

Projectnummer: TESN218001

Titel: CO2 transport over water, de juiste weg!

Penvoerder: Schipco Consultancy B.V.

Deelnemers:

Tabel 1: Deelnemers

Naam deelnemer	Afkorting	Type organisatie	Rol in project
Schipco Consultancy B.V.	SCBV	Klein bedrijf	Penvoerder
Linde Gas Benelux (OCAP)	Linde	Groot bedrijf	Gas Expert
RINA The Netherlands B.V.	RINA	Onderzoeksorganisatie / Klein bedrijf	Classificatiebureau Maritieme Sector
Noord B.V.	Noord	Klein bedrijf	Ontwerpbureau Binnenvaart
LTO Glaskracht	LTO	Vereniging	Vertegenwoordiger Ondernemers Glastuinbouw
Greenport Noord-Holland Noord	GPNHN	Ondersteunende organisatie	Dienstverlening Agricultuur
Ontwikkelingsbedrijf Noord-Holland Noord	OBNH	Uitvoerende organisatie	Ondersteuning Ondernemers
Huisvuil Centrale Alkmaar	HVC	Groot bedrijf	Deelnemer
Afval, Energie Bedrijf Amsterdam	AEB	Groot bedrijf	Ondersteunende marktinformatie
Aqua Navis B.V.	AN	Klein bedrijf	Logistiek Expert
TNO (derde)	TNO	Onderzoeksorganisatie (NE)	Deelnemer
Cryovat B.V (derde)	Cryo	Midden bedrijf	Expertise en Productie Cryogene vaten

Looptijd project: 1 juli 2018 tot 30 juni 2019

Soort studie: Dit project is een haalbaarheidsstudie binnen de programmalijn Transport en Opslag, waarbij ook de programmalijnen Toepassing/hergebruik van CO₂ en Ketenintegratie versterkt worden. Dit project is een voorbereiding voor de ontwikkeling van een mogelijkheid tot grootschalig transport van CO₂ over water.

Samenvatting

Het hergebruik van CO₂ kan leiden tot een netto CO₂ reductie en bijdragen aan het realiseren van een CO₂ arme economie. Deze stap is nodig om de doelstelling van de sector glastuinbouw te realiseren, namelijk in 2040 klimaatneutraal functioneren. Uit eerder onderzoek is gebleken dat het huidige netwerk van OCAP (Linde Gas Benelux) een knelpunt vormt voor de levering van CO₂ aan de glastuinbouwsector in de provincie Noord-Holland. Het transport van CO₂, zeker met de toenemende vraag, levert een grote belasting voor de bewoonde omgeving. De verwachting is dat het transport van CO₂ over water prijstechnisch gunstiger is dan via wegtransport, de huidige standaard qua transport van CO₂. Door CO₂ te transporteren via schepen kan een oplossing geboden worden voor deze driezijdige problematiek. Scheepstransport biedt flexibiliteit met de uitbreiding tot een groter netwerk.

Dit project heeft als doel gehad om bij te dragen aan de verduurzaming in de glastuinbouw sector door externe levering van (cryogene) vloeibare CO₂ per schip. De haalbaarheid van dit concept is onderzocht en daarbij zijn mogelijke technische en economische modellen opgesteld. Om dit te praktiseren wordt de bevoorrading van glastuinbouwgebied Agriport in Middenmeer als uitgangspunt gebruikt, met de HVC in Alkmaar als eerste aangemerkte laadplaats.

Het transport van vloeibaar CO₂ bevindt zich in de ontwikkelingsfase. Momenteel zijn er slechts vier schepen wereldwijd die vloeibaar CO₂ transporteren. Dit zijn zeewaardige schepen, waaruit blijkt dat vloeibaar CO₂ transport voor de binnenvaart nog niet geïntroduceerd is. Dit project heeft betrokken partijen de kans geboden om specialistische kennis op te doen en om tot innovatieve duurzame oplossingen te komen. Hierbij is naast de glastuinbouw sector ook de binnenvaart sector een stap vooruit geboden. Daarnaast wordt de algemene economische situatie in Nederland gesteund met de analyse van mogelijke bestemmingen en laadplaatsen.

Daarnaast is er onderzocht welke mogelijkheden tot uitbreiding van het potentiële netwerk, in de vraag en aanbod van CO₂, er aanwezig zijn. Hierin wordt de techniek achter de logistieke comptabiliteit onderzocht, alsmede vaarscenario's, benodigde techniek van het vaartuig en ontwikkeling van de reglementen voor de binnenvaart. Als onderdeel van dit project wordt ook de technische uitrusting op de laad/losplaatsen meegenomen. Ook is er onderzocht of het van belang is om de walinstallaties standaard te maken zodat er in de uitrol van het transportsysteem gebruik gemaakt kan worden van eenzelfde onderlegger.

Dit project is opgedeeld in 6 fases waarbij na afronding van elke fase een Go/No-go moment is ingelast. In samenwerking met de deelnemers is er op locatie onderzoek gedaan naar mogelijkheden en kansen om vervoer over water in te passen in de logistieke keten. De kennis van OCAP en HVC over de installaties en het product is ingezet bij de ontwikkeling en engineering van de benodigde techniek voor het verschepen van vloeibare CO₂. Noord-Holland Noord en de Provincie Noord-Holland zijn ingeschakeld bij organisatorische en vergunningstrajecten. LTO Glaskracht is gevraagd naar de inbreng van de leden van de glastuinbouw sector om ook aan de zijde van de klanten een vergroot draagvlak te creëren. Classificatiebureau RINA The Netherlands biedt ondersteuning bij de ontwikkeling van het vaartuig, hierbij gelet op de technische uitrusting van het schip, en zullen daarbij klasse goedkeur verlenen op basis van toepassing van de vereiste reglementen in de scheepvaart. De bouwtekeningen worden verzorgd door Noord B.V. Dit alles voor zover mogelijk als het gaat om goedkeur en tekeningen. Het ontwikkelen van de CO₂ ladingtanks is gedaan in samenspraak met Cryovat B.V., dat gespecialiseerd is in het bouwen van cryogene tanks. Voor het logistieke deel is er contact gelegd met Aqua Navis B.V., een gespecialiseerd bedrijf in scheepsbevrachtingen en exploitatie.

Het project heeft geleid tot een nieuwe mogelijkheid voor de binnenvaart waarbij het transport van vloeibare CO₂ eventueel in combinatie met andere cryogene vloeistoffen een substantiële ladingstroom kunnen vormen. Doordat het gebruik van CO₂ bij de glastuinbouw gebonden is aan een periode kan het interessant zijn om het schip in te zetten op andere transporten vallend buiten de periode waarin CO₂ geleverd moet worden. Omdat CO₂ als een cryogene vloeistof wordt vervoerd is een andere cryogene ladingstroom het meest voor de hand liggend, tenminste bij ongeveer gelijke eisen en omstandigheden. LNG of Bio LNG is een product dat hiervoor in aanmerking kan komen. Binnen het project is naast het technische deel ook het economische deel onderzocht. Voor het technische deel kan samenvattend gesteld worden dat het heel goed mogelijk is om vloeibare CO₂ per binnenvaartschip te vervoeren. Met name op het economische vlak zal de toekomst uitwijzen of een overstap van weg naar water uitgevoerd wordt. In deze eindrapportage wordt dieper ingegaan op de verschillende opties die mogelijk zijn om het transport uit te voeren met daarbij de voor- en nadelen. Uit het project is verder naar voren gekomen dat het benodigde personeel, door een snel oplopend tekort aan gekwalificeerd personeel in de binnenvaart, een groot aandachtspunt bij de verdere ontwikkeling van het transport moet zijn. Uit het project is naar voren gekomen dat transport per schip technisch zeer goed mogelijk is. Economisch lijkt het te kunnen concurreren met het wegtransport. In het vervolg op dit project zullen opdrachtgevers, investeerders en klanten de beslissing moeten nemen of de economische kansen voldoende zijn om de business case aan te gaan.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	2
1. INLEIDING	5
2. DOELSTELLING	5
3. WERKWIJZE	6
FASE 1 LOGISTIEK & OVERSLAG TECHNIEK	7
FASE 2 INFRASTRUCTUUR	7
FASE 3 VAARTUIGONTWIKKELING	7
FASE 4 ECONOMIE & INDUSTRIËLE CLUSTERS	7
FASE 5 MILIEU & MAATSCHAPPIJ	7
FASE 6 CONCLUSIE	7
4. RESULTAAT	8
4.1. RESULTATEN WERKPAKKETTEN	8
FASE 1 LOGISTIEK & OVERSLAG TECHNIEK	8
FASE 2 INFRASTRUCTUUR	9
FASE 3 VAARTUIGONTWIKKELING	10
FASE 4 ECONOMIE EN INDUSTRIËLE CLUSTERS	15
FASE 5 MILIEU EN MAATSCHAPPIJ	15
FASE 6 CONCLUSIE	16
4.2. VERVOLGACTIVITEITEN	16
5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	17

6. UITVOERING VAN HET PROJECT **17**

6.1. PROBLEEMSITUATIES	17
6.2. WIJZIGINGEN	17
6.3. VERSCHILLEN BEGROTING	18
6.4. PROMOTIEMOGELIJKHEDEN	18

BIJLAGES **19**

BIJLAGE 1: LOSARM INSTALLATIE	19
BIJLAGE 2: TRAJECT ALKMAAR-MIDDENMEER	20
BIJLAGE 3: VAARWEGENKAART	21
BIJLAGE 4: ALGEMEEN PLAN CO₂ SCHIP	22
BIJLAGE 5: OMSCHRIJVING SCHEEPSONDERDELEN	23
BIJLAGE 6: ECONOMISCHE BEREKENING	25
ALKMAAR-MIDDENMEER	25
BOMMELERWAARD/GEERTRUIDENBERG VANUIT ALKMAAR	25
ALKMAAR-ASTEN-ALKMAAR	26
KOSTEN LAAD/LOSARM	26

1. Inleiding

Dit project komt voort uit een eerdere onderzoeken naar de mogelijkheden van transport van vloeibare CO₂ over water. Deze onderzoeken zijn uitgevoerd vanuit de verwachting dat het gebruik van CO₂ zou stijgen en hiermee het transport over de weg een remmende factor zou worden in de ontwikkeling. In deze studies zijn een aantal zaken naar voren gekomen die voldoende aanleiding geven om het concept verder uit te werken.

Vloeibare CO₂ is een product met een aantal zeer specifieke eigenschappen als het gaat om transport. Het is niet giftig of ontvlambaar maar wel verstikkend en valt onder vervoer gevaarlijke stoffen, ADR (wegtransport) of ADN (transport over water), afhankelijk welke modaliteit gekozen wordt. Het product wordt onder cryogene condities vervoerd (-47 C bij 7 bar of -25/-30 C bij 18 bar) waardoor er ook aan de tank(s) speciale eisen worden gesteld. Om de maximale flexibiliteit van het schip/transport te waarborgen wordt gewerkt met de HACCP (eisen voor transport van voedingsmiddelen) voorschriften. De druk is min of meer normaal te noemen en bij gebruik van de juiste tanks hoeft er geen extra koeling toegepast te worden tijdens transport. Vloeibare CO₂ is een product dat nog niet over binnenwater in bulk is vervoerd en de vermarkting van dit product is jarenlang van niet al te grote importantie geweest waarbij het transport over de weg uitgevoerd werd. Nu is er een situatie ontstaan waarbij met name de glastuinbouw sector behoefte heeft aan CO₂ en er steeds meer CO₂ afgevangen wordt bij energiecentrales en huisvuilverwerkers. Daarnaast zijn er ook chemieparken en andere gebruikers van CO₂ die baat hebben bij een nieuwe transportvorm, waardoor hoeveelheden en schaalgrootte van de industrie minder onder druk staan. Deze grotere markt zorgt er ook voor dat het transport grotere volumes aanneemt waarmee de binnenvaart in beeld komt.

Dit project is van belang omdat CO₂ transport over binnenwater een onbekende actie is en omdat onduidelijkheid bestaat over de manier van transport. Voor de zeevaart zijn er meer gegevens, zo vervoert rederij Anthony Veder reeds sinds 1999 vloeibare CO₂ en heeft Yara (kunstmest fabrikant) sinds 2015 een vloot van 3 schepen die foodgrade CO₂ vervoeren (ook zeevaart). De innovatie die samenkomt met het transport en de regelgeving voor binnenvaartschepen die hierop aangepast of getoetst moet worden is dermate vernieuwend dat een project als dit noodzakelijk is. Dit verschijnt ook bij het ontwikkelen van de ontvangende en verzendende installatie. Het ontwerp van een installatie om het vaartuig te laden en/of te lossen dient aan te sluiten op het scheepsontwerp. Bijvoorbeeld voor het verpompen van het medium kan gebruik gemaakt worden van een pomp op het vaartuig of een pomp in de "walinstallatie".

2. Doelstelling

Dit project heeft als doelstelling het technisch ontwerp te maken om het transport van vloeibare CO₂ over het water mogelijk te maken. Het gaat hierbij dan om het vaartuig of de vaartuigen en de laad/losinstallaties. Na dit project is het mogelijk om met de uitkomsten op een veilige manier dit ladingstype per vaartuig te vervoeren of is duidelijk waarom dit absoluut niet uitvoerbaar is. Daarnaast wordt de economie achter het transport onderzocht op haalbaarheid en de logistieke mogelijkheden voor verschillende losplaatsen en transporten.

3. Werkwijze

Het project is uitgevoerd conform het in het projectplan uitgewerkte werkplan (weergegeven in tabel 2). Waarna een korte beschrijving is gegeven van de hoofd fases.

Tabel 2: Fases

Fase	Korte beschrijving	Categorie: IO of EO	Uitvoerders (met namen)	Resultaat
1	Logistiek & Overslag techniek	IO	SCBV, Linde, LTO, Cryo, Noord	Antwoord op de technische onderzoeksvragen voortkomend uit de vragen in dit WP
1.1	Laad/losfaciliteit per locatie	IO	SCBV, Linde, LTO	Overzicht van de mogelijkheden per locatie
1.2	Snelheid laden/lossen per locatie	IO	SCBV, Linde, LTO	Overzicht van de techniek en de mogelijkheden van het laden en lossen
1.3	Pompkeuze	IO	SCBV, Linde, Cryo, Noord	Antwoord op de vraag waar welke pomp te plaatsen voor het laden en lossen
1.4	Tankgrootte	IO	SCBV, Linde, Cryo, Noord	Antwoord op de vraag welke tankgrootte het best toepasbaar is
1.5	Onderzoek ontwerp bestaande faciliteiten	IO	SCBV, Linde, LTO, HVC	Inzicht in de bestaande situaties met daarbij verbeterpunten
1.6	Techniek achter overslag	IO	SCBV, Cryo, Linde	Mogelijkheden van overslag
1.7	Uniforme installatie ontwerpen	IO	SCBV, Cryo, Linde, HVC, LTO	Ontwerp algemeen toepasbaar laad/losstation
2	Infrastructuur	IO	SCBV, Linde, LTO, HVC, AN, Noord, RINA	Antwoord op de logistieke onderzoeksvragen
2.1	Voorraad behoefte per locatie	IO	SCBV, Linde, LTO, HVC	Antwoord op de vraag welke hoeveelheid wanneer waarheen moet
2.2	Vaarweg capaciteit per locatie	IO	SCBV, AN, Noord, RINA	Antwoord op de vraag welke scheepsgrootte maximaal inzetbaar is
2.3	Afstand, tijd en economie	IO	SCBV, AN, LTO	Antwoord op de vraag welke economische effecten hangen aan de verschillende trajecten
3	Vaartuigontwikkeling	IO	SCBV, AN, Linde, Noord, RINA	Een uitontwikkeld algemeen scheepsplan
3.1	Scheepsgrootte	IO	SCBV, AN, Noord	Antwoord op de vraag welke scheepsgrootte het best toepasbaar is met medeneming van de uitkomsten uit voorgaande werkpakketten
3.2	Uitrusting	IO	SCBV, Noord, RINA	Antwoord op de vraag welke uitrusting minimaal aanwezig moet zijn aan boord van het vaartuig
3.3	Uitvoering	IO	SCBV, Noord, RINA, AN, Linde	Antwoord op de vraag welk uitvoering het best toepasbaar is (duwbak, motorschip, et cetera)
3.4	Bouwtekening	EO	SCBV, Noord, Linde, RINA	Een eerste algemeen plan van het vaartuig
3.5	Goedkeuring of aanbeveling	EO	SCBV, Noord, RINA	Een goedkeuring of aanbeveling voor doorgang naar bouw van het vaartuig
4	Economie & Industriële Clusters	IO	SCBV,	Antwoord op technische en economische vragen inzake CCU(S) vraag en aanbod
4.1	Onderzoek vorming industriële clusters	IO	SCBV, Linde, LTO, HVC	Inzicht in de bestaande situaties met daarbij verbeterpunten
4.2	Onderzoek Slimme Innovaties	IO		Mogelijkheden van slimme innovaties
5	Milieu & Maatschappij	IO		Antwoorden op de milieueffecten en slimmere ontwerpkeuzes
5.1	Life-Cycle-Analysis	IO	SCBV, TNO	Antwoorden op milieueffecten en slimmere ontwerpkeuzes

5.2	Promotie CCU(S) Project	IO	Allen	Draagvlak creëren van CCU(S) toepassingen
6	Conclusie			Aanbestedingsdocument
6.1	Bestek Opstellen	IO	Allen	Samenvoegen volledige uitkomsten in zichten
6.2	Vervolg Plan van Aanpak	IO	Allen	Conclusie en plan van aanpak commerciële vervolgfase

Fase 1 Logistiek & Overslag techniek

In deze fase wordt onderzocht welke laad- en losfaciliteiten noodzakelijk zijn en welke uitvoering van deze faciliteiten gewenst is. De Go/No-go beslissing wordt genomen op basis van de uitkomsten. Op dit punt wordt een beslissing genomen over het doorgaan of stoppen van het project. Uitgangspunt is hierbij met name de hoogte van de mogelijke investeringen die gemoeid zijn met de laad- en losfaciliteiten.

Fase 2 Infrastructuur

In deze fase worden de onderzoeksvragen, voorraad per bestemming, vaarweg capaciteit per bestemming, afstand tijd en economie, met betrekking tot infrastructuur (per werkpakket omschreven) beantwoord. Basisuitgangspunten zijn aanwezige infrastructuur, afstand vanaf water tot voorraadtank. De Go/No-go beslissing wordt genomen op basis van de uitkomsten uit deze fase samengevoegd met de uitkomsten uit fase 1. Basisuitgangspunten zijn de fysieke mogelijkheid om te voldoen aan de vraag (vaarweg beperkingen) dan wel een tekort aan vraag waardoor een overcapaciteit van het vaartuig zou kunnen ontstaan

Fase 3 Vaartuigontwikkeling

In deze fase wordt onderzocht welke vaartuigvorm (afmetingen, vorm, uitrusting, et cetera) het beste past in de vraag die ontwikkeld is in de voorgaande fases. Go/No-go: op basis van de uitkomsten tot dit punt wordt een beslissing gemaakt over doorgaan of stoppen. Uitgangspunt zijn hierbij de mogelijkheden die de ontwikkeling van het vaartuig biedt economisch en technisch.

Fase 4 Economie & Industriële Clusters

In deze fase worden het algemeen ontwerp van het vaartuig en logistiek concept samengevoegd en hierover wordt een economische analyse gelegd. Op basis hiervan wordt de laatste hand gelegd aan de business case en de diverse ontwerpen. Go/No-go: op basis van de uitkomsten tot dit punt wordt een beslissing gemaakt over doorgaan of stoppen. Uitgangspunten hierbij zijn de economische en industriële potentie.

Fase 5 Milieu & Maatschappij

In deze fase worden de effecten op het milieu onderzocht en worden de mogelijkheden onderzocht om maatschappelijk draagvlak te creëren. Go/No-go: op basis van de uitkomsten tot dit punt wordt een beslissing gemaakt over doorgaan of stoppen. Uitgangspunt is hierbij de invloed van milieu en maatschappij op de concluderende vermarktings- en opschalingskans.

Fase 6 Conclusie

In deze fase wordt de conclusie uit het project getrokken en een plan van aanpak voor het vervolg gemaakt. Hierbij zijn alle partijen betrokken.

4. Resultaat

Dit project heeft inzicht geleverd in de mogelijkheden en de uitdagingen die het transport van vloeibaar CO₂ met zich meebrengt. Het is bekend hoeveel een schip (300 ton laadvermogen) kost, welke prijs per ton daaraan vasthangt en welke uitdagingen nog te verwachten zijn. Het gaat hier nadrukkelijk om uitdagingen gezien het feit dat er in het onderzoek geen zaken naar voren zijn gekomen die de voortgang belemmeren, door middel van de Go/No-go beslissing. Voor het kapstokproject in Noord-Holland is door alle betrokkenen positief op het initiatief gereageerd. Voor de andere mogelijke transporten en kansen ligt dit zeker niet anders. Gedurende de laatste fase van het project zijn er zelfs extra mogelijkheden onderzocht voor de exploitatie van het schip of de schepen. Het gaat hierbij dan om het kunnen vervoeren van andere ladingstromen in de periode dat de basis transporten niet uitgevoerd hoeven te worden.

4.1. Resultaten werkpakketten

Fase 1 Logistiek & Overslag techniek

Basis van het project is het gebruik van identieke oplossingen op verschillende posities. Voor fase 1 betekent dit dat de overslag manier op de verschillende losplaatsen vergelijkbaar te plaatsen moet zijn. In de praktijk gaat het hierbij om een losarm installatie, zie bijlage 1. Voor de keuze van overslag zijn een beperkt aantal mogelijkheden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat een schip beweegt ten opzichte van de walkant tijdens laden en lossen in hoogte, maar ook horizontaal door invloed van passerende schepen. De meest voor de hand liggende variant is het gebruik van slangen zoals ook gebruikt worden bij het laden/lossen van vrachtwagens. Deze slangen zijn echter niet bestand tegen de bewegingen van het schip. Een laad/losarm is dat wel. Dit is een speciaal voor de scheepvaart ontwikkelde techniek waardoor de bewegingen opgevangen worden en er geen spanningen ontstaan in de verschillende onderdelen van de installatie. Gezien het cryogene karakter van de vloeistof is het nog mogelijk om een combinatie van beide technieken te gebruiken. Voor de functionaliteit en acceptatie is het praktisch om uit te gaan van de in bijlage 1 getoonde of een gelijkende laad/losarm.

Bij de installatie is het van belang en praktisch dat de gas- en vloeistoffase aansluiting gelijk bewegen, zodat er bij het aansluiten geen extra bewegende delen zijn. De twee aansluitingen zijn noodzakelijk. Er moet vloeistof uit het schip naar de walopslag en de druk in de tanks moet worden geregeld en beheerst waardoor ook een gasleiding naar de opslag noodzakelijk is.

Naast de laadarm is er een emergency shut down (ESD) systeem noodzakelijk. Dit systeem zorgt voor afsluitingen van de leidingen aan boord van het schip en in de walinstallatie in geval van een noodsituatie. Om de losinstallatie moet een hek geplaatst zijn zodat onbevoegden geen toegang hebben. Tijdens het lossen moet er zowel aan boord van het schip als bij de walinstallatie iemand aanwezig zijn of in staat zijn om bij een calamiteit in te kunnen grijpen. Deze voorschriften worden omschreven in het ADN (transport gevaarlijke stoffen binnenvaart) en in toepasbare PGS richtlijnen.

Voor het lossen van het schip wordt één (of twee) pomp(en) van het schip gebruikt. Dit zorgt ervoor dat niet iedere losplaats uitgerust hoeft te worden met een pompinstallatie. Voor het laden van het schip kan eenzelfde inrichting worden gebruikt met dit verschil dat het praktisch is een pomp bij de walinstallatie te plaatsen. Dit voorkomt aan boord van het schip een dubbel leidingwerk (thermisch geïsoleerd).

Per laadarm is een investering van € 1.750.000,- gemoeid (opgave Linde Gas). Het onderhoud van de installaties is relatief simpel door de geringe hoeveelheid draaiende delen. Naast een jaarlijkse keuring is het van belang lekkage testen uit te voeren op de scharnierpunten in de arm en deze punten zullen met regelmaat gesmeerd moeten worden. Aansluiten gebeurt middels koppelflenzen, waartussen aan boord van het schip een pakking geplaatst wordt.

Fase 2 Infrastructuur

Voor de infrastructuur zijn een aantal zaken te benoemen. Hierbij is de locatie van de losinstallatie ten opzichte van de voorraadtank van belang. Binnen het project wordt vanwege het kostenaspect van de benodigde leidingen een maximale afstand van 500 m aangehouden. De infrastructuur van de vaarweg (sluizen en bruggen) heeft een veel grotere impact en diversiteit. De vaarweg bepaalt door middel van maximale doorvaarthoogtes en maximale diepgang van het schip de maximale afstand tussen scheepskiel en het hoogste vast punt van het schip. Daarnaast hebben de vaarweg breedte en de afmetingen van de sluiskolk directe impact op de hoofdafmetingen van het schip. Het kapstokproject (Alkmaar-Middenmeer) kent een traject met drie sluizen en een aantal bedienbare bruggen (zie bijlage 2).

Naast een aantal beweegbare bruggen zijn er ook vaste bruggen die de doorvaarthoogte beperken. De laagste brug heeft een doorvaarthoogte van 3,65 m. De toegestane diepgang van het schip ter plaatse is 2,25 m wat een totale hoogte van 5,8 m met een marge van 10 cm oplevert. 5,8 m is dus de maximale hoogte voor het schip vanaf onderkant vlak tot het bovenste vaste punt. Naast de vaste bruggen met hun beperkingen zijn er ook belemmeringen op het gebied van bedientijden van beweegbare bruggen en sluizen (zie tabel 3).

Tabel 3: Belemmerende bedientijden

Brug	Openingstijden	Extra
Kraspolderbrug	6:00 – 22:00	Zaterdag en zondag: 9:00 – 18:00
Spoorbrug Alkmaar	6:24 – 22:02	Om de 20 minuten
Roskamsluis	9:00 – 18:00	
Braaksluis	9:00 – 18:00	
Westfrieze sluis	9:00 – 18:00	
Alkmaarse brug	9:00 – 18:00	

Overleg met de vaarwegbeheerder heeft de toezegging opgeleverd dat deze tijden flexibel zijn als het gaat om uitvoering van dit transport. De Westfrieze sluis heeft van de drie sluizen de kleinste kolk (ruimte in een sluis waarin het schip naar een ander hoogte niveau wordt gebracht) de toegestane scheepsafmetingen zijn 4,2 m lang en 6,8 m breed. De maximaal toegestane diepgang is 2,1 m op de Westfrieze vaart. Voor de Westfrieze sluis geldt dat er in de lengte afgeweken kan worden. De reden hiervoor is dat er een brug over de sluis ligt die de lengte van de kolk inperkt. Bij navraag is de volgende reactie gegeven door de provincie: "Ik heb ondertussen van de betreffende gebiedsbeheerder (de provincie hebben wij voor het beheer opgedeeld in gebieden) begrepen dat mocht de brug over de kolk in de toekomst weer open kunnen, dat dan het openen van een brug ten behoeve van het schutten van een maximaal toegestane scheeps lengte, waarbij een lange wachttijd verwacht kan worden, niet bij voorbaat uitgesloten is. Wellicht iets voor een volgende sessie om nader te bespreken aangezien dit impact heeft op de scheep lengte waarmee jullie rekenen.". Ook is in gesprekken met de provincie gebleken dat er plannen zijn om de sluisbediening te automatiseren. Met deze automatisering komt ook centrale bediening van de sluizen in beeld.

Geeft aan dat er enerzijds heel veel medewerking is om het transport over het water te faciliteren anderzijds kan er iets gewonnen worden in de lengte van het schip. Ruimte die, zo wordt ook in volgende fases verduidelijkt, zeer belangrijk is.

Voor de mogelijke andere loslocaties is een opstelling van vraag, vaartijd en vaarweg gemaakt (zie tabel 4 en 5).

Tabel 4: Laad- en losplaatsen met vaartijd in uren (enkele reis)

	Middenmeer	Geertruidenberg	Amsterdam	Rotterdam	Bommelerwaard	Asten	Delfzijl
Alkmaar	7	15	5	12	14	25	20
Amsterdam	12	12		10	9	21	14
Rotterdam	19	5	10		8	14	20

	Kampen	Erica(via Almelo)	Erica	Rilland			
Alkmaar	12	35	23	27			
Amsterdam	7	30	18	22			
Rotterdam	14	19	30	12			

Tabel 5: Vraag

		Van	Tot	Vaardagen	Ton per dag	Weken
Middenmeer Agriport	60.000	1 april	30 oktober	200	300	30
Geertruidenberg	20.000	1 april	30 oktober	200	100	30
Bommelerwaard	50.000	1 april	30 oktober	200	250	30
Kampen IJsselmuiden	30.000	1 april	30 oktober	200	150	30
Erica Klazinaveen	30.000	1 april	30 oktober	200	150	30
Asten Sommeren	In ontwikkeling					
Rilland	In ontwikkeling					

De twee tabellen geven aan dat het schip, geschikt voor het transport tussen Alkmaar en Middenmeer, qua laadvermogen ook geschikt is om de overige (toekomstige) bestemmingen te bevoorraden. In de tabel met de verschillende vaartijden wordt ook Delfzijl als bestemming genoemd, dit is een industriële klant en deze kent geen periodieke maar een continue beleving. Indien deze klant toegevoegd wordt aan het leveringsprogramma dient er een extra schip voor ingezet te worden. Uiteindelijk leveren de verschillende locaties het beeld dat er met eenzelfde type installatie en type schip geleverd kan worden.

De tabellen omvatten een selectie aan locaties en is daarmee niet al omvattend. Het gaat hierom het geven van een beeld en niet van een volledig overzicht. Waarbij sommige locaties wel binnen het CO₂ netwerk vallen en dus aanbod leveren maar helemaal niet bereikbaar zijn via vaarwegen. Daarnaast hangt het ook af van de infrastructurele mogelijkheden om vaartuigen te gebruiken in plaats van wegverkeer. Niet alle kades zijn geschikt voor het laden/lossen van gevaarlijke stoffen of de afstand naar het glastuingebied is bijvoorbeeld nog te groot. Door dit project zijn we in staat om antwoord te geven op de vraag naar transport van nieuwe trajecten. De gebruikte economische berekeningen et cetera kunnen daarbij toegepast worden voor specifieke vraag en trajecten.

Fase 3 Vaartuigontwikkeling

Tijdens het onderzoek is gebleken dat de vraag vanuit de glastuinbouw sector groot genoeg is om te werken met een schip van gelijke grote als voor de andere trajecten. Bij meer schepen met vergelijkbare uitgangspunten wordt de betrouwbaarheid van het transport groter. Bij uitval kan een ander schip dit mogelijk opvangen of kan er met een ander type bemanning een langere vaartijd gerealiseerd worden waardoor calamiteiten makkelijker ondervangen worden. Ook inkoop technisch komt er ruimte, dit vanwege de mogelijkheid om een aantal zaken in een veelvoud te bestellen wat het iets goedkoper maakt.

Gedurende het project is er twijfel geweest over de toegepaste druk in voorraad tank en in het schip. Uiteindelijk is duidelijk geworden dat er voor het schip qua ladingtanks een gelijke druk aan de walinstallatie gehanteerd kan worden. Hierbij blijft de vraag welke uitvoering de vaartuigen uiteindelijk moeten krijgen bestaan.

Er zijn twee opties met elk een variant overgebleven uit de verschillende types van nu in commerciële operatie zijnde schepen.

1. De mogelijkheid om een Spits (38 m lang, 5,05 m breed en 2,4 m diep) om te bouwen. Dit type schip wordt nu ook gebruikt om lading naar Middenmeer te vervoeren. De Spits is met de standaard breedte niet of lastig stabiel genoeg te krijgen om voldoende lading in één of twee tanks mee te nemen.
2. De mogelijkheid om een Kempenaar (55 m lang, 6,6 m breed en 2,5 m diep) om te bouwen. De Kempenaar is gunstiger stabiel te krijgen en hoeft alleen maar 13 meter ingekort te worden, dit klinkt eenvoudiger dan dat het is. Het is een behoorlijke ingreep op de geometrie van het bestaande schip. Daarnaast wordt een dergelijke ingreep vaak uitgevoerd in het ladinggedeelte waardoor er een relatief groot voor en achterschip overblijft ten opzichte van een klein middenschip. Juist in het ladinggedeelte is de lengte voor het plaatsen van de vloeistof/druk tanks van groot belang.

Officieel worden scheepstypes aangeduid met de CEMT klasse waarbinnen ze vallen. In dagelijks gebruik worden scheepstypes benoemd naar ofwel het vaargebied waarvoor het type is ontwikkeld of is de benaming een afgeleide van de scheepstype benaming uit een andere taal. De Kempenaar is qua afmetingen ontwikkeld om goederen te vervoeren door de Belgische Kempen en in Nederland door Noord-Brabant. Voor de benaming Spits moeten we teruggaan naar het begin van de 20^{ste} eeuw, het type is ontstaan uit een doosvormig houten Belgisch binnenscheepje, dat in Wallonië pointu, of peniche werd genoemd, in Nederland en Vlaanderen werd dit de Spits.

Er zijn nog een aantal scheepstypes die qua afmetingen in de buurt komen. Probleem bij bijna al deze schepen is dat die gebouwd zijn voor of net na 1960, in ieder geval een jaartal waar tijdens de bouw geen enkele aandacht werd gegeven aan ADN eisen voor bulkschepen. We hebben nog gezocht naar tankers van deze afmetingen, er waren zelfs gastankers met min of meer de juiste afmetingen en dus redelijk geschikt, echter die zijn in de loop der jaren uit de markt verdwenen. Er is voor tankers een periode geweest waarin alleen nieuwgebouwd mocht worden als er een vergelijkbare tonnage werd gesloopt. De bovenstaande feiten hebben duidelijk gemaakt dat een dergelijk traject alleen met een nieuwbouw vaartuig uitgevoerd kan worden.

Tweede mogelijkheid is of er gekozen wordt voor een duwbak of een schip:

1. Duwbak
 - a. Geduwd
 - b. Zelfvarend
2. Schip
 - a. Geschikt voor dagvaart
 - b. Conventioneel met verblijf aan boord

Duwbak vs zelfvarende duwbak vs schip

Een duwbak heeft het voordeel dat er weinig investering nodig is met de minimale uitrusting, geen motoren, geen navigatieapparatuur, geen woning et cetera. Simpelweg een rechthoekige bak met een beetje vorm om te kunnen varen, tanks er in, lieren en koppellieren er op en klaar (min of meer).

Een duwbak voor de containers is de meest simpele vorm om het transport uit te voeren. Als er gewerkt zou kunnen worden met een containerkraan kan 1 duwbak 20 containers meenemen: 20 x 17

ton = 340 ton. Nadeel is dus de containerkraan die per dag 20 containers in een vaarttuig zet waarmee de inzet van zo'n kraan niet echt optimaal is. 2^{de} nadeel is dat eenzelfde kraan ook in Middenmeer gestationeerd moet zijn. Als het mogelijk is om de containers 's nachts in Alkmaar te vullen zijn er 2 sets containers nodig, dus 40 containers voor 1 transport. Als er meer tijd nodig is om de containers te vullen tellen die hier nog bij op tot een maximum van 3 sets (60 st.).

Om een duwbak voort te bewegen is een duwboot nodig, door het traject heen zijn drie sluisen waarbij 2 sluisen een sluisenkolk van 50 en respectievelijk 52 meter hebben. Echter, de Westfriese sluis heeft een kolk (maximale schutlengte) van 42 meter. Dit houdt in dat een duwbak van 40 meter lang niet ook nog de ruimte geeft aan een duwboot van minimaal 10 meter. In de laatste sluis niet in ieder geval. Nu kan een duwbak zonder duwboot schutten, echter deze moet dan aan de andere kant wachten tot de duwboot ook door de sluis is voordat het geheel weer verder kan. Voor een dergelijke actie wordt 1 uur extra vaartijd per sluis gerekend. Voor het duwen van een met ADN goederen geladen duwbak moet de duwboot ADN gecertificeerd zijn.

Er is een mogelijkheid om een duwbak "zelfvarend" te maken, hiermee heeft de duwbak vergunning om korte afstanden zelfstandig zonder duwboot te mogen varen. Hiervoor is wel een voortstuwings installatie nodig die dan ook weer ADN goedgekeurd moet zijn. Dit is wel de oplossing voor de laatste sluis. In theorie zou de duwboot niet verder hoeven dan de Westfriese sluis en het laatste stuk kan dan door de duwbak zelfstandig gevaren worden. Bij het gebruik van 2 van deze duwbakken kan de duwboot wachten tot de 2^{de} duwbak terug door de sluis is en deze mee terug nemen naar Alkmaar. Anders ligt de duwboot te wachten tot de duwbak weer terug is en heeft het voordeel eigenlijk alleen maar kosten.

Een schip vaart geheel zelfstandig de complete afstand en heeft geen zorgen over de duwboot of wat dan ook. Het schip moet echter in zijn geheel voldoen aan de ADN eisen dus ook de eventuele woning en alle verdere apparatuur aan boord.

Schip (dagvaart) vs schip met verblijf

Bij een schip geschikt voor dagvaart ontbreekt de woning en heeft de bemanning de beschikking over het noodzakelijke om 14 uur aan boord te verblijven. De gedachte is dat de bemanning aan het eind van de dag naar huis gaat. In een vast traject zoals Alkmaar-Middenmeer is dit goed te doen, er is al een schipper die zich gemeld heeft voor deze route.

Voor langere trajecten waar er ook overnacht moet worden aan boord van het schip is het praktisch om een woning/bemanningsverblijf te hebben. Er wordt hier bewust een onderscheid gemaakt tussen woning en bemanningsverblijf. Een woning geeft het idee dat er een gezinssituatie aan boord van het schip is, wat in het geval van natte bulk/tankers maar zelden voorkomt. Traditioneel zijn de gezinnen en familiebedrijven te vinden op schepen die droge bulk goederen of containers vervoeren. Bij tankers zijn het veelal meer bedrijfsmatige geëxploiteerde schepen met een bemanning. Dit heeft ook te maken met de eisen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het is ook niet denkbaar dat er kinderen op het schip aan het spelen zijn terwijl er vloeibaar gas gelost wordt.

Uitgaande van een bemanningsverblijf kom je terug op een minimale uitrusting waarbij de bemanning gezamenlijk kan eten/drinken met een eigen hut. Douche/toilet wordt gedeeld. Omdat er ruimte ingenomen wordt voor de woning en ook hier eisen aan gesteld worden is dit een kostenpost in de bouw. Indien mogelijk is de goedkoopste optie om een schip geschikt voor dagvaart te bouwen.

Vanuit het oogpunt van personeelswerving en bemanning van het schip is het van belang om een verblijf aan te kunnen bieden. De krapte op de arbeidsmarkt als het gaat om geschikt personeel, een situatie die over de gehele vloot als een probleem wordt gevoeld, maakt het noodzakelijk om

secundaire arbeidsvoorwaarden zoals een goede woning/verblijf aan te bieden. Voor het transport van CO₂ is bemanning met ADN gascertificaat vereist.

Containers

Hierna is er gekeken naar de mogelijkheden voor de lading, ook hierbij zijn er weer twee opties overgebleven:

1. CO₂ in containers
2. CO₂ in ladingtanks

Een klein probleem is dat de containers op de terugweg (zeker de onderste laag) in het water staat vanwege de ballast die nodig is om onder de bruggen door te komen. Op zich niet een groot probleem, maar beter worden de containers er niet van.

De 2^{de} optie met containers is een soort van ponton, dus geen laadruim maar een plat dek waar je met een afzetvrachtwagen de containers op kunt schuiven, dat scheelt 2 containerkranen. Je kunt op die manier maximaal 13 containers meenemen: $13 \times 17 = 221$ ton. In dat geval zou je in de piekperiode 2 containerduwbakken moeten laten varen, dan zijn er $2 \times 13 + 2 \times 13 = 52$ containers nodig. Het probleem van het ballast water telt in dit geval minder omdat er in het ponton ruimte genoeg is voor ballasttanks. Er moet een vrachtwagen ingeschakeld worden om de containers van de HVC naar de laadkade te brengen (en ze op het vaartuig te plaatsen) en een vrachtwagen om datzelfde in Middenmeer nog eens te doen.

Als de klant (de glastuinbouwer) ervoor kiest om de containers als opslag te gebruiken is er een extra set nodig en komt het totaal op 65 containers. Voordeel met de containers is dat er naar behoefte bij de glastuinbouwers afgeleverd kan worden. Nadeel is dat er steeds een set achterblijft als voorraad. 1 container kost in de huur € 65,- per dag. Het totaal kost in huur dan aan containers al € 4.225,- per dag. Dit afzettende tegen de kosten van het varen met een schip, zoals berekend in bijlage 6, geeft aan dat containers voor een langdurig transport te duur zijn. Voor het opstarten van het transport zou het een mogelijkheid zijn. Nadeel is dat de containers wereldwijd zeer gewild zijn en er daardoor een tekort is ontstaan.

Voor het gebruik van ladingtanks waarbij je zou kunnen betwisten of de stand van de tanks (liggend tegenover staand) verschil maakt. Prijstechnisch maakt deze optie niet veel uit voor de kostprijs van de tanks. Echter is het leidingwerk veel uitgebreider bij gebruik van staande tanks (meer tanks dus ook meer aansluitingen) en met de testdruk van 27 bar is alles extra ook extra investering (fors). Hierdoor is de keuze gemaakt om liggende tanks te gebruiken. Bij het gebruik van ronde (cilindrische) tanks blijft er altijd loze ruimte over (de ruimte tussen de cirkels). De ladingtanks in een schip zijn, gezien voorgaande, echter wel meest geschikte variant.

Afmetingen transport

Voor het transport naar Middenmeer ligt de gemiddelde vraag in het seizoen op 300 ton per dag. Het nu ontwikkelde scheepsvoorstel is in staat maximaal 400 ton mee te nemen. De productie bij de HVC ligt op 300 ton per dag waardoor er in de pieken van het seizoen de vraag ontstaat of de gehele oplossing voldoende biedt om aan de vraag te kunnen voldoen. Daarnaast is het blijkens tabel 4 lastig om heen en weer te varen, Alkmaar-Middenmeer-Alkmaar op 1 dag (het gaat net). Bij het meenemen van transporten naar het glastuinbouwgebied van Heerhugowaard (20.000 ton per jaar op seizoen basis) zouden de vraag en aanbod in het voor- en naseizoen beter aansluiten op de transportmogelijkheden. Voor de pieken in de vraag zal dan, mogelijk in eerste instantie, een ander alternatief gezocht moeten worden.

De vraag is of één schip voldoende is, eigenlijk niet, maar wat te doen met het tweede schip? Er is een forse periode waarin het 2^{de} schip geen functie heeft in het transport naar Middenmeer. Kijkende naar het gehele transport, dus ook de vraag voor andere glastuinbouw gebieden, is duidelijk dat er steeds maximaal 300 ton per dag nodig is, voor de meeste locaties geldt dat het minder is. Van de andere bestemmingen zijn Asten en Klazinaveen aangemerkt als "kleine" routes. Asten kan minimaal 50 m lang en 6,6 m breed schepen ontvangen en Klazinaveen is sterk afhankelijk van de exacte locatie van de loskade. Op de vaarwegenkaart (bijlage 3) is te zien dat Erica/Klazienaveen bereikbaar is via de verlengde Hoogeveense vaart (Klazienaveen) met de maximale scheepsafmetingen 40 m lengte en 5,85 m breed en een diepgang die schommelt tussen 2,5 m en 1,9 m met een minimale uitloop naar 1,1 m.

Als het gebied Klazienaveen bereikbaar is via het Stieltjes kanaal dan zou de afmeting naar 60 m lang en 6,6/6,8 m breed kunnen en een diepgang van 1,9 m. Het verschil in bereikbaarheid wordt gecreëerd door de aanwezigheid van twee sluisen bij/tussen Klazienaveen en Emmen. In principe kan hier bij wijze van spreken 500 m verschil in locatie uitmaken welk schip toepasbaar is.

Overigens heeft het bereikbaar zijn van Klazienaveen via het Stieltjes kanaal wel een gevolg. Dan moet via het Twente IJsselkanaal gevaren worden en dat scheelt ten opzichte van de verlengde Hoogeveense vaart richting Alkmaar en Amsterdam ongeveer 12 uur (meer).

Voor de overige bestemmingen geldt dat het schip redelijk groot kan zijn tot 2.150 ton (100 m lang en 9,5 m breed). Echter gezien het verbruik van die bestemmingen hoeft een 2.150 ton groot schip maar af en toe te leveren aan de desbetreffende bestemming. Dat houdt in dat het schip niet optimaal benut wordt en daardoor relatief duur wordt. Daarnaast wordt iedere ontvangende partij min of meer gedwongen om minimaal 2.500 ton aan voorraad te kunnen opslaan (2.150 ton + wat reserve), ook dit is een investering.

Er is ook een mogelijkheid om meer kleine schepen te bouwen en daarmee het probleem van het eventuele tekort voor Middenmeer op te lossen, maar ook de andere bestemmingen niet van een heel grote voorraad te moeten voorzien. Wat doen deze schepen in de periode dat het voor de glastuinbouw geen seizoen is? Voor een groot schip is het simpel: deze kunnen ingezet worden in het transport voor de opslag in de zeebodem of het transport naar Delfzijl. Het transport vanaf bijvoorbeeld Stein (binnenvaarthaven voor Chemelot) (opslag in de zeebodem) moet echter ook in de zomer uitgevoerd worden waarvoor al schepen zijn, aanvulling is dan niet direct nodig. En naar Delfzijl is de vraag per dag ook niet hoger dan 278 ton (inschatting nu) per dag. Dit moet altijd gevaren worden dus is ook hier al iets geregeld, in ieder geval geen ruimte voor een groot schip extra. Indien het aantal kleine schepen op een optimum gehouden wordt met 1 extra schip om de gaten op te vullen zou het mogelijk zijn om het transport naar de glastuinbouw uit te voeren en in minder drukke periodes opslag of korte transporten uit te voeren.

Voor een vaartuig met tanks moet een laad/losinstallatie worden geplaatst. Iedere locatie die CO₂ ontvangt of verstuurd moet de tanks in het vaartuig kunnen vullen of legen waarbij het vaartuig zelf de pomp heeft. Er hoeft dus "alleen" een laad/los punt (normaal gesproken een knikarm met alarmeringen, omheining en aarding) geplaatst te worden. Daarnaast moet er een leiding naar de voorraadtank aangelegd worden. Dit alles in een voldoende groot formaat zodat er niet al te veel tijd verloren gaat met het laden/lossen (gemikt wordt op 300 ton per uur). De vraag is: is een kraan duurder dan een arm met leiding?

De modeltekening van het voorspelde schip is bijgevoegd als bijlage 4. De totale lijst met kwalificaties van het schip wordt besproken in bijlage 5.

Fase 4 Economie en Industriële clusters

Voor aanvang van het project zijn er een aantal CO₂ stromen gelokaliseerd in samenspraak met LindeGas. Het gaat dan vooral om CO₂ uit chemische processen. Tata Steel in IJmuiden maar ook OCI in Geleen zijn producenten van deze goederenstroom. Gedurende het project is er steeds twijfel geweest over de inzet van bijvoorbeeld de CO₂ van TATA steel.

Er is een overzicht van de economische mogelijkheden maar gezien de vraag binnen de glastuinbouw (de groene CO₂) en het geleverde product is er minder aandacht geweest voor deze clusters. Ook is er gekeken naar de mogelijkheid om het schip zo te maken dat er bijvoorbeeld ook naar Parijs gevaren zou kunnen worden. Dit om de afzet van het product te vergroten. Technisch levert het transport naar Frankrijk een probleem op met de stabiliteit van het schip. De maximale scheepsbreedte richting Parijs ligt op 5,75 m, dit maakt het schip iets meer dan een meter smaller. Ook de in te zetten tank wordt minder in diameter. Het schip mag wel langer worden (maximaal 80 m). De zorg ligt daarbij vooral in de stabiliteit.

Voor de voortstuwing is in het schip gekozen voor een elektrische voortstuwing die gevoed wordt door een energie drager. Hiermee is er vrijheid gecreëerd voor de keuze van energie opwekking. Er zijn grofweg 3 mogelijkheden:

1. Conventionele diesel generator set.
 - Milieuvriendelijke variant mogelijk met Bio Methanol, groene waterstof of Bio LNG als brandstof.
2. Energieopwekking middels een turbine
 - Voor de turbine variant geldt deze vrijheid in brandstof keuze ook, de operationele kosten van een turbine liggen lager dan bij een normale verbrandingsmotor, de investeringskosten van een normale verbrandingsmotor zijn dan weer lager. Pas bij een inzet periode van meer dan 10 jaar en een inzet van 2.500 uur per jaar wordt de turbine variant goedkoper.
3. Accu's
 - Voor accu's geldt dat er een behoorlijk pakket aan boord moet zijn om het traject te kunnen varen, wat vanwege het gewicht van accu's meteen ingrijpt op het laadvermogen van het schip. Ook moet er op de laad- en loslocaties een (snel)laadstation gerealiseerd worden om de accu's weer bij te vullen gedurende het laden of lossen, wat extra infrastructuur met zich meebrengt.

Gezien de vernieuwing op het gebied van ladingsoort lijkt het niet verstandig om ook te kiezen voor een "nieuwe" brandstof, zoals waterstof. Vooruitgang moet in stappen niet in sprongen. Op dit moment is er gekozen voor de optie om het schip geheel elektrisch te maken en in eerste instantie te kiezen voor een verbrandingsmotor als energie opwekker. De brandstof zal dan de zogenaamde blauwe diesel zijn waarmee een stage V-uitstoot¹ bereikt wordt en de emissie CO₂ neutraal is.

Verschillende economische berekeningen zijn doorgevoerd en bijgevoegd in Bijlage 6.

Fase 5 Milieu en maatschappij

Gedurende het project is met verschillende groeperingen gesproken over het transport waarbij in eerste instantie vooral gezocht is naar entiteiten met zeggenschap over de vaarweg of vergunningsverstrekkers. De weerstand om CO₂ over water te vervoeren bleek verrassend klein tot

¹ Stage V is de emissienorm voor de binnenvaart waaraan onder andere nieuwe voortstuwingmotoren moeten voldoen

nul. Met name omdat het alternatief, transport over de weg, nog minder aantrekkelijk is en omdat er weinig economische vaarbewegingen zijn op het traject tussen Alkmaar en Middenmeer.

De kansen die het transport biedt met de daarbij behorende werkgelegenheid geeft meer voordelen dan voor het begin van het transport gedacht werd. De uitkomsten van de Life Cycle Analysis (LCA), uitgevoerd op het eerste ontwerp van het schip, zijn verwerkt in het uiteindelijke concept. Voor het promoten van het project zijn een aantal presentaties gegeven. Daarnaast is er gesproken met een mogelijke exploitant/investeerder van de schepen.

Fase 6 Conclusie

Tijdens de afsluitende fase is deze eindrapportage opgesteld en daarmee een conclusie gevormd op het onderzoek, zie hoofdstuk 5.

4.2. Vervolgactiviteiten

Voor het vervolg van dit project moeten een aantal stappen genomen worden. Ten eerste moet de overgang van warmte-kracht koppelingen (wkk's) naar aardwarmte verder gestalte krijgen. Daarnaast moet de eigenaar van het transport en de goederen de laad/losinstallaties gaan plaatsen. De afvang van de HVC moet op functioneel niveau zijn zodat er CO₂ is die geleverd kan worden. Ook moet het schip nog gebouwd worden. Hierin zit een logische volgorde. De glastuinbouw is aan het werken om de stap van aardgas naar aardwarmte te maken, deze stap is van belang voor het noodzakelijk zijn van een CO₂ transport. Indien deze overstap verder gestalte krijgt zal er een grotere vraag ontstaan naar CO₂ waarmee ook de transportvraag op gang komt. Het systeem van transport van CO₂ kan ook gebruikt worden in grotere schepen, waarmee ook het transport van grotere hoeveelheden voor CCS (opslag in de zeebodem via Rotterdam of Den Helder) binnen bereik is. Het vervolg van dit project is enerzijds afhankelijk van hoe snel de vraag naar CO₂ toeneemt, anderzijds is het van belang welke onderlinge garanties en afspraken gemaakt kunnen worden.

Voor de bouw van het schip en de omliggende infrastructuur, laad/losinstallaties ect., inclusief voorbereidingen en goedkeuren moet een periode van ca. twee jaar in acht worden genomen. Vanaf het moment dat alle partijen de stap naar het transport willen maken en de detailengineering gaat beginnen heeft de bouw nog ca. twee jaar nodig tot doop van het vaartuig. Veel zal afhangen van toeleveranciers en hun levertijden. Voor de tanks is nu al een levertijd afgegeven van minimaal één jaar. De verwachting is dat dit niet minder wordt. De eerste stap voor het vervolg is dat de partijen, producent, handelaar en klant, overeenstemming bereiken over prijzen en garanties. Daarna zal middels een scherpe herberekening van de kosten en de detailengineering een update van de transportkosten gemaakt worden waarna besloten kan worden tot bouw.

Voor dit project is de conclusie dat het transport van CO₂ op basis van de nu bekende cijfers zeker kansrijk en interessant is. De prijs die nu bekend is ligt op minimaal een concurrerend niveau ten opzichte van de vrachtwagen. De onbekende factor in dit geheel zijn nog de kosten tussen laad-losplaats en opslag. Maar dit kan meegenomen worden in de volgende stap.

5. Conclusie en aanbevelingen

Tijdens dit onderzoek is er gekeken naar de mogelijkheden om vloeibare CO₂ te vervoeren middels binnenvaart. Er is gekeken naar een combinatie van technische en economische haalbaarheid. De conclusie van het project is dat het transport van vloeibare CO₂ met een binnenvaartschip mogelijk is. Het kapstok project, het traject Alkmaar-Middenmeer, heeft inzichten gegeven in mogelijkheden en barrières van een dergelijk transport.

Daarnaast is het gebleken dat de mogelijkheid van transport over water ook veel nieuwe partijen en geïnteresseerden aantrekt. Uit de tabel met losplaatsen, pagina 9, blijkt dat er nog een aantal plekken in ontwikkeling zijn die zeker kansrijk zijn. Waarbij er dus een groeiende vraag, en daarop volgend een groeiende markt, is.

Nadeel is dat er een vloot van schepen gebouwd moet worden om aan de periodieke transportvragen te voldoen. Door de periodieke vraag, grofweg tussen april en oktober, is er ook een periode waarin de schepen weinig functionaliteit hebben. Dit maakt dat de investeringen en daarmee de kostprijs per ton specifiek op het CO₂ transport afgeschreven dienen te worden. Om hierop in te spelen is het een mogelijkheid om de schepen ook geschikt te maken voor het transport van LNG. Dit betreft een kleinschalige aanpassing maar opent wel kansen om breder ingezet te kunnen worden en het hele jaar te varen.

Vanuit dit project kan er worden gesteld dat er zeker mogelijkheden zijn voor het transport van vloeibare CO₂ middels binnenvaart. Echter, hiervoor moet rekening gehouden worden met mogelijke markt veranderingen die de vraag beïnvloeden. Een vervolgstap op dit project zal een demonstratie project met de bouw van 1 schip zijn. Hiermee kan dan verder getest worden of de genoemde specificaties en verwachte markt kan worden aangedragen. Daarnaast blijft het van belang dat er gekeken wordt naar de veranderende haalbaarheid van dit proces. Uitkomsten van dit project geven houvast en een beeld van de mogelijkheden voor de toekomst. De genoemde prijzen en economische berekeningen zullen voor een vervolgstap nog van een update moeten worden voorzien. Simpelweg omdat de markt sterke prijsverschillen in periodes laat zien en met name bemanningen, keuringen en andere nevenkosten aan prijsstijgingen onderhevig zijn. De in dit project uitgevoerde berekeningen zijn een momentopname en kunnen in de toekomst afwijkende waardes laten zien.

6. Uitvoering van het project

6.1. Probleemsituaties

Binnen de uitvoering van het project zijn er, behoudens een personele wijziging bij een van de deelnemers, nauwelijks probleemsituaties geweest. Het vergaderschema was voldoende, niet alle deelnemers zijn bij alle vergaderingen geweest. Dit was ook niet noodzakelijk. Tussentijds is er contact geweest met RvO over de voortgang en over mogelijkheden die het project voor de markt kan brengen.

6.2. Wijzigingen

Omdat deze rapportage het eind betekent van het project lijkt het alsof sommige zaken in een andere fase ontwikkeld zijn dan vooraf bedacht. De praktijk is dat het onderzoek de stappen wel gevolgd heeft, echter sommige uitkomsten hebben direct invloed op voorliggende werkpakketten. Met het ontwikkelen van het vaartuig ligt dit op hetzelfde vlak. Vooraf is gesteld dat het kapstok project een klein apart schip zou behoeven. Na het uitwerken van de verschillende cases blijkt dat de vraag bij andere glastuinbouwgebieden op een vergelijkbare schaal ligt en dus met een vergelijkbaar schip qua afmetingen gewerkt kan worden. Dit heeft grote gevolgen voor het project.

6.3. Verschillen begroting

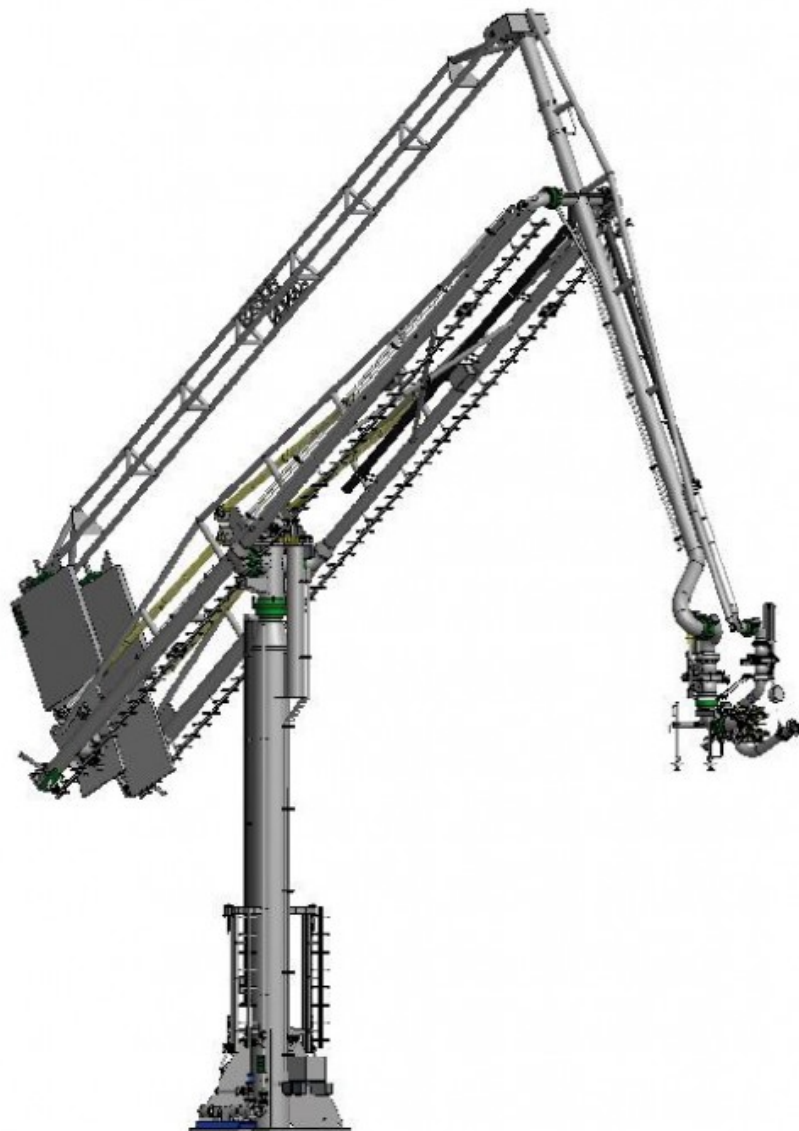
Het project is conform begroting uitgevoerd.

6.4. Promotiemogelijkheden

Voor de promotie van het project en de mogelijkheden wordt gebruik gemaakt van de kansen die CATO biedt, maar ook wordt gebruik gemaakt van de kanalen via LTO Glaskracht en Greenport Noord-Holland Noord.

Bijlages

Bijlage 1: Losarm installatie



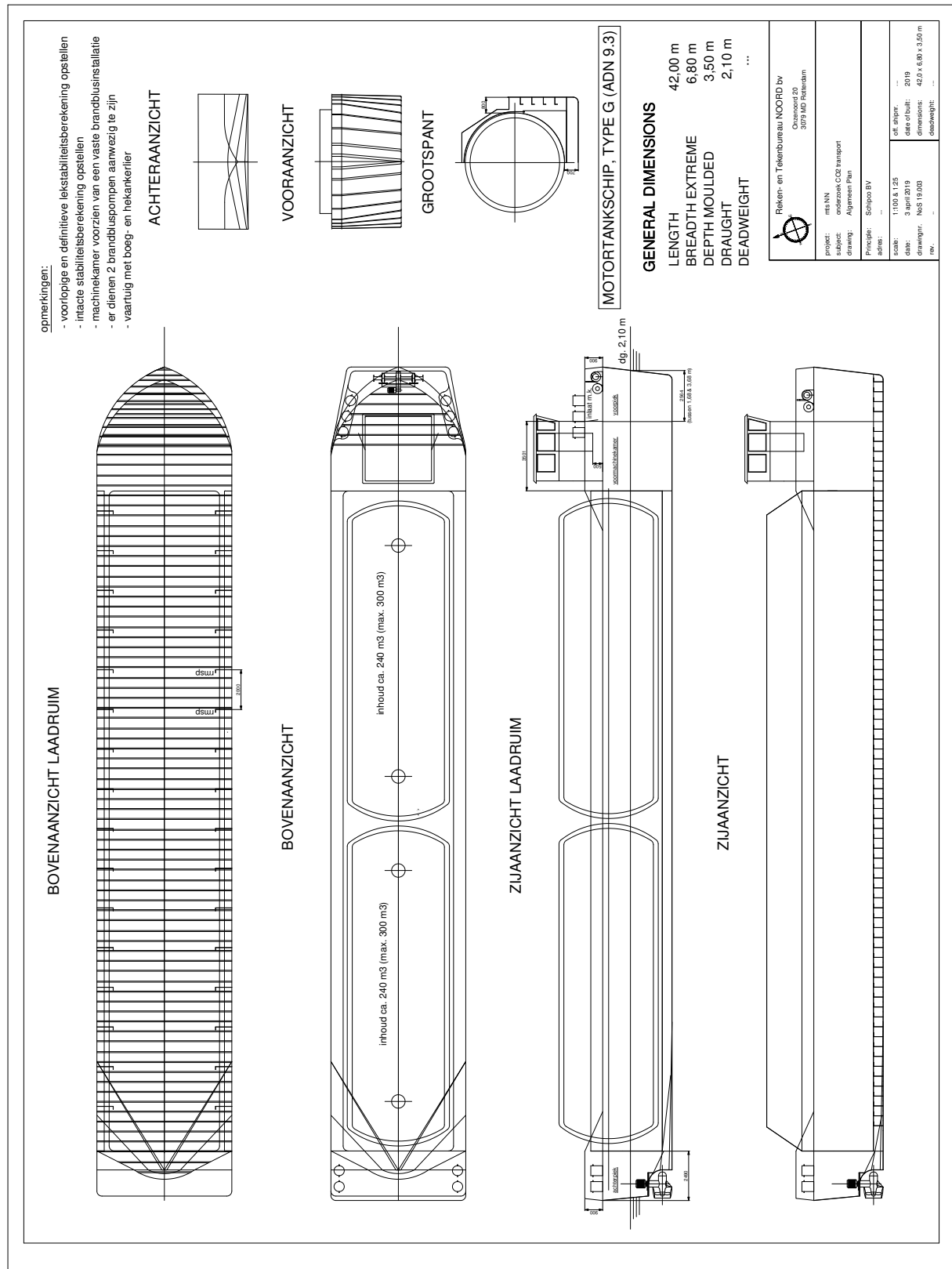
Bijlage 2: Traject Alkmaar-Middenmeer



Bijlage 3: Vaarwegenkaart



Bijlage 4: Algemeen plan CO₂ schip



Bijlage 5: Omschrijving scheepsonderdelen

Uitrusting CO₂ schip:

- Voorschip
 - (radar)mast
 - Bolders 9 stuks
 - Ankerlier (draad)
 - Visoog camera
- Stuurhut
 - Radar/plotter gecombineerd (daglicht)
 - Marifoon (dubbel)
 - Dieptemeter
 - Bochtaanwijzer
 - Windmeter
 - Camerabeeldscherm
 - Stuurinrichting met automatische piloot
 - Voortstuwingsregelaar
 - Brandblusser (poeder) 6kg
 - Ladingcomputer (niveau, druk temperatuur, pompbediening, etc)
 - Ballastbediening en niveaubewaking middels scherm inclusief diepgangsinformatie
- Wc
- Kitchenette
- Voorpiek
 - Ballastpomp
 - Staal geconserveerd
- Machinekamer
 - Volvo-Penta 300 kW aggregaat (stage V)
 - Gasolietank
 - Schotten 60 minuten brandwerend
 - Ventilatie 1.000m³/h 3 standen schakelbaar (Witt&Sohn) max. 30x ventilerend
 - Ventilatieopeningen in de bolderkasten
 - Brandblusinstallatie bediening in de ingang
 - Machinekamer ingang voorkant stuurhut
 - Buiskopschroef
 - Branddetectie (Dräger)
- Gangboorden
 - 60cm breed reling aan de waterzijde
 - Denneboom overgaand in trunkzij
 - Per gangboord midscheeps 1 kleine bolder
- Ladingruimte
 - Bruto inhoud ca. 700 m³
 - Twee ladingtanks geschikt voor CO₂
 - Aansluitingen iedere tank
- Vloeistof Topfill / bottomfill
- Gas
 - Dampretour
 - Niveau
 - Druk
 - Temperatuur
- Tegen voorschot pomp voor tank 1
- Ladingpomp type 300WUC-2R (200m³/hr)

- Leiding naar laad/losaansluitpunt
- Tussen de twee tanks pomp voor tank 2 aansluiting identiek aan pomp 1
- Ventilatie ladingruimte
 - Netto inhoud ca. 100m³ (700-600)
 - Max ventilatie 3.000m³/hr (30 x ventileren) Witt&Sohn ex uitvoering
 - Twee ventilatoren elk 3.000m³/hr bi directioneel aanzuigen middels pijp geplaatst aan beide lange zijdes van het ruim uitblazen in de trunkzijde bovenzijde. Ventilatie heeft 2 standen en kan per ventilator geschakeld worden, op basis van de windrichting wordt de uitblaasrichting gekozen (lijzijde)
- CO₂ detectie in het laadruim
- Ballast mogelijkheid met ballastzakken (ter voorkoming water in de overige installatie)
- Achterschip
 - 4 bolders
 - Ankerlier (draadlier met e-motor) met achter anker in ruimte achterschip
- Twee ruimtes voor thrusters met elektromotoren
- 1 ruimte tussen thrusterruimtes en ladingschot (60 minuten brandwerend beide zijdes) voor schakelkast en frequentie regelaars
- Blussysteem geschikt voor e-ruimtes
- Overige ruimte achterpiek met ballastmogelijkheid
- Trunkdek schuin gehoekt of rond van composiet binnenzijde brandwerend
- Loopdekken/gangboorden voorzien van antislip profiel 8mm staal
- Scheepshuid 8mm
- Vlak 10mm
- Spantafstand 50cm
- Spantuitvoering u profiel
- Ter plaatse van de tank extra versterkingen
- De tanks worden "los" geplaatst
- Kimmen rond radius 25cm 12mm dik
- Voorschip
 - Ankers opgeborgen in overhang
 - Bovenzijde "duwbak" vorm voor ruimte op voordek
 - Tank uitvoering
- Uitstroombeveiliging
- Vulaansluiting
- Verder conform eisen
- Laad/losaansluiting midscheeps
- Beide zijdes
 - Vloeistof en dampretour aansluiting 4 duim flensaansluiting
 - Laad/loscomputer esd beveiliging
 - Aarding mogelijkheid beide zijdes

Bijlage 6: Economische berekening

Alkmaar-Middenmeer

Hoeveelheid ton	275	6.050	71.500	42.900	60.000
Prijs per ton	€ 11,06	€ 15,14	€ 15,37	€ 12,81	€ 12,19

OPEX	Per dag	Per maand	Per jaar	Meer inzet per periode	Dedicated per periode
Bemanning	€ 950,00	€ 28.500,00	€ 342.000,00	€ 171.000,00	€ 171.000,00
Brandstof	€ 300,00	€ 9.000,00	€ 108.000,00	€ 54.000,00	€ 54.000,00
Vaarkosten	€ 12,50	€ 375,00	€ 4.500,00	€ 2.250,00	€ 2.250,00
Provisie en adm.	€ 91,50	€ 2.745,00	€ 32.940,00	€ 16.470,00	€ 16.470,00
Onderhoud en reparatie	€ 200,00	€ 6.000,00	€ 72.000,00	€ 36.000,00	€ 36.000,00
Verzekering	€ 75,00	€ 2.250,00	€ 27.000,00	€ 13.500,00	€ 27.000,00
Reiskosten	€ 15,00	€ 450,00	€ 5.400,00	€ 2.700,00	€ 2.700,00
Overige	€ 40,00	€ 1.200,00	€ 14.400,00	€ 7.200,00	€ 7.200,00
Menage	€ 25,00	€ 750,00	€ 9.000,00	€ 4.500,00	€ 4.500,00
Rente en aflossing	€ 676,00	€ 20.561,76	€ 246.741,11	€ 123.370,56	€ 246.741,11
Ak winst en risico	€ 596,25	€ 17.957,94	€ 215.495,28	€ 107.747,64	€ 141.965,28
Totale kosten	€ 2.981,25	€ 89.789,70	€ 1.077.476,39	€ 538.738,20	€ 709.826,39

Deze prijzen hebben de volgende uitgangspunten

- Rente bancair gedeelte (75%) 2%
- Rente privaat gedeelte (25%) 6%
- Investeringsbedrag € 2.984.000,-
- Afschrijvingstermijn 15 jaar
- Restwaarde € 200.000,-

De prijs per ton is een uitgangspunt, zoals te zien is er een variatie in prijzen met elk hun eigen achtergrond. De eerste drie kolommen geeft steeds de tonnenprijs aan per periode, dus per dag, per maand (22 dagen) en per jaar (260 dagen). Kolom vier geeft weer wat de prijs per ton zou zijn als er ook andere goederen vervoerd kunnen worden. En kolom vijf geeft weer wat de kosten zijn als het personeel wel op andere schepen ingezet kan worden, maar het schip alleen de 60.000 ton vervoerd die gevraagd zijn voor Middenmeer.

Bommelerwaard/Geertruidenberg vanuit Alkmaar

Hoeveelheid ton	137,5	3.025	35.750	21.400	30.000
Prijs per ton	€ 23,11	€ 31,64	€ 32,12	€ 26,77	€ 24,84

OPEX	Per dag	Per maand	Per jaar	Meer inzet per periode	Dedicated per periode
Bemanning	€ 950,00	€ 28.500,00	€ 342.000,00	€ 171.000,00	€ 171.000,00
Brandstof	€ 450,00	€ 13.500,00	€ 162.000,00	€ 81.000,00	€ 81.000,00
Vaarkosten	€ 20,00	€ 600,00	€ 7.200,00	€ 3.600,00	€ 3.600,00
Provisie en adm.	€ 91,50	€ 2.745,00	€ 32.940,00	€ 16.470,00	€ 16.470,00
Onderhoud en reparatie	€ 200,00	€ 6.000,00	€ 72.000,00	€ 36.000,00	€ 36.000,00
Verzekering	€ 75,00	€ 2.250,00	€ 27.000,00	€ 13.500,00	€ 27.000,00
Reiskosten	€ 15,00	€ 450,00	€ 5.400,00	€ 2.700,00	€ 2.700,00
Overige	€ 40,00	€ 1.200,00	€ 14.400,00	€ 7.200,00	€ 7.200,00
Menage	€ 25,00	€ 750,00	€ 9.000,00	€ 4.500,00	€ 4.500,00

Rente en aflossing	€ 676,00	€ 20.561,76	€ 246.741,11	€ 123.370,56	€ 246.741,11
Ak winst en risico	€ 635,63	€ 19.139,19	€ 229.670,28	€ 114.835,14	€ 149.052,78
Totale kosten	€ 3.178,13	€ 95.695,95	€ 1.148.351,39	€ 574.175,70	€ 745.263,89

Omdat de afstand vanaf Alkmaar naar beide bestemmingen ongeveer gelijk is (in vaaruren) kan de tonnenprijs ook als vergelijkbaar worden beschouwd. In dit overzicht is een hogere post opgenomen voor de vaarkosten en de brandstofkosten, omdat er veel meer vaartijd in het traject zit. Omdat beide bestemmingen 14 vaaruren hebben is het schip minimaal 2 dagen (bemanning van 2 personen maximaal 14 uur vaartijd) onderweg voor het traject Alkmaar-Bommelerwaard-Alkmaar. Gezien de benodigde tonnages zijn hier minimaal twee schepen benodigd of één groter schip (minimaal 600 ton laadvermogen).

Alkmaar-Asten-Alkmaar

Voor de bestemming pakt het toeleveren met een 300 tons schip qua prijs per ton nog slechter uit. Voor het traject Alkmaar-Asten-Alkmaar zijn 50 vaaruren ingecalculeerd wat iets meer dan 3,5 vaardagen inhoudt ofwel maximaal 2 reizen per week. Dit zorgt ervoor dat de totale kosten omhoog gaan.

Hoeveelheid ton	275	6.050	71.500	42.900	60.000
Prijs per ton	€ 37,89	€ 51,85	€ 52,65	€ 43,87	€ 25,25

OPEX	Per dag	Per maand	Per jaar	Meer inzet per periode	Dedicated per periode
Bemanning	€ 950,00	€ 28.500,00	€ 342.000,00	€ 171.000,00	€ 171.000,00
Brandstof	€ 500,00	€ 15.000,00	€ 180.000,00	€ 90.000,00	€ 90.000,00
Vaarkosten	€ 25,00	€ 750,00	€ 9.000,00	€ 4.500,00	€ 4.500,00
Provisie en adm.	€ 91,50	€ 2.745,00	€ 32.940,00	€ 16.470,00	€ 16.470,00
Onderhoud en reparatie	€ 200,00	€ 6.000,00	€ 72.000,00	€ 36.000,00	€ 36.000,00
Verzekering	€ 75,00	€ 2.250,00	€ 27.000,00	€ 13.500,00	€ 27.000,00
Reiskosten	€ 15,00	€ 450,00	€ 5.400,00	€ 2.700,00	€ 2.700,00
Overige	€ 40,00	€ 1.200,00	€ 14.400,00	€ 7.200,00	€ 7.200,00
Menage	€ 25,00	€ 750,00	€ 9.000,00	€ 4.500,00	€ 4.500,00
Rente en aflossing	€ 676,00	€ 20.561,76	€ 246.741,11	€ 123.370,56	€ 246.741,11
Ak winst en risico	€ 649,38	€ 19.551,69	€ 234.620,28	€ 117.310,14	€ 151.527,78
Totale kosten	€ 3.246,88	€ 97.758,45	€ 1.173.101,39	€ 586.550,70	€ 757.638,89

Kosten Laad/losarm

Kosten laad/losarm per stuk	Jaartonnage	Per ton
	120.000	€ 2,25
	60.000	€ 4,50
	20.000	€13,50
Totale kosten op jaarbasis	Per stuk	€ 270.000,-