

Schip uitgerust met gasmotor

Invloed op het schip en werk van de bemanning

Onderzoeksrapport



Auteur: Kevin Rappé
Studentennummer: 68521
Opleiding: Maritiem officier
Studiejaarenssemester: 2017-2018, semester 2
Instelling: HZ University of Applied Sciences
Begeleidend docent: J. H. Luteijn
Plaats van uitgave: Vlissingen
Datum: 31/05/2018
Versienummer: 1.0

Schip uitgerust met gasmotor

Invloed op het schip en werk van de bemanning

Onderzoeksrapport

Auteur: Kevin Rappé

Studentennummer: 68521

Opleiding: Maritiem officier

Studiejaar en semester: 2017-2018, semester 2

Instelling: HZ University of Applied Sciences

Begeleidend docent: J. H. Luteijn

Plaats van uitgave: Vlissingen

Datum: 31/05/2018

Versienummer: 1.0

Afbeelding titel pagina: Anthony Veder. (2017). Coral Actinia. Geraadpleegd van:

<https://www.anthonnyveder.com/fleet/coral-actinia/>

Samenvatting

Door de opstelling van strengere Marpol Annex VI eisen zoeken producenten naar oplossingen om hun motoren aan deze eisen te laten voldoen. Een optie die steeds meer in populariteit toeneemt, is het varen op LNG. Het aanpassen van een dergelijk systeem kan een invloed hebben aan boord, dit zowel op het opereren van het schip als op de werkzaamheden van de bemanning. Het onderzoek dient om een beter beeld te krijgen op de mate van het effect op schip en bemanning indien een dual fuel motor aan boord geïnstalleerd is.

Om tot een antwoord te komen op de hoofdvraag “Wat zijn de effecten die de bemanning waarneemt bij het varen met een schip uitgerust met een gasmotor binnen de rederij Anthony Veder?” moeten de op voorhand opgestelde deelvragen beantwoord worden. Dit zijn de volgende:

- Welke gevolgen heeft het gebruik van een motor op gas op het manoeuvreren van het schip?
- In welke mate brengt het opereren en onderhouden van een gasmotor extra taken met zich mee?

Eerst en vooral is ter oriëntatie gebruik gemaakt van bestaande theorie rond deze vragen. Hierna is een enquête opgesteld die via het kantoor van Anthony Veder naar de Kapiteins en Chief Engineers gestuurd is aan boord van schepen met een dual fuel motor. Om de resultaten die uit deze enquêtes komen te bevestigen zijn interviews afgenomen aan boord van de Coral Actinia bij de Kapitein, Chief Engineer en officieren die ervaring hebben met dual fuel motoren.

De enquêtes en interviews tonen aan dat er vaak gas trips voor komen tijdens slechte weersomstandigheden. De oorzaak hiervan is het frequent voorkomen van grote load swings waar de dual fuel motor langzaam op reageert. Verder bleek dat door de complexiteit van het systeem onderhoud bemoeilijkt wordt en een aanzienlijke hoeveelheid tijd in beslag neemt. Tijdens de interviews werd aangegeven dat een Electrical Engineer het werken aan het systeem een stuk makkelijker maakt. Dit vooral omdat alles elektrisch gestuurd is en de Electrical Engineer een grotere kennis heeft van dit vakgebied.

Een verder onderzoek zal nodig zijn om te zoeken naar een oplossing om gas trips te verminderen indien het schip in gas mode moet blijven varen tijdens slechte weersomstandigheden. Ook moet een verder onderzoek gedaan worden om te bepalen als een Electrical Engineer een must is aan boord van schepen uitgerust met een dual fuel motor en hoe deze het best ingezet kan worden.

Abstract

Due to new and stricter regulations under the Marpol Annex VI engine manufacturers are looking for solutions to meet these new regulations. One of the options is using LNG as main fuel for the engine. This option has gained a lot of popularity in the last few years. The adoption of these new systems on board can have an influence on the operation of the ship and the work of the crew. This research is intended to get a better picture of the extent of the impact a dual fuel engine has on board on the operation of the ship and the work of the crew.

To answer the main question "What are the effects the crew experiences when sailing on a ship equipped with a gas engine within the shipping company Anthony Veder?" the sub-questions had to be answered first. These sub-questions are the following:

- What consequences does the use of a gas engine have on the manoeuvring of the ship?
- To what extent does the operation and maintenance of a gas engine involve additional tasks?

First and foremost existing theories about these questions were used for orientation. Afterward a survey has been done by Captains and Chief Engineer's onboard ships of Anthony Veder equipped with a dual fuel engine. To confirm the results of this survey interviews were organised onboard the Coral Actinia. In these interviews the Captains, Chief Engineers and officers who had experience with dual fuel engines could participate.

The surveys and interviews show that gas trips often occur during bad weather conditions. The gas trip occurs due to the slow response of the engine on the so called load swings. Furthermore, it appeared that due to the complexity of the system maintenance is made more difficult and more time is required to perform maintenance. During the interviews it was indicated that an Electrical Engineer makes it a lot easier to perform maintenance on the control system because he has a better knowledge of the electrical systems.

Further research will be needed to find a solution to reduce gas trips if the ship has to operate in gas mode during bad weather. Also further investigation must be done to determine if an Electrical Engineer is needed on board ships equipped with a dual fuel engine and how he can best be deployed.

Voorwoord

Als student maritiem officier aan de HZ University of Applied Sciences moet tijdens het laatste studiejaar een praktijkonderzoek uitgevoerd worden tijdens de stage aan boord. Mijn ervaringen tijdens mijn eerste stageperiode aan boord van de Coral Energy hebben mij aangezet tot het uitvoeren van dit onderzoek. De evolutie van dual fuel motoren gaat zeer snel en is zeker een interessant onderwerp om bij te houden. Dit vooral met het oog op de toekomst voor de werkzaamheden aan boord en een alternatieve oplossing om te voldoen aan nieuwe milieueisen.

Het onderzoek is in eerste instantie gemaakt om de rederij Anthony Veder een beter inzicht te geven betreffende het effect dat een dual fuel motor heeft op het schip en de werkzaamheden van de bemanning. Ook zoals eerder genoemd dient dit onderzoek ook als een werkstuk voor het afstuderen. De geraadpleegde bronnen en resultaten volgend uit het onderzoek kunnen dus ook in de toekomst gebruikt worden tijdens verschillende modules in de opleiding Maritiem Officier.

Graag zou ik Elize Mous bedanken om mij een stageplaats te geven binnen Anthony Veder en de hulp bij het verspreiden van de enquêtes naar de correcte personen. Ook mag de bemanning aan boord van de Coral Actinia niet vergeten worden, deze stonden altijd klaar om mij te helpen en waren bereid mee te doen aan de interviews die ik nodig had om tot correcte resultaten te komen.

De aanvang van het onderzoek was voor mij het moeilijkste gedeelte, dit hoofdzakelijk omdat ik een te breed aan het denken was. Hierdoor zou het onderzoek zeer snel te groot geworden zijn om goed uit te voeren. Na bijsturen van de begeleidende docent heb ik het onderzoek effectief kunnen inperken. Hiervoor wil ik dus tot slot ook zeker de heer J. H. Luteijn bedanken voor de begeleiding tijdens dit onderzoek.

Kevin Rappé
Coral Actinia, 31 mei 2017

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Theoretisch kader	3
2.1. Theoretisch effect op het manoeuvreren	4
2.2. Dual fuel motoren in de praktijk	6
2.3. Conceptueel model.....	6
2.4. Begrippen- en afkortingenlijst.....	7
3. Methode	8
5. Resultaten.....	10
5.1. Manoeuvreren met dual fuel motoren	10
5.2. Inpakt op de werkzaamheden van de bemanning.....	11
6. Conclusie	12
6.1. Deelvraag 1: Invloed op het manoeuvreren.....	12
6.2. Deelvraag 2: Invloed op de taken van de bemanning	12
6.3. Hoofdvraag: Waarneembare effecten voor de bemanning	12
7. Discussie.....	13
Bronnenlijst	14
Bijlage 1: Enquête vragen.....	17
Bijlage 2: Interview vragen	18

1. Inleiding

Volgens de IMO (International Maritime Organisation) (2017) is de uitstoot van schepen tegenwoordig een zeer groot probleem. De uitstoot van schepen stapelt zich langzaam op en dit kan later voor problemen zorgen zoals zure regen. De gassen die dan vooral problemen geven zijn SO_x (Zwaveloxide), NO_x (Stikstofoxide), CO₂ (Carbon dioxide), PM (Fijn stof) en ozon afbrekende substanties. Deze worden bijvoorbeeld geproduceerd bij het verbranden van brandstof in de motoren van schepen. Door de verhoogde concentratie van schepen in havens werd een aanzienlijke verhoging van de uitstoot van deze gassen gemeten volgens H. Saxe, T. Larsen (2004) en C. Schembari et al (2012). De uitstoot was niet enkel beperkt tot het havengebied, maar ook een ruim gebied rond de havens.

Door het invoeren van nieuwe wetgeving zoals de EEDI moet de uitstoot van CO₂ door schepen beperkt worden. Om aan deze wetgeving te voldoen werd het motorvermogen vaak verlaagd en dit kan waargenomen worden aan boord. De regels voor de uitstoot van SO_x en NO_x zullen aangescherpt worden in de Marpol (Internationaal verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen) Annex 6 eisen en dan mogen de schepen nog minder uitstoten binnen de ECA (Emission Controlled Area) gebieden.

Eén van de oplossingen om aan deze eisen te voldoen is het varen op LNG (Liquified Natural Gas) volgens CAT (2018). Uit de technische gegevens bleek dat er een afname was van het motorvermogen. Om dit te compenseren werd de diameter van de cilinder groter gemaakt, dit is echter niet genoeg om het volledige verlies goed te maken. Het motorvermogen is volgens MAN (2018) direct aan de voortstuwende kracht opgewekt door de schroef verbonden.

Toch gaan nog altijd meer schepen varen op LNG, in plaats van een uitlaatgassen scrubber en een SCR (Selective Catalytic Reduction) te installeren. Dit heeft gevolgen voor het opereren van het schip als voor de werkzaamheden van de bemanning. Dit onderzoek had als doel een beter inzicht te krijgen in de gevolgen op de werkzaamheden van de bemanning en het manoeuvreren van een schip uitgerust met een gasmotor. Bij de werkzaamheden werd voornamelijk gefocust op de tijdsduur die deze in beslag namen. Hier kon de rederij dan ook rekening mee houden tijdens het uitrusten, bemannen en opereren van hun schepen.

Hieruit vloeide de volgende hoofdvraag:

- Wat zijn de effecten die de bemanning waarneemt bij het varen met een schip uitgerust met een gasmotor binnen de rederij Anthony Veder?

Aan de hand van volgende deelvragen werd tot een conclusie gekomen:

- Welke gevolgen heeft het gebruik van een motor op gas op het manoeuvreren van het schip?
- In welke mate brengt het opereren en onderhouden van een gasmotor extra taken met zich mee?

Deze vragen werden allen beantwoord aan de hand van interviews en enquêtes. Er was dus sprake van een mixed method, dit omdat de resultaten zowel cijferwaardes als meningen en bevindingen bestonden. De enquêtes werden naar alle schepen binnen Anthony Veder gezonden die een dual fuel motor aan boord hebben. Hier konden alle Kapiteins en Hoofdwerktuigkundigen die ervaring hadden met gasmotoren hun ervaring en bevindingen delen. Met deze resultaten als basis werden dan aan boord interviews afgenomen bij de Kapitein, hoofdwerktuigkundige en officieren die ervaring hebben met dual fuel motoren. Hierdoor zijn verschillende aspecten nog helderder in beeld gekomen en de resultaten van de enquêtes te bevestigen. Tijdens het praktijkonderzoek werden de bevindingen van de personen gevraagd ten opzichte van motoren die werken op fossiele brandstoffen.

Dit rapport beperkt zich tot de rederij Anthony Veder en werd hoofdzakelijk gedaan met mensen die ervaring hebben met gasmotoren. Omdat de Kapitein en de hoofdwerktuigkundige de specialisten zijn in hun afdeling werd tijdens de enquêtes hun expertise gevraagd. Om een relevant aantal interviews af te kunnen nemen werden aan boord van de Coral Actinia ook de officieren in meegenomen worden die ervaring hebben met dual fuel motoren.

In het theoretische kader werd de huidige motor aan boord van de Coral Actinia vergeleken met de dual fuel variant van deze motor. Ook is er verder op ingegaan hoe een vermindering in motorvermogen een effect kan hebben op de manoeuvreerbaarheid van het schip. Dit werd zowel benaderd met de theorie, als de resultaten volgend uit het praktijkonderzoek. Verder wordt aangegeven in het conceptueel model hoe de verbanden binnen dit onderzoek liggen. Vervolgens kunnen we in het volgende hoofdstuk de gebruikte methode vinden voor dit onderzoek en is een weergave van de planning te zien in een Gantt chart. Verder zijn in de bijlagen de vragen voor de enquête en interviews te vinden.

2. Theoretisch kader

In de studie van E. E. Attah, R. Bucknall (2015) was vermeld dat LNG in populariteit toeneemt. Dit omdat deze in grote hoeveelheid beschikbaar is, goedkoper is in gebruik en een lagere uitstoot heeft dan fossiele brandstoffen. Om LNG doeltreffend op te slaan moet deze op -160°C gehouden worden, dan is deze namelijk 600 keer kleiner dan in gasvorm. Varen op gas heeft een nadeel, er is sprake van de zogenaamde methaanslip. Hiermee wordt bedoeld dat het mengsel van gas en lucht vanaf de inlaat direct naar de uitlaatklep stroomt. Om zo onverbrand de motor te verlaten. Dit gebeurt gedurende een korte tijd tijdens de uitlaatslag van de motor wanneer deze kleppen een korte tijd samen open staan. Hierdoor wordt de vermindering in CO_2 uitstoot te niet gedaan omdat methaan 20 tot 25 keer meer effect heeft op de opwarming van de aarde. Om dit te vermijden zal dus de klepoverlap zo klein mogelijk moeten zijn. Dit werd tevens bevestigd door Schinas O., Butler M. (2016)

Uit onderzoek van E. Bøckmann, S. Steen (2016) bleek dat general cargo schepen enkel door het gebruik van gas als brandstof een aanzienlijk lagere EEDI hebben, en ook aan de nieuwere eisen voldoen.

De Coral Actinia is uitgerust met een Caterpillar 6M43C die volgens CAT (2018) een dual fuel variant heeft. De variant is de 6M46DF. Deze laatstgenoemde kan zowel direct geïnstalleerd worden aan boord als opgebouwd worden vanuit de 6M43C door een retrofit uit te voeren. Hierbij worden enkele eigenschappen van de motor aangepast zodat deze gas als brandstof kan gebruiken.

Via de website van CAT (2018) werden beide motoren vergeleken, dit is te zien in tabel 1. Zo valt op dat er wat vermogen verloren gaat bij de dual fuel motor. Ook is te zien dat één van de afmetingen wel aangepast is bij de dual fuel motor en dit is de diameter van de cilinders. Hierdoor zal het volume van de slag groter worden en kan er dus meer gas in de cilinder gebracht worden, dit maakt een stuk van het verloren vermogen goed. Ook is te zien dat de motor aan de Tier III NO_x eis voldoet als deze in gas mode vaart. Echter als deze in diesel mode vaart voldoet deze enkel aan de Tier II eis.

Tabel 1: Vergelijking M43C en M46DF (CAT; 2017)

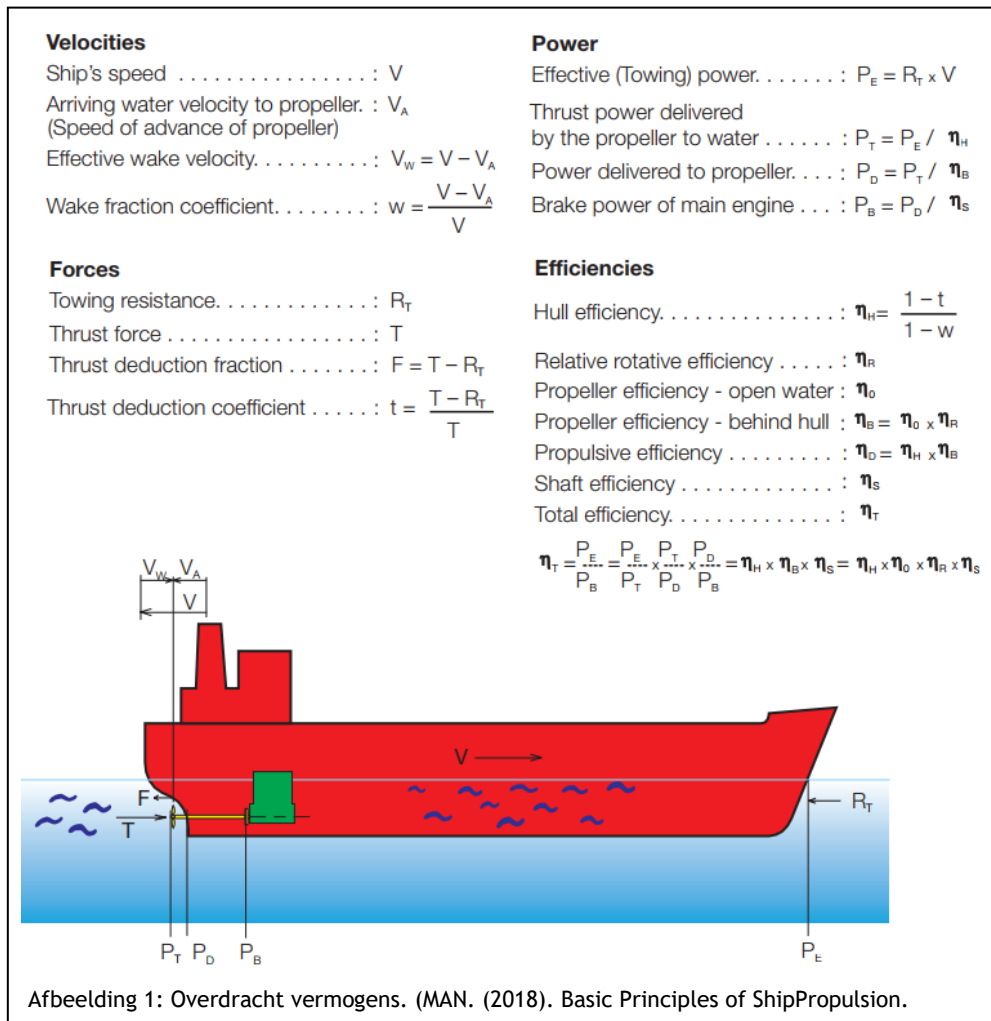
Engine	6M43C	6M46DF
Power rating		
Power Range	6000 – 9450 kW	5400 – 8685 kW
Engine specifications		
Speed range	500 – 514 rpm	500 – 514 rpm
Emissions	IMO III	IMO II in diesel mode IMO III in gas mode
Bore	16,93 in	18,11 in
Stroke	24,02 in	24,02 in
Configuration	6,7,8,9 cylinder	6,7,8,9 cylinder
Swept volume	5406,7 in ³	6181,7 in ³

K. Cheenkachorn, C. Poompipatpong en C. G. Ho (2013) gaven aan dat het algemeen bekend is dat motoren op gas een lager vermogen hebben dan motoren die draaien op fossiele brandstoffen. Hoewel het vermogen lager is zal bij de optimale operatie van beide types brandstof iets minder brandstof verbruikt worden in dual fuel mode.

2.1. Theoretisch effect op het manoeuvreren

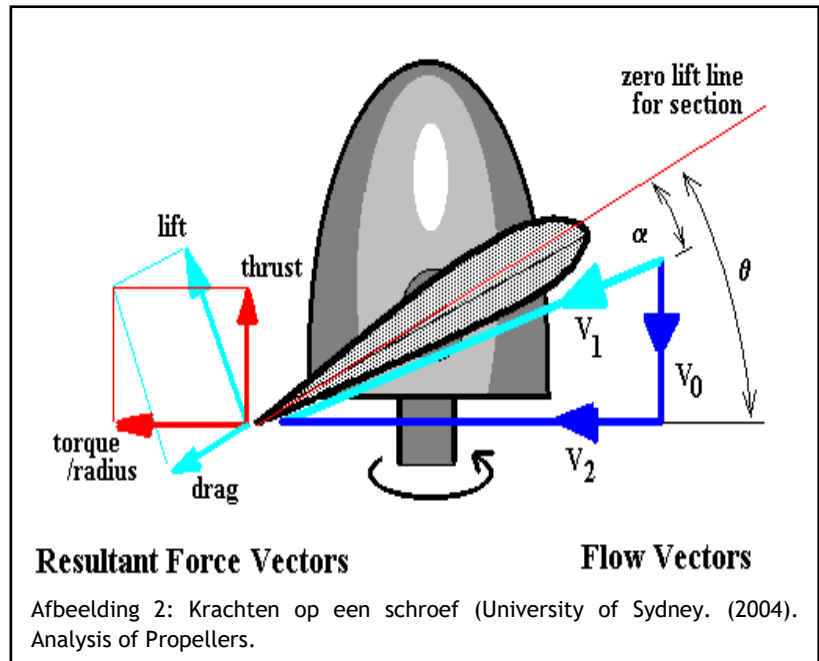
Volgens J. M. J. Journée en J. Pinkster (2002) kon men het begrip manoeuvreerbaarheid van het schip definiëren aan de hand van drie karakteristieken. Deze zijn het houden van een vaste koers, het veranderen van de koers en het veranderen van de vaarsnelheid.

De kracht die van de motor omgezet wordt in de voortstuwende kracht hing volgens MAN. (2018) af van het rendement van de as en schroef. De positie waar de vermogens worden gemeten worden zijn te zien in onderstaande afbeelding. Ook zijn hier de verschillende rendementen en snelheden weergegeven die men aan boord ondervindt.



De voortstuwende kracht die een schroef opwekt was volgens Nasa. (2018) het gevolg van het in beweging proberen te brengen van een gas of vloeistof. Dit verloopt volgens de derde wet van Newton. Dit wil dus zeggen dat als je ergens een kracht uitoefent er een reactiekracht ontstaat in de tegenovergestelde richting. Een schroef en propeller kunnen vergeleken worden aan roterende vleugels, deze genereert een lift als deze begint te draaien.

Dit werd bevestigd en aangevuld door University of Sydney (2004). Hier werd aangegeven dat er een kleine hoek ontstaat tussen het bladoppervlak en de bewegingsrichting van het water juist voor het schroefblad. Loodrecht op deze lijn wordt de liftkracht bepaald. Door deze hoek ontstaat ook een drag kracht, samen geven deze een resulterende kracht die de schroef op het water uitoefent. Deze kracht is voor ons van belang omdat deze weer opnieuw ontbonden kan worden in de stuwkracht en het koppel op deze afstand van de naaf. De afbeelding waar deze vectoren ontbonden worden is hiernaast te zien.



De krachten die het roer zal ondervinden hingen volgens Marin (2018) af van de snelheid waarmee het water langs het roer stroomt. Deze snelheid is vooral afhankelijk van de diameter van de schroef, de stuwkracht, het koppel, de rotatiesnelheid of de pitch. Bij deze laatste wordt degene genomen die men aan boord kan regelen. Volgens de TU Delft (2018) kon hieraan nog de roerhoek en het roerooppervlak toegevoegd worden.

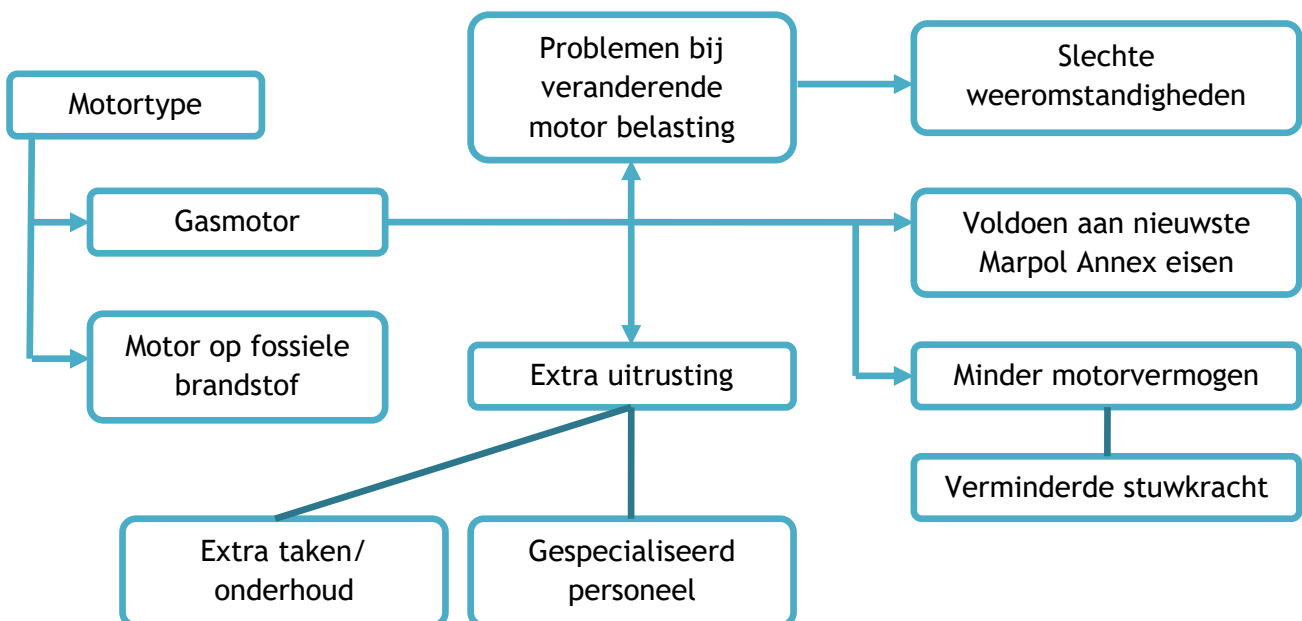
2.2. Dual fuel motoren in de praktijk

Wärtsila (2013) zei dat hun dual fuel motoren en de systemen optimaal werken. Bij proefmotoren aan boord zijn in de afgelopen 10 jaar elk ruim 40.000 werkuren in gas mode geregistreerd, in deze periode is de motor nooit buiten gebruik geweest. Ook wordt verklaard dat enkel tijdens het bunkeren van LNG de motor niet in gas mode opereerde. Er wordt dus aangegeven dat het opereren in gasbedrijf zo goed als 100% van de tijd is. Dit geldt ook tijdens dynamic position operaties en tijdens slecht weer situaties op de Noordzee. Aan boord van de schepen met deze systemen werken deze zo goed als foutloos. De meeste problemen doen zich voor in de eerste jaren na het in bedrijf stellen van de motoren.

Het onderzoek van Pestana, H. (z.j.) sprak de verklaringen van Wärtsila (2013) tegen met betrekking tot het probleemloos werken van dual fuel motoren. Uit het onderzoek van Pestana, H. (z.j.) volgde dat dual fuel motoren langzaam reageren op een verandering in motorbelasting. De verandering in belasting komt vaak voor door het varen van een schip in een golfveld en tijdens het manoeuvreren. Als de belasting verandert dan zal de brandstofinspuiting/toevoer ook veranderen. Bij dual fuel motoren betekent dit dus zowel de hoeveelheid gas als pilot fuel. De oorzaak van de vertraging die de motor ondervindt bij veranderingen in de belasting komt doordat de mechanische systemen zich trager aanpassen dan de elektrische systemen. Door de introductie van een CPP zal de merkbaarheid van deze vertraging verminderen.

Door Wärtsila (2013) werd beschreven dat dual fuel motoren tegenwoordig ook in een totaal pakket besteld worden met een gas behandelingssysteem, opslagtanks, bunker manifold, gas valve units en de benodigde regelsystemen. De hoeveelheid aan extra materiaal vraagt ook om extra onderhoud, uit onderzoek van volgens Yang et al (2013) bleek dat dit vraagt om personeel met ervaring en een ruime kennis van het systeem. Deze personen zijn niet vaak en niet gemakkelijk te vinden, hierdoor wordt het onderhoud en uitvoeren van reparaties vaak moeilijker.

2.3. Conceptueel model



2.4. Begrippen- en afkortingenlijst

- Retrofit: Dit is het aanpassen van een bestaand werktuig aan de nieuwe wensen van de eigenaar.
- Naaf: Dit is het punt waar de bladen van de schroef samen komen en aan bevestigd zijn.
- Pitch: Dit is de Engelse term voor de spoed van een schroef. De spoed is de afstand die een schroef zou afleggen indien deze in een vaste stof ronddraait.
- ECA: Emmision Controlle Area
- EEDI: Energy Efficiency Design Index
- SEEMP: Ship Energy Efficiency Managment Plan
- IMO: International Maritime Organisation
- MARPOL: Internationaal verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)
- CO₂: Carbon dioxide
- NO_x: Stikstofoxide
- SO_x: Zwaveloxide
- PM: Fijn stof
- kWh: Kilo Watt uur
- g: gram
- kW: Kilo Watt
- g/kWh: gram per kilo Watt uur
- dwt: Dead Weight
- P: Vermogen
- S_{FC}: Specifiek brandstofverbruik
- CF: Carbon Factor
- v: Vaart
- η: Rendement

3. Methode

Eerst en vooral was bepaald wat het onderwerp voor dit onderzoek precies was, hierbij is getracht het onderzoek in te perken zodat deze niet te breed werd. Hieruit kwamen de volgende onderzoeksvraag voort.

- Wat zijn de effecten die de bemanning waarneemt bij het varen met een schip uitgerust met een gasmotor?

Om antwoord te kunnen geven op deze hoofdvraag moesten enkele deelvragen uitgewerkt worden. De deelvragen waren de volgende:

- Welke gevolgen heeft het gebruik van een motor op gas op het manoeuvreren van het schip?
- In welke mate brengt het opereren en onderhouden van een gasmotor extra taken met zich mee?

De gevonden theorie rond de hoofd- en deelvragen is te vinden in het theoretisch kader onder de vorm van literatuurstudie. Dit was echter onvoldoende om tot een conclusie te komen. Hiervoor moesten deelvragen ook in de praktijk onderzocht worden. Om tot resultaten te komen was gekozen voor enquêtes en interviews.

De enquête werden opgesteld met het oog op een beter inzicht in de ervaring van de Kapitein en hoofdwerktuigkundige te krijgen. Hierbij werd vooral gefocust worden op ervaringen met gasmotoren, de effecten die men ondervondt heeft tijdens het gebruik en de tijdsbesteding die men op maandbasis extra besteed aan een gasmotor. De enquête werden in het Engels opgesteld worden via Google Forms (<https://docs.google.com/forms>), de reden hiervoor was om zoveel mogelijk mensen te kunnen bereiken. Om de enquête bij de Kapiteins en hoofdwerktuigkundigen aan boord te krijgen werd contact opgenomen met Anthony Veder. Vanaf het kantoor werden dan de enquête verspreid naar de schepen. Volgens de planning zouden de enquêtes verwerkt worden in statistieken om weer te geven in het rapport 5 weken nadat deze verzonden waren. Deze statistieken werden automatisch gegenereerd door Google Forms.

Het inzicht verkregen door middel van de enquêtes kon dan ook gebruikt worden bij het afnemen van de semigestructureerde interviews aan boord om de eerder gevonden bevindingen te verbeteren. Door het gebruik van semigestructureerde interviews kon verder gevraagd worden op de op voorhand opgestelde vragen. Zowel de indeling van de enquête als het interview is te vinden in bijlage 1 en 2. Om de interviews te verwerken werd gebruik gemaakt van coderen. Voor dit gedaan kon worden moesten de interviews volledig getranscribeerd worden. Met deze tekst kon dan gecodeerd worden. Eerst werd open coderen toegepast, hierna axiaal coderen en tot slot selectief coderen. Met deze laatste konden er uiteindelijk verbanden gelegd worden tussen de data om tot de resultaten en een conclusie te komen.

Anthony Veder had bij aanvang van het onderzoek zeven schepen met een dual fuel motor in zijn bezit. Door de beperkte tijd die beschikbaar was om het onderzoek uit te voeren werd verwacht dat slechts de helft van de Kapiteins en Hoofdwerktuigkundigen bereikt kon worden. Met dit in gedachten konden er 14 respondenten bereikt worden. De interviews werden aan boord van het stageschip bij zo veel als mogelijk Kapiteins, hoofdwerktuigkundigen en officieren die ervaring hadden met dual fuel motoren afgenomen. Voor de interviews werd een periode van 3 weken voorzien. Om de privacy te garanderen van alle personen die deelnemen aan het interview en de enquête werden deze geheel anoniem afgenomen. Dit was ook vermeld in een korte inleidende tekst voor het afnemen van de enquête en het interview.

Om het onderzoek tot een goed einde te brengen was gekozen voor een mixed method. Hierdoor bestaan de resultaten zowel uit cijferwaardes als interpretaties en ervaringen. De data die uit de enquêtes en interviews kwamen werd onderbouwd met de literatuur eerder besproken in het theoretisch kader.

5. Resultaten

De resultaten besproken onder dit hoofdstuk komen uit enquêtes afgenomen bij het zelfde aantal Kapiteins en Chief Engineers. Ook worden de interviews afgenomen aan boord van de Coral Actinia hier besproken. De meerderheid van de Kapiteins en Chief Engineers gaven aan tussen de 1 en 5 jaar ervaring met dual fuel motoren te hebben. Er werd hen onder andere gevraagd als er een voorkeur was met betrekking tot de brandstof. Hier kwam geen duidelijk resultaat uit, de helft heeft geen voorkeur en van deze die wel een voorkeur hebben is deze voorkeur zeer verdeeld. Geen enkele van de Kapiteins en Chief Engineers gaven aan in het algemeen een negatieve ervaring met een dual fuel motor te hebben, de meerderheid stelde zich wel neutraal op. De afgenomen interviews waren net zoals de enquêtes grotendeels eenduidig en kwamen bijzonder goed overeen met de resultaten van de enquêtes.

5.1. Manoeuvreren met dual fuel motoren

In de enquêtes werd ingegaan op het manoeuvreren van het schip met een dual fuel motor. De meerderheid van personen die de enquête ingevuld hebben gaven aan niets te merken van het lager motorvermogen. De weinige personen die dit wel opmerken vermeldde dat dit merkbaar is tijdens het verzoek voor een hogere of lagere motor belasting waarop de motor langzaam reageert. Dit komt voor bij het overschakelen van seaspeed naar manoeuvre speed en omgekeerd. Dit werd ook aangegeven door één van de geïnterviewde personen. Ook werd vermeld in de enquêtes dat er niet goed een “kick ahead/astern” gegeven kan worden en de motor onstabiel draait indien het schip tegen de golven in of met de golven mee vaart.

Alle respondenten gaven verder ook aan dat er al situaties geweest zijn waarbij het varen op gas niet langer mogelijk was. De duidelijke meerderheid van de respondenten (67%) gaf aan dat dit hoofdzakelijk voorkomt tijdens slecht weer.

Diagram 1: Merkbaar lager vermogen tijdens manoeuvreren

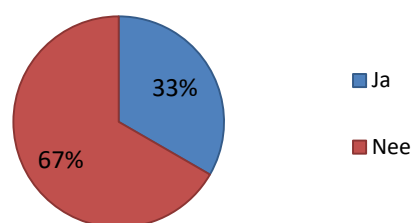
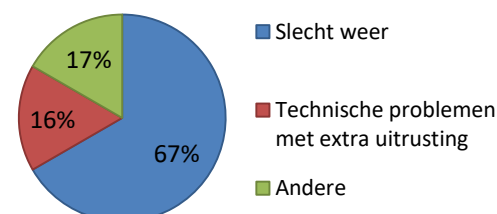


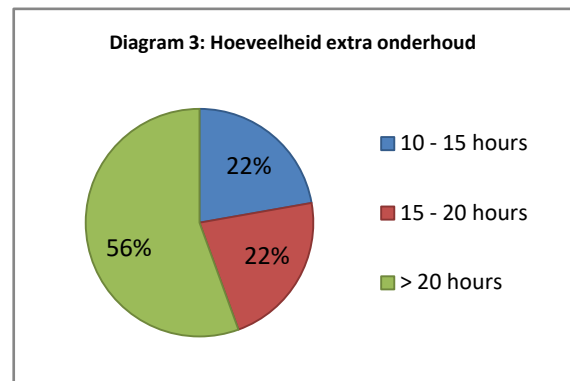
Diagram 2: Hoofdoorzaak niet langer mogelijk varen in gasmode



In de interviews kwam naar boven dat het varen op gas mode op kleinere schepen vaak moeilijk is tijdens slecht weer. Tijdens de periodes van slecht weer zijn er vaak load swings en deze veroorzaken de zogenaamde gas trips. Tijdens het interview kwam naar boven dat op een groter schip uit een andere rederij weliswaar de voorstuwing elektrisch aangedreven was. Door deze elektrische voorstuwing waren er ook minder gas trips.

5.2. Inpakt op de werkzaamheden van de bemanning

De statistieken volgend uit de enquêtes waren zeer duidelijk betreffende dit onderwerp. Een zeer grote meerderheid van bijna 85% melde dat er extra onderhoud komt kijken na het installeren van een dual fuel motor aan boord. Van deze mensen gaf iets meer dan de helft aan dat dit extra onderhoud in totaal meer dan 20 uur per maand in beslag neemt. Zoals te zien in het diagram hiernaast gaven de andere personen aan dat de tijdsduur die het onderhoud in beslag neemt per maand tussen de 10-15 uur en 15-20 uur ligt.



Door alle geïnterviewden werd aangegeven dat het onderhoud toch een aanzienlijke hoeveelheid tijd per maand vergt. De extra tijd die nodig is voor onderhoud wordt voornamelijk door de machinisten uitgevoerd. De elektrische besturing en complexiteit van het systeem maken het de bemanning vaak moeilijker waardoor er meer tijd nodig is om het onderhoud uit te voeren. Er werd dan ook aangekaart dat het zeer handig is om een Electrical Engineer aan boord te hebben. Dit werd door een van de geïnterviewde als volgt verwoord “De elek is een zeer grote hulp door de hoeveelheid en complexiteit van het elektrisch systeem. Ook was een Gas Engineer aan boord, deze houdt zich enkel bezig met het lading en compressor gedeelte aan dek.”.

6. Conclusie

Om een antwoord te kunnen formuleren op de hoofdvraag van dit onderzoek die als volgt luid “Wat zijn de effecten die de bemanning waarneemt bij het varen met een schip uitgerust met een gasmotor binnen de rederij Anthony Veder?” is gebruik gemaakt van een mixed method. Voor hier een conclusie geformuleerd kan worden voor de hoofdvraag moeten de volgende deelvragen beantwoord worden:

- Welke gevolgen heeft het gebruik van een motor op gas op het manoeuvreren van het schip?
- In welke mate brengt het opereren en onderhouden van een gasmotor extra taken met zich mee?

6.1. Deelvraag 1: Invloed op het manoeuvreren

Uit de resultaten van het praktijkonderzoek is gebleken dat tijdens het manoeuvreren zelf de meerderheid aangeeft niet te merken dat de dual fuel motor een lager vermogen heeft. Tijdens de enquêtes was het zeer opvallend dat iedereen die deze ingevuld had zich al in een situatie bevonden heeft waar het varen op gas niet langer mogelijk was. Ruim 67% gaf aan dat dit zich vooral voor doet tijdens periodes van slecht weer. Dit werd bevestigd tijdens de interviews, door hier verder op in te gaan werd duidelijk dat er een gas trip optreedt door een grote zogenaamde load swing. Dit komt frequent voor bij schepen die hevige bewegingen maken tijdens slechte weersomstandigheden. Dit ik ook af te leiden uit de gevonden theorie, dit is beschreven in het onderzoek van Pestana, H. (z.j.). Hier werd beschreven dat door het bewegen van een schip in een golfveld een continue verandering zal plaatsvinden in de motorbelasting. Ook viel het verschillende geïnterviewden op dat dual fuel motoren trager reageren op een verandering in motor belasting dan motoren die draaien op fossiele brandstof.

6.2. Deelvraag 2: Invloed op de taken van de bemanning

Tijdens de enquête gaf ruim 83% aan dat er merkbaar extra onderhoud om de hoek komt kijken indien een dual fuel motor aan boord geïnstalleerd is. Van de Kapiteins en Chief Engineers die dit verklaarden gaf 56% aan dat de extra werkzaamheden die komen kijken bij een dual fuel motor in totaal meer dan 20 uur per maand in beslag nemen. Tijdens de interviews werd duidelijk dat grotendeels van het onderhoud uitgevoerd word door de Engineers. Volgens de geïnterviewden werd het onderhoud vooral bemoeilijkt door de complexiteit van het systeem en in het bijzonder het besturingssysteem. Dit bleek ook uit het onderzoek van Yang et al (2013), hier werd aangegeven dat dit systeem vraagt om personeel met een ruime kennis en specifieke opleiding. Om het onderhoud aan het systeem een stuk makkelijker te maken werd tijdens de interviews aangegeven dat een Electrical Engineer zeer handig is om aan boord te hebben.

6.3. Hoofdvraag: Waarneembare effecten voor de bemanning

Uiteindelijk kan dus geconcludeerd worden dat er zeker verschillende effecten merkbaar zijn aan boord. Allereerst heeft de motor moeilijkheden met grote load swings, als deze voorkomen kan er een gas trip veroorzaakt worden waardoor de motor over gaat op diesel mode. Verder werd ook aangegeven dat de motor trager reageert op een verandering in de motor belasting. Dit werd eerder aangegeven in het theoretisch kader. Tot slot brengt een dual fuel motor extra werkzaamheden met zich mee die vooral door de Engineers uitgevoerd worden. Door de complexiteit van het systeem zoals aangegeven in voorgaande onderzoeken vergt dit een aanzienlijke hoeveelheid in tijd op maandbasis.

7. Discussie

Het onderzoek is specifiek gedaan met enkel mensen die werken voor Anthony Veder. Sommige hebben al meer ervaring met dual fuel motoren bij andere rederijen dit geeft dan ook nieuw inzicht. Er waren maar 6 reacties op de enquête, dit was lager dan verwacht tijdens de voorbereiding van het onderzoek. Daar tegenover kan duidelijk gezien worden dat alle enquêtes en interviews zeer eenduidig zijn. Hierdoor worden de gekregen inzichten en bevindingen bevestigd en wordt de betrouwbaarheid dus ook weer een stuk groter.

De uitkomst van de resultaten betreffende het aantal extra werkuren kwam goed overeen met de gevonden theorie. Deze kaartte aan dat de complexiteit van het systeem vaak het onderhoud bemoeilijkt voor personeel die hier niet specifiek voor opgeleid is. Er werd dan ook aangegeven tijdens de interviews dat een Electrical Engineer aan boord een grote hulp kan zijn. Dit kan dus zeker een oplossing zijn om de extra werkdruk op de bemanning aan boord te verlagen. Dit is hier niet aangetoond en zal dus verder onderzocht moeten worden.

Tijdens het onderzoek kwam vooral het nadeel van het varen op gas mode naar voren op schepen die gevoeliger zijn voor slecht weer. Door de grote load swings die de motor ervaart tijdens slecht weer komen gas trips verder voor. Er zijn mogelijkheden om de frequentie hiervan te verlagen. Een van deze oplossingen is bijvoorbeeld het varen met elektrische voortstuwing. Dit onderzoek heeft zich hier niet op gefocust en er zal dus een specifiek onderzoek nodig zijn om deze mogelijkheid te bestuderen. Tijdens dit onderzoek kan dan ook bekeken worden als dit ook een effect heeft op de reactie tijd van het gevraagde vermogen.

Bronnenlijst

- Attah, E. E., & Bucknall, R. (2015, 1 december). An analysis of the energy efficiency of LNG ships powering options using the EEDI. Geraadpleegd op 23 december 2017, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801815005120>
- Bøckmann, E., & Steen, S. (2016, 1 augustus). Calculation of EEDI weather for a general cargo vessel. Geraadpleegd op 23 januari 2017, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801816301871>
- Cheenkachorn, K., Poornpipatpong, C., & Ho, C. G. (2013, 1 mei). Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fuelled with diesel and LNG (liquid natural gas). Geraadpleegd op 11 januari 2018, van https://ac.els-cdn.com/S0360544213001412/1-s2.0-S0360544213001412-main.pdf?_tid=143560a2-fc37-11e7-92fe-00000aab0f27&acdnat=1516270095_fab8bc7a48a54b11963e657533ce2bd5
- Creatieve energie. (2009). LNG als scheepsbrandstof: ervaringen en perspectieven uit Noorwegen. Bevindingen van studiereis juni 2009. Geraadpleegd op 10 Januari 2018, van <http://docplayer.nl/1425570-Lng-als-scheepsbrandstof-ervaringen-en-perspectieven-uit-noorwegen-bevindingen-van-studiereis-15-17-juni-2009.html>
- CAT. (2017). CAT SCR System. Geraadpleegd op 9 januari 2018, van <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20171102-26771-32232>
- CAT. (2017). MAK™ DUAL FUEL. Geraadpleegd op 8 januari 2018, van https://www.cat.com/en_US/by-industry/marine/dual-fuel.html
- CAT. (2017). MARINE POWER SYSTEMS M 46 DF. Geraadpleegd op 8 januari 2018, van https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems/commercial-propulsion-engines/18547528.html
- CAT. (2017). THE FACTS ON THE MAK™ M 46 DUAL FUEL ENGINE. Geraadpleegd op 8 januari 2018, van https://www.cat.com/en_US/articles/solutions/marine/the-facts-on-the-mak-m-46-dual-fuel-engine.html
- CAT. (2017). MARINE POWER SYSTEMS COMPARE MODELS. Geraadpleegd op 8 januari 2018, van https://www.cat.com/en_US/products/product-comparison.html?productId=18547468,18547528,1000014584&type=new
- CAT. (2017, mei). Marine power solutions. Geraadpleegd op 8 januari 2018, van https://www.cat.com/en_US/articles/solutions/marine/marine-engine-selection-guide.html
- IMO. (2017). Prevention of Air Pollution from Ships. Geraadpleegd op 23 december 2017, van <http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx>

- IMO.(2017). Air Pollution, Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions.Geraadpleegd op 23 december 2017, van <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Default.aspx>
- IMO. (2017). Energy Efficiency Measures. Geraadpleegd op 23 december 2017, van <http://www.imo.org/en/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/technical-and-operational-measures.aspx>
- IMO.(2017). Prevention of Air Pollution from Ships.Geraadpleegd op 23 december 2017, van <http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx>
- MAN. (2011). Basic Principles of Ship Propulsion.Geraadpleegd op 7 januari 2018, van <https://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/propeller-aftship/basic-principles-of-propulsion.pdf?sfvrsn=0>
- MARIN. (z.j.). MARIN Propulsion. Geraadpleegd op 7 januari 2018, van https://wiki.marin.nl/images/a/a9/Propulsion_rev43299.pdf
- NASA.(z.j.).General Thrust Equation.Geraadpleegd op 7 januari 2018, van <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/thrsteq.html>
- Pestana, H. (z.j.). Laws and price drive interest in LNG as marine fuel. Geraadpleegd op 7 mei 2018, van <https://library.e.abb.com/public/31c0876062631a27c1257c9b002b7cdb/Laws%20and%20price%20drive%20interest%20in%20LNG%20as%20marine%20fuel.pdf>
- Saxe, H., & Larsen, T. (2004, augustus). Air pollution from ships in three Danish ports.Geraadpleegd op 23 december 2018, van <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231004003413>
- Schembari, C., Cavalli, F., Cuccia, E., Hjorth, J., Calzolari, G., Pérez, N., Raes, F. (2012, december). Impact of a European directive on ship emissions on air quality in Mediterranean harbours.Geraadpleegd op 23 december 2017, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231012006103>
- Schinas, O., & Butler, M. (2016, 1 augustus). Feasibility and commercial considerations of LNG-fueled ships.Geraadpleegd op 8 januari 2018, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801816300944>
- TU Delft. (2018). Hydromechanica Voortstuwing. Geraadpleegd op 16 januari 2018, van https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/Hydromechanica_1_8_Voortstuwing_03.pdf
- University of Sydney.(2004). Analysis of Propellers.Geraadpleegd op 7 januari 2018, van <https://www.southampton.ac.uk/~jps7/Aircraft%20Design%20Resources/Sydney%20aerodynamics%20for%20students/propeller/prop1.html>

Wärtsilä.(2013, 28 februari). LNG comes of age. Geraadpleegd op 7 mei 2018, van
<https://www.wartsila.com/twentyfour7/energy/lng-comes-of-age>

Yang, B., Sun, P., Huang, L., & Song, D. (2013, 13 februari).The Prospective Analysis of Marine Dual Fuel Engine Application Based on Emission and Energy Efficiency.Geraadpleegd op 7 mei 2018, van
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.858.7024&rep=rep1&type=pdf>

Bijlage 1: Enquête vragen

Nr.	Vraag	Antwoorden
1.	What is your position on board?	☐ Captain ☐ Chief engineer
2.	How much experience do you have with engines running on gas?	☐ < 1 year ☐ 1 - 3 years ☐ 3 - 5 years ☐ 5 - 10 years ☐ > 10 years
3.1.	Do you have a preference of an engine with a specific type of fuel?	☐ Yes ☐ No
3.2.	Previous "Yes": Which of the following fuel has your preference?	☐ HFO ☐ IFO ☐ MDO ☐ MGO ☐ Gas (LNG)
3.3.	Why do you prefer this fuel?	☐ Easy in use ☐ Easy in maintenance ☐ Better for eco system ☐ Lower cost for company ☐ Eye on the future (Marpol regulations)
4.	Which of these best describes your experience with gas engines?	☐ Positive ☐ Neutral ☐ Negative
5.1.	Are there extra maintenance jobs when sailing with a gas engine?	☐ Yes ☐ No
5.2.	Previous "Yes": How much time on maintenance is spend per month when sailing with a gas engine?	☐ Almost nothing ☐ < 5 hours ☐ 5 - 10 hours ☐ 10 - 15 hours ☐ 15 - 20 hours ☐ > 20 hours
6.1.	Do you notice during manoeuvring the reduced power in gas mode?	☐ Yes ☐ Sometimes ☐ No
6.2.	How do you first notice the reduced engine power?	☐ Own: ...
7.1.	Have you ever been in situations where the use of gas as main fuel was no longer possible/hard to maintain?	☐ Yes ☐ No
7.2.	Previous "Yes": Which of the following is most often the main cause?	☐ Bad weather ☐ Technical problems with main engine ☐ Technical problems with extra equipment for operation in gas mode ☐ Other
7.3.	Previous "Other": What is according to you most often the main cause?	☐ Own: ...
8.1.	Have you ever been in a situation where there was not enough installed engine power?	☐ Yes ☐ No
8.2.	In which situations is this the case?	☐ Own:...

Bijlage 2: Interview vragen

1. Hoeveel ervaring heeft u met gasmotoren? Hoe zou u uw ervaring met gasmotoren omschrijven?
2. Heeft u een specifieke voorkeur qua brandstof en waarom precies deze?
3. Komt er bij een gasmotor meer onderhoud om de hoek kijken? Uit de enquêtes blijkt dat de bemanning 15 tot 20 uur per maand aan onderhoud van het systeem besteedt, ondervond u dit ook of week dit merkbaar af?
4. Merkt u als er gemanoeuvreerd wordt met het schip dat er met de zelfde motor minder vermogen is in gas mode dan een conventionele motor op fossiele brandstof?
5. Werd er tijdens aankomst of vertrek ook in gas mode gevaren of werd er hier overgeschakeld naar diesel mode? Werd dit gedaan voor een specifieke reden?
6. Heeft u ooit problemen of situaties gehad waarbij het varen met gas als hoofdbrandstof moeilijk/onmogelijk werd?
7. Heeft u ooit problemen of situaties gehad waarbij u merkte dat er te weinig geïnstalleerd vermogen aanwezig is?