

TNO PUBLIEKLeeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delftwww.tno.nlT +31 88 866 22 00
F +31 88 866 06 30**TNO-rapport****TNO 2021 R12630****Eindrapportage MIIP 2021
Roadmap Hydrogen for Dredging**

Datum	24 december 2021
Auteur(s)	Ir. M. L. Deul Dr. Ir. P.S. van Lieshout
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	14 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	MIIP Consortium
Projectnaam	MIIP Hydrogen for Dredging
Projectnummer	060.47822

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

TNO PUBLIEK

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Workshops	3
2	Roadmap	4
2.1	Roadmap met een tijdlijn 2021-2030	4
2.1.1	Praktijk	4
2.1.2	Technologie	5
2.1.3	Beleid	5
2.1.4	Economie	5
2.1.5	Context	5
2.2	Technologie	6
3	Vervolg traject	7
3.1	MENENS (Methanol)	7
3.2	SH2IPDRIVE (Waterstof)	7
3.3	Maritiem Masterplan	8
4	Bibliografie	10
5	Ondertekening	11
	Bijlage(n)	
	A Powerpoint roadmap	

1 Inleiding

Binnen het MIIP *Hydrogen for Dredging* is in samenwerking met een consortium (zie hieronder) gewerkt aan het identificeren van barrières met betrekking tot het varen op waterstof voor een bagger schip. Het doel van de MIIP is het opzetten van een roadmap voor de ontwikkeling van een waterstof systeem aan boord van bagger schepen voor de periode 2021-2030.

In dit document wordt de roadmap in het kader van *Hydrogen for Dredging* gepresenteerd, inclusief toelichting en de verkregen feedback. Tevens wordt beschreven hoe de kennisontwikkeling en de inzichten uit deze MIIP bijdragen in vervolgtrajecten.

Het consortium bestaat uit TNO, TU Delft, Maritiem Kennis Centrum (MKC), Deal Drecht Cities, Royal IHC, DAMEN, Boskalis en Van Oord.

1.1 Workshops

Als onderdeel van het MIIP, zijn door TNO twee workshops georganiseerd en is een in-kind bijdrage geleverd door TU Delft in de vorm van een kennisrapport [1].

De eerste workshop was gericht op het in kaart brengen van de bestaande kennis en interesse bij de projectpartners, en het bepalen van de moeilijkheden en kennislacunes op het gebied van waterstofsysteem en hun toepassing voor baggeractiviteiten [2]. De tweede workshop was gericht op het evalueren en verfijnen van een door TNO opgestelde voorlopige roadmap voor een baggerschip op waterstof [3]. Deze is aan de partners gepresenteerd en met hen besproken.

2 Roadmap

De roadmap *Hydrogen for Dredging* is tweeledig opgesteld:

- 1) een roadmap met een totale tijdlijn van nu (2021) tot 2030
- 2) een roadmap voor de technologische ontwikkelingen voor de oplevering van het eerste baggerschip met een waterstofsysteem (eind 2024).

2.1 Roadmap met een tijdlijn 2021-2030

In Figuur 1 wordt een globale roadmap getoond, zoals deze ook is gepresenteerd op 2 november 2021 aan de projectpartners [3]. Zie hiervoor tevens bijlage A.

HYDROGEN FOR DREDGING CONTEXT TIMELINE

	2021	2022	2023	2024	2025	...	2030
Practise	Design of concepts		Construct first dredger	Learn, develop and build fleet			Fleet of ZE dredgers to serve NL market
Technology		Test setups		Deliver first dredger			
Policy	Gaps or unused potential in Rules	Development class guidelines and standards (further)		Develop incentive			
Economy	Business case calculation tool (compare concepts, operational profiles)						
Context	Assess fuel availability (where and how much can be bunkered?)		ZE incentive (RWS)		ZE incentive (NL)		ZE standard (NL)

TNO Innovation for life

Figuur 1: Globale roadmap *Hydrogen for Dredging*

De globale roadmap is verdeeld in vijf onderdelen: praktijk, technologie, beleid, economie en context. Ieder onderdeel zal hieronder in meer detail worden toegelicht.

2.1.1 *Praktijk*

De tijdlijn van de (scheepsbouw) praktijk is terug geredeneerd vanaf 2030, in lijn met de doelstelling van Rijkswaterstaat (RWS), (voortkomend uit het Maritiem Masterplan [4]) om vanaf 2030 alleen nog carbon neutrale projecten te contracteren. Om in 2030 een vloot te hebben die de Nederlandse baggermarkt kan voorzien, is naar verwachting 6 jaar nodig om deze vloot te ontwikkelen. Deze tijd is ruim ingeschat om rekening te houden met de bestaande schepen (en de voorkeur om deze niet vroegtijdig uit de vaart te halen), de tijd die nodig is om meerdere schepen te bouwen, en de tijd die nodig is om te leren van de ervaringen met het eerste schip. Hiervan uit gaande zal het eerste schip van de vloot eind 2024 opgeleverd moeten worden.

In de aanloop naar een oplevering in 2024 worden er pilots voorzien om de lay-out van de H2 installatie te testen en de veiligheidsaspecten te onderzoeken (effectafstanden etc.). De conceptontwikkeling zal zodoende hoofdzakelijk plaats moeten vinden in 2022 en 2023.

2.1.2 *Technologie*

Op het onderwerp “Technologie” wordt in sectie 2.2 in meer detail ingegaan.

2.1.3 *Beleid*

In deze roadmap wordt onder beleid verstaan: de regelgeving en de doelstelling van de overheid m.b.t. de baggertenders. Om te voorzien in passende prikkels (Engels: incentives) wordt hier een samenwerking met RWS voorzien (deze is reeds in ontwikkeling) en een nauwe aansluiting bij de analyses van de business case.

Wat betreft de regelgeving is het belangrijk om klassebureaus bij de ontwikkelingen binnen deze roadmap te betrekken en de doelregelgeving zoals in de IGF code als leidraad aan te houden.

Een nauwe aansluiting bij de Zero Emission Dredging hub is tevens gewenst om draagvlak en kennisoverdracht te waarborgen.

2.1.4 *Economie*

Het (economische) belang wordt op drie niveaus beschouwd:

1. Scheepswerf – een competitief schip ontwikkelen om de contracten van de reders te winnen
2. Reder (aannemer) – een competitief schip in de vloot hebben om de toekomstige tenders te winnen, met inachtneming van de ontwikkeling van de CO₂ prijs (indien van toepassing)
3. Opdrachtgever (RWS/overheid) – opdrachtgever voor baggeroperaties, met als doel: reduceren van de kosten van de energietransitie en activiteiten om de gevolgen van de huidige energieconsumptie te mitigeren

Het is van belang dat alle drie partijen worden betrokken in vervolgtrajecten. Voor de business case van de scheepswerf en reder wordt de ontwikkeling van een rekentool voorzien. Deze tool moet inzicht verschaffen in de effecten van verschillende systemen, operationele profielen, baggeropdrachten en overheidsdoelstellingen op de CAPEX en OPEX voor de betrokken partijen. Deze inzichten kunnen worden gebruikt in de gesprekken met RWS over de doelstellingen in de tenders.

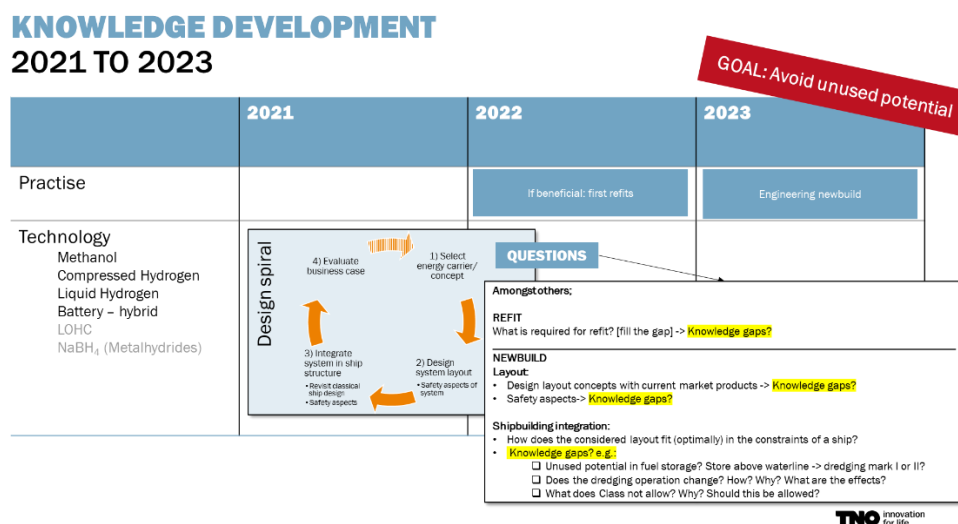
2.1.5 *Context*

Onder de context wordt beschouwd welke andere ontwikkelingen nauw gemonitord dienen te worden, maar welke geen onderdeel uitmaken van de taken van de maritieme partners. Dit zijn:

- Brandstof beschikbaarheid – infrastructuur en beschikbaarheid van waterstof, tegen welke prijs dit op verschillende locaties beschikbaar is en in welke hoeveelheden.
- Ontwikkelingen van alternatieven voor H₂ – onder andere methanol, ammoniak, batterijen etc.

2.2 Technologie

Voor de partners in de MIIP *Hydrogen for Dredging* wordt de technologische invulling als prioriteit en belangrijkste focuspunt gezien. Deze laat zich samenvatten in Figuur 2.



Figuur 2: Technologische ontwikkelingen van 2021 tot 2023. Dit figuur toont tevens enkele alternatieven voor vloeibaar waterstof. Voor nu wordt uitgegaan van een systeem op vloeibaar waterstof, om een focus aan te brengen.

Onder de nodige kennisontwikkeling op het gebied van de technologie m.b.t. (vloeibaar) waterstof worden de vragen beschouwd die volgen uit de designspiraal. Deze spiraal toont globaal de evaluatiecyclus van een nieuw brandstofconcept in een schip:

1. Selectie van een brandstof of concept: **vloeibaar waterstof¹**.
2. Het ontwerp van een systeem-layout om een baggeroperatie met vloeibaar waterstof mogelijk te maken. Hier valt ook de opslagtank onder.
3. Het integreren van de gekozen systeem-layout in het ontwerp van het schip. Hierin wordt voorzien dat het conventionele ontwerp van een schip dat vaart op MGO moet worden herzien. In deze stap wordt tevens de veiligheid (en voldoen aan regelgeving) geëvalueerd.
4. Het evalueren van de business case van het ontworpen schip. Wanneer de business case niet haalbaar blijkt kan het gekozen systeem of de wijze van integratie in het schip worden herzien.

Dit proces zal vragen oproepen, waarvan enkelen al in Figuur 2 zijn opgesomd. Naarmate het scheepsontwerp vordert, zal deze lijst groeien en kunnen belangrijkste kennislacunes geïdentificeerd worden. De uitdagingen en de geïdentificeerde kennislacunes die uit deze analyses volgen zijn input voor vervolg onderzoeken. Het doel is om onbenutte mogelijkheden te voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn ongunstige brandstofopslag, grote veiligheidsmarges of lastig werkbare schepen.

¹ Tijdens de workshop op 2 november 2021 hebben de partners hier interesse in uitgesproken.

3 Vervolg traject

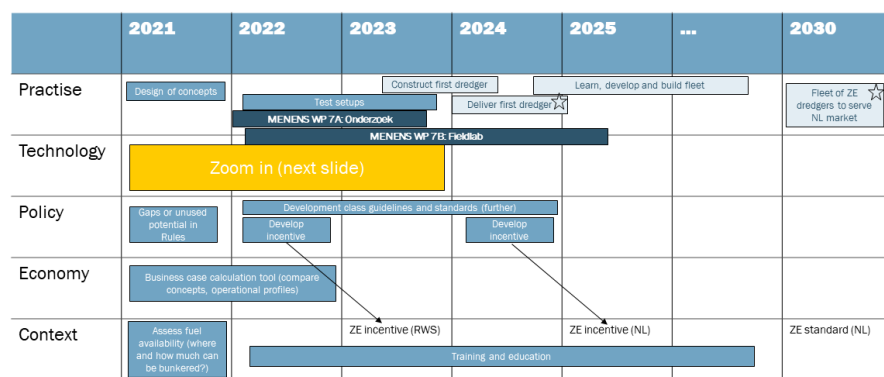
Als vervolgtraject op deze MIIP wordt verwezen naar de recent toegekende herstellfondsen MENENS en SH2IPDRIVE. Op 1 december 2021 werd bekend dat de aangevraagde subsidie voor de projecten MENENS en SH2IPDRIVE wordt toegekend.

3.1 MENENS (Methanol)

In de *Hydrogen for Dredging* roadmap werd methanol kort aangestipt, om de opties die andere alternatieve brandstoffen bieden niet over het hoofd te zien. Qua toepassing biedt MENENS de beste aansluiting op deze MIIP.

Binnen MENENS is WP7 gericht op Zero Emission Dredging. Respectievelijk in WP 7A in de vorm van een onderzoek en in WP 7B in een fieldlab. Baggerschepen vormen de testcasus omdat deze een specifieke, hoge en sterk wisselende vermogensvraag hebben. In het projectplan wordt hier het volgende over gezegd [5]: “In dit field lab beogen we onder dynamische maritieme belastingen concreet een methanol of waterstof aandrijving in combinatie met een (grote) energieverbruiker, zoals een bagger-pomp of een simulatie daarvan, te onderzoeken. Het gaat hierbij om vermogens tot 5 MW.” Figuur legt de link tussen de meest relevante werkpakketten uit het MENENS projectplan, en de *Hydrogen for Dredging* roadmap van deze MIIP.

HYDROGEN FOR DREDGING / MENENS CONTEXT TIMELINE



TNO innovation for life

Figuur 3: MENENS project in de context van de *Hydrogen for Dredging* timeline

De eerder geschetste ontwikkellijn uit deze MIIP blijkt wat ambitieus. De eerste oplevering van een Zero Emission Dredger (ZED) is in dit projectvoorstel voorzien na 2025, dat is: na afronding van het MENENS project.

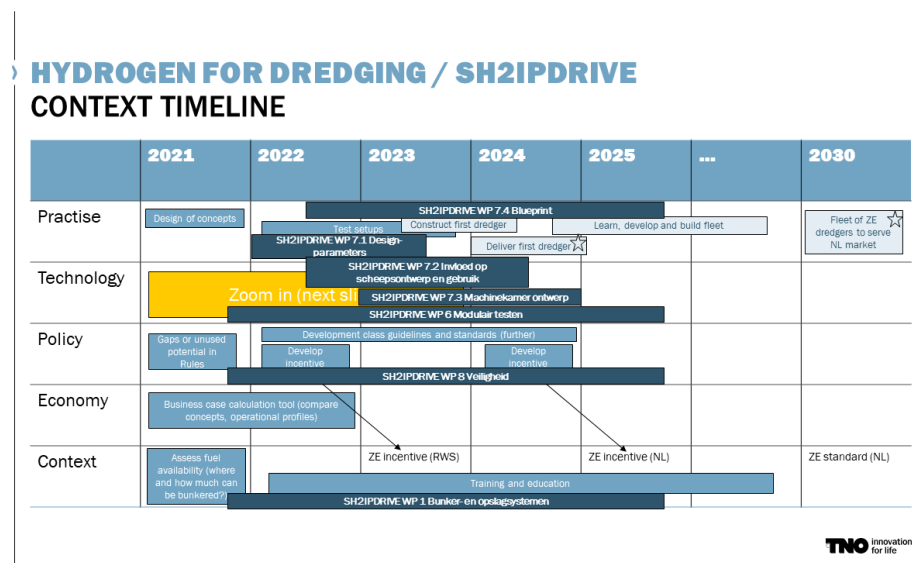
3.2 SH2IPDRIVE (Waterstof)

Het project SH2IPDRIVE biedt tevens aansluiting op deze MIIP. Uit het projectplan [6]: “In het project Sustainable Hydrogen Integrated Propulsion Drives

(SH2IPDRIVE) werken 25 ondernemingen en kennisinstellingen uit de maritieme sector samen aan een breed en ambitieus innovatieproject om de introductie van waterstof als alternatieve energiedrager te versnellen.” In dit project worden tevens de vier verschijningsvormen behandeld, die ook tijdens de workshops ter sprake kwamen: 1) gecompriemd H2 gas, 2) LH2, 3) LOHC, 4) Boorhydrides.

De toepassing binnen SH2IPDRIVE is, onder andere, op “specialistische vaartuigen”.

Figuur 4 legt de link tussen de meest relevante werkpakketten uit het SH2IPDRIVE projectplan, en de H2 for Dredging roadmap zoals is ontwikkeld tijdens deze MIIP.



Figuur 4: SH2IPDRIVE project in de context van de *Hydrogen for Dredging* timeline

In het SH2IPDRIVE project is analyse van de business case in een iets andere vorm opgenomen. Er wordt als doel gesteld “betrouwbare, veilige, gestandaardiseerde, schaalbare en kosteneffectieve oplossingen voor zero-emissie voortstuwings- en energiesystemen voor schepen op basis van waterstof te ontwikkelen” [6]. De technologie voor gecompriemd waterstofgas wordt binnen het project verder ontwikkeld om “de druk van gecompriemd waterstofgas kosteneffectief te verhogen tot 700 bar in een maritieme toepassing”. Hiervoor wordt verwezen naar WP 1.7 Technische vergelijkingsstudie tussen CH2, LH2 en alternatieve waterstofdragers in termen van bereik versus opgeslagen waterstof. De focus ligt hierin op de logistieke kant. De operationele kosten worden besproken in WP 7.4 Ontwikkeling Blueprints geselecteerde scheepstypen.

3.3 Maritiem Masterplan

In de ontwikkelde Hydrogen for Dredging roadmap worden de doelen uit het Maritiem Masterplan nagestreefd. Hierin is 2030 een stip op de horizon, waarbij 20 schepen van de Rijksrederij emissieloos zijn. Dit is in de Hydrogen for Dredging roadmap ambitieus vertaald naar een hoeveelheid baggerschepen die de Nederlandse markt kan voorzien. Op de website wordt hier namelijk het volgende

over gezegd [4]: “Het Maritiem Masterplan is de ambitie van de Nederlandse maritieme sector voor de systeemverandering naar een emissieloze en digitale sector. Onderdelen van het plan zijn (voor 2030) 20 launching customer schepen van de Koninklijke Marine en de Rijksrederij, de ontwikkeling en bouw van 30 civiele emissieloze schepen, slimme en schone productie van deze schepen en aansluiting van human capital.”

4 Bibliografie

- [1] A. Hussein en C. Walters, „Material and structural safety considerations for hydrogen fueled dredgers,” TU Delft, 2021.
- [2] TNO, „Minutes of Meeting 08-06-2021,” TNO, 2021.
- [3] TNO, „Minutes of Meeting 02-11-2021,” TNO, 2021.
- [4] Nederland Maritiem Land, „Masterplan voor een emissieloze maritieme sector (‘Maritiem Masterplan’),” [Online]. Available: <https://maritiemland.nl/maritieme-sector/projecten/masterplan-voor-een-emissieloze-maritieme-sector/>. [Geopend 20 12 2021].
- [5] Projectplan R&D Mobiliteitssectoren regeling, „MENENS - Methanol als Energiestap Naar Emissieloze Nederlandse Scheepvaart,” Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2021.
- [6] Projectplan R&D Mobiliteitssectoren regeling, „SH2IPDRIVE - Sustainable Hydrogen Integraed Propulsion Drives,” Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2021.

5 Ondertekening

Delft, December 2021

TNO

Ir. M.L. Deul
Auteur

Dr.ir. P.S. van Lieshout
Project manager

Dr.ir. T.G.H. Basten
Research manager Structural Dynamics

A Powerpoint roadmap

Deze bijlage bevat de slides zoals gebruikt tijdens de tweede workshop van de MIIP *Hydrogen for Dredging*, op 2 november 2021 [3].

