

## Kennis- en Innovatieagenda (KIA) in Navigatieplannen

Op 16 april 2015 heeft de Maritieme sector haar plannen voor de komende jaren besproken in het Maritiem Innovatie Event 'Plotting the course' op de SS Rotterdam (deelnemers zie Bijlage A). Deze koers is verder uitgewerkt door de TKI Maritiem / Innovation Council van Nederland Maritiemland (NML) in de onderstaande Kennis en Innovatie Agenda (KIA).

De Maritieme sector benadert deze KIA als een 'Navigatieplan'. Daarbij wordt voor elke deelonderwerp van de innovatiethema's steeds de vraag beantwoord: wat is onze koers?



Deze antwoorden zijn niet per definitie compleet (en ze sluiten een andere invulling van deze thema's niet uit), maar hierdoor ontstaat een helder en compact beeld van de kant die Maritieme sector op wil de komende jaren.

Er zijn op deze manier Navigatieplannen gemaakt rond de thema's:

- Winnen op zee
- Schone schepen
- Slim en veilig varen
- Effectieve Infrastructuur
- Smart Maritime Industry

Winnen op zee	Wat is onze koers?
Minerale diepzee mijnbouw	De doelstelling voor minerale diepzee mijnbouw is om in 2020 de eerste kostendekkende diepzee mijnbouw projecten operationeel te hebben, waarbij de complexiteit afhangt van waterdiepte (variërend van 500 tot 4500 m), afstand tot de kust en hoeveelheid materiaal. Om dit te bereiken zullen we onze maritieme kennis en ervaring inzetten om de belasting en respons van mijnbouwschepen en verticale transportsystemen te bepalen. Daarnaast moeten er stappen gemaakt worden op het gebied van: kennis over besturing van subsea equipment, werkbaarheid, milieuwetgeving en slijtage voorspelling. Hiervoor is nationale en internationale regelgeving essentieel en is internationale samenwerking, ook tussen ecologie en techniek, noodzakelijk.
Duurzame energiewinning op zee	We willen onze maritieme kennis en ervaring inzetten om duurzame energiewinning op zee (wind, waves, current, OTEC,...) rendabel te maken in vergelijking met andere vormen van duurzame energie. Daarbij richten we ons op ontwerp, bouw, installatie, operationele efficiency en overleven in extreme condities. We willen deze systemen toepassen en testen in Nederland, maar ook wereldwijd exporteren. Overigens is het gelijk trekken van het feed-in tarief voor de verschillende vormen van duurzame energie essentieel. Hier wordt een link gelegd met de TKI Wind op Zee.
Operaties op zee	Het doel is om ontwerp en operatie van drijvende productie (olie- en gas) platforms en bijbehorende onderwater componenten kosten efficiënter en veiliger te maken. Hiertoe richten we ons op het ontwikkelen van nieuwe ontwerp methodes waarbij al rekening gehouden wordt met efficiënte operaties, gebruik van nieuwe materialen, standaardisatie van componenten en redesign bij lifetime extension. Simulators worden ontwikkeld en gebruikt om complexe operaties veiliger en slimmer uit te kunnen voeren. Daarnaast willen we nieuwe technieken introduceren voor het efficiënt en veilig aanleggen, onderhouden en afbreken van infrastructuur op de zeebodem in extreme condities. Hiervoor is flexibele regelgeving noodzakelijk om innovatie te ondersteunen. Ook moet de aanbestedingsprocedure worden veranderd om innovatieve oplossingen mogelijk te maken.
Zeeboerderij	We willen komen tot economisch haalbare concepten voor zeewierkweek en andere vormen van duurzame voedselwinning op zee op grote schaal. De belangrijkste aspecten waar we ons op richten zijn: De ontwikkeling van business case voor zeewierteelt, het efficiënt kunnen uitzetten en oogsten van zeewier, de belastingen op de verankering en bewegingen van de kweekinrichting en het monitoren van omgevingscondities en zeewierkwaliteit. Hierbij wordt een link gelegd met de TKI Agri Food.
Plastics uit het water	Het doel is om de hoeveelheid drijvend plastic met 80% reduceren in 2020. Hierbij richten we ons in eerste instantie op de bron van de plasticvervuiling (rivierdelta's), maar ook op het opruimen van drijvend plastic op de oceaan. Het is hierbij belangrijk om: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een duurzaam business model opstellen, waarbij de lokale bevolking economisch voordeel heeft van het weghalen van plastic uit het water en bij het voorkomen van het in het milieu verdwijnen van allerlei afval economisch voordeel heeft en de economische nadelen voor locals worden weggehaald.</li> <li>• Technische concepten voor het opruimen van plastic te ontwikkelen en te testen</li> <li>• Projecten op te starten om de instroom van plastic in de oceanen te beperken</li> <li>• Projecten op te starten om bestaand plastic uit de oceanen op te ruimen</li> </ul>
Duurzame visserij	De maritieme sector kan een goede bijdrage leveren aan de maritieme aspecten van een duurzame visserij zoals beschreven in het 'Masterplan Duurzame Visserij' (2013).

Schone schepen	Wat is onze koers?
Brandstofbesparing	<p>De reductie van brandstofkosten middels brandstofbesparing is een belangrijkste factor om operationele kosten te verlagen. De technologie voor deze reductie wordt langs meerdere wegen ontwikkeld. Dit omvat methoden voor verlaging van de diverse weerstandscomponenten. Maar ook verbetering van de efficiency van de voortstuwingsstrein, nieuwe voortstuwingsconcepten (waar onder zeilvoortstuwings) regelsystemen, roeren en appendages dragen daaraan bij. We willen Nature inspired technologie breder toepassen. Centraal staat het verbeteren van de integrale energiehuishouding door een betere integratie van systemen met aandacht voor de samenhang van componenten. Een andere weg is de beïnvloeding van gedrag van operators. Veel winst is te behalen met het inzichtelijk maken van handelen op brandstofverbruik. Daartoe is verdere ontwikkeling van meetmethoden (bijv. stuwdruk, torsie en verbruiksmetingen) noodzakelijk. Ook is aandacht is nodig voor de business modellen en rollen van stakeholders zoals verladers, reders en werf.</p>
Emissies	<p>Met de brandstofbesparende maatregelen worden i.h.a. ook de emissies gereduceerd. Daarnaast zijn er mogelijkheden om de verbrandingsprocessen beter en schoner te laten verlopen, schonere en/of alternatieve brandstoffen in te zetten, en/of nabehandelingssystemen (scrubbersystemen open loop/closed loop, hybride) en/of katalysatoren in te zetten. Ook zijn er nog andere emissies naar het lucht en water van o.a. brandstof, oliën en vetten, geluid, zwart en grijs water die voorkomen dienen te worden als ze schadelijk zijn. Door verbeterde meetmethoden en metingen op grotere schaal wordt veel meer inzicht verkregen in de feitelijke emissies bij het operationele gebruik en de gevolgen daarvan op de omgeving. De omvangrijke databases die worden opgebouwd moeten met Big Data technieken worden omgezet in bruikbare informatie om het effect van regelgeving en maatregelen te beoordelen, en als input voor ontwerp van systemen en schepen.</p>
Alternatieve brandstoffen	<p>Om de uitstoot van schadelijke gassen door de scheepsvaart te verminderen, willen we gas als tussenbrandstof op grotere schaal toegepast in allerlei scheepstypen: binnenvaart, zeevaart en offshore schepen. Toepassing van LNG (Liquefied Natural Gas) krijgt de meeste aandacht, maar ook andere vormen (zoals Compressed Natural Gas, methanol of waterstof) worden ontwikkeld. De ad hoc beoordeling van veiligheid LNG op binnenvaart schepen wordt omgezet in reguliere regelgeving. De sector draagt bij aan de ontwikkeling van een brandstofvisie, waarin ook wordt gekeken naar de mogelijkheden en risico's (zoals biocorrosie, bacteriële vervuiling) van biobrandstoffen.</p>
Geluid	<p>Geluid van schepen is een belangrijke bron van hinder voor de passagiers en bemanning, maar kan ook effect hebben op zeedieren. Er is al veel aandacht voor geluid tijdens operaties op zee (zoals geluidsarm heien van fundaties voor windmolens), maar ook het motor- en schroefgeluid van varende schepen krijgt steeds meer de aandacht. Hiervoor wordt regelgeving ontwikkeld. Er ontbreekt echter voldoende kennis over de impact van geluid op de ecologie van de zee, maar ook over de feitelijke geluidsniveaus tijdens operaties. Die is essentieel voor het ontwikkelen van doelgerichte regelgeving. Deze kennis zal worden ontwikkeld, waarbij gebruik kan worden gemaakt van de kennis die bij Defensie beschikbaar is.</p>
Duurzame levenscyclus	<p>In de cyclische economie is niet alleen aandacht voor duurzaam ontwerp en gebruik, maar ook voor een duurzaam einde van de levenscyclus. Dit geldt voor schepen in het algemeen, maar ook voor de deelsystemen en componenten afzonderlijk. Aandacht wordt gegeven aan herbruikbaarheid van materialen en wellicht onderdelen van producten. Daarnaast worden maritieme schepen meer en meer modulair ontworpen en gebouwd, zodat de tussentijdse refits, verbouwingen en upgrades duurzaam uitgevoerd kunnen worden.</p>

Slim en veilig varen	Wat is onze koers?
Reductie bemanning	Automatisch en autonoom varen is de ultieme oplossing van bemanningsreductie, bedoeld om tegen lagere kosten te kunnen varen en veiligheidsrisico's voor bemanningen te verminderen. Autonoom varen vergt echter een langere horizon dan 2020. Tussentijds bekijken we stapsgewijs welke taken van schip naar de wal kunnen worden verplaatst, danwel geautomatiseerd kunnen worden.
Autonoom varen	Automatisch en autonoom varen kan een bijdrage leveren aan de kostenbesparing en veiligheid van transport over het water. We willen als sector onderzoeken hoe onze ervaring op dit vlak (zoals Dynamisch Positioning en Dynamic Tracking) kan worden gecombineerd met de kennis uit transport over land en door de lucht. Hierbij is de interactie van een 'autonoom' schip met het complete scheepvaartverkeer van essentieel belang en moet rekening worden gehouden met het feit dat schepen op een 'vloeibare weg' varen onder invloed van golven, wind en stroming (en elkaar). Heldere veiligheids (doel)regelgeving is hierbij een vereiste.
Reductie onderhoudskosten	Onderhoud aan een onbemand schip wordt geheel verplaatst naar de wal en vooral gestuurd door de conditie van de systemen en preventief. Deze conditie wordt op afstand gemeten en min of meer constant vanaf de wal bewaakt. Het vergt meer redundantie van de systemen, sensoriek, en kennis over interpretatie van data en meetgegevens. Reductie van onderhoudskosten kan worden verkregen door prestatiecontracten af te sluiten bij voorkeur met de hoofdaannemer die daarmee mede verantwoordelijk wordt gemaakt voor de prestaties tijdens de levensduur . Een ander thema is de vermindering van kosten van de conservering.
Vergroten inzetbaarheid	<p>Ten gevolge van 'robotiseren' van het vaartuig is de mens niet meer de beperkende factor maar het schip met haar systemen: dat kan de inzetbaarheid vergroten. Bewegingen ten gevolge van zeegang en klimaat zijn dan niet meer beperkend. Voorbeelden zijn nu nog met name uit de militaire sector ( interceptors, mijnen bestrijden) , maar in het transport en Offshore zal ook verbetering mogelijk zijn.</p> <p>Van belang is tevens dat in het ontwerpproces de inzetbaarheid wordt gegarandeerd door het proces daarop in te richten. Een adequate toepassing van System Engineering is noodzakelijk bij meer complexe systemen. Laden en lossen zal steeds vaker geautomatiseerd plaats vinden op slimme terminals.</p>
Veilige schepen en platforms	Veiligheid is een relatief begrip en zal in een proces van kansberekening worden gespecificeerd. De zogenaamde doelregelgeving of 'goalbased standards' geven de mogelijkheid om uitgaande van een veiligheidsnorm tot de gewenste specificatie te komen van het systeem, waarbij ruimte wordt gegeven aan de techniek en optimalisatie mogelijk zijn. Hierbij kan er steeds meer gewerkt worden op basis van voorspellingen, gebruik makend van simulatietechnieken. Er dient een sterkere veiligheidscultuur te worden ontwikkeld, waarbij sterk gekeken dient te worden naar de luchtvaart.

Effectieve infrastructuur	Wat is onze koers?
Transport over water in logistieke keten	<p>Om succesvol te zijn, dient transport over water bij te dragen aan een efficiënte logistieke keten. Dit vereist onder andere dat kosten geminimaliseerd worden en dat de aansluiting tussen verschillende modaliteiten vlot verloopt. Momenteel is congestie in de haven hierbij een belangrijk aandachtspunt: wachttijden vertragen het transport en verhogen de kosten. Zij dienen dus geminimaliseerd te worden. Indien toch gewacht moet worden is het wenselijk om dit vooraf te weten, zodat de vaarsnelheid kan worden verlaagd en brandstof kan worden bespaard. De komende jaren willen we de kennis en gereedschappen ontwikkelen om de aansluiting tussen scheepvaart en andere modaliteiten te optimaliseren, wachttijden te minimaliseren en de communicatie tussen partijen mbt te verwachten vertragingen te verbeteren. Om een vlotte doorstroom van lading door de havens te faciliteren is een verdere harmonisatie van regelgeving essentieel. De hier genoemde aandachtspunten doelstellingen sluiten nauw aan bij de actie-agenda van de topsector logistiek.</p>
Ontwerp havens en vaarwegen	<p>De komende jaren willen we de effecten van het varen in havens op scheepsbewegingen en scheepvaartveiligheid nog beter gaan begrijpen. Bovendien willen we havens en vaarwegen in de toekomst gaan ontwerpen op een manier die ze economisch aantrekkelijk maakt, maar tegelijkertijd de natuur de ruimte laat waar dat mogelijk is. Idealiter versterken natuur en economie elkaar zelfs in nieuw te (her) ontwikkelen infrastructuur. Met name dit laatste punt sluit nauw aan bij het thema 'ecologisch ontwerpen' van het TKI Deltatechnologie.</p>
Optimaal en duurzaam gebruik van de infrastructuur	<p>We willen de maritieme infrastructuur nog effectiever en efficiënter gaan gebruiken. Dat vereist dat we de komende jaren, met name op de rivieren, nog meer inzicht krijgen in de actuele staat van de vaarweg, in de interactie tussen schip &amp; vaarweg en in de interactie tussen schepen onderling. Een belangrijke rol zal zijn weggelegd voor het real time monitoren van scheepvaartveiligheid en vaarwegdieptes, waarbij het schip als sensor kan worden gebruikt.</p>
Infrastructuur LNG	<p>Om de overstap naar LNG als brandstof te kunnen maken voor een brede range aan schepen (binnenvaart, zeevaart en offshore schepen), is het essentieel dat de LNG infrastructuur aanwezig is, zowel nationaal als internationaal. De komende jaren wil de maritieme sector hier concreet werk van maken, zowel als het gaat om de regelgeving als de daadwerkelijke infrastructuur. We zijn hierbij het stadium van desk research grotendeels gepasseerd aangezien her en der al druk gewerkt wordt aan de met implementatie. Belangrijke aandachtspunten voor de komende jaren zijn het waarborgen van de veiligheid rondom het bunkeren van LNG en het verder uitwerken van opties voor het direct van schip naar schip overslaan van LNG. De acties die in dit thema worden uitgevoerd sluiten nauw aan bij het thema schone schepen, met als belangrijkste verschil dat in schone schepen de focus ligt op het gebruik van LNG nadat het aan boord is gekomen terwijl hier de nadruk ligt op het aan boord krijgen van LNG.</p>
Drijvende havens	<p>De TKI Maritiem wil met andere TKI's zoals Deltatechnologie en Logistiek nadenken over de ontwikkeling van drijvende havens als snelle en flexibele ontwikkeling van havens in ontwikkelingsgebieden.</p>

Smart Maritime Industry	Wat is onze koers?
<b>Ontwerp, realisatie / productie (sneller, meer op maat, flexibel, kostenreductie)</b>	<p>Het realiseren van productiviteitsverbetering in de maritieme industrie door vergaande digitalisering in combinatie met nieuwe productietechnologie. De snelle ontwikkeling van de technologie van ontwerp- en engineeringstechnologie, robotiseren en 3D printen spelen daarin een sleutelrol. Ontwerp- engineering en productie worden steeds meer interactieve processen. Het zorgdragen voor verlaging van de faalkosten van systemen en scheepsmodules die in kleine series worden geleverd, gezamenlijk met de ketenpartners in de voortbrengingsketen. Open innoveren met ketenpartners is daarvoor essentieel. Daarbij leren van ontwikkelingen in andere industriesectoren, zoals de luchtvaart en de automotive sector.</p>
<b>Mens en productieautomatisering</b>	<p>Routinematig werk zal deels verdwijnen en kennisintensief werk zal veranderen door toepassing van Smart Industry principes. Huidige werknemers worden permanent bijgeschoold om vernieuwingen in productietechnologie en onderhoud te kunnen doorvoeren. De technisch-maritieme opleidingen brengen studenten competenties bij voor de nieuwe functies van de toekomst, bijvoorbeeld in de vakgebieden robotica, mechatronica, remote monitoring en maintenance.</p>
<b>Sensoren, ICT, mens-machine interactie</b>	<p>Door de stormachtige ontwikkelingen op het gebied van sensortechnologie en mens-machine interactie wordt het inzicht in de conditie van het schip en de systemen veel beter. Dat biedt een enorm potentieel voor automatiseren van operationele processen, waardoor de efficiency, de veiligheid verbeteren en de operationele kosten en emissies worden gereduceerd. Het schip kan ook als sensor gebruikt worden van de omgeving, zoals bijvoorbeeld voor het monitoren van binnenlandse vaarwegen. Voorwaarde is de goede connectiviteit van hardware en software. Bijzonder aandacht is nodig voor de data security, omdat veel concurrentiegevoelige informatie beschikbaar komt.</p>
<b>Onderhoud</b>	<p>Tijdens operationeel bedrijf wordt de behoefte aan onderhoud voortdurend bijgehouden op het schip en aan de wal en worden de principes van condition based monitoring gehanteerd. Onderdelen worden automatisch besteld als de conditie beneden de normwaarde komt. Correctief en preventief onderhoud wordt uitgevoerd op basis van de actuele conditie en met advies van walorganisaties, met gebruik van ontwikkelingen op het gebied van 3D printing. Daarmee wordt de downtime van schepen en systemen geminimaliseerd. Dit proces is een voorwaarde om in de toekomst autonoom varen mogelijk te maken.</p>

## Bijlage D: Onderzoeks thema's toegepast en fundamenteel onderzoek

In deze Bijlage worden de zes maritieme kennisgebieden beschreven in compacte ambitietabellen. Steeds wordt de volgende vraag beantwoordt: Welke researchdoelen willen we hebben bereikt? Wat willen we weten/kunnen? Daarna worden de ambities over 5 en 10 jaar weergegeven. Het Maritiem Kennis Centrum (MKC) heeft een korte toelichting gemaakt bij deze ambitietabellen.

### **Maritieme ontwerp- en bouwtechniek**

De levenscyclus van een schip bestaat uit de volgende fasen: specificatie, ontwerp, engineering, productie, assemblage, operatie, onderhoud en recycling. Voor de levenscyclus in zijn geheel maar ook voor iedere afzonderlijke fase is onderzoek nodig om processen te verbeteren of nieuwe methodieken en technologieën te implementeren.

De ontwerpfase is een van de meest cruciale fasen in de levenscyclus van een schip, omdat de ontwerpkeuzes in grote mate bepalen hoe een schip gebouwd en gebruikt gaat worden. In het thema maritieme ontwerp- en bouwtechniek ligt de focus daarom vooral op de ontwerpfase en vervolgens de productie fase.

Onder het thema “design for life” wordt vooral onderzocht hoe schepen beter ontworpen kunnen worden met het oog op het onderhoud en het einde van de levenscyclus (recycling). De circulaire economie en het optimale hergebruik van grondstoffen staan hierbij centraal. Daarvoor dienen op korte termijn (5 jaar) methodieken en modellen ontwikkeld te worden, die op langere termijn (10 jaar) geïntegreerd zijn in het scheepsbouw- en onderhoudsproces en toegepast worden in de Nederlandse maritieme sector.

Onder het thema “design for operations” wordt de focus sterker gelegd op het realiseren van de eisen van de klant door het ontwikkelen van methodieken voor systems analyses, - design, en - engineering en/of functioneel specificeren om de klanteisen beter inzichtelijk te maken voor alle stakeholders in het ontwerp-, bouw en onderhoudsproces. Hierdoor worden (grote) fouten voorkomen en worden er sneller en tegen lagere kosten schepen en maritieme installaties gebouwd en zijn deze ook tegen lagere kosten onderhoudbaar. Het thema “process based design” waarbij de nadruk op het gebruik van systemen aan boord ligt, is hiermee sterk verwant. Met het oog op autonoom varen dient tevens een goal based regelgevingskader ontwikkeld te worden.

Onder het thema “design for engineering” wordt onderzocht welke methodieken en modellen toegepast kunnen worden om de enorme stroom van informatie te beheersen die ontstaat als men van de ontwerpfase overgaat naar een gedetailleerde engineeringfase. Het ontwikkelen van gestandaardiseerde informatie architecturen voor het bouwproces, methodieken voor hergebruik van beschikbare kennis en informatie en het minimaliseren van redundante informatie staan hierbij centraal.

Ook de integratie van verschillende disciplines/methoden/tools tijdens de ontwerpfase zelf dient beter (real time) op elkaar te worden afgestemd. De integratie van hydrodynamica (BEM) en sterkteleer (FEM) is daarbij een bijzonder aandachtspunt. Tenslotte is de optimalisatie van de voorstuwingsinstallatie in combinatie met de scheepsromp, appendages en energy saving devices (ESD) een belangrijk onderzoeksthema.

Onder het thema bouw- en productie zijn er drie aandachtsgebieden voor onderzoek:

- Optimalisatie van het productieproces met computertechnologie (cost modelling, automatisering & robotisering en tagging & tracing),
- Duurzamer produceren (duurzame retrofitting & recycling, lijmen & conserveren en veiligheid van personeel)
- Life time support (standaardisatie van systemen aan boord, 3D printen van reservedelen, ontwikkelen van geïntegreerde onderhoudsstrategieën voor reder, werf en toeleveranciers)



Maritieme ontwerp- en bouwtechniek	Research doel over 5 jaar	Research doel over 10 jaar
Maritieme ontwerp- en bouwtechniek	<b>Goal based Design:</b> Ontwikkeling voorstellen voor een goal based regelgevingskader voor autonoom varen.	Toegepast in een aantal innovatieve ontwerpen
	<b>Process Based Design:</b> ontwerpmethoden ontwikkeld waarmee de keuze en layout van systemen en ruimten in combinatie met het gebruik ervan door de bemanning aan boord voor verschillende operationele omstandigheden kan worden geanalyseerd.	Process Based design methoden breed toegepast
	<b>Design for Operations 1:</b> framework beschikbaar voor eenduidige ontwerpaanpak obv Systems Engineering uitgaande van Measures of Effectiveness	Framework breed toegepast binnen NL-industrie
	<b>Design for Operations 2:</b> Methodiek waarbij het finale scheepsontwerp de requirements van de functionele installaties volgt, uitgaande van het beoogde en gewenste gebruik.	Informatie over gebruik schip inherent onderdeel van alle processen van ontwerp tot after sales
	<b>Design for Engineering 1:</b> Hergebruik modellen / modules in ontwerp beschikbaar; leidt tot engineering in seven days, toegepast voor distributiesystemen	Modulaire schepen met methodiek voor revisie van modules incl check op rules en business case
	<b>Design for Engineering 2:</b> Methodiek ontwikkeld voor ontwikkeling van inter cultureel engineeringinformatie incl paperless informatieoverdracht tussen ontwerp-engineering - productie.	Methoden onderdeel van dagelijks gebruik en 70% reductie van papieren tekeningen gereduceerd.
	<b>Design for Engineering 3:</b> Gestandaardiseerde informatie architectuur is ontwikkeld	Toegepast in ontwerp en bouwprocessen
	<b>Design for Life:</b> modellen voor "design for refit" en "design for recycling" ontwikkeld ter completering van een life-cycle benadering.	Genoemde modellen worden tijdens het ontwerpproces geïntegreerd toegepast in NL industrie
	Integratie van elementaire rekentools (BEM voor hydrodynamica, FEM) in ontwerptools, zodat de ontwerper real-time terugkoppeling krijgt over ontwerpkeuzes. Verbeteren van de ontwerp procedure op basis van deze nieuwe mogelijkheden.	Koppeling CFD en FEM aan ontwerpgereedschappen. Verbeteren van de ontwerp procedure op basis van deze nieuwe mogelijkheden.
	Geïntegreerd kunnen optimaliseren van rompvorm-schroef-roer en evt. Energy Saving Device (ESD) voor single screw ship / Full Scale	Ditto voor dubbelschroef schip
Bouw en productiemethode	<b>Smart Production 1:</b> Een aantal concepten voor slimme robots in de productie ontwikkeld en offline besturing gerealiseerd volgens het Factory-in-a-Day concept.	Prototypen gerealiseerd waarmee 90% vn panelenbouw, 85% van sectiebouw en 50% van aanbouw laswerk gerobotiseerd kan worden.
	<b>Smart Production 2:</b> "First Principles" Cost Models (bevatten productierationale, prognose- en assessment methoden)	Werf en ontwerp details geïntegreerd in de uitkomsten van het kostenmodel.
	<b>Smart Production 3:</b> Support engineering by semi-automation of difficult tasks, this serves both as knowledge storing and time reduction	Good engineering startingpoint created automatically, allowing more designs to be considered before contract.
	<b>Smart Production 4:</b> Toepassingen voor lijmen geïntroduceerd	Toepassingen voor lijmen breed ingevoerd.
	<b>Smart Production 5:</b> Betere (ketenbrede) beheersing logistieke processen, o.a. door goed begrip van de totale value chain, o.a. door tagging and tracing. Gericht op verdere kostenverlaging van de productie	Methoden geïmplementeerd en betrouwbare database ter ondersteuning van andere verbeteringen beschikbaar.
	<b>Clean Production 1:</b> Beste practices ontwikkeld voor Groen bouwen en slopen op aspecten scheidbaarheid van materialen en conservering.	Best practices breed toegepast
	<b>Clean Production 2:</b> Small scale implementation of advanced techniques on recycling yards, decreasing the burden on Humans and the environment	Large scale environmentally friendly ship recycling.
	<b>Clean Production 3:</b> Test cases gedaan op het gebied van demontabel produceren. Schepen kunnen nu geheel of gedeeltelijk afgebroken worden op dezelfde manier als ze gebouwd zijn. Dit vereenvoudigd refits en sloop.	Brede invoering van demontabel produceren
	<b>Clean Production 4:</b> Concepten voor nieuwe robottoepassingen ontwikkeld die het arbeids- en gezondheidsrisico voor productiemedewerkers (zoals lassers en schilders) aanzienlijk verminderen.	Robots toegepast in het productieproces binnen NL
	<b>Life Time Support 1:</b> Standardisatie van equipment and machinerie over meerdere serie schepen. Introductie van modules voor de ER.	standardisatie van equipment and machinerie over meerdere one-offs
	<b>Life Time Support 2:</b> Test cases en 1e implementaties van 3D printen van spares	3D printen van spares en klein ijzerwerk breed toegepast
	<b>Life Time Support 3:</b> Ontwikkeling business modellen die het toestaan het schip langer te ondersteunen vanuit de werf en zijn toeleveranciers	Ontwikkeling van businessmodellen die het accent verleggen van het verkopen van het schip (product), naar het verkopen van een functie, dus een product inclusief onderhoud, refits en sloop.

### Maritieme constructies en materialen

Voor onderzoek bij maritieme constructies en materialen zijn de fasen van de levenscyclus van belang, met daarbij een specifieke focus op de navolgende thema's: omgevingsdata, ontwerp, materialen, verbindingen en verbindingstechnieken, constructies, inspecties, detectie en monitoring en een nieuw thema experimentele faciliteiten.

Het vergaren en interpreteren van omgevingsdata, zoals operationele profielen, golfmodellen en omgevingsfactoren (m.n. diepzee en arctische omgeving) zijn van groot belang een goede analyse van een eerste ontwerp van een schip of maritieme constructie, vooral wat betreft inzetbaarheid, sterkte en stijfheid. Deze gegevens dienen als input voor het functioneren van het platform gedurende de operationele fase. Voor de ontwerpfasen dienen er methodieken en analytische gereedschappen ontwikkeld te worden om snel een constructie te kunnen beoordelen en te toetsen op belastingen, alsmede de optimale inzetbaarheid te kunnen bepalen in bepaalde perioden, voor zowel intact als damaged condities. Speciale aandacht is er voor nieuwe methoden en technieken voor de inzet van cryogene systemen, hyperbare constructies en de probabilistische analyse van intacte en beschadigde constructies.

Voor wat betreft de materialen zelf dient gevalideerde kennis opgebouwd te worden voor degradatie en faalgedrag van metalen en composieten. Daarnaast dient onderzocht te worden welke materialen geschikt zijn voor extreme omstandigheden (brandbestendig, corrosiebescherming, koudebestendig, slijtvastheid), een lage ecologische footprint hebben en/of geschikt zijn voor toepassing in de circulaire economie. Speciale aandacht is er voor materialen met multifunctionele toepasbaarheid (bijv. constructief, transparant en energieopwekkend).

Qua verbindingen en verbindingstechnieken dienen lijmtechnieken (inclusief veroudering, faalcriteria, complexe belastingen) onderzocht en gemodelleerd te worden. Daarnaast dient onderzocht te worden welke (multi) materiaal verbindingen interessant zijn voor de maritieme sector (bijv. friction stir welding, metaal-composiet verbindingen). Tenslotte dienen er voor verbindingen onder multi axiale belastingen levensduurvoorspellingsmodellen ontwikkeld te worden.

Voor het thema constructies ligt de nadruk op het ontwikkelen van kennis voor het functioneren van constructies in extreme omstandigheden (explosies, high impacts, renewable energy, zeebodem infrastructuur, diepzee) inclusief de ontwikkeling van nieuwe criteria op basis van fundamentele inzichten alsmede nieuwe productietechnieken voor modulaire en geïntegreerde constructies voor complexe speciale schepen om kosten te reduceren.

Inspectietechnieken en monitoringstechnieken dienen ontwikkeld te worden voor lijmverbindingen, coatings, alsmede het gedrag, onderhoud en de degradatie van constructies (bijv. middels passieve sensoren).

Tenslotte dient de haalbaarheid en operationele inzetbaarheid van een nieuw te ontwikkelen, unieke "state of the art" experimentele onderzoeksfaciliteit verder onderzocht en ontwikkeld te worden, zodat de eerder genoemde onderzoeksdoelen ook daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden.

Maritieme constructies en materialen	Research doel over 5 jaar	Research doel over 10 jaar
Omgevingsdata (input voor ontwerp)	Goede operationele inzetbaarheidsprofielen (als input voor het ontwerptraject), bemand en onbemand.	100% up to date scheepsprofielen via online tracking. Beschikbaarheid van scheepsspecifieke inzetbaarheidsprofielen.
	Golfmodellen voor verschillende seastates (wind/golven/stroom correlaties, incl. confused sea), geschikt voor hind casting	incl. kennis van toekomstige weersomstandigheden
	Kennis van deep sea environment (o.a. chemische aspecten, corrosie, stroming)	Database van deep sea environment voor de Top 50 locaties die van belang zijn
	Kennis van de Arctische omgeving (ijseigenschappen, oppervlakteijs en permafrost)	
Ontwerp	Preliminary design tool voor ship- en offshore specials, van belasting -> constructierespons -> toetsing aan criteria	idem, maar dan getoetst aan werkelijke materiaallimieten en veiligheidsfactoren
	Integrated design tool voor optimale inzetbaarheid	idem
	Life cycle assessment model, met als input de operationele profielen	idem
	Kennis van cryogene condities (opslag, transport en overslag)	Omgevingsdata voor kokende vloeistoffen (LNG sloshing)
	Nieuwe generatie (probabilistische) analyse modellen voor intact en damaged structures	Gevalideerde modellen
	Design tool voor hyperbare constructies op basis van gevalideerde materiaaleigenschappen en limieten	
Materialen (metalen/composieten)	Gevalideerde kennis van hyperbaar gedrag/eigenschappen van materialen (te ontwikkelen met behulp van een Hyperbare Test Faciliteit)	Aangepaste materialen en constructies die optimaal presteren in hyperbare omstandigheden
	Beschikbaarheid van materialen met een lage footprint (circulaire economie)	idem
	Gedetailleerde degradatie en faalgegevens van metalen (scheepsbouw, hoge sterkte staal, aluminium) en composieten	Aanpassen (conservatieve) toepassingscriteria voor metalen en composieten. selfhealing materialen.
	Beschikbaarheid van materialen met een sterk verbeterde slijtvastheid tbv de baggerindustrie en deep sea mining	
	Beschikbaarheid van multifunctionele materialen (constructief, energieopwekkend, transparant)	
	Lichtgewicht constructie materialen met goede brandbestendigheid	Brede industriële toepassing van lichtgewicht constructiematerialen
	Gevalideerde modellen voor het gedrag van composieten in aanraking met Olie & Gas.	
	Nieuwe materialen voor corrosie bescherming en isolatie van olie & gas pijpleidingen	
Verbindingen, verbindingstechnieken	Gevalideerde kennis van arctisch/cryogeen gedrag/eigenschappen van verbindingen (te ontwikkelen o.a. met behulp van het DOTC Delft offshore technology Centre, incl. een Hyperbare Test Faciliteit)	Materialen die optimaal presteren in arctische en cryogene omstandigheden
	Productievriendelijke lijm verbindingstechnieken inclusief faalcriteria, gedrag bij complexe belastingen en bijbehorende modellering	Toepassen van nieuwe gevalideerde lijmverbindingen
	Acceptabele verouderingsanalyses voor lijmverbindingen	
	Verbeterde lastechnieken (Friction stir welding)	idem meerdere materialen
	Verbeterde metaal-composiet verbindingen	idem incl. eenvoudige reparatieoplossingen
	Levensduurvoorspellingsmodellen voor verbindingen onderworpen aan multiaxiale belastingen in normale omgevingscondities	in bijzondere omgevingscondities (diep zee, cryogen, arctic, etc)
	Snellere productievriendelijke verbindingstechnologie voor multi-materiaal pijpleidingen	
Constructies	Impact resistente constructies (explosies, high energy impact)	Industriële toepassing impact resistente constructies
	Nieuwe productietechnieken (geautomatiseerd) waardoor constructies kostenefficiënt gerealiseerd kunnen worden.	Toepassen van eenvoudige slimme constructies waarmee het productieproces versneld en versimpeld wordt en de kostprijs met 30% wordt verlaagd
	Inpassen van zware componenten (fundaties) op lichte constructies met mogelijkheden voor uitwisselbaarheid	
	Optimalisatie van een mix van Modulariteit en Geïntegreerde constructies voor de complexe specials	Sneller en goedkoper te bouwen complexe specials
	Beschikken over constructieve kennis om unconventional structures voor nieuwe toepassingen zoals Renewable Energy, Zeebodem infrastructuur en Diep Zee te ontwerpen	
	Inzicht in de "hardheid" van (traditionele) normen en hun heroverweging op basis fundamentele inzichten	aangepaste normen
Inspectie, detectie en monitoring	Beschikken over NDT inspectietechnieken voor lijmverbindingen in bouwproces en operatie	Operationeel toepassen van gevalideerde NDT inspectietechnieken
	Beschikken over in situ monitoringstechnieken voor de kwaliteit van coatings	
	Beschikken over monitoringstechnieken voor constructies met passieve sensoren	Toepassing van operationele monitoringstechnieken
	Beschikken over sensortechnologie en dataverwerking voor Condition Based maintenance van structures	Toepassing van een online adviessysteem voor levensduurbepaling van structures
Experimentele faciliteiten	Beschikbaarheid van unieke "State of the Art" onderzoeksfaciliteiten (DOTC) om bovenstaande onderzoeksdoelen te bereiken	

## Hydrodynamica

Het onderzoeksthema Hydrodynamica is op te delen in de volgende thema's: weerstand & voortstuwing, golven & werkbaarheid, operaties op zee, manoeuvreren & nautiek, ijs, Computational Fluid Dynamics (CFD), simulatie, meet- & regeltechnieken en de nieuwe thema's geavanceerde meettechnieken alsmede nauwkeurigheid, onzekerheid en statistiek.

Bij "weerstand & voortstuwing" is onderzoek in de ontwerpfase bij verschillende snelheids- en belastingsvariëaties ("design for service") middels CFD een belangrijk subthema. Dit omvat de ontwerpmethodologie, voortstuwingsprestaties, alsmede geluid en trillingen. Een ander onderzoeksthema is weerstandsverlaging van schepen (middels luchtsmering, anti-fouling) en onderzoek naar de biomechanica van zeedieren. Tenslotte is inzicht in de invloed van waterkwaliteit op trillingen en geluid een nieuw subthema binnen weerstand & voortstuwing.

Voor "golven en werkbaarheid" is onderzoek nodig voor het modelleren van realistische (niet-lineaire) golfvelden. Daarnaast is de werkbaarheid van schepen in golven een belangrijk onderzoeksthema. Dit omvat onderzoek naar zeewaardigheid van maritieme constructies (bijv. low powering, gedrag bij achter inkomende golven, efficiency van motion control, manoeuvreren).

Het ontwikkelen van methodieken voor gedrag van constructies door impulsieve belastingen en vermoeiingslevensduur die toepasbaar zijn in de ontwerpfase zijn belangrijke onderzoeksthema's. Tenslotte is onderzoek nodig voor het ontwikkelen van een real time predictie systeem voor scheepsbewegingen (bijv. middels golfradarmetingen).

"Operaties op zee" omvat onderzoek aan complexe multi body operaties op zee inclusief CFD, CFD modellering en berekeningen en tijdsdomein simulaties aan flexibele constructies (wind turbines, renewable energy devices, etc.)

Bij "manoeuvreren en nautiek" gaat het vooral het verkrijgen van inzicht in wind-, stroom, en manoeuvreerkrachten op diep en ondiep water en het gebruik van CFD om voortstuwings- en stuurapparaten te verbeteren. Nautiek betreft vooral het ontwikkelen van nautische veiligheidsmodellen voor havens en vaarwegen, alsmede het human factors onderzoek bij de operatie van schepen en maritieme installaties.

Berekening met Computational Fluid Dynamics (CFD) worden veelvuldig toegepast in de hydrodynamica. Vervolgonderzoek op CFD gebied is noodzakelijk voor vervormbare objecten, vrije- oppervlak stromingen, meergefasestromingen, cavitatie- en uitgestraald geluid. Daarnaast dienen de CFD methoden en technieken zelf verder geoptimaliseerd te worden en koppelingen ontwikkeld te worden naar CAD en FEM tools.

Operaties in "ijs" omvat het ontwikkelen van berekeningsmethodieken voor het breken van ijs, schroef-ijs interactiemodellen, ijsaangroeimodellen en het ontwikkelen van een trainingssimulator.

Tijdsdomein simulatie en meet- en regeltechnieken omvat het ontwikkelen van modellen voor o.a. Dynamisch Positioneren (DP), Dynamic Tracking (DT), modelleren van roterende systemen (motoren, generatoren, PTO, etc.) en een human navigator model.

Geavanceerde meettechnieken en nauwkeurigheid, onzekerheid en statistiek zijn twee nieuwe onderzoeksvelden die tot doel hebben om tot nauwkeurige onderzoeksresultaten te kunnen komen (door bijv. de ontwikkeling van nieuwe sensoren, of automatische beeldverwerking en HS video) en deze resultaten ook te kunnen verifiëren in praktische toepassingen waarbij ook de mate van onzekerheid van de uitkomsten kan worden weergegeven.

Hydrodynamica	Research doel over 5 jaar	Research doel over 10 jaar
Weerstand en voortstuwing	Vortstuwingsprestaties: Voorspelling met behulp van een optimale combinatie van CFD en model testgegevens van het snelheid-vermogen verband voor alle scheepstypes, met een hogere nauwkeurigheid en tegen lagere kosten dan de huidige voorspellingen. Te meten op ware grootte de snelheid-vermogen prestaties van schepen met 2% onzekerheid.	Bepaling van de voortstuwingsprestaties met behulp van een optimale combinatie van CFD en model testgegevens (met inbegrip van cavitatie, ventilatie, motorbelasting en lagerbelastingen) voor een breed scala van schepen in off-design condities.
	Ontwerpmethodologie: Optimaliseren van het romp-voortstuw ontwerp (inclusief Energy Saving Devices, ESD's) voor ware grootte en het ontwikkelen van een procedure voor 'design for-service' op basis van CFD: het optimaliseren van het ontwerp voor een reeks van snelheids- en belastingvarianties, met inachtneming van het effect op de motorbelasting en daarmee emissies.	Optimaliseren van de romp-voortstuw op basis van 'design-for-service', het kwantificeren van de effecten van veranderingen in het ontwerp op extra vermogen en snelheidsverlies in golven, terwijl ook rekening gehouden wordt met het effect van aangroei.
	Geluid en trillingen: Verbeterde voorspelling van de drukfluctuaties en uitgestraalde geluid met modelproeven en semi empirische oplossingsmethoden in combinatie met een CFD voorspelling van cavitatie, gekoppeld aan een gevalideerde methode voor de voorspelling van trillingshinder in een vroeg ontwerp stadium. Daarnaast het hebben van een goede procedure voor onderwater afgestraald geluid op basis van aanboordmetingen.	Het meenemen van geluids- en trillingshinder in het optimalisatie proces van schip en voortstuw.
	Het ontwikkelen van nieuwe voortstuwingstechnieken en nieuwe anti-fouling op basis van onderzoek aan effectiviteit van bewegingen van vissen en zeezoogdieren.	Het toepassen van nieuwe voortstuwingstechnieken en anti-fouling in de praktijk.
Golven en werkbaarheid	Goed begrip van de mechanismes van weerstandsreductie door luchtsmering (ind. bellen smering) en het ontwikkelen van CFD voor luchtgesmeerde schepen	Optimaliseren van romp en voortstuw met gebruik van luchtsmering
	Verificatie & Validatie: het gedetailleerd verifiëren van CFD, en valideren van CFD en modelproeven. Het vaststellen van de onzekerheid in de voorspelling van weerstand en voortstuwing.	Verificatie & Validatie: het gedetailleerd verifiëren van CFD, en valideren van CFD en modelproeven. Het vaststellen van de onzekerheid in de voorspelling van cavitatie simulaties.
	Methode beschikbaar hebben voor het kwantificeren van waterkwaliteit.	Methode / techniek beschikbaar hebben om het effect van waterkwaliteit op trillingshinder en geluid te bepalen.
	Golven: Gevalideerd tool voor het genereren van realistische golf velden, rekening houdend met basin effecten, meting van de lokale 3D golfvelden en hun ruimtelijke, directionele en statistische analyse. Tool voor het berekenen van niet-lineaire golfvelden ind het effect van breking.	Gecombineerde opwekking en numerieke simulatie van realistische extreme golven en hun statistieken. Meting van de globale 3D velden. Koppeling tussen niet-lineaire potentiaal methoden voor golven en CFD voor golf-body interactie.
Operaties op zee	Zeegang: Voorspelling van de volgehouden snelheid in golven incl het dynamische gedrag van de motor. Voorspelling van de efficiëntie en grenzen van motion control. Ontwikkeling van experimentele technieken om veiligheid van low-powered schepen in hoge golven te onderzoeken. Ontwikkeling van een functionaliteit in het voorspellen van niet-lineaire scheepsbewegingen met CFD. Generalising van het hydrodynamische inzicht in een kwalitatief begrip van het effect van gebruikelijke ontwerpkeuzes op zeevaardigheid, met name ook in achterinkomende golfcondities. Effect van manoeuvreren meegenomen.	Geïntegreerde consultancy op het gebied van ontwerp voor service, het gebruik van multi-objective optimalisatie tools om voortstuwing, manoeuvreren en zeegang in balans te brengen, gebruikmakend van multi-fidelity tools (CFD, potentiaal). Bepaling van voortstuwingsrendement in (grote) golven mbv CFD. Integratie van benaderende tools en CFD om voorspellingen in extreme situaties te kunnen doen.
	Impulsieve belastingen: Het voorspellen van krachten ten gevolge van een impact met behulp van benaderende methoden. Bepaling van de effecten van compressibiliteit en fase overgang in PT lab.	Schaaleffecten berekend met CFD. Voorspelling van extremen op basis van geïntegreerde benaderende en CFD tools.
	Hydro-structureel: Ontwikkeling en validatie van lineaire methoden voor de voorspelling van de vermoedingslevensduur in het ontwerp stadium. Toepassing van systemen aan boord om de vermoedingschade te monitoren.	Ontwikkeling en validatie van methoden voor de voorspelling van extreme belastingen in het ontwerp stadium. Toepassing van deze voorspellingsmethodiek in systemen aan boord.
	Inzetbaarheid: Ontwikkeling van een tool voor de simulatie van complexe scheeps- en offshore-operaties. Bepaling van criteria voor specifieke operaties op basis van ware grootte metingen. Ontwikkeling van een real time predictie tool van scheepsbewegingen op basis van real time golf radar metingen.	Uitbreiding van het ontwikkelde simulatietool voor een scala aan operaties, oa. deep-sea mining. Ontwikkeling van criteria voor inzetbaarheidslimieten op basis van Human factors.
Manoeuvreren en navigatie	Nauwkeurig en gevalideerd tijd domein diffractiemodel voor grote relatieve bewegingen in multi-body operaties.	Snelle berekeningen met een tijd domein diffractiemodel voor modelering multi-body operaties in real-time simulaties (training).
	CFD berekeningen voor een multi-body operatie in langkammige golven gekoppeld aan tijddomein simulatie modellen voor modelering van actuators, afmeerlijnen etc. Bewegingen zijn klein.	CFD berekeningen voor een multi-body operatie in kort-kammige golven met accurate grenslaagmodelering voor viskeuze effecten. Grote bewegingen zijn mogelijk. Inzicht in schaaffecten.
	Kwalitatieve (ware grootte) CFD voorspelling van diep-water riser (bundel) VIV. Kwantitatieve CFD voorspelling van VIM van drijvende objecten.	Kwantitatieve voorspelling van VIV van diep-water risers met CFD. Validatie VIV/VIM met ware-grootte metingen. Inzicht in schaaffecten.
	Hydro-elastische berekeningen aan flexibele constructies (vaststaande wind turbines, turbine bladen) met kleine deformaties in CFD en tijddomein simulaties.	Inzicht in statistische variaties van impact en response dmv simulaties.
Computational Fluid Dynamics (CFD):	Optimaliseren van Power Take Off van renewable energy devices dmv tijddomein simulaties en CFD. Voorspellen van interactie tussen control van bladen en dynamisch gedrag van de constructie. Voorspelling van interactie effecten tussen arrays van renewable energy devices.	Gebruik van CFD in het ontwerp stadium van renewable energy devices door versnelling van rekentechnieken.
	Het gebruik van CFD in dagelijkse advisering voor wind-, stroom-, en manoeuvreerkrachten, inclusief effecten van instationaire stroming, shielding en gestratificeerde stroming. Eerste toepassing van directe simulaties van manoeuvreren met CFD.	Directe simulatie van manoeuvreren in CFD beschikbaar voor dienstverlening.
	Metingen van ondiepwater effecten met behulp van onbemande testen voor validatie en model ontwikkeling. Nauwkeurig CFD voorspelling van ondiepwater en beperkt water effecten.	Volledig vrij-manoevrerende passerende en oplopende schepen in CFD
	Stuurapparaten (zoals roeren, (boeg)schroeven, thrusters, pods): Gebruik van CFD om stuurapparaten te verbeteren, inclusief schaaffecten en instationaire effecten, en nauwkeurige metingen van krachten en stroming voor validatie van CFD.	Voorspelling van de prestaties van stuurapparaten met CFD, inclusief interactie effecten, schaaffecten en instationaire effecten, voor roeren, schroeven en buisontwerp.
Computational Fluid Dynamics (CFD):	Nautische veiligheid, manoeuvreercriteria en evaluatie: inzet van criteria en methoden om veiligheid van een schip in een specifieke omgeving te kwantificeren. Beschikbaarheid van een aangepast veiligheidsmodel voor havens en waterwegen en verbeterde modellering en gebruik van risico indices.	Verdere ontwikkeling van uitvoerige voorbeelden van de manier van evalueren van manoeuvreerbaarheid, veiligheid en capaciteit van verschillende scheepsonwerpen. Onshore en onboard beschikbaar hebben van een uitgebreid dynamisch veiligheidsmodel voor havens en aanvaarroutes met risico indices.
	Begrijpen en herkennen van grenzen aan menselijke prestaties in een operatie, ontwikkelen van criteria en modelleren van beslissingen van de bemanning in een 'maritieme menselijke factor observatorium'	Toepassen van geïntegreerde gedrags- en beslismodellen tijdens fast-time simulaties en ontwerpen van closed-loop operaties. Het kunnen uitdrukken van het effect/risico van een item (mens of schip) op het totale systeem.
	CFD methoden verfijnen voor robuust en efficient rekenen met minimale numerieke fouten en nauwkeurige resultaten. Significante versnelling van tijdsafhankelijke berekeningen en ontwikkeling naar het simuleren van turbulente structuren / LES	LES beschikbaar voor onderzoek op modenschaal en ware grootte
	De stroming rond bewegende en vervormbare objecten kunnen berekenen voor beperkte deformaties	De mogelijkheid van een hiërarchie van bewegende roosters met grote onderlinge bewegingen.
Vrij oppervlak stromingen nauwkeurig kunnen berekenen voor objecten met voorwaartse snelheid in golven, en koppeling met potentiaal-stroming golfmodellen t.b.v. verbeterde efficiëntie.	Nauwkeurige en efficiënte modellering van extreme golven, kortkammige golven	
Roosteractiviteit routinematig beschikbaar voor stationaire en instationaire stromingen, met uitkiende verfijningscriteria criteria.	Verdere ontwikkeling van geavanceerde criteria voor adaptiviteit voor complexe instationaire stromingen.	
CFD gebaseerde optimalisatie: Op CFD resultaten gebaseerde optimalisatie procedures ontwikkeld voor verdere verfijningen van ontwerpen. Ontwikkeling van nieuwe CFD methoden voor het integreren van CFD en optimalisatie.	Op CFD gebaseerde, multi-disciplinaire optimalisatie (bv. weerstand, zeegang, manoeuvreren). Inzet van nieuwe CFD technieken voor integratie CFD en optimalisatie.	
Interactieve koppeling tussen CFD codes en CAD tools voor dynamische vervorming lichamen en wandroosters	Integratie van elementaire CFD in CAD systemen.	
CFD voor Meerfasestromingen: In staat zijn om de hinder door cavitatie te kwantificeren (drukfluctuaties en cav. Erosie risico) en de weerstandsreductie voor schepen met luchtkamers of air cavities te berekenen	CFD voor meerfase stromingen te versnellen zodat analyses routinematig kunnen worden uitgevoerd en CFD voor cavitatie en luchtsmering in optimalisatie procedures ingezet kan worden (incl. meervoudige object functies)	
Gereed hebben van een CFD / BEM code voor de berekening van uitgestraald cavitatie geluid.	Gevalideerd CFD/BEM gereedschap voor uitgestraald geluid.	

Ijs	Engineering van operaties in ijs: Uitvoeren van veiligheids- en operationele studies door middel van engineering tools voor een aantal verschillende ijsvoorkomens. Validatie is gedaan dmv model en full-scale testen. Breken van ijs wordt uitgerekend op basis van empirische en analytische relaties.	Uitvoeren van complexe veiligheids- en operationele studies voor zowel technische oplossingen als operaties in ijs door middel van geïntegreerde engineering- en training simulator tools. De numerieke formuleringen zijn uitgebreid met meer geavanceerde beschrijvingen, inclusief het breken van ijs. Alles gevalideerd met model- en full scale testen.
	Training voor operaties in ijs: Uitvoeren van complexe training, veiligheids- en operationele studies door middel van een training simulator. Gedeeltelijke validatie middels model en full-scale testen. Ijsaangroei modellen als gevolg van spray	
Tijdsdomein simulatie en meet- en regeltechnieken	Schroef-ijs interactie modellen: Monitoren van de ijsbelastingen op de schroeven/thrusters om daarmee de operationele limitieten aan te geven. Adviestools zijn gebaseerd op een statistische database van in-service metingen. Numerieke tools beschikbaar te hebben die de efficiency van schroeven met een lage ijs klasse verbeteren.	Bepalen van de ijsbelastingen op schroeven/boegschroeven door middel van numerieke tools die zijn gevalideerd door model en full-scale testen. Numerieke tools die bij het ontwerp van ijsklasse schroeven ook FEM en geluidsemmissie-eisen meenemen.
	Virtueel test framework: een strategie voor de integratie van meet- en regelsoftware met desktop simulaties, modelproeven en ware grootte metingen. Doel is om herbruikbare software tools en hardware componenten te hebben voor al deze toepassingen, zodat met deze geïntegreerde tools ontwerpen en operaties effectiever en veiliger gemaakt kunnen worden.	Opgebouwde oplossingen en kennis ingezet in de meeste besturingstoepassingen en -apparaten. Een breed scala van modellen is opgenomen in het (simulatie) framework dat de benodigde gegevens bevat van het echte schepen / offshore constructies. Hybride tijdsdomein simulaties met CFD en andere componenten zijn een echt alternatief. <b>Het is eenvoudig om gemeten gegevens te gebruiken om de simulatiemodellen verbeteren.</b>
	Toepassingen meet- en regeltechnieken: Realistisch modelleren van meet- en regelproblemen.	Meet- en regelapplicaties uitgebreid met state of the art oplossingen voor de aansturing van scheepsbewegingen, dynamische positionering en Power Take Off.
	Nieuwe regeltechnieken: Kennis vergaren over realistisch modelleren van actuatoren, motoren en generatoren voor voortstuwars, stuur- en controle systemen en Power Take Off (PTO) in zowel simulaties als in modelproeven. Realistische simulatie van het gedrag voor stuurvlakken & apparaten (vinnen / roeren / besturing machines etc.).	Realistische simulatie van het gedrag, inclusief simulatie van energiebeheersystemen en motor- en generatorsystemen.
	Dynamisch Positioneren (DP) en Dynamic Tracking (DT): Gebruik van thruster allocatie methoden met ingebouwde thruster interactie kennis in identieke DP modellen voor modelproef basin en simulatie. DP criteria bekend.	Ontwikkeling en gebruik van een 6 graden van vrijheid positie controle systeem dat kan worden gebruikt voor gewoon DP maar ook voor Remote Operated Vehicles (ROVs)/ Autonomous Vehicles (AUVs) en voor actieve roll/pitch damping. Operationeel generiek feed-forward systeem (wind, golven, stroom, pijpspanning).
	Eerste aanzet tot een 'Human Navigator / helmsman' model. In eerste instantie voor eenvoudige operaties. Gebaseerd op SafeTrans Captain's decision mimic (reissimulaties).	Kunnen modelleren van de 'Human in the loop' om dit effect mee te nemen bij operationele simulaties. Dit gecombineerd met inzicht in variabiliteit in dit model (maw iedereen is verschillend, en hoe uit zich dat in deze context).
Inzicht en kennis ontwikkelen om tot goede model reductie te kunnen komen voor toepassing in Filters & Controllers (modelreductie van complexe CFD naar eenvoudiger modellen met alleen relevante parameters, zie 'Manoeuvres en Nautiek'). Dynamic Positioning (DP) en Tracking (DT): geavanceerde regeltechnieken en feedforward voor single body gereed	Op efficiënte manier onze complexe modellen kunnen gebruiken en een belangrijke rol kunnen spelen in de ontwikkeling en toepassing van meet-, voorspel, en regeltechnieken. Dynamic Positioning (DP) en Tracking (DT): geavanceerde regeltechnieken en feedforward voor multi body gereed	
Geavanceerde meettechnieken	Het operationaliseren van tijdsafhankelijk PIV om validatie van CFD aan complexe tijdsafhankelijke stromingen te kunnen gaan uitvoeren. Inclusief analyse tools.	Tijdsafhankelijk PIV ingezet in validatiestudies.
	Ontwikkeling sensoren voor hoge druk, lage druk, hoge sample rate, draadloos, op model schaal.	Ontwikkeling sensoren voor hoge druk, lage druk, hoge sample rate, draadloos, op ware grootte.
	Het ontwikkelen van sensoren voor het nauwkeurig meten van onderwatergeluid op model schaal.	Het ontwikkelen van sensoren voor het nauwkeurig meten van onderwatergeluid op ware grootte.
	Het inzetbaar maken van high-speed video en automatische beeldverwerking voor analyse van extreme events.	
Nauwkeurigheid, onzekerheid en statistiek	Het kunnen meten van spatiele en temporele golfvelden op modelschaal.	Het kunnen meten van spatiele en temporele golfvelden op ware grootte.
	Systematische verificatie van CFD uitgevoerd voor alle praktische toepassingen.	Systematische verificatie van CFD uitgevoerd voor geavanceerde toepassingen.
	Onzekerheidsanalyse van model proeven uitgevoerd wat betreft meettechnieken en omgevingsfactoren. Onzekerheid vastgelegd van resultaten uit model proeven en berekeningen aan extreme events zoals broaching.	Onzekerheidsanalyse van model proeven uitgevoerd wat betreft onzekerheden in geometrien. Alternatieve meet- en rekentechnieken ontwikkeld voor extreme events.

### Maritieme systemen en processen

Maritieme systemen en processen is een belangrijk onderzoeksgebied dat veel raakvlakken heeft met de andere maritieme onderzoeksthema's. De nadruk in dit onderzoeksgebied ligt op specifieke maritieme deelsystemen en -processen en de interfacing naar en samenhang met totaalsystemen. Kernthema's zijn systeemintegratie, specialistische ontwerpgereedschappen, energie opwekkingsystemen, gebruik van big data, autonome systemen en extreme condities (diepzee mijnbouw en arctische condities).

Het thema "systeemintegratie" betreft het ontwikkelen van component- en systeemmodellen die in simulatoren ingebouwd kunnen worden en in geïntegreerde systemen "geïmplementeerd kunnen worden. Daarnaast worden er probabilistische modellen voor risico's en faalkansen ontwikkeld alsmede modellen voor het bepalen van de milieu impact op statische en dynamische systemen.

Het thema "diepzee mijnbouw processen" omvat de ontwikkeling van een procesbeschrijving van grondbewerking op gematigde diepte (2 km.), inclusief verticaal transport en materiaalscheiding aan de oppervlakte. Tevens dienen oplossingen voor energievoorziening op gematigde diepte ontwikkeld te worden en bijbehorende ontwerpgereedschappen.

Voor "arctische condities" dient een robuuste ontwerpmethodiek inclusief veilige sensorsystemen ontwikkeld te worden.

Voor "monitoring en control" en het ontwikkelen van autonome systemen aan boord dienen voorspellingsmodellen voor betrouwbaarheid, beschikbaarheid en faalgedrag middels sensorinformatie ontwikkeld te worden. Voor hybride opwekking-, voortstuwing- en opslagsystemen dienen regelalgoritmes ontwikkeld te worden. Bovendien dienen methoden ontwikkeld te worden om autonome, onbemande schepen veilig (niet te hacken, veiligheid van lading en omgeving) te kunnen laten varen. Positioneringssystemen voor boven- en onderwater dienen verder ontwikkeld te worden.

"Human factors" speelt daarbij een belangrijke rol. Onderzoek is nodig om de ontwerpeisen voor autonome systemen en de grenzen van de autonomie van onbemande systemen inzichtelijk te maken. Daarnaast dienen er methoden ontwikkeld te worden om bij calamiteiten instructies aan de operator te geven. Tenslotte dienen methoden ontwikkeld te worden om de mens optimaal inzetbaar te houden (bijv. storingsafhandeling en de inzet van simulaties)

"Energie opwekking" is een belangrijk thema met betrekking tot duurzaamheid waarbij hybride systemen (bijv. dieselmotoren, elektromotoren, wind- en MHD-voortstuwing) gecombineerd kunnen worden ingezet om een hoger totaalrendement te behalen. Ook het gebruik van alternatieve brandstoffen, cryogene systemen, nieuwe methoden voor energie-opslag (bijv. nieuwe batterij-technologieën) en de mogelijkheden tot peak shaving dienen nader onderzocht te worden.

Tenslotte dient onderzocht te worden in het thema "van data naar informatie" in hoeverre big-data technieken kunnen bijdragen om beter inzicht te krijgen in processen aan boord. Hierbij dient een gezamenlijke visie op datagebruik aan boord ontwikkeld te worden, waarbij oplossingen voor brede beschikbaarheid van data ontstaan met behoud van voldoende beveiliging.



Maritieme systemen en processen	Research doel over 5 jaar	Research doel over 10 jaar
Systeemintegratie - modellering en simulaties	Gedetailleerde componentmodellen van alle voorkomende componenten in maritieme systemen beschikbaar. Integratie mogelijk naar geïntegreerde systeemmodellen.	Alle alle voorkomende systeemcombinaties te modelleren voor elk dynamisch vaarprofiel via simulaties
	Hardware-in-the-loop simulaties mogelijk voor afzonderlijke componenten in willekeurige geïntegreerde systemen.	Simulatiemodellen naar alle voorkomende systeemcombinaties beschikbaar, die tevens telemaintenance mogelijk maken.
	Implementatie systeem integratie processen in de scheepsbouw (incose)	Overkoepelende methodologieën beschikbaar voor de integratie van alle mogelijke verschillende eisen voor een scheepsontwerp.
	Ontwikkeling van probabilistische modellen voor inschatten risico's en faalkansen in marine en arctische condities	Gevalideerde probabilistische modellen voor inschatten risico's en faalkansen in marine en arctische condities
	Modellen voor bepalen van milieu impact van statische werkende systemen	Volledig gevalideerde modellen voor bepalen van milieu impact van statische en dynamische systemen
Diep Zee Mijnbouw Processen	Procesbeschrijving van grondbewerking van meest voorkomende materialen op gematigde diepte (tot 2000 meter)	Volledig inzicht in grondbewerking van voorkomende materialen op grote (2-5 km) diepte
	Procesbeschrijving van verticaal transport (twee fasen slurry) incl pompen op diepte	Gevalideerde ontwerpgereddschappen voor ontwikkelen van alternatieve methoden van verticaal transport
	Materiaalscheiding aan de oppervlakte	Materiaalscheiding op de zeebodem; transport van vaste stof naar de oppervlakte
	Oplossingen voor energievoorziening op gematigde diepte (tot 2000 m)	Oplossingen voor energievoorziening op grote diepte en inzicht in processen en risico's
	Gevalideerde ontwerpgereddschappen voor systemen werkend onder gematigde druk (tot 200bar)	Gedrag van systemen onder extreme druk, tot 1000 bar
Monitoring & Control	Ontwikkeling goedkope sensoren, in grote aantallen geïntegreerd in het schip	Ontwikkeling reconfigureerbare / programmeerbare sensors
	Voorspellingsmodellen van betrouwbaarheid/beschikbaarheid/faalgedrag op basis van sensorinformatie	Quantificering van betrouwbaarheid van systemen in ontwerpstadium
	Verbeterde passieve veiligheid	Systemen voor actieve veiligheid
	Ontwikkeling van veilige en slimme autonome systemen	Automatisch reconfigureerbare systemen beschikbaar
	Regelalgoritmes (fysisch en/of mathematisch) beschikbaar voor hybride voortstuwing en hybride opwekking/energieopslag	Regelalgoritmes gevalideerd en toegepast in operationele inzet
	Methoden ontwikkelen ter voorkoming van hacken van (onbemande) schepen/enof lading	Methoden beproefd en toegepast, en vertaald naar maritieme toepassingen
	Regelparameters ontwikkelen om relatie schip-omgeving te kunnen beheersen	Scheepssignatuur kunnen aanpassen aan eisen omgeving bv silent modes/clean mode
Systemen voor positionering van systemen onder en boven water	Nauwkeurige ingebouwde systemen voor positiebepaling onderwater	
Arctische Condities	Betrouwbare sensoriek voor arctische omgevingscondities ontwikkelen	Sensoriek die volledig inzicht biedt in extreme condities en effecten op systemen
	Ontwerpmethodiek voor schip zodanig robuust in arctisch milieu dat een licence-to-operate kan worden verkregen	Ontwerpuitgangspunten voor inzet schepen met gegarandeerde performance in arctisch milieu
Van data naar informatie	Gebruik van big-data technieken om inzicht te krijgen in processen aan boord	Gebruik van big-data technieken om voorspellingen te krijgen voor processen aan boord
	Ontwikkeling van een visie op datagebruik aan boord van schepen van verschillende componentleveranciers in een scheepscontext	Gestructureerd toepassen van deze visie in Nederlandse scheepsbouw
	Oplossingen voor brede beschikbaarheid data met behoud van bescherming	Bewezen opzet van gemeenschappen voor selectief delen van data
Energie Opwekking, Management, Opslag, Levensduur	Methoden voor peak shaving en terugwinning van energie	Gevalideerde methoden voor energie management
	Combineren van prime movers om tot een hogere gecombineerde efficiëntie te komen dat de afzonderlijke rendementen	Hybride systemen beschikbaar, die deze efficiency in de praktijk realiseren, inclusief de beheersing van het gebruik tijdens wisselende energievraag.
	Oplossingen voor cryogene technologie op zee; transport, overslag en gebruik	Cryogene technologie breed toegepast
	Nieuwe methoden voor energieopslag	Bewezen opzet van geavanceerde energie opslag systemen.
Menselijke Factoren/ Human Factors	Inzicht in de grenzen van autonomie van onbemande systemen	Toepassing remote-controlled systemen waar autonomie grenzen in acht zijn genomen
	Inzicht in ontwerpeisen van systemen voor bediening op afstand	Beproefde ontwerpen van systemen voor (semi) autonome systemen op grote afstand, inclusief oplossing van storingen en reconfiguratie op afstand
	Methoden beschikbaar om bij calamiteiten en lage vigilantie effectie instructies naar de operator van autonome systemen te geven, gebruik makend van inzichten uit lucht en ruimtevaart	Methoden beproefd en toegepast, en vertaald naar maritieme toepassingen
	Methoden om de mens inzetbaar te houden, inclusief arctische operaties	Integratie van operationele en simulatieomgeving, inclusief storingsafhandelingen



### **Impact op het mariene milieu**

Het mariene milieu is een relatief nieuw onderzoeksveld en van groot belang voor de ontwikkeling van duurzame oplossingen in de maritieme sector. De twee hoofdthema's omvatten de invloed op het mariene milieu bij het winnen op zee (diepzee mijnbouw, arctisch, energie en zeeboerderij) en de ontwikkeling van schone schepen (onderwatergeluid, ballastwater, luchtmissies en ketenanalyse).

"Winnen op zee – diepzee mijnbouw" betreft onderzoek aan ecosystemen tot een diepte van 5 km, waarbij de basiskenmerken voor kwetsbaarheid bij ingrepen van buitenaf gebaseerd op gevoeligheid en herstelvermogen onderzocht wordt (m.n. turbiditeit, geluid, licht, toxische stoffen). Modellen dienen ontwikkeld te worden voor het maken van concrete impact voorspellingen. Daarnaast dienen tools ontwikkeld te worden voor exploratie en monitoring, akoestische 3D systemen en diepzee monitoring. Tenslotte dient onderzoek gedaan te worden naar de governance van diepzee mining activiteiten.

"Winnen op zee – arctisch" betreft onderzoek aan arctische ecosystemen en de specifieke karakteristieken daarvan (lage temperaturen en korte seizoenen), waarbij de specifieke basiskenmerken voor kwetsbaarheid onderzocht dienen te worden. Ook hier dienen modellen ontwikkeld te worden voor het maken van concrete impact voorspellingen. Tenslotte zijn het versnellen van het herstel van arctische ecosystemen en governance van offshore activiteiten hierbij belangrijke onderzoeksthema's.

"Winnen op zee – energie" betreft onderzoek naar de milieu effecten van energieproductie op zee (golf-, getijde-, en thermische energiewinning) op basis van veldmetingen en het ontwerp van een ecosysteem gebaseerde ruimtelijke ordening op zee waarbij alle functies (natuur, productie, economisch) optimaal worden gecombineerd.

De zeeboerderij is een nieuw thema en omvat onderzoek naar de haalbaarheid van zeewierteelt op zee, waarbij monitoring van omgevingscondities (waterkwaliteit, licht en temperatuur) centraal staan. Ook het ontwikkelen van teeltsystemen, oogstmechanisatie, opzetten van verwerkingsketens zijn belangrijke onderzoeksgebieden.

"Schone schepen – onderwatergeluid" omvat onderzoek naar de effecten van onderwatergeluid op het mariene milieu (m.n. kreeftachtigen, vissen en zoogdieren) en de effecten van reductie-maatregelen. Het monitoren en het met het oog op het onderscheiden van maritieme bronnen analyseren van onderwatergeluid en het ontwikkelen van bruikbare normen voor onderwatergeluid behoren daar eveneens toe.

"Schone schepen – ballastwater" omvat onderzoek naar de risico profielen voor de introductie van exoten in ballastwater en door biofouling en de inzet van bio- en nanotechnologie voor het ontwikkelen van geschikte oplossingen voor dit probleem. In aanvulling daarop beoogt het onderzoek ook kennis die leidt tot een methodiek waarbij het reinigen van ballastwater over 10 jaar ten minste 25% minder energie kost.

"Schone schepen – luchtmissies" omvat een integrale beoordeling van scheepvaartemissies op lucht- en waterkwaliteit, alsmede het onderzoek naar milieuprestaties van alternatieve brandstoffen.

"Schone schepen – ketenanalyse" omvat de ontwikkeling van een methode voor Life Cycle Analyses (LCA) waarbij inzicht in de toegevoegde waarde tijdens de operationele fase inzichtelijk gemaakt wordt (versus de kosten voor bouw en sloop).

Impact op mariene milieu	Research doel over 5 jaar	Research doel over 10 jaar
Winnen op zee - Diep Zee Mijnbouw	Aanwijzen van karakteristieke ecosysteemelementen aan de hand van kennis, op hoofdlijnen, van de dynamiek, structuur en functie van ecosystemen tot een diepte van 5 km (3 cases: SMS deposits, rock phosphate and manganese nodules), Gas hydrates, methaan seeps, shallow gas	Gedetailleerde kennis over diepzee ecosystemen aan de hand van ervaringen opgedaan in het veld, op basis waarvan onzekerheden in de impact voorspelling gericht kunnen worden weggenomen.
	Inzicht in de basiskennmerken van de kwetsbaarheid van diepzee ecosystemen (karakteristieke ecosysteem elementen) voor ingrepen, gebaseerd op gevoeligheid en herstelveeomogen. De aandacht is hierbij gericht op de belangrijkste pressures: turbiditeit, geluid, licht, fysieke verstoring en toxische stoffen	Gekwantificeerde kennis van de kwetsbaarheid van diepzee ecosystemen (karakteristieke ecosysteem elementen) voor ingrepen, gebaseerd op experimenteel bepaalde gevoeligheid en herstelveeomogen.
	Modellen (of raamwerken) op basis waarvan de eerste concrete impact voorspellingen kunnen worden gedaan, waarbij op een realistische manier wordt omgegaan met onzekerheden	Gevalideerde modellen voor nauwkeurige impact voorspellingen, waarbij de onzekerheid in sterke mate is afgenomen
	Ontwikkeling van exploratie en monitoring tools, waaronder in-situ chemische analyse technieken	Nieuwe tools voor exploratie en monitoring beschikbaar
	Ontwikkeling van een akoestisch 3D systeem voor detectie van de verspreiding van stoffen en van het ruimtelijk gedrag van onderwatergolven (incl. solitonen), i.e. golven in een dichtheidsgelaagd medium als de diepzee.	Vaststelling van hot-spots van onderwatergolven in de diepzee en in situ detectie pluimverspreiding.
	Veldervaring met een basis toolbox voor diepzee monitoring (baseline- en effectmonitoring) gericht op een snelle 'screening' van het ecosysteem, in een range van eenvoudige monsternamen tot complexe ROV en lander systemen.	Geavanceerde toolbox voor diepzeemonitoring, passend bij het detailnivo waarop uitspraken gedaan dienen te worden over de impacts en het herstelveeomogen van diepzee ecosystemen.
	Governance voor deepsea mining activiteiten zowel binnen als buiten territoriale wateren	Implementatie en verfijning van governance modellen aan de hand van praktijkervaringen
Winnen op zee - Arctisch	Aanwijzen van karakteristieke ecosysteemelementen aan de hand van kennis, op hoofdlijnen, van de dynamiek, structuur en functie van arctische ecosystemen, rekening houdend met de specifieke eigenschappen van het arctisch gebied (lage temperaturen, korte seizoenen)	Gedetailleerde kennis over arctische ecosystemen aan de hand van ervaringen opgedaan in het veld, op basis waarvan onzekerheden in de impact voorspelling gericht kunnen worden weggenomen.
	Inzicht in de basiskennmerken van de kwetsbaarheid van arctische ecosystemen (karakteristieke ecosysteem elementen) voor ingrepen, gebaseerd op gevoeligheid en herstelveeomogen. De aandacht is hierbij gericht op de belangrijkste pressures: geluid, licht, aanwezigheid, fysieke verstoring, turbiditeit en toxische stoffen	Gekwantificeerde kennis van de kwetsbaarheid van arctische ecosystemen (karakteristieke ecosysteem elementen) voor ingrepen, gebaseerd op experimenteel bepaalde gevoeligheid en herstelveeomogen.
	Modellen (of raamwerken) op basis waarvan de eerste concrete impact voorspellingen kunnen worden gedaan, waarbij op een realistische manier wordt omgegaan met onzekerheden	Gevalideerde modellen voor nauwkeurige impact voorspellingen, waarbij de onzekerheid in sterke mate is afgenomen
	Inzicht in maatregelen die het herstel van arctische ecosystemen (of karakteristieke ecosysteem elementen) kunnen versnellen.	Inzicht in -in het veld bewezen- best practices voor het herstel van arctische ecosystemen na een ingreep
Governance van offshore activiteiten in het arctisch gebied (stakeholder betrokkenheid)	Implementatie en verfijning van governance modellen aan de hand van praktijkervaringen	
Winnen op zee - Energie	Inzicht in de effecten van overige energieproductie op zee waaronder golf-, getijde- en thermische energiewinning, op basis van veldmetingen ten behoeve van de aanpassing van het modelinstrumentarium	Aangepaste modellen voor het voorspellen van de (cumulatieve) milieu-effecten van overige energieproductie op zee, waaronder golf-, getijde- en thermische energiewinning
	Ontwerp van ecosysteem gebaseerde ruimtelijke ordening op zee, waarbij functies (waaronder zowel natuurfunctie, productiefunctie als economische functies) optimaal met elkaar worden gecombineerd	Toepassing van deze nieuwe doctrine ten aanzien van ruimtelijke ordening op zee
Schone schepen - onderwater geluid	Inzicht in effecten van onderwatergeluid op marine milieu, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen kreeftachtigen, vissen en zoogdieren. Van belang zijn de bron, de propagatie en de effecten (kwetsbaarheid)	Inzicht in de ecologische relevantie van de effecten van onderwatergeluid
	Inzicht in reductiemaatregelen van opgewekt onderwatergeluid en effecten	Brede toepassing van ontwikkeld methodieken
	Monitoring van onderwater geluid van scheepvaart, zodat verschillen tussen schepen en operaties vastgesteld kunnen worden.	Selectieve monitoring van individuele bronnen
	Inzicht in mogelijkheden voor het vaststellen van normen, daarbij rekening houdend met de manieren waarop normering kan helpen bij onder controle brengen van onderwater geluid	Doelgerichte reductie van onderwatergeluid
Schone schepen - ballastwater	Risico profielen voor introductie van exoten, zowel voor biofouling als ballastwater, uitgaande van het concept bioregios.	Aanpassing van de ballastwaternormen, rekening houdend met het risicoprofiel van schepen
	Inzet van bio- en nanotechnologie voor ontwikkeling van anti fouling en andere oplossingen	Door inzet van innovatieve technieken en inzichten in risicoprofielen is het risico van introductie van exoten door scheepvaart tot een acceptabel nivo teruggebracht
	Is een vermindering energieverbruik ballastwaterreinigingsinstallaties mogelijk?	25% reductie energieverbruik ballastwaterreinigingsinstallaties
Schone schepen - luchtmissies	Integrale beoordeling van de effecten van scheepvaart emissies, waarbij rekening wordt gehouden met trade-off effecten (bv, gevolgen van de emissie van waswater uit scrubbers vs. emissie van Sox en Nox), Black Carbon, effect op de waterkolom	Internationaal geaccepteerd modelinstrumentarium voor geïntegreerde effectbeoordeling van scheepvaartemissies
	Onderzoek naar milieu prestaties van alternatieve brandstoffen (zoals bio brandstoffen, LNG en andere brandstoffen)	Voortzetting van het onderzoek naar milieu prestaties van alternatieve brandstoffen op basis van nieuw verworven inzichten
Schone schepen - ketenanalyse	Geschikte methode voor LCA ontwikkeld; inzicht in toegevoegde waarde (operationele fase vs. bouw en sloopfase)	Toepassing LCA is algemeen, daar waar toegevoegde waarde is gebleken
Zeeboerderij	Efficient kunnen monitoren van omgevingscondities (waterkwaliteit, temperatuur, licht)	Een eerste pilot van zeewiertelt op volle zee met betrokkenheid van de Maritieme industrie
	"zero emission haven" concept testen tbv dimensionering, wat zijn de emissies (water en lucht), hoeveel zeewier is daarvoor nodig om die emissies te compenseren. Optimaliseren van teeltsystemen, mechanisatie van de oogst. Opzetten van verwerkingsketen van geproduceerde biomassa, bijv. voor eiwitten, bouwstenen chemische industrie, energie.	"zero-emission haven" concept generaliseren en als totaal pakket aan havens aanbieden

### Maritieme operaties

Onderzoek inzake maritieme operaties betreft vooral het menselijk handelen aan boord van schepen en maritieme installaties met het oog op veiligheid en inzetbaarheid alsmede de ondersteuning van operaties vanaf de wal. Thema's als human factors, simulatie en training en onderhoudbaarheid van systemen aan boord staan hierbij centraal.

Human factors omvat onderzoek naar de degradatie van menselijk presteren in uiteenlopende omstandigheden (verminderde bemanningen, lange werktijden, zware zeegang, arctische condities, etc). In eerste instantie dienen deze human factors inzichtelijk en meetbaar gemaakt te worden. Ten tweede dienen tools ontwikkeld te worden om mensen te ondersteunen bij het uitvoeren van (zware) taken.

Door opleiding en training wordt de veiligheid aan boord verhoogd. Dit kan met trainingen aan boord of middels simulatoren. Diverse specialistische operaties (DP, DT, manoeuvreren op ondiep water, multi body interactie, effect van passerende en oplopende schepen) alsmede extreme weersomstandigheden en omgevingscondities dienen gemodelleerd en bruikbaar gemaakt te worden in simulatoren. Het gedrag van operators in deze simulatoren kan vervolgens weer teruggekoppeld worden naar ontwerpeisen en –criteria en zo tot veiligere operaties leiden. Ook onderzoek naar inzet van waarnemings- en evaluatiesystemen op (brug)simulatoren, alsmede de wereldwijde koppeling van (brug)simulatoren via ICT technologie biedt kansen voor hogere veiligheid en inzetbaarheid bij maritieme operaties.

Verhogen van de uptime en werkbaarheid van systemen is een belangrijk onderzoeksthema. Dit kan middels het ontwikkelen van realistische scenario's, verbetering van de voorspelling van omgevings-condities (waaronder 3D systemen voor onderwatervolven), kennis van ijsonwikkeling in arctische gebieden alsmede ijsaangroei op schepen door o.a. buiswater.

Ondersteuning van maritieme operaties vanaf de wal vereist enerzijds de juiste walorganisatie en -systemen maar anderzijds ook de juiste systemen organisatie en systemen aan boord. Onderzoek naar de mogelijkheden om een schip vanaf de wal te besturen wanneer het de haven invaart en onderzoek naar de mogelijkheden van (gedeeltelijk) onbemand varen wordt als zeer belangrijk ervaren.

Voor de systemen aan boord dienen nieuwe sensoren ontwikkeld te worden voor de monitoring van bewegingen, belastingen, spanningen en scheurgroei. Daarnaast dienen remote sensing technieken ontwikkeld te worden voor het bepalen van omgevingscondities op een zekere afstand rondom het schip (golven, wind, stroming, diepte, ijsgang, etc.)

Tenslotte dienen methodieken voor Condition Based Maintenance (CBM) en Remote Access Monitoring and Control (RAMC) ontwikkeld te worden voor systemen aan boord en zal ICT en satellietcommunicatietechnologie geïntegreerd en toegepast moeten worden voor communicatie en gegevensoverdracht.

Maritieme operaties	Research doel over 5 jaar	Research doel over 10 jaar
Modellering in simulatoren en aanboordsystemen	Dynamic Positioning (DP) en Tracking (DT): geavanceerde regeltechnieken en feedforward voor single body gereed	Dynamic Positioning (DP) en Tracking (DT): geavanceerde regeltechnieken en feedforward voor multi body gereed
	Manoevreermodel voor ondiep water gereed op basis van CFD technieken	Real-time elementaire CFD gekoppeld aan simulator
	Simulatiemodel beschikbaar voor multibody interactie voor grote (relatieve) bewegingen op basis van potentiaal theorie.	Simulatiemodel beschikbaar voor multibody interactie voor grote bewegingen op basis van CFD
	IJsmodellering mogelijk in simulaties/simulatoren met globale rompbelastingen	IJsmodellering mogelijk in simulaties/simulatoren inclusief lokale rompbelastingen
	Modellering passerende en oplopende schepen mogelijk inclusief bocht/drift	
	Voorspelling bewegingsgedrag op basis van radarmeting golven met lineaire en langkammige golven	Voorspelling bewegingsgedrag op basis van radarmeting golven met niet-lineaire en kortkammige golven
	Voorspelling van extreme omgevingscondities (zoals freak waves) meegenomen in weersvoorspellingstechnieken	
	Modelleren van "arctische grond" bij het uitvoeren van bepaalde operaties (trenchen); modelleren van ijskrachten op grondmassa-constructies	Uitbreiding van grondmodel en interacties, plus validatie
Human factors	Cruciale 'human factors' tijdens trainingen en aan boord bekend en meetbaar	Cruciale 'human factors' tijdens trainingen en aan boord gemonitord en geanalyseerd + strategieën om deze te beïnvloeden
	Inzicht in human performance degradatie bij werken in arctische en harsh marine condities	
	Effect van scheepsbewegingen op functioneren tijdens varen van schepen gekwantificeerd	Effect van scheepsbewegingen op functioneren tijdens complexe offshore operaties gekwantificeerd
	Eerste inzichten in risico's bij minder mensen aan boord	Maatregelen bekend om risico's bij minder mensen aan boord te verminderen
	Ontwikkelen van tools om mensen aan boord te ondersteunen bij het uitvoeren van hun taak	Implementatie van tools aan boord
Training en simulatoren	Koppeling brugsimulatoren (realtime) aan multi-body hydrodynamische modellen (fasttime) gereed	Koppeling brugsimulatoren aan grote bewegingen modellen, inclusief flooding analyse na aanvaring
	ICT technologie beschikbaar om brugsimulatoren op verschillende locaties op de wereld te koppelen	ICT/Satelliet technologie beschikbaar om brugsimulatoren op het schip en de wal te koppelen
	Waarnemings en evaluatie systeem om prestaties op de brug eenduidig vast te leggen	Technologie om trainingen aan boord te begeleiden en op een eenduidige manier te evalueren
Meenemen/ Terugkoppeling operaties naar ontwerp, Criteria	Methode beschikbaar voor het terugkoppelen van operationele criteria (op basis van monitoring) naar het ontwerp	Methode beschikbaar voor het terugkoppelen van operationele ervaring (op basis van monitoring en human factors) naar het ontwerp
	Eerste versie integratiemodel voor kosten, emissies en veiligheid in ontwerpfase	Toepasbaar integratiemodel voor kosten, emissies en veiligheid in ontwerpfase
	Gevalideerde bewegingscriteria beschikbaar voor veilig varen	Gevalideerde bewegingscriteria beschikbaar voor veilige offshore operaties
Veiligheid	Eerste modellen ontwikkeld voor het voorspellen/kwantificeren van risico's tijdens varen en offshore operaties en het effect van mitigerende maatregelen in marine en arctische condities	Deze modellen zijn daadwerkelijk gevalideerd en kunnen worden toegepast
	Eerste modellen ontwikkeld voor het realtime voorspellen/kwantificeren van risico's tijdens varen en offshore operaties	Modellen voor het realtime voorspellen/kwantificeren van risico's tijdens varen en operaties toegepast
	Veiligheidsmodellen beschikbaar op basis van AIS Data en omgevingsinformatie	Veiligheidsindicatoren worden gepresenteerd aan boord.
Uptime/ werkbaarheid	Technieken beschikbaar voor werkbaarheidsvoorspelling op basis van realistische scenarios in marine en arctische condities	Technieken beschikbaar voor werkbaarheidsvoorspelling inclusief modellering menselijk handelen
	Verbeteren voorspelling omgevingscondities op basis van statistiek en actuele metingen.	Verbeteren voorspelling omgevingscondities op basis van statistiek en actuele metingen.
	Ontwikkeling van een akoestisch 3D systeem voor detectie van ruimtelijk gedrag van onderwatergolven (incl. solitonen)	Ontwikkeling van detectiesysteem voor solitonen en onderwatergolven die een potentieel gevaar vormen voor stabiliteit van boor- en exploitatie-platformen.
	Kennis van ijswikkeling in arctische gebieden	Sensor- en voorspellingstechnieken beschikbaar voor voorspelling ijswikkeling
	Ijsaangroei op schepen ten gevolge van spray en effect op scheepsgedrag voor engineering vr	gevalideerde modellering van ijsaangroei (icing) tbv engineering en trainingsdoeleinden
Aan boord systemen	Sensortechnieken voor monitoring belastingen, bewegingen, spanning en scheuren ontwikkeld	Sensortechnieken voor monitoring belastingen, bewegingen, spanning en scheuren toegepast en gevalideerd
	Remote sensing technieken geïdentificeerd voor bepaling omgevingscondities (golven, wind, stroom, ijs) in N km straal rond schip	Eerste prototypes beschikbaar voor remote sensing van omgevingscondities in N km straal rond schip
	ICT en satelliettechnologie geïntegreerd voor maritieme gegevensoverdracht en communicatie	
	Globale methoden voor Condition Based Maintenance (CBM) en Remote Access Monitoring and Controle (RAMC) ontwikkeld	Eerste werkende modellen voor Condition Based Maintenance en Remote Access Monitoring and Controle toegepast
Operational support	Inventarisatie van de mogelijkheden om een schip vanaf de wal te besturen als het een haven invaart.	Eerste ICT methoden beschikbaar om deel van de operatie op een schip over te nemen vanaf de wal
	overzicht van de mogelijkheden van het onbemand schip (gedeeltelijk onbemand)	Eerste testen uitgevoerd en geëvalueerd met onbemande schepen