

# Hydrogenius

De **kracht** van water

## Wist je dat...

...**Waterstof** het meest voorkomende en lichtste element in het universum is

...**In 2030** er **40%** minder CO<sub>2</sub> uitstoot moet zijn ten op zichte van 2008

...**In 2050** dit zelfs moet oplopen tot **70%** minder uitstoot



# Inhoud

**3** Groene ambities

**4** Uitdagingen

**5** Wet- en regelgeving

**6** Ons antwoord; Hydrogenius!

## Innovaties

**7** Verwarming en isolatie

**8** Weerstand en voortstuwing

**9** Uitwisselbare powerplant

**10** Waterstof;  
een haalbaar verhaal

**11** Partners

**12** Over ons



Colofon | Whitepaper Hydrogen

Uitgave juni 2021 / Update 2024

## Contact

Saltwater Engineering B.V.  
Buitendijks 33  
3356DB Papendrecht  
T +31(0)78-205 15 00  
E [info@saltwater.nl](mailto:info@saltwater.nl)  
W [www.saltwater.nl](http://www.saltwater.nl)



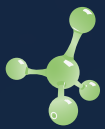
# Groene ambities

De Nederlandse transportsector is verantwoordelijk voor circa 10% van de totale uitstoot van broeikasgassen in ons land. Ondanks dat er steeds meer aandacht is voor verduurzaming, tonen cijfers aan dat de uitstoot binnen het transport minder snel daalt dan in andere sectoren. Met name de scheepvaart en luchtvaart blijven hierin achter.

Een van de sectoren waar kansen liggen is de binnenvaart. Alhoewel deze vorm van transport een relatief lage uitstoot heeft (circa 3x lager dan wegvervoer) is het aandeel in uitstoot nog steeds significant vanwege het volume; ruim een derde van alle goederen gaat via de binnenvaart in Nederland en daarmee is het verantwoordelijk voor 5% van de uitstoot van broeikasgassen in de transportsector.

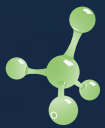
Om de doelen uit het klimaatakkoord te behalen is het noodzakelijk dat in de sector de uitstoot wordt gereduceerd tot 70%. Om die reden zijn de ontwikkelingen op weg naar een emissieloze en klimaatneutrale binnenvaart in volle gang.

In onze visie op een klimaatneutrale binnenvaart speelt waterstof een belangrijke rol. In samenwerking met diverse partners hebben we op basis van bestaande technologieën een haalbaar concept ontwikkeld waarmee emissieloos varen mogelijk is met waterstof als brandstof.



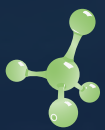
## Flexibiliteit

De mogelijkheid om het type brandstof en de vorm van energieopwekking te kiezen die op dat moment optimaal is voor het specifieke contract of vaargebied.



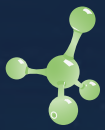
## Innovatief

Energiebesparing door tankverwarming te vernieuwen en implementatie van een warmtepomp.



## Toekomstbestendig

Door de brandstoftanks geen onderdeel van het schip te maken kan deze meegaan in de ontwikkelingen op gebied van brandstofopslag.



## Herkenbaar

No-nonsense ontwerp. Een revolutionair concept kan er ook heel normaal uit zien.



# Uitdagingen



## Brandstof

Wij zien waterstof als een uitstekende energiedrager voor een emissievrije binnenvaartvloot. Waarom dan waterstof? Waterstof heeft een hoge energiedichtheid en er komt geen uitstoot vrij bij ontbranding of gebruik. Deze eigenschappen komen niet zonder de nodige uitdagingen, de hoge energiedichtheid heeft als keerzijde dat de soortelijke massa van waterstof zeer laag is. In gasvorm is het volume dermate hoog dat het niet haalbaar is dit toe te passen, onder druk is dit al aanzienlijk beter.



## Waterstof prijs

Op dit moment is de prijs van waterstof nog dermate hoog dat het simpelweg niet rendabel is om dit als brandstof te gebruiken. De verwachting is dat in de komende 10 jaar de prijs van waterstof zal dalen tot een acceptabel niveau, tot die tijd zal het prijsverschil tussen waterstof en diesel gecompenseerd moeten worden op een andere manier om zo het gebruik van waterstof te stimuleren. Bijvoorbeeld d.m.v. subsidie of een hogere prijs per vervoerde kilo/ton lading.



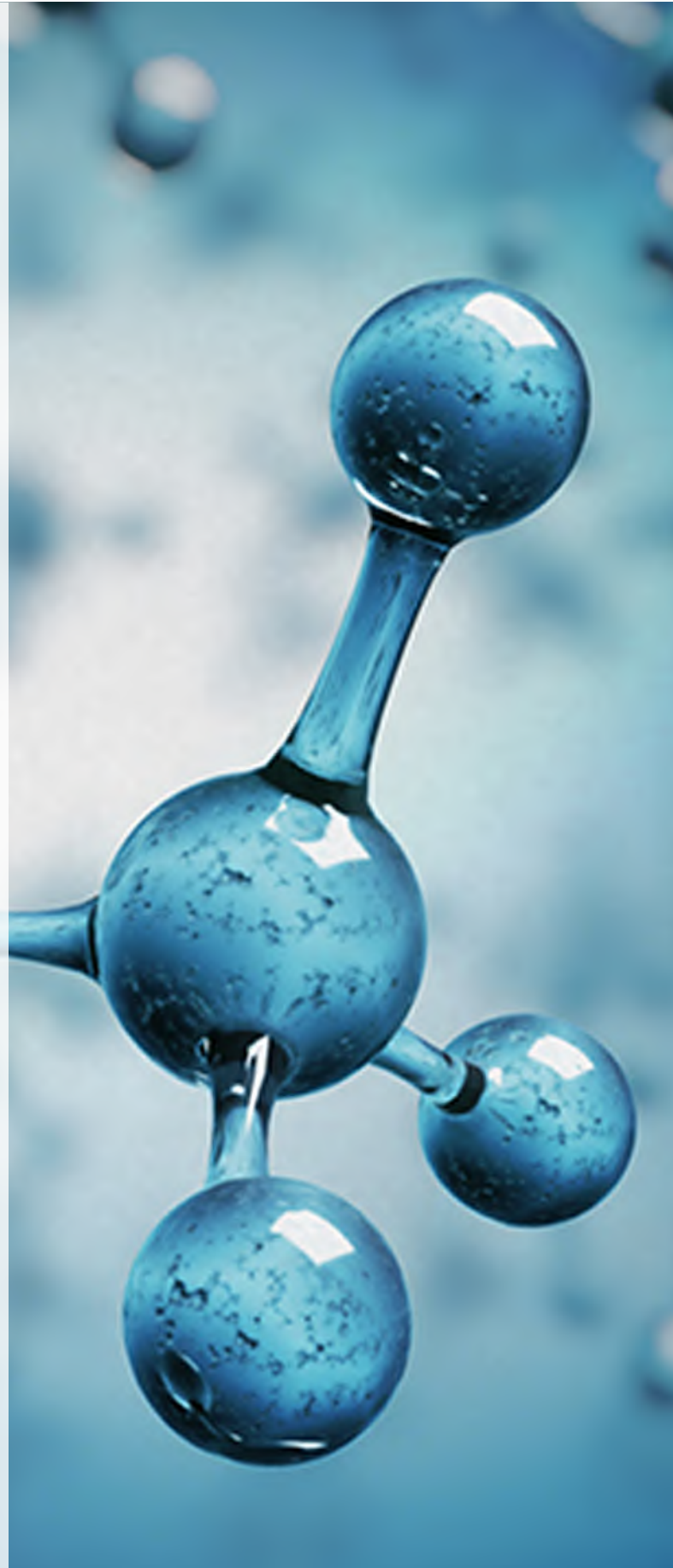
## Risico's

Waterstof brengt net als diesel risico's met zich mee. Echter zijn er al verschillende oplossingen mogelijk om deze risico's te beheersen. Waterstof is 14 keer lichter dan zuurstof en is daardoor een extreem vluchtige brandstof. Door middel van hogedruk kan waterstof goed worden opgeslagen en wordt de vluchtige substantie beheerst. De opslaglocatie aan dek in combinatie met de hoge druk zal bij een uitzonderlijke lekkage er voor zorgen dat waterstof zich zeer vluchtig verspreid in de omgevingslucht. Hierdoor wordt ophoping van waterstof voorkomen.



## Actieradius

Omdat de soortelijke massa van waterstof zo laag is zijn grote volumes nodig om een gewenste actieradius te behalen. De huidige diesel aangedreven schepen kunnen meerdere reizen voltooien zonder de noodzaak tussentijds te bunkeren, met de huidige waterstof oplossingen zal dit wel het geval zijn. De verwachting is dat met de ontwikkeling van betere opslag mogelijkheden deze actieradius steeds groter zal worden. Vandaar dat hier in het ontwerp rekening mee gehouden is. Om de actieradius te maximaliseren zullen er in alle systemen aan boord besparingen moeten worden gevonden.

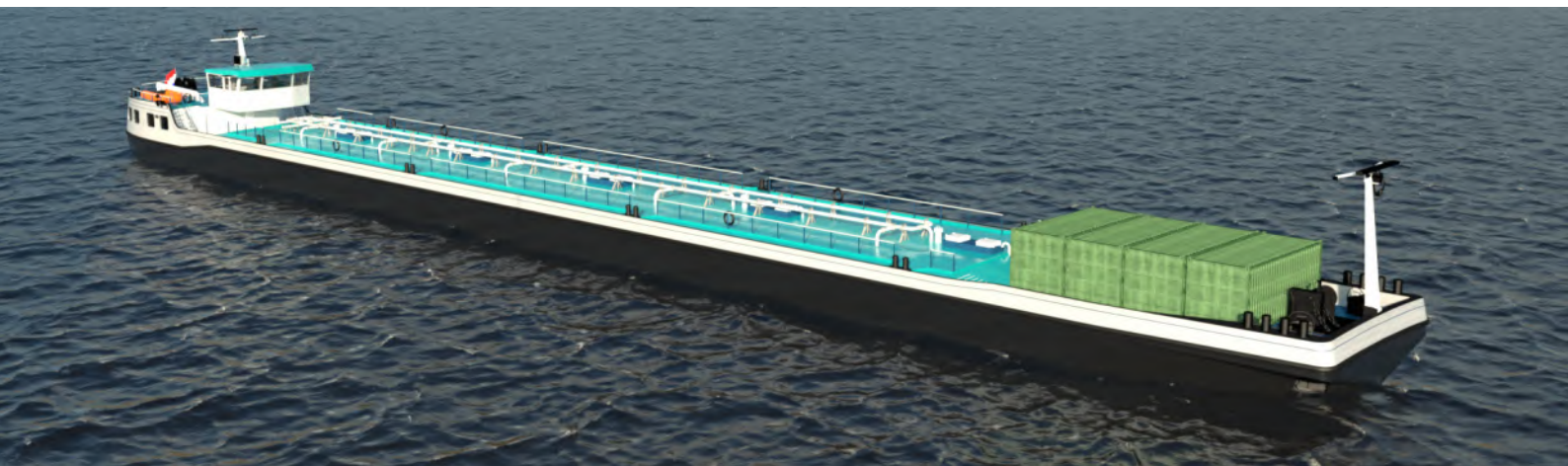




# Wet- en regelgeving

Op het moment van schrijven is de regelgeving inzake het toepassen van waterstof als brandstof nog niet gepubliceerd door Lloyds Register of IMO. Goedkeuring van de indeling zal voorlopig plaatsvinden op basis van 'case by case' beoordeling. Tot op heden is er rekening gehouden met dezelfde regels welke gelden voor het transport van vloeibare gasen in bulk (IGC code).

Afhankelijk van de toepassing kan een risico-analyse duidelijkheid scheppen omtrent de risico's en de genomen maatregelen om deze risico's te beperken.

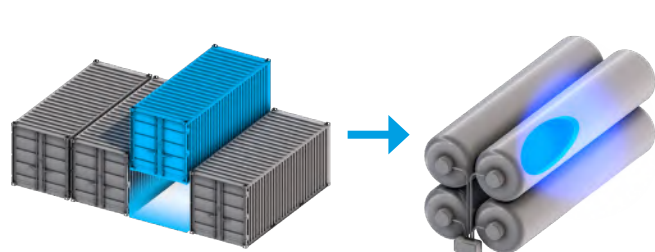


## #1 Brandstof bunkering

Door de brandstoftanks in een container te plaatsen kan er gebruik gemaakt worden van technieken welke in het wegtransport ook gebruikt worden. Een bijkomend voordeel is dat er geen slangen met potentieel gevaarlijke stoffen van schip naar schip/kade moeten worden aangekoppeld, dit maakt het bunkeren in theorie veiliger.

## #2 Brandstof opslag

Uiteraard brengt het hijsen van containers van,- en aan boord risico's met zich mee. Door de containers uit te rusten met cilindrische tanks kunnen de tanks relatief klein blijven. Kleine cilinders zijn in verhouding sterker dan grote cilindrische tanks dit zorgt voor veiligheid in de opslag.



#1 Brandstof bunkering

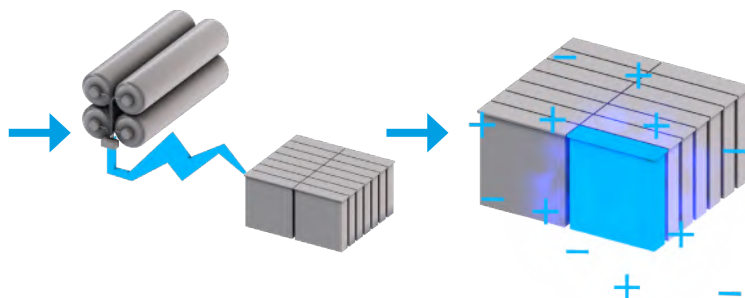
#2 Brandstof opslag

## #3 Brandstof transport

Het interne transport van waterstof naar de brandstofcellen is de zwakste schakel in de keten, deze slangen moeten na elke bunkering opnieuw aangekoppeld worden. Onze visie is dat de containers uitgerust worden met een docking mechanisme zodat het menselijke handelen hierin geminimaliseerd kan worden.

## #4 Brandstof gebruik

Omdat de brandstofcellen in een aparte ruimte staan kan hier gewerkt worden met geforceerde ventilatie om potentiële gevaarlijke situaties te voorkomen. De brandstofcellen zelf zullen voor nautische toepassingen gecertificeerd moeten zijn.



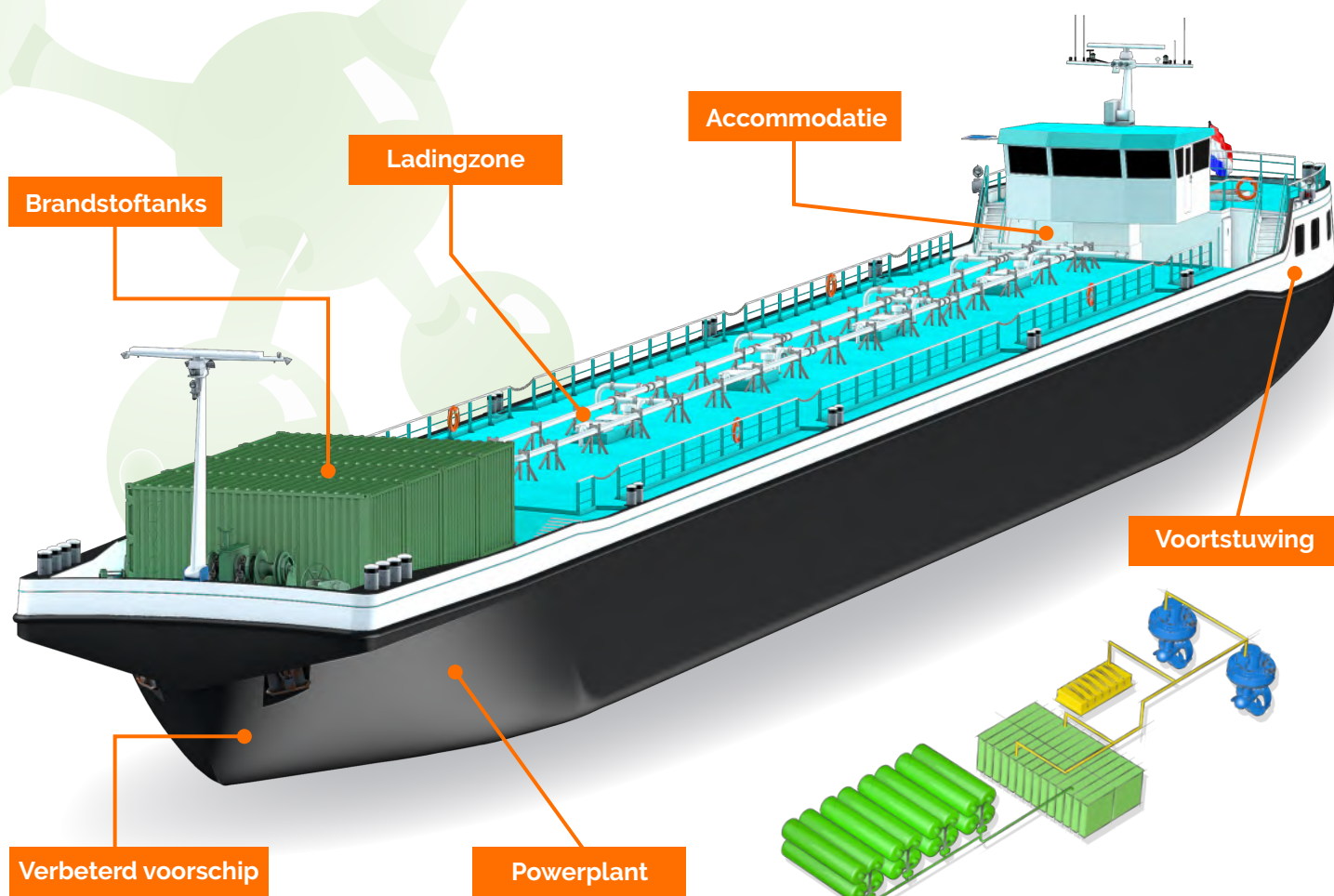
#3 Brandstof transport

#4 Brandstof gebruik

*Belangrijkste elementen van een brandstofsysteem.*

'There's much more than meets the eye' in het ontwerp van Hydrogenius. Als basis is er gekozen voor een conventionele indeling en afmetingen conform het welbekende Europaschip. De accommodatie is zo ver mogelijk naar het achterschip geplaatst. Vanwege het ontbreken van een traditionele hoofdmotor is het achterschip sterk in lengte gereduceerd. Het stuurhuis staat vrij van de accommodatie en kan indien nodig zakken tot dek niveau.

In het voorschip is ruimte gereserveerd voor de powerplant, met daarboven op het dek plaats voor de uitwisselbare opslag tanks met de brandstof. Het resultaat is een langer voorschip met als gevolg dat de ladingzone verder naar het achterschip verschuift. Het voordeel hiervan is dat het voorschip een meer "gestrookte" vorm heeft gekregen die in vergelijking tot de reguliere binnenvaarttankers van eenzelfde tonnage resulteert in minder weerstand en een lager brandstofverbruik. In het achterschip is gekozen voor de installatie van een tweetal thrusters. Met de thrusters kan het totale elektrische vermogen volledig benut worden voor zowel de reguliere vaart als bij manoeuvreren.



## Europaschip



85 m L x 9,6 m B



1.500 t



4 opvarenden



200 km



# Verwarming en isolatie

De tankvaart heeft in tegenstelling tot de drooglading vaart te maken met lading welke doorgaans verwarmd dient te worden. Conventionele tankvaart maakt hiervoor gebruik van oliegestookte ketels. Om emissievrij te kunnen opereren is het noodzakelijk hier van af te zien en over te stappen op een alternatieve - duurzame - oplossing. Daarnaast is dit ook direct een mogelijkheid om het gehele concept tankverwarming te herzien/innoveren.

Er zijn een aantal facetten bekeken op het gebied van tankverwarming:

- Warmtebron(nen)
- Warmteverliezen,- en overdracht
- De toekomst

## Warmtebron(nen)

Om warmte op te wekken met de middelen aan boord zijn er een beperkt aantal opties beschikbaar. Namelijk het ontbranden van waterstof of het elektrisch verwarmen. De voorkeur gaat hier uit naar de laatste optie omdat door het gebruik van een elektrische warmtepomp een rendement van 1 op 4 te behalen is. Deze warmtepomp onttrekt zijn warmte uit het buitenwater. Door het koelwater van de brandstofcellen te gebruiken om de aanvoertemperatuur van het buitenwater te verhogen kan er een nog hoger rendement uit de warmtepomp worden behaald.

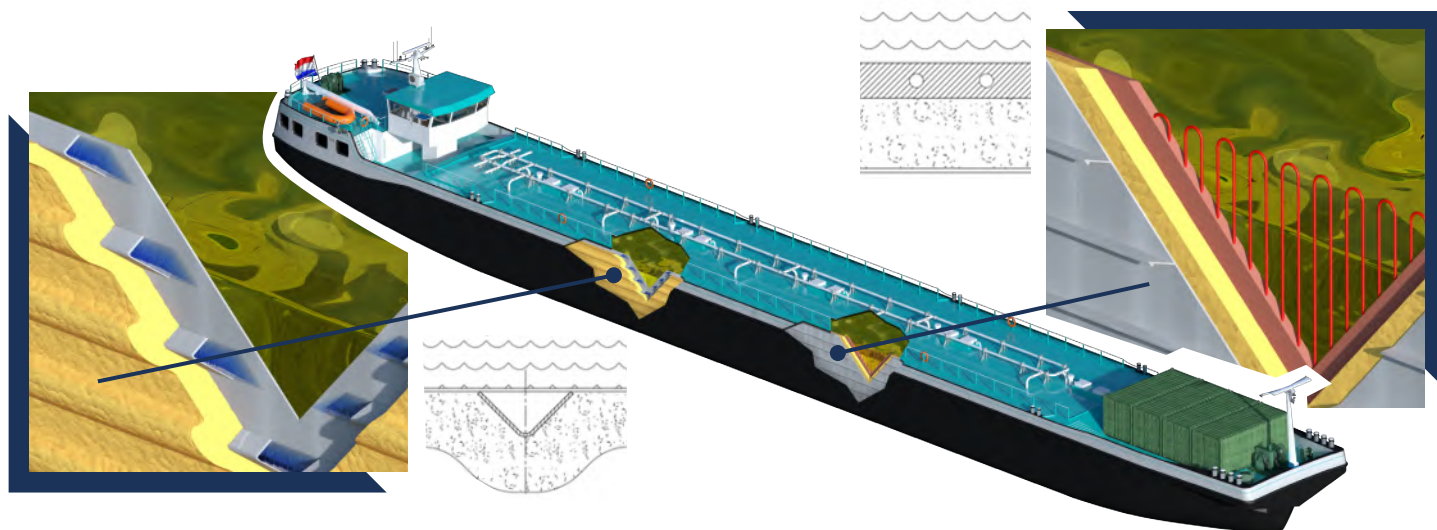
Voornamelijk in de tankvaart met food grade olie dienen ladingtanks met enige regelmaat gereinigd te worden. Hier is een voorkeur voor een glad oppervlak waardoor het eenvoudiger is de tanks te reinigen. Door de constructie van de tank zo te maken dat de spanten als een soort vloer,- of wandverwarming fungeren is het mogelijk tankverwarming te realiseren en gewicht te besparen. Dit principe is een afgeleide van vlakkoeling waar profielen aan de huid gelast worden om zo de warmte af te dragen naar het koele buitenwater. Door dit proces om te keren kan de warmte afgegeven worden aan de tank.

## Warmteverliezen,- en overdracht

Omdat een warmtepomp een lagere capaciteit heeft dan een conventionele ketel is het van groot belang om (net als een woning) de te verwarmen ruimte goed te isoleren. Dit zal worden gedaan door de tanks rondom te voorzien van hoogwaardige thermische isolatie. De conventionele oplossing op het gebied van warmteoverdracht is het gebruik van spiralen in de ladingtanks, hoewel dit een bewezen concept is hebben we een alternatief bedacht.

## Toekomst

Kijkend naar de toekomst en het gebruik van alternatieve materialen is het mogelijk om het concept tankverwarming naar een 2.0 versie te brengen. Door de tanks uit te rusten met een laag isolatie en HDPE met hier de verwarming in verwerkt kan de isolatiewaarde verbeterd worden en het verwarmingsrendement verhoogd worden. Daarnaast is HDPE een goed te reinigen oppervlak.



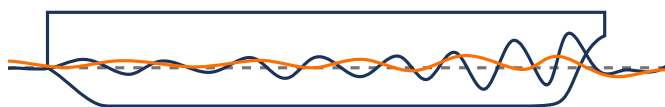
*Thermische isolatie (links) en de toekomst van tankverwarming waar gebruik wordt gemaakt van HDPE (rechts).*

# Weerstand & voorstuwing

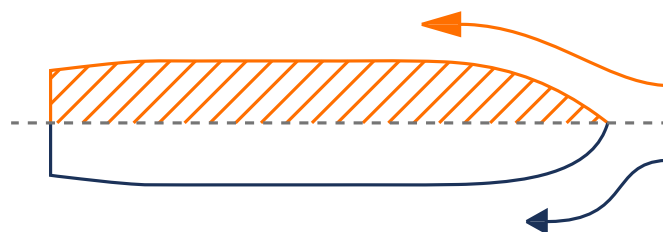
Het concept met een korter achterschip en langer voorschip biedt mogelijkheden om de hydrodynamische eigenschappen van een binnenvaartschip te verbeteren. Door deze veranderingen schuift het drukingspunt iets naar achteren maar door de lage relatieve snelheid van een binnenvaartschip is dit slechts van beperkte invloed. Het langere voorschip biedt de mogelijkheid de typische boeggolf te reduceren door de waterlijnen meer te strekken en de voor- en achterhoofd veel minder geprononceerd te maken. In het achterschip bevinden zich twee Azimuth thrusters met een relatief kleine diameter en een straalbuis.

De schroeven liggen ruim uit elkaar en krijgen hun water gedeeltelijk van onder maar voor het grootste deel uit de zijden. Dit voorkomt de nadelen van een iets voller achterschip. Bij ondiep water in kanalen en rivieren zal dit ook een beter schroefrendement opleveren doordat de schroeven beter water kunnen pakken. Als het schip leeg vaart, is in tegenstelling tot een enkelschroef, slechts een kleine hoeveelheid ballast water afdoende om de schroeven onder water te houden. Daarmee is de waterverplaatsing en dus ook het benodigde voorstuwingsvermogen beperkt.

Zijaanzicht



Bovenaanzicht



*Het verschil in golfslag tussen de aangepaste boegvorm (oranje) en een standaard ontwerp.*





# Uitwisselbare powerplant

Om het ontwerp future proof te maken is er gebruik gemaakt van uitwisselbare brandstofopslag, dat wil zeggen dat de brandstof containerized op het voordek staat en zo uitgewisseld kan worden voor een nieuwe/gevulde unit. De resterende apparatuur zoals fuel cells en de voortstuwingsmotoren zijn allen afgestemd op het schip. Zo is geborgd dat bij ontwikkelingen op het gebied van brandstofopslag het schip de actieradius kan upgraden of juist downgraden afhankelijk van het charter contract.

Door dit te doen kan het geïnstalleerd vermogen afgestemd worden op de behoeften van het schip en kan er bij een lange termijn charter met een relatief korte vaarduur per reis gekozen worden voor minder brandstoftanks of een goedkopere opslagmethode.

## Diesel

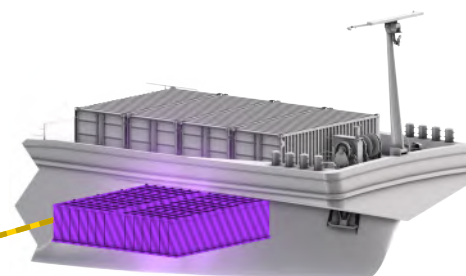
Door de snelle ontwikkelingen in de energiemarkt heeft Saltwater gekozen voor een systeem dat zich kan aanpassen om ook op termijn mee te kunnen in de ontwikkelingen. Het ontwerp bevat een plug and play systeem waardoor er tussentijds gewisseld kan worden van energie-opwekking. Indien wenselijk is het huidige ontwerp ook geschikt voor een conventionele diesel elektrische opstelling. Het ontwerp biedt de mogelijkheid om te kiezen voor een oplossing welke het beste past op dat moment. De conventionele configuratie is regelgeving technisch geldig tot en met 2030, waarna de aangescherpte wet- en regelgeving ingaan.



Diesel

## Batterijen

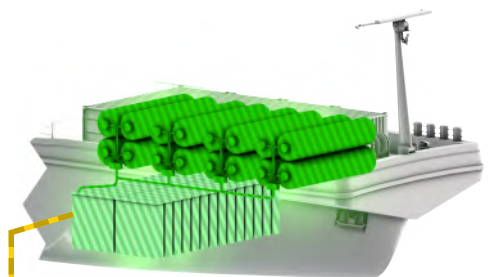
Indien de prestaties van batterijen in de toekomst verder verbeteren kan de waterstof configuratie worden omgewisseld met een batterijenpakket. Echter is de toepassing van batterijen minder aantrekkelijk dan waterstof. De keuze voor batterijen resulteert namelijk in een enorme toename in gewicht. Door de lage dichtheid van waterstof is het in vergelijking tot batterijen een enorme lichte vorm van energieopslag.



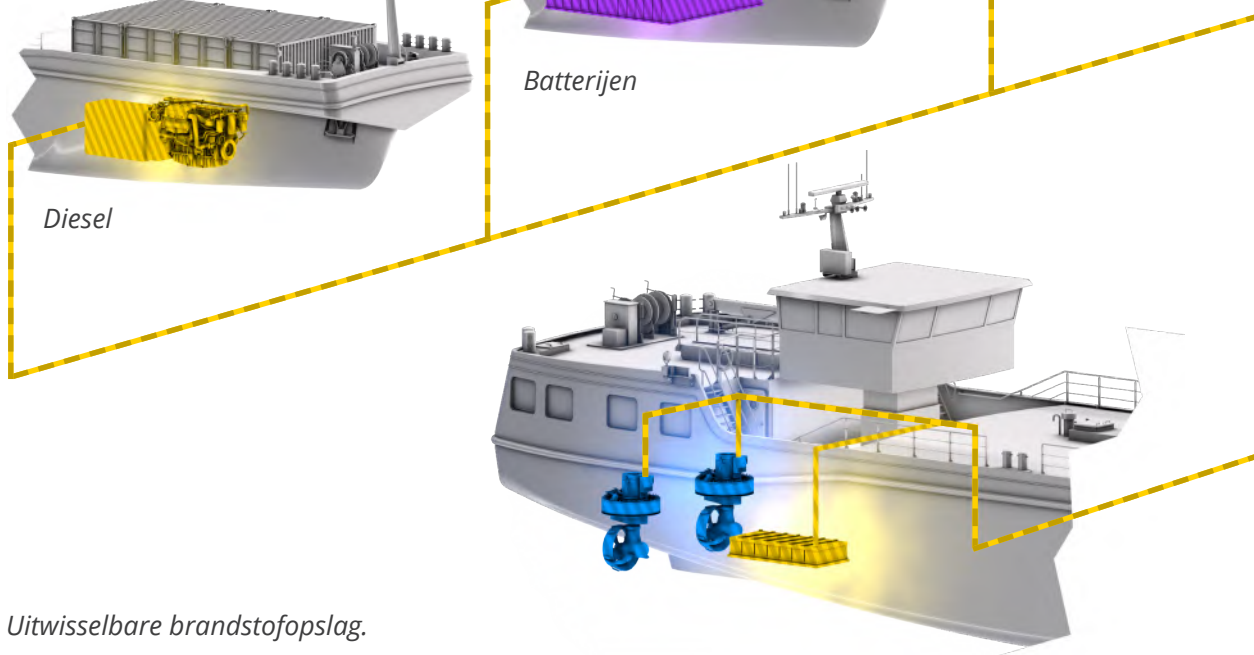
Batterijen

## Waterstof

Het concept leent zich uitstekend voor het installeren van een powerplant op waterstof, door hier gebruik van te maken is een emissievrije voortstuwing te realiseren. De verwachting is dat deze optie voor de langere termijn zal voldoen aan de geldende wet- en regelgeving.



Waterstof



Uitwisselbare brandstofopslag.

Lead Engineer - Saltwater  
Wouter Besemer:

**‘Door het gesprek met verschillende partijen op te starten hebben we geleerd dat er veel draagvlak is voor innovatie en verduurzaming in de binnenvaart.’**



**‘Een revolutionair concept kan er ook heel normaal uit zien.’**



Door de samenwerking te zoeken met verschillende partijen binnen de industrie willen we borgen dat wat wij bedenken ook haalbaar is met de huidige technieken. Wij zoeken de expertise bij partners die zich specialiseren in brandstofcellen en verwarmingssystemen. Daarnaast is het altijd interessant om feedback te krijgen en een sparringpartner te hebben. Uiteraard zijn er nog de nodige obstakels op de route naar emissievrij varen. Maar door het gesprek met verschillende partijen aan te gaan hebben wij ook geleerd dat er veel draagvlak is voor innovatie en verduurzaming in de binnenvaart. De scheepseigenaren staan open voor alternatieve brandstoffen en de ontwikkeling bij leveranciers staat ook zeker niet stil.

## Heatmaster

Heatmaster heeft inmiddels op meer dan 1.000 schepen verwarmingssystemen geïnstalleerd. Zij hebben met ons gekeken naar de winst welke haalbaar is op het gebied van tankverwarming door gebruik te maken van hoogwaardige isolatie.



**Heatmaster**  
Grotenoord 1  
3341LT Hendrik-ido-Ambacht  
**W** [www.heatmaster.nl](http://www.heatmaster.nl)



**Koedood**  
Noordeinde 21  
3341LW Hendrik Ido Ambacht  
**W** [www.koedood.nl](http://www.koedood.nl)

## Koedood

Koedood is bekend als leverancier van motoren en generatoren voor de binnenvaart maar zitten ook dicht op het vuur als het gaat om verduurzaming en spelen een grote rol in meerdere actuele projecten. In samenwerking met Nedstack hebben zij samen met ons gekeken naar de ruimtereservering voor de brandstofcellen aan boord op basis van de laatste technologieën. Samen met de technische kennis van Koedood hebben we gekeken naar de haalbaarheid van onze visie.

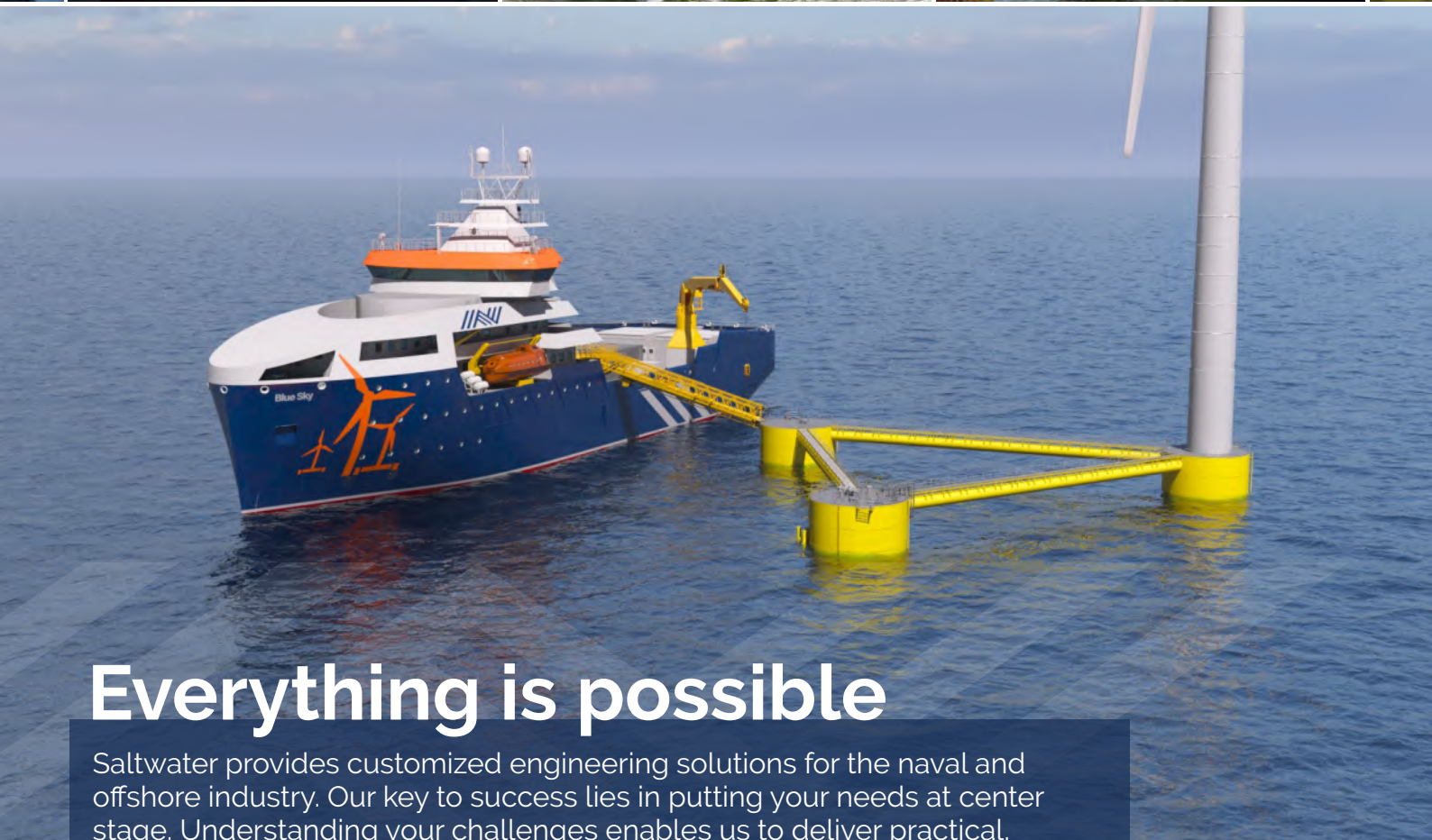
## WSBV

WSBV is een reder gespecialiseerd in het transport van eetbare olie met een vloot tankers variërend van 500 tot 2.000 ton capaciteit. WSBV heeft voor ons gefungeerd als industriepartner met de kennis op het gebied van vaarprofiel, energieverbruik en algehele ervaring op het gebied van binnenvaarttankers.



**WSBV**  
Noorderhoofd 46  
3311RD Dordrecht  
**W** [www.wsbv.nl](http://www.wsbv.nl)

# About us



## Everything is possible

Saltwater provides customized engineering solutions for the naval and offshore industry. Our key to success lies in putting your needs at center stage. Understanding your challenges enables us to deliver practical, quality products and clever solutions and making everything possible.

### Mission

Our mission at Saltwater is to engineer and develop maritime solutions that reduce the environmental impact and support a low carbon footprint. We are committed to provide innovative and efficient engineering services that meet the needs of our clients while guaranteeing safety and quality.

### Vision

At Saltwater, our vision is to be a leading force in the maritime

engineering industry, striving for positive change through socially responsible practices. We envision a future where our engineering solutions help to create a healthier and more sustainable world. We are committed to ship conversions and new vessel designs, encouraging a culture of young innovators and collaborating with our partners and clients to achieve our shared goals.

Sander Broekmeulen - CEO







**SALTWATER**  
Custom naval engineering solutions

Buitendijks 33  
3356 LX Papendrecht  
Nederland



**T** 078-205 15 00  
**E** [info@saltwater.nl](mailto:info@saltwater.nl)  
**W** [www.saltwater.nl](http://www.saltwater.nl)

*Druk,- en zetfouten voorbehouden. Saltwater aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid voor fouten of voor eventuele gevolgen daarvan.*