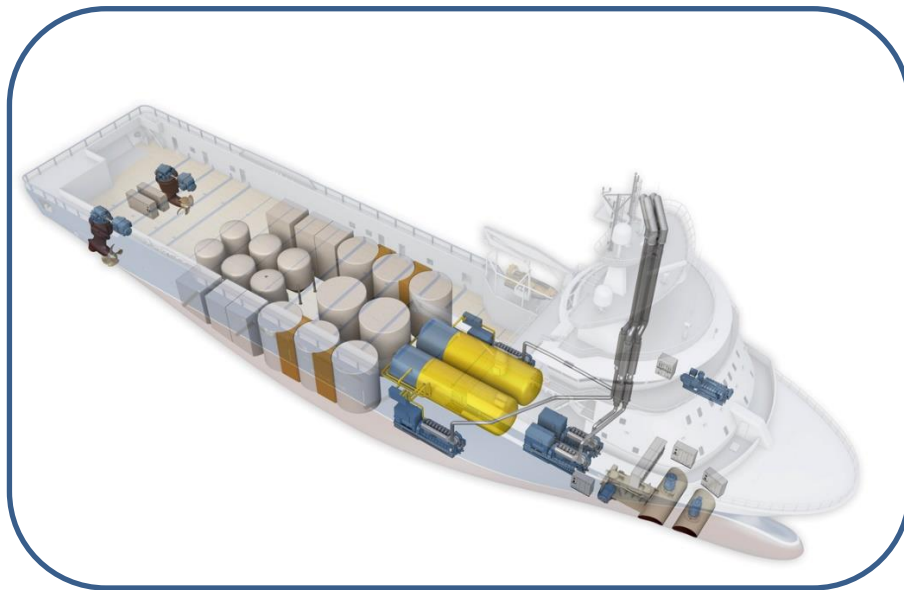


**RIJKSDIENST VOOR ONDERNEMEND
NEDERLAND**

**Regeling Nationale EZ-Subsidies
Topsector Energie Tender CCUS Pilots
RVO-referentie – TCCU118008**



CO₂ afvang op schepen – DerisCO2

Openbare samenvatting

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

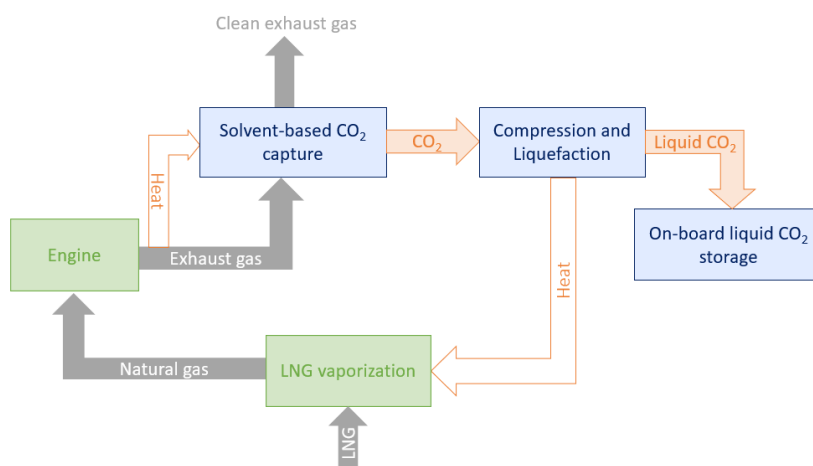
Deliverable titel	CO ₂ afvang op schepen – DerisCO2	
Geschreven door	Jasper Ros, Eirini Skylogianni, Juliana Monteiro, Lex Vredeveltdt, Marco Linders, Earl Goetheer (TNO) Joan van den Akker, Guus van der Bles (Conoship International) Vincent Doedee, Cees Dijkhuizen (Heerema Marine Contractors)	
Datum	12 Mei 2021	



Publieke Nederlandse Samenvatting

De maritieme sector neemt momenteel ongeveer 2-3% van de globale uitstoot van broeikasgassen voor haar rekening, en de verwachting is dat de uitstoot van de maritieme sector verder zal groeien naar 2050. Er is in de afgelopen 10 jaar veel onderzoek gedaan naar het milieuefficiënter maken van schepen, wat geresulteerd heeft in een afname van brandstofverbruik per schip. Omdat de maritieme sector nog steeds groeit, gaat de netto uitstoot nog steeds omhoog. Meer drastische maatregelen zijn nodig om de CO₂ uitstoot van deze sector te verminderen. Mogelijke kandidaten die veelvuldig genoemd worden zijn het gebruik van biobrandstoffen, ammonia, methanol en waterstof. Hoewel al deze kandidaten voor een hoge CO₂ reductie in de maritieme sector kunnen zorgen, is het niet te verwachten dat deze brandstoffen op korte termijn kosten competitief zullen zijn met de huidige brandstoffen.

In het DerisCO₂ project is een andere oplossing onderzocht die voor hoge CO₂ reductie kan zorgen. Deze technologie is gebaseerd op CO₂ afvang op schepen (Ship-based carbon capture) middels gebruik van een wasvloeistof. Het grote voordeel van deze technologie is dat het gebaseerd is op een bestaand proces dat gedurende enkele decennia ontwikkeld is en bovendien recent geïmplementeerd is bij o.a. afvalverbrandingsinstallaties. Hierdoor kan deze technologie naar verwachting op korte termijn geïmplementeerd worden op bestaande en nieuwgebouwde schepen. De technologie kan dus als aanvulling met de huidige brandstoffen gebruikt worden, wat een groot voordeel is om op korte termijn de CO₂ uitstoot van de maritieme sector te verminderen. De technologie lijkt een goede synergie te hebben met LNG als brandstof. Zie Figuur 1 voor een conceptueel ontwerp van zo'n afvanginstallatie.

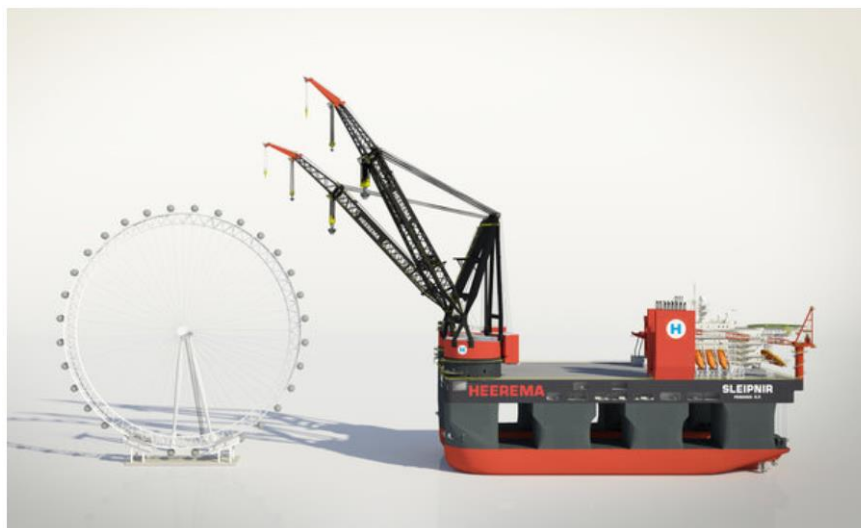


Figuur 1, conceptueel ontwerp van een CO₂ afvanginstallatie op een LNG schip.

Het DerisCO₂ project bouwt voort op het project CO₂ASTS (gesubsidieerd door Interreg), waar meerdere schepen, zoals een baggerschip en een cruiseschip, geanalyseerd zijn voor de implementatie van een CO₂ afvang installatie. In het DerisCO₂ project is het Sleipnir schip van Heerema Marine Contractors (zie figuur 2) in detail geanalyseerd voor de implementatie van een CO₂ afvang installatie. De Sleipnir heeft twaalf motoren met elk acht megawatt power verdeeld over vier machinekamers. Ook zijn in dit project variabelen die specifiek zijn voor de maritieme sector



geanalyseerd. Er is bijvoorbeeld onderzoek gedaan naar de keuze van de wasvloeistof voor CO₂ afvang specifiek voor de maritieme sector, en de effecten van de bewegingen van het schip op de CO₂ afvang efficiëntie.



Figuur 2, het Sleipnir schip van Heerema Marine Contractors¹.

Het werk in DerisCO2 is opgedeeld in vijf werkpakketen, en de voornaamste inzichten en conclusies van elk werkpakket worden hieronder besproken.

In werkpakket 1 is de (energie) infrastructuur van de Sleipnir op scheepsniveau geanalyseerd voor implementatie van een CO₂ afvanginstallatie. Op basis van de warmte die beschikbaar is in het uitlaatgas van de Sleipnir, is de verwachting dat met hergebruik van deze warmte in de CO₂ afvanginstallatie een afvangpercentage van meer dan 90% bereikt kan worden. Ook kan de kou van de LNG, die gasvormig moet worden voor gebruik in de motor, gebruikt worden om de CO₂ vloeibaar te maken. Bij 20 bar CO₂ druk, kan er ongeveer 80-85% van de CO₂ vloeibaar gemaakt worden door gebruik van deze 'koude' energie. Ook is in dit werkpakket de CO₂ afvanginstallatie ontworpen. Er is gekozen voor een systeem met vier absorptiekolommen (één per machinekamer). Dit is het resultaat van een optimalisatie tussen het verlagen van de apparatuurskosten (optimaal is één kolom voor alle uitlaatgassen) en het behouden van redundantie op het schip (optimaal is één kolom per uitlaatgasstroom).

In werkpakket 2 is het wasvloeistofsysteem voor de CO₂ afvanginstallatie onderzocht, specifiek voor de Sleipnir en ook meer generiek voor de maritieme sector. Er zijn vier types wasvloeistof geanalyseerd: monoethanolamine (MEA), piperazine (PZ), waterig ammonia en STAR. STAR is een wasvloeistof bedacht door TNO om op hoge druk CO₂ te kunnen desorberen. De evaluatie van de vier wasvloeistoffen is gedaan op basis van verschillende KPI's: Hoe geavanceerd is het systeem, hoe gemakkelijk is het systeem te gebruiken, (energie) efficiëntie van de wasvloeistoffen en veiligheid/milieu gerelateerde zaken. Van de vier wasvloeistoffen onderzocht in dit project is MEA

¹ Plaatje komt van: <https://hmc.heerema.com/fleet/sleipnir>



geselecteerd als meest geschikte wasvloeistof voor CO₂ afvang in de maritieme sector. Processen gebaseerd op MEA zijn beschikbaar op commerciële basis. Omdat er voldoende energie beschikbaar is in het uitlaatgas van de Sleipnir, is de relatief hogere energiebehoefte van deze wasvloeistof geen groot probleem in deze toepassing. Piperazine heeft een slechte biologische afbreekbaarheid, wat deze wasvloeistof minder geschikt maakt in de maritieme sector. Waterig ammonia heeft een langzame reactiekinetiek en is niet erg makkelijk te bedienen in verband met de hoge vluchtigheid van ammonia, wat deze wasvloeistof niet erg geschikt maakt in de maritieme sector. STAR is in meer detail geëvalueerd in werkpakket 4, maar is ook niet geschikt gebleken voor de maritieme sector.

In werkpakket 3 zijn de testcampagnes (beschreven in werkpakket 4) voorbereid. Er zijn voorbereidingen getroffen om een pilot campagne met de STAR wasvloeistof uit te voeren, en er is een opstelling gemaakt die het effect van beweging van schepen op de CO₂ absorptie kan testen (zie Figuur 4).



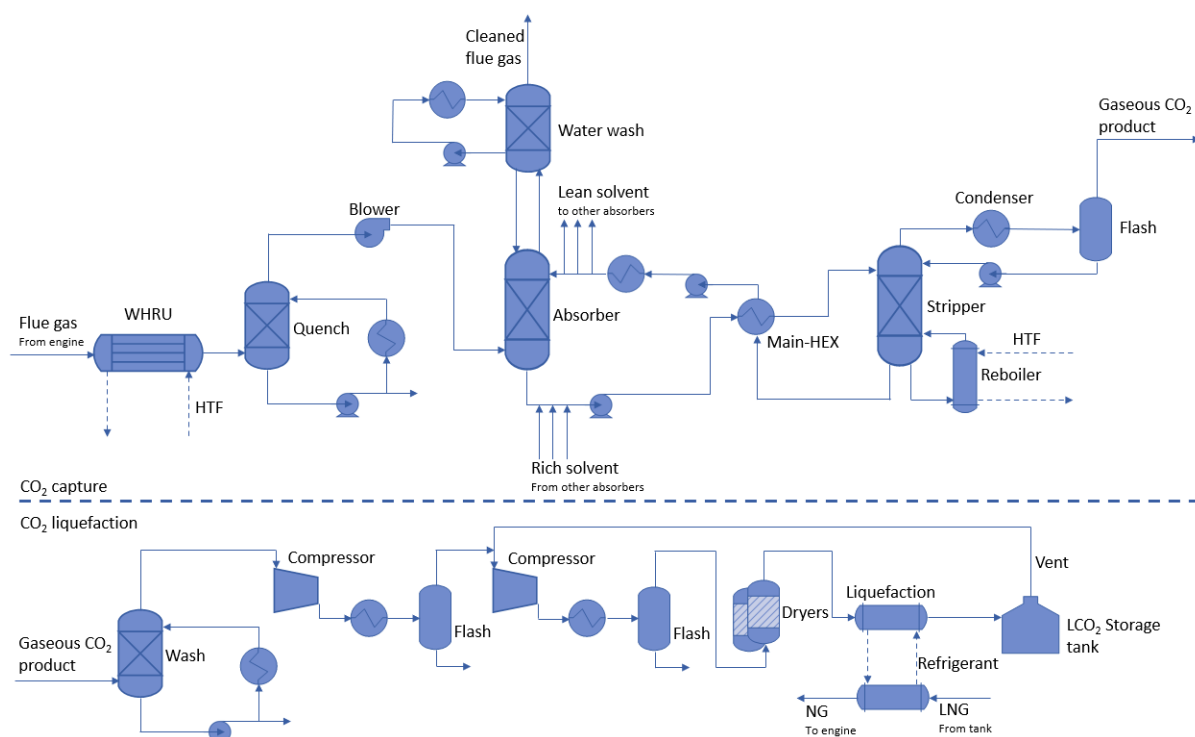
Figuur 3, de kleinschalige CO₂-afvang testopstelling van TNO.

In werkpakket 4 zijn de testcampagnes uitgevoerd. De STAR wasvloeistof is getest in de kleinschalige CO₂-afvang plant van TNO, zie Figuur 3. De resultaten van deze testcampagne laten zien dat CO₂ inderdaad gedesorbeerd kan worden op hogere drukken, maar dat dit ten koste gaat van de cyclische capaciteit en stabiliteit van de operatie. De STAR wasvloeistof lijkt daardoor niet toepasbaar voor applicatie in de maritieme sector. Met betrekking tot de experimenten die het effect van de bewegingen van het schip simuleren, zie figuur 4, is gevonden dat het dynamisch bewegen van de absorptiekolom (met een frequentie van 0.1 Hz) geen negatief effect heeft op de CO₂ absorptie in deze kolom.

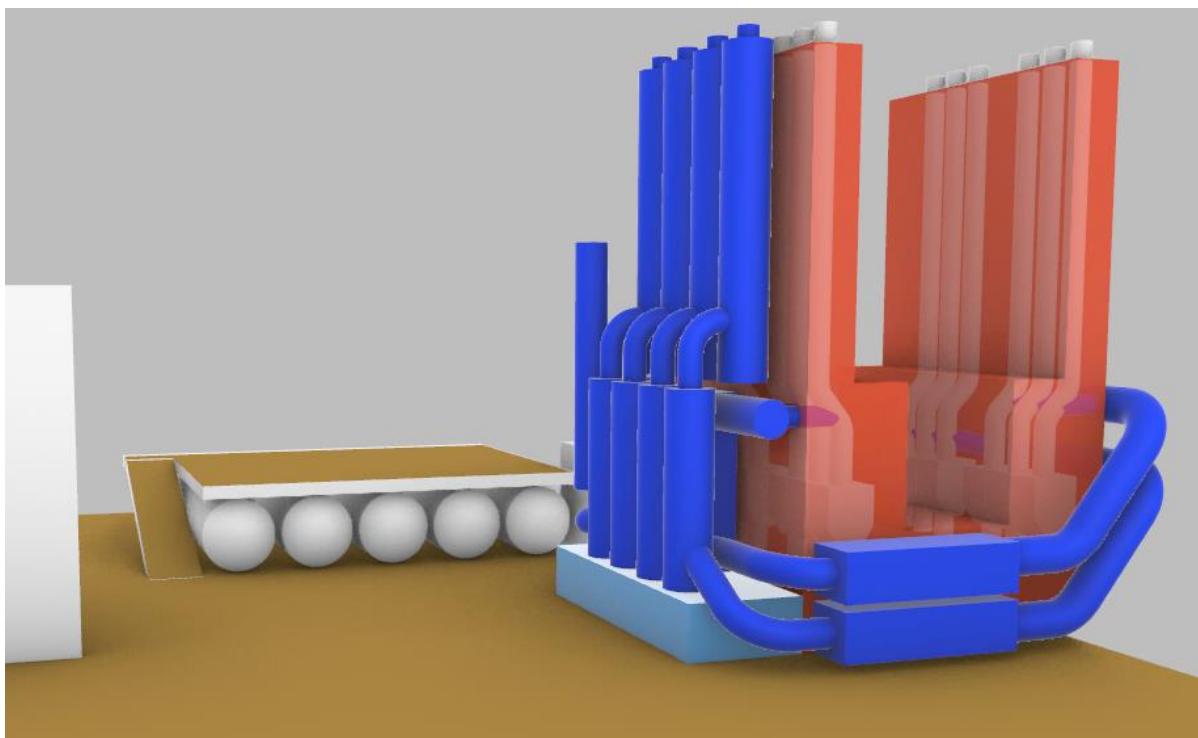


Figuur 4, de testopstelling voor het analyseren van het effect van beweging van schepen op de CO₂ afvangst efficiëntie.

In werkpakket 5 is een meer gedetailleerd conceptueel ontwerp en een technische-economische evaluatie uitgevoerd voor de Sleipnir, en een ontwerp gemaakt van de integratie van de technologie op het schip. Figuur 5 laat het conceptuele design van de CO₂-afvanginstallatie zien. Met betrekking tot de technische-economische evaluatie zijn twee cases uitgewerkt: vloeibare CO₂ opslag bij 20 bar en bij 7.2 bar. Bij 20 bar kan er meer CO₂ afgevangen worden dan bij de 7.2 bar case (72.5% versus 55% respectievelijk), op basis van de beschikbare kou in het LNG. De kosten van de afvanginstallatie op de Sleipnir worden geschat op 119 €/ton CO₂ voor de 20 bar case versus 133 €/ton CO₂ voor de 7.2 bar case. Dit gaat uit van de huidige CAPEX van de installaties. Dit project ondersteunt eerdere conclusies dat significante kostenreducties mogelijk zijn op dit vlak. Met betrekking tot de integratie van de CO₂ afvanginstallatie is gekeken naar het afvangproces, het vervloeingsproces en de opslagtanks. Er is genoeg plek op de Sleipnir om de complete afvanginstallatie te huisvesten, en er is geen verdere technische limitatie gevonden voor de implementatie van de afvanginstallatie. Zie Figuur 6 voor de conceptuele integratie van de CO₂-afvanginstallatie.



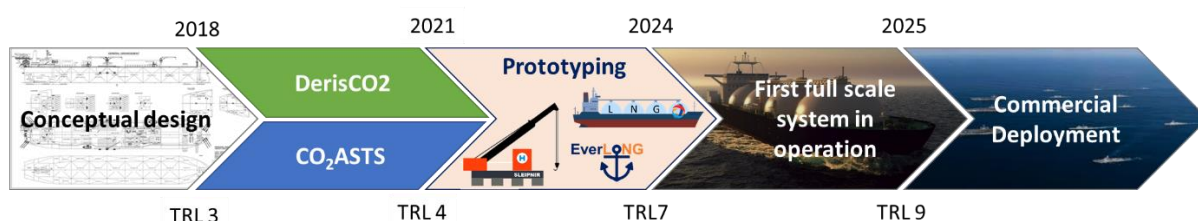
Figuur 5, conceptueel ontwerp van de CO₂-afvanginstallatie op de Sleipnir.



Figuur 6, conceptuele integratie van de CO₂-afvanginstallatie op de Sleipnir.



Concluderend heeft het DerisCO2 project succesvol laten zien hoe een volledige CO₂-afvanginstallatie op de Sleipnir er uit zou kunnen zien, en in een breder perspectief, hoe CO₂-afvanginstallaties in de maritieme sector toegepast zouden kunnen worden. De eerstvolgende stap voor de technologie is demonstratie van een (pilot) CO₂-afvanginstallatie aan boord van een schip, zodat commerciële implementatie van de technologie mogelijk zal zijn vanaf 2025. Zie ook de verwachte technologietijdlijn in Figuur 7.



Figuur 7, technologie tijdlijn van CO₂-afvang op schepen

Dit project is uitgevoerd door de partners: TNO, Heerema Marine Contractors, Conoship International, en FME.

