenten zoals de radar, de kaarten en het stuurwiel voor de besturing. Rondom deze brug is een groot scherm opgesteld, waarop men een beeld kan projecteren zoals een riviermonding of een haven. Zo is het net of men op de brug van een echt schip staat. Hoewel alleen de beelden op het scherm bewegen, lijkt dat net echt en soms worden mensen op de brug ook zeeziek.

In de Offshoretank kunnen we dat allemaal nabootsen. Met de golfopwekkers (220 flappen), ventilatoren en zes grote pompen maken we golven, wind en stroom en zo kunnen we elke storm namaken. De tank heeft ook een beweegbare bodem zodat we ook de diepte van de zee kunnen nabootsen. De Noordzee is nou eenmaal niet zo diep als de Golf van Mexico.

De afmetingen van de Offshoretank zijn 45 meter lang, 36 meter breed en 10 meter diep. De beweegbare vloer kan op elke diepte tussen net boven water en 10 meter diep vastgezet worden. In het midden van de tank zit nog een ronde put van 20 meter diep, zodat we in totaal 30 meter diep water hebben. Daarmee kunnen hele diepe zeeën nagebootst worden (tot 3 kilometer diepte).



Booreiland in wind, stroom en golven



Booreiland met pijpen vastgemaakt onderin de put

### MANOEUVREERSIMULATOR

Om de kapitein en de stuurman van een schip voor te bereiden op hun werk aan boord van het schip, beschikt MARIN over een aantal scheepssimulators. Als je een superschip bouwt is er nog niemand die met zo'n schip heeft gevaren, daarom oefenen ze eerst met de **simulator**. Stel je voor dat een groot passagiersschip te hard tegen de kade vaart, dat kun je beter eerst even oefenen.



Nagebootste brug op de brugsimulator



Brug van het schip met er omheen een rond scherm

Wat je ook kunt doen met een simulator is een nieuwe haven uitproberen nog voor de haven is gebouwd. Men stopt dan het ontwerp van de nieuwe haven samen met het schip dat de nieuwe haven moet invaren in de computers van de simulator.

Daarna laat men een ervaren kapitein op de simulator nagaan of je de haven veilig in of uit kan varen. Op die manier kun je het ontwerp van de haven nog veiliger maken zonder dat je met een echt schip de haven bent binnengelopen of de haven hebt gebouwd. Bij MARIN worden veel nieuwe havens op die manier getest.

Op zee moeten soms ook hele moeilijke dingen gedaan worden, bijvoorbeeld twee schepen die naast elkaar moeten gaan liggen om olie over te pompen. Dat mag niet misgaan, daarom gaan de kapiteins van zulke schepen vaak samen met sleepbootkapiteins, die helpen bij de moeilijke operatie, eerst met de simulator oefenen. Elke kapitein krijgt dan een eigen simulator voor zijn schip en hij kan praten met de andere kapiteins en ook de andere schepen zien. Zo kunnen ze allerlei dingen oefenen en uitproberen, die je in het echt niet zou durven doen.

Natuurlijk zou men deze trainingen ook op een echt schip op zee kunnen geven. Maar daar zijn grote risico's aan verbonden. De stuurman zijn immers nog onervaren en kunnen gemakkelijk fouten maken. Die fouten kunnen ernstige gevolgen hebben, stel je voor dat een tanker bij Rotterdam het strand op vaart in plaats van de haven. Daarom gebruikt men liever een simulator.

### LAGEDRUKTANK

In Ede staat een hele bijzondere sleeptank: een Lagedruktank waarin ook golven gemaakt kunnen worden. In deze tank, de enige in de wereld, kan men de luchtdruk boven het wateroppervlak verlagen.



Model in golven onder de sleepwagen in de Lagedruktank in Ede

Het verschijnsel van de cavitatie kan in deze tank op het schroefmodel dat achter het scheepsmodel draait, zichtbaar worden gemaakt. Volgens de schaalregels moet de luchtdruk boven water dan wel verlaagd worden. Als de schaal bijvoorbeeld 1 op 20 is moet de luchtdruk 20 keer zo laag worden, oftewel 1/20 atmosfeer (dat is dezelfde luchtdruk als op 20 kilometer boven de aarde). Er kunnen dan natuurlijk geen mensen in de tank verblijven, alles moet op afstand via computers bediend worden. Met **hogesnelheidscamera's** kan men zien wat er rond de schroef gebeurt.

Als je naar de tv kijkt, ziet je oog eigenlijk 25 keer per seconde een foto. Je hersenen 'monteren' dat aan elkaar tot een bewegend beeld. Je kunt ook meer dan 25 beelden per seconde maken, er zijn camera's die een miljoen beelden per seconde kunnen maken. Dat noemen we hogesnelheids-camera's. Als je de beelden langzaam afdraait dan zie je het vertraagd. Op die manier kun je dingen die heel snel verlopen, bijvoorbeeld een draaiende schroef met cavitatie, toch goed in beeld brengen.

CFD is de perfecte combinatie van sommetjes maken en computers. Bij CFD moet je een heleboel sommetjes en formules tegelijk uitrekenen met een computer. Een schip, een onderzeeër of een booreiland wordt in een heleboel kleine blokjes verdeeld en voor elk blokje moeten formules opgelost worden door de computers. Hoe meer blokjes we gebruiken hoe beter we de stroming om een schip kunnen berekenen en een beter schip kunnen ontwerpen. Hoe meer blokjes hoe meer computers, oftewel supercomputers, we nodig hebben. Sommige berekeningen zouden wel langer dan 10 jaar duren op de pc bij jullie thuis, op de supercomputer .... nou, een uurtje!

Op passagiersschepen, zoals cruiseschepen of veerboten, willen mensen lekker rustig kunnen slapen en als ze wakker zijn willen ze geen herrie horen. Als een schroef caviteert maakt hij heel veel herrie. Ook marineschepen willen dat niet hebben want dan kan de vijand je van ver horen aankomen. Daarom worden sommige schepen in de Lagedruktank getest. We meten dan hoeveel herrie de schroef maakt en of we daar iets aan kunnen doen. En we meten hoe hard het water van de schroef tegen de scheepshuid aanslaat zodat de werf het schip sterk genoeg kan maken. We kunnen dat ook meten terwijl het schip in golven vaart, omdat deze sleeptank ook een golfopwekker heeft.

Als we meten hoeveel geluid de schroef maakt mag er natuurlijk niets anders in de buurt geluid maken. Deze tank heeft daarom ook een hele stille sleepwagen en onderwatermicrofoons om te meten hoeveel geluid een schroef produceert. Omdat veel zeedieren en vissen ook geluiden maken om met elkaar te praten, mogen schepen niet teveel geluid maken, daarom worden er steeds meer eisen aan schepen gesteld om ook de dieren te beschermen.

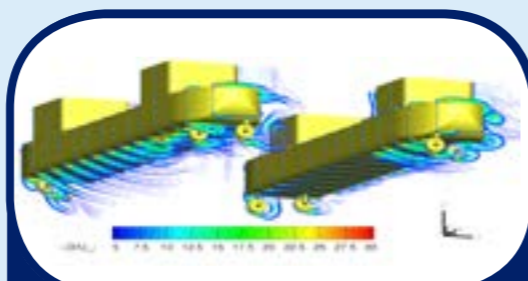
### CFD

Tegenwoordig worden er steeds meer testen vervangen door computerberekeningen.

We gebruiken hiervoor **CFD**.

Dat is een afkorting van Computational Fluid Dynamics.

In het Nederlands: numerieke stromingsleer. Daarvoor heb je supercomputers nodig. Dat zijn wel een paar duizend computers tegelijk, die samen één som kunnen maken. MARIN heeft een paar van zulke supercomputers. Steeds vaker geeft men advies aan de hand van zulke berekeningen. Maar toch blijven proeven met schaalmodellen nodig om aan te tonen dat de computerprogramma's goed zijn, maar ook omdat de programma's nog niet alles kunnen nabootsen. Op de plaatjes zie je bijvoorbeeld hoe het water langs de romp stroomt en gaat kolken.



Berekening met CFD van stroming rond booreilanddrijvers



Berekening met CFD van stroming rond een onderzeeër

### PRAKTIJKONDERZOEK OP ZEE

Maar klopt dat nou echt wat we meten in de tank, berekenen met de computer en adviseren aan de opdrachtgever? Dat wordt vaak getest met het echte schip op de proeftocht. Op de proeftocht worden allerlei testen met het schip gedaan: hoe stuurt het schip, hoeveel stabiliteit heeft het schip en hoe hard kan het schip varen?

Maar ook kunnen er aan boord cavitatie-inspecties uitgevoerd worden met een boroscoopsysteem.

Dit is een soort kijkoperatie waarbij er een gaatje in de scheepsromp geboord wordt. De boroscoop beschikt over spiegels en lenzen zodat onder verschillende hoeken gekeken kan worden.



Boroscoop in de scheepsromp

Met een speciale lichtversterking (onder het schip is het behoorlijk donker) kunnen ook hogesnelheidsopnamen gemaakt worden. MARIN heeft een aparte afdeling die proeven doet met echte schepen op zee, zij gaan vaak mee met de proeftochten. Zo'n proeftocht met een nieuw schip duurt twee tot vijf dagen.

Het komt ook voor dat iemand al een schip heeft, maar toch problemen tegenkomt. Dan ga je niet meer een model maken maar ga je proeven doen met het echte schip. Meettechnici van MARIN gaan dan met koffers vol meetapparatuur naar het schip. Bijvoorbeeld om te meten:

- hoe hard een sleepboot kan trekken.
- hoe een reddingboot in het water valt vanaf een booreiland en of hij daarna nog kan wegvaren.
- of de trossen, waarmee het schip vastligt aan de kade, kunnen breken als er een heel groot schip langs vaart.
- hoe hoog de golven zijn als er een orkaan over een boorplatform in de Golf van Mexico trekt.

### TOT SLOT



Nu weet je natuurlijk al heel veel over het werk dat MARIN doet... maar vind je het leuk eens in het echt bij MARIN te komen kijken? Eens in de twee jaar opent MARIN haar deuren voor iedereen die geïnteresseerd is in de maritieme wereld. Tijdens de open dag krijg je de unieke mogelijkheid om de verschillende tanks te bezoeken. Je kunt meevaren op de sleepwagen om zo een echte test mee te maken, je kan zien hoe scheepsmodellen en scheepsschroeven gemaakt worden en zelfs als kapitein een boot besturen op de brugsimulator. De laatste open dag van MARIN trok een recordaantal bezoekers van 5500! Ons compilatiefilmpje geeft een mooi beeld van deze open dag.

Duurt de volgende open dag nog te lang en wil je nu graag meer informatie over MARIN? Kijk dan eens op onze website:

[www.marin.nl](http://www.marin.nl), ons speciale MARIN Kids-kanaal op Youtube [www.youtube.com/user/Marinmultimedia](http://www.youtube.com/user/Marinmultimedia) of op Wikipedia [nl.wikipedia.org/wiki/Maritiem\\_Research Instituut\\_Nederland](http://nl.wikipedia.org/wiki/Maritiem_Research Instituut_Nederland).

Wij wensen je veel succes en plezier bij het maken van je spreekbeurt of werkstuk en hopen je te mogen begroeten op een van onze open dagen!

**MARIN**  
Haagsteeg 2  
6708 PM Wageningen  
[communicatie@marin.nl](mailto:communicatie@marin.nl)

## Weet jij nu alles MARIN?

### Test je kennis!

1. Waar worden schepen gebouwd?

- a) haven
- b) scheepswerf
- c) rederij

2. Wanneer is de eerste sleeptank ter wereld gebouwd?

- a) 1932
- b) 2001
- c) 1870

3. Wat is de belangrijkste taak van MARIN?

- a) modellen bouwen
- b) adviseren
- c) tekenen

4. Van welk materiaal worden de meeste modellen gemaakt?

- a) hout
- b) ijzer
- c) kunststof

5. Wat is een thruster?

- a) schroef
- b) buitenboordmotor
- c) instrument

6. Wat is de eerste proef waar MARIN mee start?

- a) voortstuwingsproef
- b) weerstandsproef
- c) windproef

7. Waar ontstaat cavitatie?

- a) bij de romp van het schip
- b) bij het roer
- c) bij de schroef

8. Hoe diep is het diepste punt in de Offshoretank?

- a) 10 meter
- b) 20 meter
- c) 30 meter

9. Wat is een simulator?

- a) een apparaat wat golven opwekt
- b) een apparaat dat iets kan nabootsen
- c) een apparaat wat een storm kan nabootsen

10. Wat kan er in de Lagedruktank (de enige in de wereld)?

- a) de luchtdruk boven het wateroppervlak verlagen
- b) de luchtdruk onder het wateroppervlak verlagen
- c) de luchtdruk boven het wateroppervlak verhogen

11. Wat bereken je met CFD?

- a) hoe je een schip de haven in loodst
- b) hoe zwaar een schip is
- c) de stroming van het water rond het schip

12. Wat is er mogelijk met een boroscoop?

- a) onder verschillende hoeken onder de boot kijken
- b) golven nabootsen
- c) een boot besturen

1b - 2c - 3b - 4a - 5c - 6a - 7c - 8c - 9b - 10a - 11c - 12a

14

MARIN

## Woordzoeker

Zoek de volgende woorden:

adviseren

boorplatform

cavitatie

geel

kade

kapitein

luchtdruk

marin

model

proef

reder

rivier

roer

schip

schroef

simulator

werkplaats

windkracht

zee

b	r	o	t	a	l	u	m	i	s	c	w	g	b	l
o	r	q	o	i	e	i	a	a	l	a	a	l	s	d
o	n	t	b	o	k	w	c	t	r	v	m	u	d	u
z	f	h	o	k	a	p	i	t	e	i	n	c	b	h
v	o	c	o	q	d	q	v	u	m	t	n	h	c	p
o	q	a	r	w	e	r	k	p	l	a	a	t	s	f
n	p	r	p	r	o	e	f	g	p	t	g	d	q	l
k	x	k	l	e	h	i	z	z	e	i	q	r	u	h
l	c	d	a	d	v	i	s	e	r	e	n	u	h	v
r	m	n	t	e	r	u	c	m	e	o	l	k	o	l
i	o	i	f	r	f	o	h	a	e	h	e	t	z	t
o	d	w	o	t	h	r	i	v	i	e	r	r	l	g
f	e	o	r	h	c	s	p	w	v	u	d	g	i	t
x	l	d	m	i	l	x	g	m	u	w	r	n	i	g
w	e	t	l	f	s	f	f	w	w	x	p	c	h	k

b	r	o	t	a	l	u	m	i	s	c	w	g	b	l
o	r	q	o	i	e	i	a	a	l	a	a	l	s	d
o	n	t	b	o	k	w	c	t	r	v	m	u	d	u
z	f	h	o	k	a	p	i	t	e	i	n	c	b	h
v	o	c	o	q	d	q	v	u	m	t	n	h	c	p
o	q	a	r	w	e	r	k	p	l	a	a	t	s	f
n	p	r	p	r	o	e	f	g	p	t	g	d	q	l
k	x	k	l	e	h	i	z	z	e	i	q	r	u	h
l	c	d	a	d	v	i	s	e	r	e	n	u	h	v
r	m	n	t	e	r	u	c	m	e	o	l	k	o	l
i	o	i	f	r	f	o	h	a	e	h	e	t	z	t
o	d	w	o	t	h	r	i	v	i	e	r	r	l	g
f	e	o	r	h	c	s	p	w	v	u	d	g	i	t
x	l	d	m	i	l	x	g	m	u	w	r	n	i	g
w	e	t	l	f	s	f	f	w	w	x	p	c	h	k

15

MARIN



