

Kleine hoek, grote invloed.

Onderzoeksrapport

Loewie De Laere, 00067284  
School: Hz University of Applied Sciences  
Bedrijf: Royal Wagenborg  
Schip: M.V. Azoresborg  
Versie: 2.0

Optimale trim voor een Wagenborg A-type vessel.

[Titel van het document]

Kleine hoek, grote invloed.

Onderzoeksrapport

Auteur: Loewie De Laere

Studentnummer: 00067284

Beoordelaar: P.G. Harts

Opleiding: Maritiem Officier

Hz University of Applied Sciences

Bedrijf: Royal Wagenborg

Schip: M.V. Azoresborg

Datum: 9/07/2017

Versie: 2.0

Bron afbeelding voorblad: http://magazine.wagenborg.com/uploads/fotoslideritem/0e72c1d7-850b-4068-a16f-0e6fe0643250/2878560934/FF59402.jpg

# Samenvatting

Wereldwijd transporteren schepen ongeveer 90% van de wereldhandel, deze schepen verstoken relatief veel brandstof, en hier kan op bespaard worden, zowel economisch als ecologisch.

Het doel van dit onderzoek was om de optimale trim te vinden voor een A-type van de rederij Wagenborg, dit is onderzocht aan de hand van een bronnenonderzoek om de nodige voorkennis te krijgen om daarna metingen uit te kunnen voeren.

Tijdens het onderzoek werd de volgende hoofdvraag beantwoord:

“Welke trim zorgt voor het meest optimale brandstofverbruik van de voorstuwingsmotor bij een A-type schip van Wagenborg?”

Dit werd gedaan aan de hand van drie deelvragen; “wat is het gemiddelde brandstofverbruik en vermogen van de voortstuwingsmotor bij een A-type schip bij dienstsnelheid?”;”hoe kunnen de invloeden van buitenaf verwerkt worden in de resultaten van dit onderzoek?” en “is er een verschil in optimale trim bij verschillende gemiddelde diepgangen?”.

De metingen van dit onderzoek zijn afgelegd bij de volgende beladingsconditie:

* T gemiddeld= 8,405meter
* Deplacement= 9884,5 ton
* Pitch= 70%

Een meting bestond uit 4 runs per trimsituatie, er zijn in totaal 6 situaties uitgevoerd, namelijk -75cm, -25cm, gelijk lastig, 25cm, 70cm en 155 cm trim waarbij de trim achterover positief (+) was en de trim voorover negatief (-). Elke meting duurde 4 uur en bestond uit 4 runs van één uur.Elke run duurde een uur wat ervoor zorgde dat een meting in totaal 4 uur duurde. Om aan de resultaten te komen is het gemiddelde genomen van de 4 runs per trimsituatie.

Uit de metingen is gebleken dat de optimale trim op -75 cm trim ligt, bij deze situatie verbruikt de voorstuwingsmotor 728kg brandstof per uur, legt het schip 14,47Nm door het water af, wat resulteert in een brandstofverbruik van 50,29kg brandstof/Nm door het water. Het brandstofverbruik stijgt echter aanzienlijk wanneer het schip achterover gaat vertrimmen.

Om de resultaten van dit onderzoek te verbeteren zou er een accuratere manier moeten zijn om de afstand door het water en het motor vermogen te meten.

De externe factoren werden beoordeeld door 4 verschillende officieren, die dit elk met hun eigen inschatting deden, dit kan geleid hebben tot iets minder accurate data.

Verder is dit enkel de ideale trim voor een gemiddelde diepgang van 8,405 meter en een gewicht van 9884,5 ton, om meer ideale trim situaties te weten moeten er meer metingen uitgevoerd worden.

# Abstract

Worldwide ships transport about 90% of the total world trade which consume a significant amount of fuel. This is something where economization is possible, both ecologically and economically.

The aim of this research was to determine the optimal trim for an A-type vessel of the shipping company Wagenborg. This happened through a desk research to gain the needed knowledge before commencing with the measurements.

In this research the main research question was the following: “Which trim situation ensures the most efficient fuel consumption for the main engine of an A-type vessel of the shipping company Wagenborg”?

This main research question was answered trough 3 sub-questions: “What is the average fuel consumption and engine power of the main engine in an A-type vessel at service speed?”; “How can the external influences be taken into account in the results of this research?”; “Is there a difference in optimal trim for different draughts/loading conditions?”

The measurements were made with the following particulars:

* Average draught= 8,405m
* Displacement =9884,5 ton
* Pitch=70%

Each measurement consisted out of 4 runs per trim situation, 6 draughts were made, -75cm, -25 cm, even keel, 25 cm, 70 cm and 155 cm trim.

Each run lasted for 1hour, which made each measurement 4 hours long. To obtain the final results an average was taken of these 4 runs for each trim situation.

From these measurements the following results were found. Under the condition where the ship consumed 728 kg fuel per hour, it made 14,47 Nm through the water and used 50,29 kg fuel/Nm through the water.

The fuel consumption rises significantly when the ship gets trim astern.

To improve the results of this thesis there should be a more accurate method to measure the distance made through the water, and to measure the engine load.

4 different officers determined the external factors; each one of them determined these in his manner. This may have led to slightly different results.

Furthermore this is only the ideal trim for an average draught of 8,405 meter, and a displacement of 9884,5 tons. To obtain more ideal trim situations more measurements should be made.

# Afkortingen

MT= metric ton = 1000 kilogram

HFO= Heavy Fuel Oil

tt= totale trim

ta=trim achterover

tv= trim voorover

Ta= Achter diepgang

Tv= Voor diepgang

Cb= Blok coëfficiënt

CFD=Computinal Fluid Dynamics

Inhoudsopgave

Samenvatting 3

Abstract 4

Afkortingen 5

1. Inleiding 1

1.1. Probleem analyse 2

1.2. Doelstelling 3

2. Theoretisch kader 4

2.1. Weerstand van een schip. 4

2.1.1. Weerstand op het schip 4

2.1.2. Wrijvingsweerstand 5

2.1.3. Golfweerstand 6

2.1.4. Wind weerstand 7

2.2. Trim en Deplacement 7

2.3. Voortstuwing 9

2.3.1. Conclusie voorstuwing 10

2.4. Conclusie theoretisch kader 11

2.5. Voorafgaand onderzoek 11

2.5.1. Resultaten onderzoek CDF onderzoek Lloyds 12

Resultaten voor snelheid door het water van 10-12 knopen. 12

Resultaten voor snelheid door het water van 12.1-14 knopen. 13

2.5.2. Conclusie Lloyds en relatie tot eigen onderzoek. 14

3. Onderzoeksmethode 15

3.1. Gekozen onderzoeksmethode 15

3.2. Opgestelde meetprotocol 15

3.2.1. Te meten waardes 16

Externe factoren 16

Scheepsgegevens 16

3.2.2. Meet methodiek 18

3.2.3. Meetpunten 20

4. Resultaten 21

4.1. Het gemiddelde brandstofverbruik en vermogen bij diensnelheid 21

4.1.1. Gemiddelde verbruik, vermogen en de actuele weersomstandigheden van die dag. 21

4.2. Hoe kunnen de invloeden van buitenaf verwerkt worden in de resultaten van dit onderzoek? 24

4.3. De metingen zelf 26

4.3.1. Te verpompen ballast 26

4.3.2. Resultaten van de metingen 27

5. Discussie 31

5.1. Toepasbaarheid van dit onderzoek 31

5.2. Nauwkeurigheid van de metingen 31

5.3. Externe factoren 31

5.4. Meetpunten 32

5.5. Afgelegde meetpunten 32

6. Conclusie 33

Bibliografie 34

Bijlagen 35

Bijlage 1: -75 cm trim 36

Run 1 36

Run 2 38

Run 3 40

Bijlage 2: -25 cm trim 44

Run 1 44

Run 2 46

Run 3 48

Run 4 50

Bijlage 3: 0 cm trim 52

Run 1 52

Run 2 54

Run 3 56

Run 4 58

Bijlage 4: 25 cm trim 60

Run 1 60

Run 2 62

Run 3 64

Run 4 66

Bijlage 5: 70 cm trim 68

Run 1 68

Run 2 70

Run 3 72

Run 4 74

Bijlage 6: 155 cm trim 76

Run 1 76

Run 2 78

Run 3 80

Run 4 82

Bijlage 7: bunkerformulier 84

# Inleiding

Uitstoot vormt een klassiek probleem dat steeds gepaard gaat met het imago van de scheepvaart, de scheepvaart is namelijk verantwoordelijk voor ongeveer 3% van de totale uitstoot van CO2 wereldwijd. (Parlement, 2015) Omdat het steeds belangrijker begint te worden om allemaal ecologische acties te ondernemen is deze scriptie de perfecte gelegenheid om hier een steentje aan bij te dragen.

Het onderzoek ging over de A-type schepen van de rederij Wagenborg die een Wartsila 6L46F hoofdmotor hebben, en werd uitgevoerd worden aan boord van de Azoresborg. Het doel van dit onderzoek was het vinden van de meest efficiënt mogelijke trim hoek voor een A-type schip, dit om zo min mogelijk brandstof per gevaren mijl te moeten gebruiken en dus de uitstoot per mijl te verkleinen.

Dat werd gedaan aan de hand van de hoofdvraag. Deze luidde als volgt: “Welke trim hoek zorgt voor het meest optimale brandstofverbruik van de voorstuwingsmotor bij een A-type schip van Wagenborg?” Deze hoofdvraag werd beantwoord aan de hand van drie deelvragen; “wat is het gemiddelde brandstofverbruik en vermogen van de voorstuwingsmotor bij een A-type schip bij dienstsnelheid?”; “hoe kunnen de invloeden van buitenaf verwerkt worden in de resultaten van dit onderzoek?” en “is er een groot verschil in optimale trim bij verschillende gemiddelde diepgang?”.

De eerste deelvraag bracht duidelijkheid brengen over het brandstofverbruik van een A-type schip. De tweede deelvraag zorgde ervoor dat er valide metingen afgenomen werden tijdens het onderzoek.

De derde deelvraag schetste duidelijkheid over het verschil in optimale trim van een A-type bij verschillende diepgangen.

## Probleem analyse

**Wat is het probleem?**

Als een A-type schip gedurende één dag aan economische dienstsnelheid vaart, dan verbruikt deze zo een gemiddelde van 20MT HFO (heavy fuel oil), dit is geen kleine hoeveelheid en elke kilogram bespaarde brandstof is zowel economisch als ecologisch een overwinning.

**Wie heeft een probleem?**

Het grote brandstofverbruik van schepen is voor twee partijen een direct probleem, ten eerste kost het de reder veel en zoekt deze altijd manieren om besparingen te doen, ten tweede is de verbranding van fossiele brandstoffen schadelijk voor het milieu.

**Wanneer is het probleem ontstaan?**

De eerste keer dat mensen zich bewust werden van de schaarste van brandstof was in de jaren 70 tijdens de olie-crisis. (Wikipedia, n.d.) Ook is het probleem verder gegroeid in de jaren 90 met het toenemende milieubewustzijn, hiervoor heeft de IMO ( International Maritime Organisation) regels opgesteld betreffende luchtvervuiling. Deze regels staan beschreven in het MARPOL (Maritime pollution) Annex VI (Prevention of Air Pollution from Ships (IMO, s.d.), deze gaan over de uitstoot van NoX en SoX.

**Waarom is het een probleem?**

Het is een tweedelig probleem, ten eerste heb je de ecologische factoren, dit is een zeer duidelijk probleem, er moet altijd rekening gehouden worden met de natuur, maar hierbij mag er niet vergeten worden dat de scheepvaart de meest ecologische manier is van goederentransport. Ten tweede heb je de economische factor, het hoofddoel van een rederij is winst maken en deze kan vergroot worden door de efficiëntie te vergroten.

## Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek was aan de hand van een theoretisch onderzoek en metingen vaststellen wat de meest efficiënte trim hoek is van een A-type schip om zo uiteindelijk brandstof te kunnen besparen. Aan het eind van het onderzoek werd er hierover een advies gegeven aan Wagenborg betreffende de ideale trim.

Bij dit onderzoek waren de bemanning van de Azoresborg en Loewie De Laere betrokken.

Met inzet van alle betrokken partijen was het mogelijk zijn om in Juni 2017 een van de diepgangen en de daaraan gekoppelde ideale trim te vinden.

# Theoretisch kader

## Weerstand van een schip.

Tijdens dit onderzoek was het de bedoeling om brandstof te besparen door een optimale trim te zoeken. Deze optimale trim heeft een invloed op de weerstand van het onderwaterschip en zal dus ook het benodigde asvermogen van de voortstuwingsmotor beïnvloeden. Hierbij moet er rekening gehouden worden met alle weerstandsaspecten omdat het onmogelijk is om deze weg te filteren. In dit hoofdstuk zullen alle weerstanden waarmee er rekening gehouden zal worden besproken worden. (Pétursson, 2009)

### Weerstand op het schip

Wanneer een schip zich door het water verplaatst zal deze invloeden van buitenaf ondervinden die zich samentellen tot de totale weerstand (Rtot).

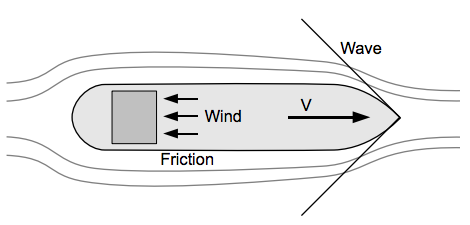
Rtot= De totale weerstand die het schip zal ondervinden wanneer deze zich door het water verplaatst.

Rwind= De weerstand die het schip zal ondervinden door de wind.

Rgolf= De weerstand die het schip zal ondervinden door de golven.

Rwrijving= De weerstand die het schip zal ondervinden door de wrijving met het water.

(Meerburg, 2016)



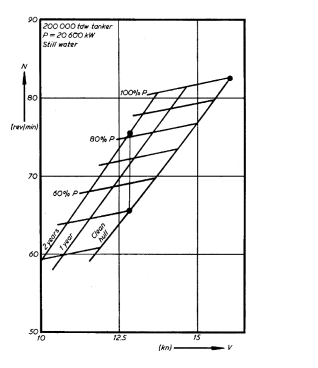
Afbeelding 1: Weergave van de weerstanden op een schip. (Pétursson, 2009)

### Wrijvingsweerstand

De wrijvingsweerstand is de grootste factor als er over scheepsweerstand gesproken wordt, deze is verantwoordelijk voor het grootste deel van de totale weerstand (40-90%). De hoeveelheid weerstand is afhankelijk van het soort onderwaterschip en hoe groot deze is, een schip met een grote blokcoëfficiënt (Cb) zal meer weerstand ondervinden dan een schip met een kleine Cb.

(MAN Diesel & Turbo, 2011)

Wanneer het schip zich door het water verplaatst zal de wrijvingsweerstand ongeveer kwadratisch toenemen met de snelheid. De wrijving zal plaatsvinden tussen de waterdeeltjes en de scheepshuid, dit heet viskeuze wrijving. Deze weerstand dat ontstaat in een dun laagje langs de scheepshuid, dit dunne laagje heet de boundary layer. De waterdeeltjes die dicht tegen de scheepshuid ‘plakken’ zullen meebewegen met het schip, hoe verder de deeltjes van de scheepshuid zitten hoe groter het verschil zal zijn tussen de snelheid van het schip en de waterdeeltjes. Dit tot op het punt waarop de waterdeeltjes niet meer aangetast zullen worden door de beweging van het schip, dit punt heet de boundary layer. (Meerburg, 2016; Pétursson, 2009)

De wrijvingsweerstand zal toenemen naarmate dat de aangroei op de scheepshuid toeneemt, dit omdat er op de scheepshuid aangroei is van algen, zeewier en andere levensvormen. De hoeveelheid aangroei op de huid van een schip zal afhankelijk zijn van het vaargebied, dit vanwege de hoeveelheid organismen in het water.

Bij een tanker van 200.000 tdw zal het benodigde vermogen met 30% toenemen 2 jaar na de laatste dokking om dezelfde snelheid te kunnen behouden.

De totale weerstand door aangroei kan oplopen van 25% tot meer dan 50%, dit kan tijdelijk vermeden worden door het gebruik van goede anti-fouling verf, regelmatig dokken of door duikers in te huren om de huid schoon te maken.

(Journée & Meijers, Ship Routeing for Optimum Performance, 1980)

Afbeelding 2: Benodigde vermogen na dokken bij 200.00 tdw tanker. (Journée & Meijers, Ship Routeing for Optimum Performance, 1980)

De dynamische waterdruk wekt een weerstand op de huid van het schip op, die gebaseerd is op de wet van Bernoulli, deze weerstand is zoals te zien in de formule hieronder zeer afhankelijk van de snelheid en de oppervlakte van het onderwaterschip.

(Pétursson, 2009; MAN Diesel & Turbo, 2011)

### Golfweerstand

##### **Het primaire golfsysteem**

Wanneer een schip door het water vaart ontstaat er een drukverschil in het nabij liggende water. De grootte van deze drukverandering is vooral afhankelijk van de snelheid van dat schip. Deze drukverandering zal resulteren in langs de romp lopende golven, ook wel het primaire golfsysteem genoemd.

Volgens de wet van Bernoulli zal de druk aan het hek en de boeg hoger liggen dan daartussen, dit zou dan resulteren in een boeggolf en een hekgolf met daartussen golfdal. De snelheid heeft hier geen invloed op de plaats van het golfdal of de golftop maar wel op de hoogte ervan, de golfhoogte neemt kwadratisch toe met de snelheid.

(Bertram, 2000)

##### **Het secundaire golfsysteem**

Lord Kelvin deed in 1904 onderzoek naar golfpatronen en concludeerde dat er twee soorten golfsystemen bestaan wanneer een schip vaart loopt. Namelijk divergerende golven en dwarsgolven (Bertram, 2000). Dit golfsysteem wordt afgebakend door twee lijnen die een hoek van 19,471° maakt met de vaarrichting, het op elkaar inwerken van deze golven geeft ze hun typische patroon die uitgedrukt wordt in λ voor de golflente.

(Journée & Meijers, Ship Routeing for Optimum Performance, 1980)

Om deze theorie om te zetten naar praktijk kan er aangenomen worden dat de boeg van het schip een bewegend hoge druk veld is en het hek van het schip is dan een lage druk veld. Zowel de boeg als het hek van het schip creëren hun eigen dwarsgolven, waarbij de dwarsgolven meer energie opnemen dan de transversale maar dit verandert naarmate de snelheid toeneemt. (Asten, 2015).

Uit het onderzoek van (Pétursson, 2009) is gebleken dat de golfweerstand het meeste toeneemt wanneer het schip aan het stampen is, wanneer dit het geval is kan de golfweerstand oplopen van 5%-45% van de totale weerstand.

Om te zorgen dat de dwarsgolven en transversale golven elkaar niet versterken maken schepen gebruik van een bulbsteven. Deze zorgt ervoor dat de boeggolf voor het schip samenvalt met het door de bulb gecreëerde golfdal, zodat deze elkaar deels opheffen en zorgen dat het zog afneemt. De golf die door de bulb opgewekt wordt zorgt voor meer weerstand maar zorgt ervoor dat het druk veld rond het schip verandert waardoor de totale golfweerstand afneemt.

(Harvald, 1992)

### Wind weerstand

De weerstand die geleverd wordt door de wind zal vooral effect hebben op het deel boven de waterlijn en kan tussen 2%-10% van de totale weerstand zijn afhankelijk van het type schip. (Pétursson, 2009) De weerstand die het schip door de wind ondervindt is een zeer variabele waarde die niet constant is, hierdoor is het zeer moeilijk dit exact te berekenen en zal er dus een andere manier moeten gevonden worden om met deze weerstand rekening te houden. De oplossing hiervoor zal in het volgende hoofdstuk toegelicht worden.

## Trim en Deplacement

De deplacement van een schip is gelijk aan de massa van het verplaatste water en trim is gedefinieerd als het verschil tussen de voor-en achterdiepgang. Deze diepgangen zijn deel van een beladingstoestand en kunnen aangepast worden door ballast water in een schip te verpompen van tank. (Pétursson, 2009)

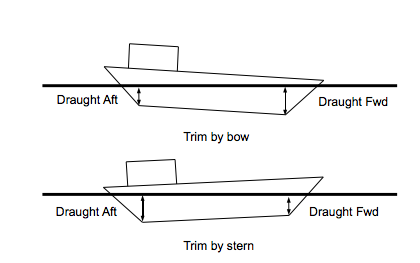
Onderzoek (Journée, Review of the 1985 Full-Scale Calm Water Performance Tests Onboard m.v. Mighty Servant 3, 2003) heeft aangetoond dat de ligging van een schip in het water een invloed heeft op het brandstofverbruik en dus op de efficiëntie. Dit is omdat de vorm van het onderwaterschip verandert wanneer het schip minder diep in het water ligt of een andere trim heeft, hierdoor zal de mate waarin het schip wrijvingsweerstand ondervind dus ook veranderen. (Pétursson, 2009)

Het onderzoek van Journée concludeerde dat het brandstofverbruik afnam naar mate de diepgang afnam. Ook kon uit dit onderzoek geconcludeerd worden dat het gemiddelde brandstofverbruik na het varen in de ideale trimsituaties met 15% gemiddeld was afgenomen. Het onderzoek van Pétrusson concludeerde dat het ontworpen computersysteem nog niet geheel accuraat het brandstofverbruik kon voorspellen vanwege de externe factoren die niet gemeten konden worden, toch kon het systeem een vrij accurate indicatie geven over een optimale trim.

De trim van een schip kan worden weergegeven in de volgende formule:

Betekenis formule:

* TT= totale trim
* Ta= Achter diepgang
* Tv= Voor diepgang



Afbeelding 3: Grafische weergave over trim. (Pétursson, 2009)

Wanneer er over trim gesproken wordt zal de trim voorover, ook wel koplastig als een negatieve (-) waarde genoteerd worden en zal de trim achterover ook wel stuurlastig genoemd als een positieve (+) waarde genoteerd worden. (Metzlar, 2004)

De trim in dit onderzoek zal gemeten worden op de loodlijnen (Ll), dit is de ware trim. De trim die afgelezen kan worden op de merken is de schijnbare trim en is onbruikbaar voor stabiliteitsberekeningen. (Metzlar, 2004)

Wanneer de Azoresborg aan het varen is kan de dynamische trim niet bepaald worden aan de hand van de stabiliteitscomputer, dit omdat deze computers vaak berekeningen maken met enkel gegevens zoals de diepgang en de snelheid. Deze computers kunnen geen rekening houden met externe factoren zoals de wind, stroming of golven. (Abouelfadl & Youssef Abd, 2016)

Om de actuele trim af te kunnen lezen werd een mechanisme aan dek geïnstalleerd waarop de huidige trim afgelezen kon worden. Het mechanisme werd gemaakt van een tuinslang die over 1/10e van de Lll gemonteerd werd aan de railing van het schip, deze werd dan gevuld met kraanwater. Het kraanwater in deze tuinslang gedroeg zich volgens de ‘wet van communicerende vaten’, wanneer het schip vertrimde, vertrimde de vloeistof in deze tuinslang dus ook met een factor 10. Zo kon het verschil gemeten worden tussen de voorkant van de slang en de achterkant en kon de actuele trim afgelezen worden. Om te zorgen dat dit mechanisme correct werkte werd deze geijkt, dit gebeurde in de haven omdat daar de actuele trim afgelezen kon worden. Het schip mocht geen list hebben tijdens het ijken, dit werd gecontroleerd met de clinometer op de brug.

(Asten, 2015)

## Voortstuwing

De voortstuwingskracht van een schip moet gelijk staan aan de som van de weerstandskrachten die op het schip werken. Deze kracht wordt opgewekt door de verbranding van brandstof in een dieselmotor, om zo de weerstandskrachten te elimineren, en te zorgen dat het schip zicht voortbeweegt met een bepaalde snelheid.

(MAN Diesel & Turbo, 2011)

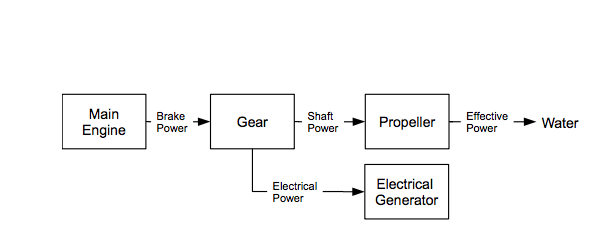
In de figuur hieronder is te zien hoe de kracht wordt overgedragen op het voortstuwingssysteem. De krachtbron van de propeller is de dieselmotor die brandstof omzet in brake power (. De relatie tussen specifiek brandstofverbruik, brandstofverbruik (SBV) en brake power is:

(Pétursson, 2009)

De brake power die door de hoofdmotor opgewerkt word, word in de gearbox omgezet in electrical power en Shaft power, het rendement van deze gearbox kan als aan constante aangenomen worden. De Shaft power drijft de propeller shaft aan die op zijn beurt de propeller aandrijft. Deze propeller en propeller shaft draaien rond met een nagenoeg constant toerental. Het rendement van deze propeller shaft word geacht constant te zijn, die van de propeller is afhankelijk van de ingestelde pitch en de snelheid van het schip.

Omdat de propeller shaft met een nagenoeg constant toerental ronddraait kan geconcludeerd worden dat de shaft power de kracht is die de weerstand overwint.

(Pétursson, 2009; MAN Diesel & Turbo, 2011)



Afbeelding 4: De Main engine zet brandstof om in Brake power die doorgegeven wordt aan de gearbox, deze zet de brake power om in Electrical power en Shaft Power; De Electrical power gaat naar de asgenerator en levert zo elektriciteit, de Shaft power drijft de schroef aan die deze kracht omzet in Effective power en dus in voorstuwingskracht. (Pétursson, 2009)

### Conclusie voorstuwing

Er kan geconcludeerd worden dat de hoofdmotor energie levert voor twee onderdelen, namelijk de as generator en de schroefas.

Wanneer het schip in een normaal zeegaand bedrijf is en er geen on-gewoonlijke operaties gebeuren die aanzienlijk extra vermogen van het scheepsnet vragen, zal het verbruik van het scheepsnet nagenoeg constant zijn. Hierdoor kan dit verbruik als een constante genomen worden.

(Pétursson, 2009)

Een schip dat met een constante pitch vaart zal een vaste afstand door het water afleggen, dit omdat een constante pitch resulteert in een constante spoedhoek en dus ook in een constante spoed. Hierdoor zal een schip die in nominale omstandigheden[[1]](#footnote-1) vaart altijd bij een zelfde pitch ook een zelfde afstand afleggen, dit zowel door het water als over de grond.

Hierdoor kan geconcludeerd worden dat het verbruik van een schip constant zal zijn wanneer deze in een normaal zeegaand bedrijf met nominale omstandigheden en een constante pitch vaart.

(Meerbrug, 2015)

Een laatste invloed op het verbruik van de hoofdmotor die zal worden besproken in dit theoretisch kader is de kwaliteit van de brandstof.

Wanneer een motor brandstof met een lage netto specifieke energie verbrand zal deze meer brandstof moeten inspuiten om aan het gewenste vermogen te komen. (Maanen, 2000)

Deze kwaliteit van de brandstof is uitgedrukt in de ISO norm, deze norm is er gekomen omdat in de jaren 80 zeer veel manieren waren om brandstofspecificaties te beschrijven en dat dit zorgde voor algemene verwarring.

Deze ISO norm kan als volgt berekend worden:

(P.Lensen, 2017)

## Conclusie theoretisch kader

Het verbruik van een schip zal bij nominale omstandigheden dus constant zijn. Echter is dit in de praktijk niet het geval, uit het hoofdstuk ‘weerstand op een schip’ en het hoofdstuk ‘voorstuwing’ kan men concluderen dat de hoofdmotor energie levert aan de schroefas die kracht moet leveren om de externe weerstanden te overbruggen en vaart te maken. Het andere aspect dat dan nog invloed heeft op het brandstofverbruik is de trim van het schip, dit is een beïnvloedbaar gegeven die volgens het onderzoek van (Journée & Meijers, Ship Routeing for Optimum Performance, 1980) een invloed heeft op het brandstofverbruik van gemiddeld 25%.

Er kan ook geconcludeerd worden dat de afstand die een schip aflegt voornamelijk beïnvloed wordt door de externe factoren, hierdoor kan er dus altijd gekeken worden naar de afstand door het water en de afstand over de grond om zo een invloed factor te berekenen. Wanneer een schip externe factoren heeft die bevorderlijk zijn voor de afgelegde afstand zal de afstand door het water kleiner zijn dan die over de grond, het zelfde maar omgekeerd geldt dus voor externe factoren die nadelig zijn.

Voorbeeld invloed factor:

Omstandigheid 1:

Afstand over de grond= 15Nm

Afstand door het water= 12Nm

Deze externe omstandigheden zijn dus voordelig voor de afgelegde afstand

Omstandigheid 2:

Afstand over de grond= 14Nm

Afstand door het water= 20Nm

Deze externe omstandigheden zijn dus nadelig voor de afgelegde afstand

## Voorafgaand onderzoek

In 2013 heeft Lloyd’s Register een onderzoek gedaan naar de optimale trim, de invloed ervan op het brandstof verbruik en de snelheid.

Dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van CFD (Computinal Fluid Dynamics), de opbouw van het schip werd niet meegenomen in dit onderzoek waardoor de toepasbaarheid van het onderzoek op werkelijke situaties wat verminderde.

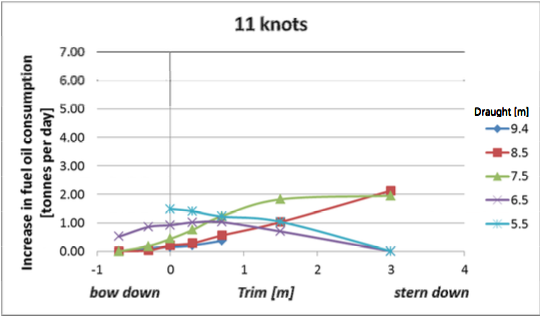
In de discussie staat ook vermeld dat de verkregen resultaten met CFD gemaakt waren uit gegevens die ze verkregen hadden van ongeveer 300 reizen, waarbij de gemiddelde accuraatheid van de snelheid en het brandstofverbruik schommelen tussen de 10% en 20%.

### Resultaten onderzoek CDF onderzoek Lloyds

#### Resultaten voor snelheid door het water van 10-12 knopen.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Snelheid in knopen door het water | | 10-12 knopen | | | | | | | |
| Trim volgens theoretisch kader | | -1.00 tot  -0.50 | -0.40  tot  -0.10 | 0 | 0.10  tot 0.40 | 0.40  tot  1.00 | | 1.10  tot  2.00 | 2.10  tot  4.00 |
| Gemiddelde diepgang in meter | T 9.1-9.7m | 0.0 | +0.1 | +0.2 | +0.2 | | +0.4 | ND | ND |
| T 8.1-9.0 m | 0.0 | 0.0 | +0.2 | +0.3 | | +0.6 | +1.0 | +2.1 |
| T 7.1-8.0 m | 0.0 | +0.2 | +0.4 | +0.8 | | +1.2 | +1.8 | +2.0 |
| T 6.1-7.0 m | +0.5 | +0.9 | +0.9 | +1.0 | | +1.0 | +0.7 | 0.0 |
| T 5.1-6.0 m | ND | ND | +1.5 | +1.4 | | +1.2 | +1.0 | 0.0 |

Tabel 1: Het verschil in brandstofverbruik uitgedrukt in ton verschil per dag waarbij ND betekent dat er geen data beschikbaar zijn bij deze trim vanwege het boven water komen van de schroef of het niet meer effectief zijn van de bulb bij de snelheden door het water tussen de 10 en 12 knopen. (Lloyds Register EMEA, 2013)

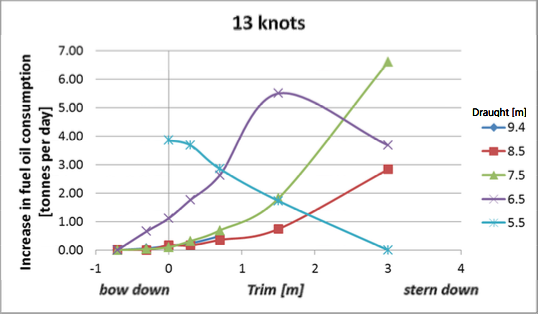


Grafiek 1: de toename in het brandstofverbruik naar gelang de trim in ton per dag voor een snelheid door het water van 11 knopen. (Lloyds Register EMEA, 2013)

#### Resultaten voor snelheid door het water van 12.1-14 knopen.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Snelheid in knopen door het water | | 12.1-14 knopen | | | | | | | | | |
| Trim volgens theoretisch kader | | -1.00 tot  -0.50 | -0.40  tot  -0.10 | 0 | | 0.10  tot 0.40 | | 0.40  tot  1.00 | | 1.10  tot  2.00 | 2.10  tot  4.00 |
| Gemiddelde diepgang in meter | T 9.1-9.7m | 0.0 | +0.1 | | +0.1 | | +0.2 | | +0.5 | ND | ND |
| T 8.1-9.0 m | 0.0 | 0.0 | | +0.2 | | +0.2 | | +0.4 | +0.7 | +2.8 |
| T 7.1-8.0 m | 0.0 | +0.0 | | +0.1 | | +0.3 | | +0.7 | +1.8 | +6.6 |
| T 6.1-7.0 m | +0.0 | +0.7 | | +1.1 | | +1.8 | | +2.6 | +5.5 | +3.7 |
| T 5.1-6.0 m | ND | ND | | +3.9 | | +3.7 | | +2.9 | +1.7 | 0.0 |

Tabel 2: Het verschil in brandstofverbruik uitgedrukt in ton verschil per dag waarbij ND betekent dat er geen data beschikbaar zijn bij deze trim vanwege het boven water komen van de schroef of het niet meer effectief zijn van de bulb bij de snelheden door het water tussen de 12.1 en 14 knopen. (Lloyds Register EMEA, 2013)



Grafiek 2: de toename in het brandstofverbruik naar gelang de trim in ton per dag voor een snelheid door het water van 13 knopen. (Lloyds Register EMEA, 2013)

### Conclusie Lloyds en relatie tot eigen onderzoek.

Uit het onderzoek van Lloyds kan geconcludeerd worden dat de optimale trim voor een A-type schip met de diepgangen tussen de 7.1 en de 9.7 meter voorover ligt, wanneer het schip vaart in ballast conditie zal deze achterover liggen. Echter bij hogere snelheden in ballast conditie zal de optimale trim van achterover naar voorover veranderen.

De resultaten van dit onderzoek werden meegenomen in de meet methodiek van dit onderzoek, namelijk bij het bepalen van de meetpunten, de meetpunten zijn te vinden in het hoofdstuk 3.2.3.

# Onderzoeksmethode

Het doel van dit onderzoek was om de optimale trim hoek te vinden voor een A-type schip zodat de voorstuwingsmotor het efficiëntste arbeid levert. Tijdens dit onderzoek werd dit gemeten door het schip in nagenoeg gelijke weersomstandigheden te laten varen aan een constant motorvermogen met een veranderende trim.

## Gekozen onderzoeksmethode

Wanneer er begonnen wordt aan een onderzoek kan er gekozen worden voor twee onderzoeksmethodes, kwalitatief onderzoek of kwantitatief onderzoek.

Kwalitatief onderzoek is onderzoek waarbij de uitkomsten niet in getallen uitgedrukt kunnen worden maar enkel in woorden, bij een Kwantitatief onderzoek zijn er metingen gebeurd en is daar een statistische analyse over gemaakt. (Scribbr, n.d.)

Tijdens dit onderzoek werd tijdens het eerste deel deskresearch gedaan, dit omdat er voorkennis nodig was over de mogelijke beïnvloedende factoren van de metingen. Hierna gebeurde er aan boord van de Azoresborg een kwantitatief onderzoek.

## Opgestelde meetprotocol

Tijdens een onderzoek is het belangrijk duidelijk vast te leggen aan welke eisen metingen zullen voldoen om zo aan de hand van betrouwbare meetgegevens een conclusie te kunnen trekken betreffende de optimale trim. In dit hoofdstuk werd een meetprotocol voor dit onderzoek opgesteld om de kwaliteit van de metingen te waarborgen, hiervoor werden enkel de meetgegevens gebruikt die voldeden aan het opgestelde meetprotocol.

Het meetprotocol werd opgesteld aan de hand het meetprotocol van (Overveld, 2013; Asten, 2015; Lloyds Register EMEA, 2013) en met de input van de bemanning van de Azoresborg.

Om de hoofdvraag te beantwoorden moesten eerst de drie deelvragen beantwoord worden. Het onderzoek bestond uit twee delen, eerst werd er deskresearch gedaan naar de factoren die meetgegevens van het daarop volgende kwantitatief onderzoek beïnvloedde. Daarna werden de metingen gedaan aan boord van de Azoresborg.

### Te meten waardes

In dit hoofdstuk zullen alle gegevens die gemeten of genoteerd werden tijdens het praktische deel van dit onderzoek genoteerd worden, dit om aan te tonen dat er op voorhand een duidelijke procedure opgesteld was om te waarborgen dat alle metingen aan dezelfde eisen zouden voldoen en dat deze op dezelfde manier afgelegd waren.

#### Externe factoren

Zoals in het theoretisch kader besproken is een schip onderhevig aan externe weerstandsfactoren. Omdat sommige van deze factoren direct het brandstofverbruik en de afgelegde afstand beïnvloeden moesten deze bij elke meting genoteerd worden om duidelijk aan te kunnen tonen dat een reeks metingen elke keer in nagenoeg gelijke omstandigheden gemaakt waren.

* Wind; windrichting in graden relatief tegenover het schip en windkracht uitgedrukt in beaufort.
* Stroom; stroomrichting in graden relatief tegenover het schip en stroomsnelheid in knopen indien mogelijk.
* Deining; deiningsrichting in graden relatief tegenover het schip en deiningshoogte in meter.
* Golven; golfrichting in graden relatief tegenover het schip en golfhoogte.

#### Scheepsgegevens

In dit hoofdstuk zullen de gegevens die eigen zijn aan de ‘toestand’ van het schip opgesomd worden; deze gegevens werden bij elke meting opnieuw genoteerd, zo werd het verloop van het onderzoek overzichtelijk en kwalitatief gehouden. Door aan te kunnen tonen dat de gebruikte gegevens correct zijn, was de basis gelegd voor statistisch correcte gegevensverwerking.

**Nautische gegevens**

* Positie van het schip; bij het einde en het begin van de metingen
* Tijd en datum; bij het einde en het begin van de metingen (dd-mm-jj en uu:mm)
* Gemiddelde diepgang van het schip in meter
* Deplacement van het schip in ton
* De voor- en achter diep gang van het schip in meter
* De trim van het schip in centimeter
* De logstand bij het begin, op de helft van de meting en aan het eind van de metingen in nautische mijl
* De vaart van het schip over de grond in knopen

**Technische gegevens**

* Brandstofverbruik; flowmeterstand hoofdmotor in liter, soortelijke massa van de brandstof bij 15 graden C
* Temperatuur van de brandstof voor de flowmeter
* Voortstuwingsmotor:
  + Belasting van de motor in procent (%)
  + Rotations per minute (rpm) van de hoofdmotor
* Vermogen van de asgenerator in kW
* Snelheid (rpm) van de schroefas
* Pitch van de schroef in %, onveranderlijk gedurende een reeks metingen
* De netto specifieke energie van de brandstof die gebruikt zal worden tijdens een meting.

Flowmeter

De flowmeter aan boord van de Azoresborg is van het merk Aura Marine en zit verwerkt in de booster unit van het type QMB-M-12-TT. Deze flowmeter meet de volumestroom door het volume die erdoor stroomt te vermenigvuldigen met 3600 en het totaal hiervan te delen door de meet tijd in seconden, hierdoor meet deze het aantal liter per uur.

Om de accuraatheid hiervan te kunnen garanderen heeft Aura Marine 4 tests uitgevoerd met de volgende resultaten:

* Test 1: flow= 2814 l/h= 94% flowrate= -0.15% fout
* Test 2: flow= 1964 l/h= 65% flowrate= -0.08% fout
* Test 3: flow= 298 l/h= 10% flowrate= 0.91% fout
* Test 4: flow= 79 l/h= 3% flowrate= -0.07% fout

(Aura Marine, 2009)

### Meet methodiek

In dit hoofdstuk zal beschreven worden welke gegevens zullen worden genoteerd en met de frequentie waarbij deze genoteerd en gemeten zijn tijdens het onderzoek.

Deze methodiek is gebaseerd zijn op het onderzoek van (Asten, 2015; Lloyds Register EMEA, 2013; Overveld, 2013) en de input van de bemanning van de Azoresborg. Voor elk meetpunt; trimsituatie; werden er 4 runs gehouden van elk 1 uur lang.

Bij elke trimsituatie werdenb alle vier de metingen van één uur achtereenvolgens uitgevoerd en gingen deze metingen pas 15 minuten na het verkrijgen van de gewenste trimsituatie van start.

##### **Verkrijgen van de gewenste trim**

Om de gewenste trim te verkrijgen werd er aan de hand van de stabiliteitscomputer berekend hoeveel ballast er moest verpompt worden en werd er geen ballast bij gepompt omdat er anders volgens het theoretische kader geen correct overzicht was van de actuele gemiddelde diepgang. Daarna werd de trim die de stabiliteitscomputer aangaf vergeleken met het meet mechanisme aan dek en werd er opnieuw berekend worden hoeveel ballast er moest verpompt worden om de gewenste trim te bereiken.

##### **Externe factoren en nautische gegevens**

De externe factoren die eerder in dit onderzoek opgesomd zijn, werden aan het begin en het eind van elke meting genoteerd, dit om deze gegevens voor elke meting in een reeks te kunnen vergelijken en te kunnen waarborgen dat deze externe factoren niet drastisch veranderd waren.

De nautische gegevens werden net zoals de externe factoren aan het begin en het einde van elke meting genoteerd.

De start- en stoptijd werd bij elke meting genoteerd worden om aan te kunnen tonen dat de metingen voor een correcte duur uitgevoerd was en dat er zo valide meetgegevens verkregen waren.

De afgelegde weg door het water zal worden genoteerd om in de resultaten de hoeveelheid brandstof per gevaren mijl door het water te kunnen berekenen.

Het deplacement van het schip werd aan de hand van de stabiliteitscomputer verkregen vlak voor de metingen. Het deplacement was tijdens één meting ook niet veranderlijk, er werd om trim te verkrijgen geen extra ballast water aan boord genomen, het ballast water werd verpompt van tank. De hoeveelheid ballast water die verpompt moest worden aan boord werd berekend voor de metingen plaats vonden.

.

##### **Technische gegevens**

Alle technische gegevens behalve de pitch die constant is tijdens alle metingen werden om de 6 minuten genoteerd. Zo werden deze gegevens per trimsituatie in totaal 40 keer genoteerd om aan te tonen dat er geen grote veranderingen waren in de machinekamer.

Voor het brandstofverbruik kon dan het gemiddelde brandstofverbruik per gevaren mijl berekend worden over het volledige uur. De flow werd dus per meting van één uur om de zes minuten genoteerd en in totaal voor elke trimsituatie 40 maal.

Het brandstofverbruik werd in de gegevens uiteindelijk verwerkt van liter naar kilogram, hiervoor werd de volgende formule gebruikt:

= De dichtheid van de fuel in ton/kubieke meter

sg= Dichtheid van de fuel in ton/kubieke meter bij een temperatuur van 15°C die uit de bunkergegevens verkregen word.

Temp voor meter= de temperatuur van de fuel voor de flowmeter

0.00064= correctie factor

(Maanen, 2000)

### Meetpunten

De metingen werden afgenomen zoals deze in de voorgaande hoofdstukken beschreven stonden, in deze paragraaf worden enkel de meetpunten beschreven.

De meetpunten gelden zowel voor de snelheden door het water tussen de 10 en 12 knopen als voor de snelheden tussen de 12.1 en de 14 knopen. In de resultaten werden enkel de metingen vergeleken met de waarden van Lloyds die binnen de zelfde snelheidsklasse vielen.

* Diepgang 9.1-9.7 meter: -0.75; -0.25; 0; 0.25 en 0.70 er zal niet met een grotere trim achterover gemeten worden dan 0.70 omdat de effectiviteit van de bulb dan wegvalt en dit resulteert in een grotere weerstand.
* Diepgang 8.1-9.0 meter: -0.75; -0.25; 0; 0.25; 0.70; 1.55 en 3.05, de trimsituatie van 3.05 meter is niet gemeten omdat het brandstofverbruik bij deze situatie al met 2.8 ton per dag toeneemt volgens het onderzoek van Lloyds.
* Diepgang 7.1-8.0 meter: -0.75; -0.25; 0; 0.25; 0.70; 1.55 en 3.05
* Diepgang 6.1-7.0 meter: -0.75; -0.25; 0; 0.25; 0.70; 1.55 en 3.05
* Diepgang 5.1-6.0 meter: 0; 0.25; 0.70; 1.55 en 3.05 er zal niet gemeten met een trim kleiner dan gelijk lastig omdat vanaf dat punt de schroef deels boven water kan komen en dat hierdoor de efficiëntie aanzienlijk verminderd.

# Resultaten

Na het beantwoorden van de opgestelde deelvragen werd de hoofdvraag opgelost, namelijk: “Welke trim zorgt voor het meest optimale brandstofverbruik van de voortstuwingsmotor bij een A-type schip van Wagenbor?”

Om deze vragen te kunnen beantwoorden werd eerst een desk research gedaan waarna er metingen plaatsgevonden hebben om zo de data te verkrijgen voor het kwantitatieve gedeelte van dit onderzoek.

## Het gemiddelde brandstofverbruik en vermogen bij diensnelheid

Tijdens dit onderzoek was het van belang om een vergelijking te kunnen maken tussen het gemiddelde brandstofverbruik van de Azoresborg zonder trimverandering en met trimverandering, om dit aan te kunnen tonen werden de daily fuel reports en de gegevens uit het MK logboek gebruikt van de eerste 13 dagen van de reis.

Tijdens de reis waren er enkele dagen met slecht weer, de gegevens van deze dagen zijn niet verwerkt om het gemiddelde brandstofverbruik te vinden, deze data waren 7, 8, 9, 12& 13 mei.

Verder is er nog een verschil in brandstofverbruik uitgedrukt in kg/Nm wanneer deze vergeleken wordt met de resultaten van de metingen, dit verschil is te wijten aan de gebruikte afstand, tijdens de metingen is de afstand door het water gebruikt, tijdens de bepaling van het gemiddelde brandstofverbruik is de afstand over de grond gebruikt.

De reden voor dit verschil heeft te maken met de externe factoren, de uitleg hiervoor is te vinden in het theoretische kader.

### Gemiddelde verbruik, vermogen en de actuele weersomstandigheden van die dag.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Date | Distance | Wind | Swell | Sea | Engine Load | Fuel used in | Fuel used in kg |
| 4/05/17 | 260,5 | SE3 | Low | Slight | 43 | 21,19 | 19601,78 |
| 5/05/17 | 287 | SW4 | Low | Slight | 46 | 22,53 | 20812,84 |
| 6/05/17 | 299,5 | NW4 | Moderate | Moderate | 45 | 20,78 | 19209,37 |
| 10/05/17 | 299 | N4 | Moderate | Slight | 44 | 21,8 | 20083,33 |
| 11/05/17 | 295 | S'ly 4 | Low | Slight | 45 | 19,95 | 18442,10 |
| 14/05/17 | 310 | S'ly 3 | Low | Slight | 45 | 21,8 | 20138,48 |
| 15/05/17 | 306 | SW 3 | Low | slight | 44 | 20,59 | 18994,66 |
| 16/05/17 | 322 | E'ly 3 | Low | Slight | 43 | 20,94 | 19304,29 |
| 17/05/17 | 285 | E'ly 5 | Low | moderate | 43 | 19,67 | 18133,50 |
| Gemiddelde | 296 |  |  |  | 44,22 | 21,03 | 19413,38 |

Tabel 3: Gebruikte gegevens voor het bepalen van het gemiddelde brandstofverbruik met de externe factoren van de gebruikte dagen.

Grafiek 3: Afgelegde afstand over de grond in Nm

Grafiek 4: Verbruikte brandstof in kg

Grafiek 5: Brandstofverbruik in kg/Nm afgelegde weg over de grond.

## Hoe kunnen de invloeden van buitenaf verwerkt worden in de resultaten van dit onderzoek?

Het bleek onmogelijk te zijn om de invloeden van buitenaf te verwerken in dit onderzoek, echter was het wel mogelijk om zoals in het theoretisch kader en het meetprotocol beschreven en uitgelegd, de metingen enkel af te leggen als er nagenoeg constante weersomstandigheden waren gedurende alle metingen om zo de meest nauwkeurig mogelijke resultaten te behalen voor dit onderzoek.

Dit was het geval tijdens de reis naar Tampico, Mexico. In de Golf van Mexico was er een zo goed als constante wind met een zo goed als constante windkracht, waardoor het dus al vrij zeker was dat deze externe factor geen of nagenoeg geen probleem zouden opleveren. De externe factoren werden genoteerd zoals ze omschreven staan in het meetprotocol; in de tabel hieronder is een overzicht te zien van de externe factoren die plaats gevonden hebben gedurende de metingen van dit onderzoek en de externe factoren die genoteerd zijn met de waardes waarop ze vergeleken werden.

Wanneer er over graden relatief tegenover het schip gesproken word, dan wordt er dus bedoeld dat de koers die het schip vaart gezien wordt als 000°, wanneer er dan wind van bakboord inkomt zou deze op 270° zijn, wanneer er dan wind van stuurboord inkomt zou deze op 090° zijn, wanneer deze van recht voor het schip komt zou deze 000° zijn, en wanneer er dan wind vlak van achter het schip komt zou dit 180° zijn.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Trimsituatie | Meting | Wind kracht in beaufort | Wind richting in  graden | Deining hoogte in meter | Deining richting in graden | Golf hoogte in meter | Golf richting in graden | Stroom snelheid in knopen | Stroomrichting in  graden schip |
| -0.75 m | 1 | 4 | 155° | 1m | 185° | 1m | 185° | 1,8kn | 065° |
| 2 | 4 | 155° | 1m | 185° | 1m | 185° | 1,5kn | 065° |
| 3 | 4 | 155° | 1m | 185° | 1m | 185° | 1,2kn | 065° |
| 4 | 4 | 155° | 1,5m | 185° | 1m | 185° | 0,9kn | 065° |
| -0,25 m | 1 | 4 | 175° | 1m | 085° | 0,4m | 180° | 1,9kn | 103° |
| 2 | 4 | 180° | 1m | 085° | 0,6m | 185° | 1,2kn | 108° |
| 3 | 3 | 160° | 1m | 085° | 0,3m | 170° | 1,8kn | 125° |
| 4 | 4 | 180° | 1m | 085° | 0,5m | 180° | 1,5kn | 085° |
| 0.0 | 1 | 5 | 160° | 1m | 160° | 0,6m | 080° | 1kn | 030° |
| 2 | 4 | 165° | 0,5m | 140° | 0,4m | 090° | 1,6kn | 033° |
| 3 | 4 | 170° | 0,7m | 150° | 0,5m | 100° | 1kn | 025° |
| 4 | 4 | 150° | 0,5m | 150° | 0,3m | 090° | 1,9kn | 020° |
| +0.25 m | 1 | 5 | 175° | 0,7m | 220° | ‘amper’ | ‘amper’ | 0,7kn | 090° |
| 2 | 5 | 220° | 1m | 210° | ‘amper’ | ‘amper’ | 1kn | 090° |
| 3 | 5 | 130° | 0,8m | 205° | ‘amper’ | ‘amper’ | 0,7kn | 120° |
| 4 | 5 | 120° | 1,1m | 215° | ‘amper’ | ‘amper’ | 0,7kn | 090° |
| +0.70 m | 1 | 4 | 230° | 1m | 010° | 0,5m | 190° | 1kn | 180° |
| 2 | 4 | 235° | 1m | 010° | 0,5m | 190° | 1kn | 180° |
| 3 | 4 | 220° | 1m | 010° | 0,7m | 190° | 1,5kn | 185° |
| 4 | 3 | 210° | 1m | 010° | 0,5m | 190° | 1,5kn | 180° |
| +1.55 m | 1 | 2/3 | 185° | 0,5m | 180° | 0,3m | 190° | 0,7kn | 025° |
| 2 | 2/3 | 190° | 0,5m | 180° | 0,4 | 190° | 0,7kn | 025° |
| 3 | 3 | 195° | 0,5m | 185° | 0,3 | 190° | 1,6kn | 025° |
| 4 | 3 | 185° | 0,5m | 180° | 0,3 | 190° | 1kn | 025° |

Tabel 4: Externe weersomstandigheden gedurende alle metingen; alle richtingen zijn in graden relatief tegenover het schip genoteerd.

Na het vergelijken van de externe factoren kon geconcludeerd worden dat deze nagenoeg hetzelfde waren zonder al te grote verschillen. De externe factoren waren nog steeds niet ideaal, dat zouden ze pas geweest zijn als er geen invloeden van buitenaf waren, er blijven namelijk altijd externe factoren over die niet te meten vallen, zoals de effectieve weerstand van de golven en de swell.

## De metingen zelf

De metingen zelf hebben plaats gevonden in de golf van Mexico tussen 18 mei 2017 en 20 mei 2017. Per trim situatie werden er vlak na elkaar 4 runs gedaan die elk 1 uur lang duurde, omdat de metingen 4 uur duurde per trim situatie was het niet mogelijk alle metingen op 1 dag te doen. Echter zoals in het voorgaande hoofdstuk aangetoond was, waren de externe factoren nagenoeg gelijk.

Niet alle meetpunten zijn uitgevoerd zoals in de onderzoeksmethode omschreven, de situatie met 3.05m trim achterover werd niet uitgevoerd omdat daar het brandstofverbruik veel hoger is en de snelheid aanzienlijk lager is volgens het onderzoek (Lloyds Register EMEA, 2013). De eerste meting was die met 75cm trim voorover, de overige trimsituaties werden volgens het opgestelde meetprotocol van voor naar achter afgelegd, dit omdat er op die manier het minste tijd verloren ging aan ballasten.

### Te verpompen ballast

Om de gewenste trimsituatie te bereiken moest er ballast water verpompt worden, dit is gedaan volgens de opgestelde meetmethodiek.

Hieronder is een overzicht te vinden van de hoeveelheid ballast water die verpompt werd tussen de metingen, zoals in hoofdstuk 4.3 aangegeven was de 1e meting die met 75cm trim voorover.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Verpompt ballast water** | **VPT** | **TK2** | **DB3C** | **WB3SB** | **WB3BB** | **APT** | **Totaal** |
| Trimsituatie | Gewicht in ton | Gewicht in ton | Gewicht in ton | Gewicht in ton | Gewicht in ton | Gewicht in ton | hoeveelheid in ton |
| −0,75m | 717,5 | 332,5 | 236,5 | 256 | 311,50 | 31 | 0 |
| −0,25m | 600 | 332,5 | 236,5 | 256 | 311,50 | 154 | 117,5 |
| 0m | 548 | 332,5 | 236,5 | 256 | 311,50 | 205 | 52 |
| 0,25m | 502 | 332,5 | 236,5 | 256 | 311,50 | 251 | 46 |
| 0,70m | 410 | 332,5 | 236,5 | 256 | 311,50 | 342 | 92 |
| 1,55m | 154 | 332,5 | 236,5 | 256 | 311,50 | 405,7 | 256 |

Tabel 5: Hoeveelheid te verpompen ballast water om de gewenste situatie te bereiken; de gewichten in ton zijn de gewichten die aan boord zijn in de betreffende ballast tanks.

### Resultaten van de metingen

Na het uitvoeren van de metingen op alle vooraf bepaalde trimsituaties volgens het opgestelde meetprotocol zijn alle verkregen gegevens verwerkt in Microsoft Excel.

Voor elke trimsituatie werden 4 runs gedaan, voor elke run werden de gemiddelde waardes bepaald. Voor het eindresultaat is er van deze waarden een gemiddelde gemaakt om zo voor elke trimsituatie één eindwaarde te verkrijgen. Op deze manier was het mogelijk om elke run te vergelijken met elkaar en zo eventuele ‘slechte’ metingen er van tussen te filteren. Uiteindelijk zijn er 3 eindresultaten bekeken per trimsituatie, het brandstofverbruik, de afgelegde weg door het water en het verbruik in kg brandstof/NM door het water.

Tijdens de metingen zijn zoals eerder in de meetmethodiek omschreven de waardes van de flowmeter genoteerd en de daarbij horende temperatuur van de brandstof, zo kon het gemiddelde brandstofverbruik per uur uitgerekend, de afgelegde weg door het water werd ook genoteerd per run, door deze 2 gegevens te combineren kan het brandstofverbruik in kg/Nm uitgedrukt worden.

In bijlage 7 is het bunkerformulier te zien, aan de hand van deze gegevens werd volgens de methode zoals beschreven in het kopje ‘technische gegevens’ de dichtheid van de brandstof omgerekend naar die bij de temperatuur van de flow meter.

Op de volgende pagina zijn de eindresultaten te in de vorm van grafieken te zien, onder elke grafiek zal de tabel met de waardes waaruit deze grafiek opgesteld is staan.

Grafiek 6: Het brandstofverbruik van de hoofdmotor in kg/uur bij de onderzochte trimsituaties.



Tabel 6: Het brandstofverbruik van de hoofdmotor in kg/uur bij de onderzochte trimsituaties onderverdeeld per run met hieraan toegevoegd de gemiddelde waarde.

Grafiek 7: de gemiddelde afgelegde weg door het water in NM van alle 4 de runs voor de onderzochte trimsituaties .



Tabel 7: De afgelegde weg door het water in Nm voor de onderzochte trimsituaties onderverdeeld per run met hieraan toegevoegd de gemiddelde eindwaarde per trimsituatie.

Grafiek 8: Het gemiddelde brandstofverbruik voor de onderzochte trimsituaties om een mijl door het water af te leggen.



Tabel 8: Het gemiddelde brandstofverbruik in kg/Nm door het water onderverdeeld per run en trimsituatie met hieraan toegevoegd de gemiddelde eindwaarde.

# Discussie

## Toepasbaarheid van dit onderzoek

Tijdens dit onderzoek zijn er metingen afgelegd bij een situatie met 8.405 meter gemiddeld en een pitch van 70%. Aangezien de hydrodynamische eigenschappen van een A-type veranderen bij een andere diepgang en snelheid zal de optimale trim hierdoor ook anders zijn. Daarom zijn de resultaten van deze metingen enkel toepasbaar op een diepgang van 8.405 meter met een deplacement van 9884,5ton.

## Nauwkeurigheid van de metingen

De metingen zijn zo nauwkeurig mogelijk uitgevoerd, alle eigen input voldeed volledig aan de eisen opgesteld in de onderzoeksmethodiek, echter waren er enkele systemen waarvan de nauwkeurigheid niet volledig gewaarborgd kan worden.

Het systeem waaraan de bemanning hun voornaamste twijfels had was het EM-log, dit is echter een gegeven die op geen andere manier verkregen kon worden aan boord.

Ook over het motorvermogen die afgelezen werd vanop het ‘Wartsila’ paneel, wees de heer P. Lensen (Chief engineer) me er op dat de meest accurate manier om het asvermogen en motorvermogen te weten was aan de hand van een rekstrookje op de as, echter is dit niet aan boord.

Tijdens dit onderzoek werd ook het brandstofverbruik per Nm bepaald wanneer er geen rekening gehouden werd met de ideale trim. Dit was het geval voordat de metingen plaats vonden. Hiervoor werden de gegevens van het logboek en de daily fuel reports gebruikt, echter was het hierdoor niet mogelijk om de afstand door het water te gebruiken wat geresulteerd kan hebben in een groter brandstofverbruik per Nm door het water omdat de invloeden van buiten af hier een rol spelen.

## Externe factoren

Tijdens dit onderzoek zijn er criteria opgesteld over het noteren van bepaalde externe factoren, om zo aan te kunnen tonen dat de weersomstandigheden zo goed als gelijk waren, tijdens de metingen heeft de stuurman van de wacht deze gegevens genoteerd zoals omschreven in het meetprotocol. De gegevens van het machinekamer deel van dit onderzoek werden lokaal genoteerd, hierdoor kan een verschil zijn opgetreden omdat elke stuurman van de wacht zijn eigen beoordeeling van de weersomstandigheden maakte Ook zijn er nog diverse externe factoren die ook een rol spelen maar die niet gemeten kunnen worden, een voorbeeld hiervan is het slingeren en het stampen van het schip. Een ideale situatie zou zijn wanneer er geen wind of stroming is, maar dit is niet/zeer moeilijk te verkrijgen.

## Meetpunten

In het onderzoeksvoorstel waren meetpunten opgesteld die uitgevoerd zouden worden bij bepaalde diepgangen, in dit geval was de gemiddelde diepgang 8.405 meter, alle vooraf opgestelde meetpunten zijn uitgevoerd behalve 3.05m trim achterover, dit omdat uit het onderzoek van Lloyds al een aanzienlijke verhoging van het brandstofverbruik te zien was. Hierdoor was het irrelevant om deze waarde te gaan bekijken.

## Afgelegde meetpunten

De derde deelvraag van dit onderzoek luidt als volgt: “Is er een verschil in optimale trim bij verschillende gemiddelde diepgangen?”

Deze deelvraag is niet opgelost omdat er aan boord geen tijd was om meer tijd te investeren in het afleggen van metingen, echter om hierop een antwoord te kunnen vinden zouden er nog meer metingen moeten gedaan worden bij verschillende diepgangen.

# Conclusie

Door het uitvoeren van dit onderzoek was het de bedoeling om de ideale trim te vinden voor een A-type schip van de rederij Wagenborg, om zo aan het laagste brandstofverbruik per afgelegde mijl door het water te komen.

Uit de metingen is gebleken dat de meest ideale trim plaats vind met een trim tussen -0,75m voorover en een gelijklastige diepgang. Vanaf dat het schip meer achterover vertrimt is een verhoging te zien in het brandstofverbruik per mijl door het water. Deze resultaten zijn ook zo goed als gelijk aan de resultaten van het onderzoek van Lloyds (Lloyds Register EMEA, 2013).

De resultaten zijn enkel van toepassing op de volgende beladingsconditie:

* T gemiddeld= 8,405meter
* T voor= 8,78 meter
* T achter= 8,03 meter
* Deplacement= 9884,5 ton
* Pitch= 70%

Bij deze situatie was het brandstofverbruik per uur 727kg, bij 15°C, legde het schip 14,47Nm af door het water wat tot het eindresultaat leidde van 50.29 kg brandstof/Nm door het water.

Bij het eindresultaat is pas een duidelijke brandstoftoename te zien van zodra het schip achterover vertrimt, de gelijklastige meting gaf een verbruik aan van 50,63kg/Nm door het water terwijl de meting met 25cm trim achterover een verbruik van 51,71 kg/Nm door het water aangeeft.

# Bibliografie

Abouelfadl, A. H., & Youssef Abd, E. E. (2016). *The Impact of Optimizing Trim on Reducing Fuel Consumption*. Opgeroepen op 1 22, 2017, van davidpublisher.com: http://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/572185b019b87.pdf

Asten, J. v. (2015). *Brandstofbesparing door trimoptimalisatie.* Scriptie, Hogeschool Zeeland, De Ruyter Academy, Vlissingen.

Aura Marine. (2009, 7 10). Booster Unit QMB-M-12-TT. *Flowmeter VZO 25 FL 130/25 DN 25* .

Bertram, V. (2000). *Practical Ship Hydrodynamics*. Opgeroepen op 1 9, 2017, van bahreya.com: http://www.bahreya.com/bb3/1/Practical\_Ship\_Hydrodynamics.pdf

Harvald, S. A. (1992). *Resistance and Propulsion of Ships.* Krieger Publishing Company.

IMO. (s.d.). *Prevention of Air Pollution from Ships* . Opgehaald van IMO.org: http://www.imo.org/en/OurWork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/air-pollution.aspx

Journée, J. (2003). *Review of the 1985 Full-Scale Calm Water Performance Tests Onboard m.v. Mighty Servant 3.* Opgehaald van shipmotions.nl: http://www.shipmotions.nl/DUT/PapersReports/1361-MightyServant-03.pdf

Journée, J., & Meijers, J. (1980, 2 21). *Ship Routeing for Optimum Performance.* Opgeroepen op 1 9, 2017, van shipmotions.nl: http://shipmotions.nl/DUT/PapersReports/0529-IME-80.pdf

Lloyds Register EMEA. (2013). *Trim optimisation Aborg Class.* Wagenborg Shipping BV, Technical Investigation Department.

Maanen, P. v. (2000). Scheelsdieselmotoren. In P. v. Maanen, *Scheelsdieselmotoren* (p. 660). Harfsen: Nautech.

MAN Diesel & Turbo. (2011). *Basic Principles of Ship Propulsion.* Opgeroepen op 1 9, 2017, van marine.man.eu: https://marine.man.eu/docs/librariesprovider6/propeller-aftship/basic-principles-of-propulsion.pdf?sfvrsn=0

Meerbrug, M. (2015, Mei 23). Manoeuvreren met zeeschepen. *Manoeuvre The Ship PPT les 2 schroeven* . Vlissingen, Zeeland, Nederland.

Meerburg, M. (2016). Weertand van schepen. Meerbrug, M.

Metzlar, K. (2004). Stabiliteit van schepen. In K. Metzlar, *Stabiliteit van schepen* (5e ed.).

Overveld, M. v. (2013). *Trimoptimalisatie H.L.V. Jumbo Jubilee.* Onderzoeksrapport, Hz University of Applied Sciences, De Ruyter Accademy.

Parlement, E. (2015, 11 16). *Europese studie over CO2-uitstoot van schepen en vliegtuigen* . Opgeroepen op December 29, 2016, van Vlaanderen is duurzaam: http://do.vlaanderen.be/europese-studie-over-co2-uitstoot-van-schepen-en-vliegtuigen

Pétursson, S. (2009, June). *Predicting Optimal Trim Configuration of Marine Vessels with respect to Fuel Usage*. Opgeroepen op 1 7, 2017, van Skemman: http://skemman.is/stream/get/1946/3058/10127/1/thesis\_960\_fixed.pdf

Royal, W. (n.d.). *Vlootlijst*. Opgehaald van Wagenborg.com: https://www.wagenborg.com/nl/ons-materieel/vlootlijst/azoresborg

Scribbr. (n.d.). *Overzicht van onderzoekssoorten*. (Scribbr) Opgeroepen op 1 12, 2017, van Scribbr: https://www.scribbr.nl/category/onderzoeksmethoden/

Wikimedia. (2016). *Trim (Scheepvaart)*. Opgeroepen op 1 7, 2017, van Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Trim\_(scheepvaart)

Wikipedia. (n.d.). *Oliecrisis van 1973*. Opgehaald van Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Oliecrisis\_van\_1973#De\_oliecrisis\_met\_boycot\_in\_Nederland

# Bijlagen

## Bijlage 1: -75 cm trim

### Run 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MV Azoresborg** | | |
| Trim situation | -75 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 08:00 | hh:mm |
| Stop Time | 09:00 | hh:mm |
| Start position | 23°43'N; 001°32,0'W | m |
| Stop position | 23°42'N; 081°43'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,78 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,03 | m |
| Trim | -75 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,5 | kn |
| Speed over ground | 9,8 | kn |
| Made distance through water | 14,49 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 785,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 727,40 | kg |
| Fuel consumption | 50,21 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 155° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 1 | m |
| Current | 1,8 | kn |
| Current direction | 65 | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Fuel counter** | **Fuel oil consumption** | |
| uu:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3782078 | 780 |  |
| 00:06 | 3782156 | 790 |
| 00:12 | 3782235 | 780 |
| 00:18 | 3782313 | 790 |
| 00:24 | 3782392 | 780 |
| 00:30 | 3782470 | 790 |
| 00:36 | 3782549 | 780 |
| 00:42 | 3782627 | 790 |
| 00:48 | 3782706 | 790 |
| 00:54 | 3782785 | 780 |
| 01:00 | 3782863 |  |
|  | Average | 785 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| uu:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 43 | 592 | 346 |
| 00:06 | 133 | 40 | 587 | 343 |
| 00:12 | 133 | 40 | 593 | 360 |
| 00:18 | 133 | 39 | 589 | 358 |
| 00:24 | 133 | 40 | 590 | 344 |
| 00:30 | 133 | 41 | 594 | 345 |
| 00:36 | 133 | 39 | 596 | 350 |
| 00:42 | 133 | 37 | 590 | 365 |
| 00:48 | 133 | 40 | 592 | 356 |
| 00:54 | 133 | 40 | 591 | 360 |
| 01:00 | 133 | 40 | 592 | 352 |
| Average | 133 | 39,91 | 591,45 | 352,64 |

### Run 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -75 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 09:00 | hh:mm |
| Stop Time | 10:00 | hh:mm |
| Start position | 23°42'N; 081°43'W | m |
| Stop position | 23°41'N; 081°54'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,78 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,03 | m |
| Trim | -75 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,5 | kn |
| Speed over ground | 9,8 | kn |
| Made distance through water | 14,47 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 785,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 727,40 | kg |
| Fuel consumption | 50,26 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 155° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 1 | m |
| Current | 1,5 | kn |
| Current direction | 65 | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tijd | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3782863 | 780 |  |
| 00:06 | 3782941 | 790 |
| 00:12 | 3783020 | 780 |
| 00:18 | 3783098 | 790 |
| 00:24 | 3783177 | 770 |
| 00:30 | 3783254 | 800 |
| 00:36 | 3783334 | 780 |
| 00:42 | 3783412 | 790 |
| 00:48 | 3783491 | 770 |
| 00:54 | 3783568 | 800 |
| 01:00 | 3783648 |  |
|  | Average | 785 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 40 | 592 | 352 |
| 00:06 | 133 | 40 | 591 | 343 |
| 00:12 | 133 | 41 | 593 | 344 |
| 00:18 | 133 | 39 | 593 | 360 |
| 00:24 | 133 | 40 | 591 | 355 |
| 00:30 | 133 | 41 | 592 | 355 |
| 00:36 | 133 | 40 | 593 | 338 |
| 00:42 | 133 | 40 | 593 | 349 |
| 00:48 | 133 | 40 | 594 | 358 |
| 00:54 | 133 | 40 | 593 | 347 |
| 01:00 | 133 | 40 | 594 | 340 |
| Average | 133 | 40,09 | 592,64 | 349,18 |

### Run 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -75 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 10:00 | hh:mm |
| Stop Time | 11:00 | hh:mm |
| Start position | 23°41'N; 081°54'W | m |
| Stop position | 23°39'N; 082°04'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,78 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,03 | m |
| Trim | -75 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,5 | kn |
| Speed over ground | 9,7 | kn |
| Made distance through water | 14,51 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 782,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 724,62 | kg |
| Fuel consumption | 49,92 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 155° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 1 | m |
| Current | 1,2 | kn |
| Current direction | 65 | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3783648 | 790 |  |
| 00:06 | 3783727 | 780 |
| 00:12 | 3783805 | 780 |
| 00:18 | 3783883 | 780 |
| 00:24 | 3783961 | 780 |
| 00:30 | 3784039 | 780 |
| 00:36 | 3784117 | 790 |
| 00:42 | 3784196 | 790 |
| 00:48 | 3784275 | 800 |
| 00:54 | 3784355 | 750 |
| 01:00 | 3784430 |  |
|  | Average | 782 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 40 | 539 | 340 |
| 00:06 | 133 | 39 | 594 | 333 |
| 00:12 | 133 | 38 | 594 | 327 |
| 00:18 | 133 | 40 | 590 | 359 |
| 00:24 | 133 | 40 | 591 | 360 |
| 00:30 | 133 | 42 | 590 | 346 |
| 00:36 | 133 | 39 | 592 | 351 |
| 00:42 | 133 | 40 | 592 | 332 |
| 00:48 | 133 | 40 | 591 | 354 |
| 00:54 | 133 | 41 | 593 | 342 |
| 01:00 | 133 | 41 | 587 | 258 |
| Average | 133 | 40,00 | 586,64 | 336,55 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -75 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 11:00 | hh:mm |
| Stop Time | 12:00 | hh:mm |
| Start position | 23°39'N; 082°04'W | m |
| Stop position | 23°39'N; 082°14'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,78 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,03 | m |
| Trim | -75 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,4 | kn |
| Speed over ground | 9,75 | kn |
| Made distance through water | 14,40 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 789,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 731,10 | kg |
| Fuel consumption | 50,77 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 155° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1,5 | m |
| Wave direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 1 | m |
| Current | 0,9 | kn |
| Current direction | 65 | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3784430 | 770 |  |
| 00:06 | 3784507 | 780 |
| 00:12 | 3784585 | 780 |
| 00:18 | 3784663 | 790 |
| 00:24 | 3784742 | 780 |
| 00:30 | 3784820 | 800 |
| 00:36 | 3784900 | 790 |
| 00:42 | 3784979 | 800 |
| 00:48 | 3785059 | 810 |
| 00:54 | 3785140 | 790 |
| 01:00 | 3785219 |  |
|  | Average | 789 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 41 | 587 | 258 |
| 00:06 | 133 | 39 | 593 | 255 |
| 00:12 | 133 | 40 | 590 | 263 |
| 00:18 | 133 | 41 | 591 | 293 |
| 00:24 | 133 | 41 | 590 | 277 |
| 00:30 | 133 | 41 | 590 | 351 |
| 00:36 | 133 | 42 | 593 | 334 |
| 00:42 | 133 | 42 | 595 | 340 |
| 00:48 | 133 | 41 | 593 | 362 |
| 00:54 | 133 | 39 | 588 | 358 |
| 01:00 | 133 | 40 | 591 | 344 |
| Average | 133 | 40,64 | 591,00 | 312,27 |

## Bijlage 2: -25 cm trim

### Run 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -25 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 20:00 | hh:mm |
| Stop Time | 21:00 | hh:mm |
| Start position | 23°31,7'N; 083°44,6'W | m |
| Stop position | 23°29,8'N; 083°56,0' W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,27 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,52 | m |
| Trim | -25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,4 | kn |
| Speed over ground | 12,2 | kn |
| Made distance through water | 14,43 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 792,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 733,88 | kg |
| Fuel consumption | 50,86 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 175° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 085° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,4 | m |
| Current | 1,9 | kn |
| Current direction | 103° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3791487 | 780 |  |
| 00:06 | 3791565 | 800 |
| 00:12 | 3791645 | 790 |
| 00:18 | 3791724 | 790 |
| 00:24 | 3791803 | 790 |
| 00:30 | 3791882 | 790 |
| 00:36 | 3791961 | 800 |
| 00:42 | 3792041 | 800 |
| 00:48 | 3792121 | 780 |
| 00:54 | 3792199 | 800 |
| 01:00 | 3792279 |  |
|  | Average | 792 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 592 | 386 |
| 00:06 | 133 | 40 | 592 | 331 |
| 00:12 | 133 | 42 | 589 | 338 |
| 00:18 | 133 | 40 | 590 | 341 |
| 00:24 | 133 | 41 | 590 | 344 |
| 00:30 | 133 | 40 | 592 | 358 |
| 00:36 | 133 | 40 | 591 | 347 |
| 00:42 | 133 | 40 | 590 | 354 |
| 00:48 | 133 | 40 | 591 | 356 |
| 00:54 | 133 | 39 | 594 | 360 |
| 01:00 | 133 | 39 | 593 | 346 |
| Average | 133 | 40,00 | 591,27 | 351,00 |

### Run 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -25 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 21:00 | hh:mm |
| Stop Time | 22:00 | hh:mm |
| Start position | 23°29,8'N; 083°56,0' W | m |
| Stop position | 23°28,5'N; 084°09,9' W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,27 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,52 | m |
| Trim | -25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,5 | kn |
| Speed over ground | 12,8 | kn |
| Made distance through water | 14,49 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 780,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 722,76 | kg |
| Fuel consumption | 49,89 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 085° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,6 | m |
| Current | 1,2 | kn |
| Current direction | 108° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3792279 | 680 |  |
| 00:06 | 3792347 | 800 |
| 00:12 | 3792427 | 790 |
| 00:18 | 3792506 | 790 |
| 00:24 | 3792585 | 790 |
| 00:30 | 3792664 | 790 |
| 00:36 | 3792743 | 790 |
| 00:42 | 3792822 | 790 |
| 00:48 | 3792901 | 790 |
| 00:54 | 3792980 | 790 |
| 01:00 | 3793059 |  |
|  | average | 780 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 593 | 346 |
| 00:06 | 133 | 41 | 593 | 329 |
| 00:12 | 133 | 41 | 590 | 346 |
| 00:18 | 133 | 42 | 590 | 366 |
| 00:24 | 133 | 41 | 590 | 364 |
| 00:30 | 133 | 40 | 590 | 357 |
| 00:36 | 133 | 41 | 590 | 350 |
| 00:42 | 133 | 40 | 591 | 350 |
| 00:48 | 133 | 41 | 588 | 382 |
| 00:54 | 133 | 41 | 589 | 374 |
| 01:00 | 133 | 41 | 592 | 367 |
| Gemiddelde | 133 | 40,73 | 590,55 | 357,36 |

### Run 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -25 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 22:00 | hh:mm |
| Stop Time | 23:00 | hh:mm |
| Start position | 23°28,5'N; 084°09,9' W | m |
| Stop position | 23°27,5'N; 084°24,0'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,27 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,52 | m |
| Trim | -25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,5 | kn |
| Speed over ground | 13 | kn |
| Made distance through water | 14,54 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 785,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 727,40 | kg |
| Fuel consumption | 50,02 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 3 | Beaufort |
| Wind direction | 160° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 085° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 170° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,3 | m |
| Current | 1,8 | kn |
| Current direction | 125° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3793059 | 780 |  |
| 00:06 | 3793137 | 790 |
| 00:12 | 3793216 | 780 |
| 00:18 | 3793294 | 780 |
| 00:24 | 3793372 | 780 |
| 00:30 | 3793450 | 780 |
| 00:36 | 3793528 | 790 |
| 00:42 | 3793607 | 780 |
| 00:48 | 3793685 | 800 |
| 00:54 | 3793765 | 790 |
| 01:00 | 3793844 |  |
|  | Average | 785 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 41 | 592 | 367 |
| 00:06 | 133 | 40 | 589 | 344 |
| 00:12 | 133 | 41 | 590 | 321 |
| 00:18 | 133 | 39 | 592 | 334 |
| 00:24 | 133 | 39 | 591 | 364 |
| 00:30 | 133 | 40 | 591 | 349 |
| 00:36 | 133 | 41 | 589 | 360 |
| 00:42 | 133 | 41 | 590 | 349 |
| 00:48 | 133 | 39 | 589 | 356 |
| 00:54 | 133 | 41 | 582 | 363 |
| 01:00 | 133 | 40 | 593 | 348 |
| Gemiddelde | 133 | 40,18 | 589,82 | 350,45 |

### Run 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | -25 | Cm |
| Date | 18/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 23:00 | hh:mm |
| Stop Time | 00:00 | hh:mm |
| Start position | 23°27,5'N; 084°24,0'W | m |
| Stop position | 23°27,5'N; 084°24,0'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,27 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,52 | m |
| Trim | -25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,5 | kn |
| Speed over ground | 13,1 | kn |
| Made distance through water | 14,49 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 789,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 731,10 | kg |
| Fuel consumption | 50,47 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 085° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,5 | m |
| Current | 1,5 | kn |
| Current direction | 085° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3793844 | 790 |  |
| 00:06 | 3793923 | 780 |
| 00:12 | 3794001 | 790 |
| 00:18 | 3794080 | 790 |
| 00:24 | 3794159 | 790 |
| 00:30 | 3794238 | 790 |
| 00:36 | 3794317 | 790 |
| 00:42 | 3794396 | 790 |
| 00:48 | 3794475 | 800 |
| 00:54 | 3794555 | 780 |
| 01:00 | 3794633 |  |
|  | Average | 789 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 40 | 593 | 348 |
| 00:06 | 133 | 40 | 593 | 354 |
| 00:12 | 133 | 39 | 593 | 334 |
| 00:18 | 133 | 40 | 593 | 356 |
| 00:24 | 133 | 40 | 592 | 347 |
| 00:30 | 133 | 40 | 593 | 349 |
| 00:36 | 133 | 41 | 591 | 357 |
| 00:42 | 133 | 41 | 591 | 348 |
| 00:48 | 133 | 39 | 591 | 363 |
| 00:54 | 133 | 40 | 593 | 362 |
| 01:00 | 133 | 40 | 593 | 345 |
| Gemiddelde | 133 | 40,00 | 592,36 | 351,18 |

## Bijlage 3: 0 cm trim

### Run 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 0 | Cm |
| Date | 19/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 04:00 | hh:mm |
| Stop Time | 05:00 | hh:mm |
| Start position | 23°19,9';085°49,7'W | m |
| Stop position | 23°18,7'N; 086°04,2'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,35 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,35 | m |
| Trim | 0 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,3 | kn |
| Speed over ground | 13,3 | kn |
| Made distance through water | 14,27 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 782,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 724,62 | kg |
| Fuel consumption | 50,77 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 5 | Beaufort |
| Wind direction | 160° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 160° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 080° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,6 | m |
| Current | 1 | kn |
| Current direction | 030° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3798436 | 790 |  |
| 00:06 | 3798515 | 790 |
| 00:12 | 3798594 | 780 |
| 00:18 | 3798672 | 780 |
| 00:24 | 3798750 | 780 |
| 00:30 | 3798828 | 790 |
| 00:36 | 3798907 | 780 |
| 00:42 | 3798985 | 770 |
| 00:48 | 3799062 | 780 |
| 00:54 | 3799140 | 780 |
| 01:00 | 3799218 |  |
|  | Average | 782 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 41 | 592 | 363 |
| 00:06 | 133 | 40 | 592 | 358 |
| 00:12 | 133 | 39 | 592 | 358 |
| 00:18 | 133 | 40 | 592 | 347 |
| 00:24 | 133 | 39 | 592 | 335 |
| 00:30 | 133 | 40 | 592 | 352 |
| 00:36 | 133 | 40 | 590 | 350 |
| 00:42 | 133 | 39 | 591 | 343 |
| 00:48 | 133 | 40 | 590 | 351 |
| 00:54 | 133 | 40 | 592 | 347 |
| 01:00 | 133 | 39 | 591 | 361 |
| Gemiddelde | 133 | 39,73 | 591,45 | 351,36 |

### Run 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 0 | Cm |
| Date | 19/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 05:00 | hh:mm |
| Stop Time | 06:00 | hh:mm |
| Start position | 23°18,7'N; 086°04,2'W | m |
| Stop position | 23°17,6'N; 086°18,7'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,35 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,35 | m |
| Trim | 0 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,3 | kn |
| Speed over ground | 13,2 | kn |
| Made distance through water | 14,34 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 783,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 725,54 | kg |
| Fuel consumption | 50,59 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 165° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 140° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,5 | m |
| Wave direction | 090° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,4 | m |
| Current | 1,6 | kn |
| Current direction | 033° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3799218 | 790 |  |
| 00:06 | 3799297 | 790 |
| 00:12 | 3799376 | 780 |
| 00:18 | 3799454 | 790 |
| 00:24 | 3799533 | 780 |
| 00:30 | 3799611 | 780 |
| 00:36 | 3799689 | 780 |
| 00:42 | 3799767 | 780 |
| 00:48 | 3799845 | 780 |
| 00:54 | 3799923 | 780 |
| 01:00 | 3800001 |  |
|  | Gemiddelde | 783 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 591 | 361 |
| 00:06 | 133 | 39 | 589 | 365 |
| 00:12 | 133 | 40 | 591 | 341 |
| 00:18 | 133 | 40 | 593 | 340 |
| 00:24 | 133 | 39 | 594 | 332 |
| 00:30 | 133 | 40 | 590 | 338 |
| 00:36 | 133 | 40 | 590 | 349 |
| 00:42 | 133 | 40 | 592 | 332 |
| 00:48 | 133 | 40 | 591 | 341 |
| 00:54 | 133 | 39 | 591 | 353 |
| 01:00 | 133 | 41 | 591 | 372 |
| Gemiddelde | 133 | 39,73 | 591,18 | 347,64 |

### Run 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 0 | cm |
| Date | 19/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 06:00 | hh:mm |
| Stop Time | 07:00 | hh:mm |
| Start position | 23°17,6'N; 086°18,7'W | Latitude; longitude |
| Stop position | 23°16,4'N; 086°33,1'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,35 | m |
| Aft Draught | 8,35 | m |
| Trim | 0 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,4 | kn |
| Speed over ground | 13,3 | kn |
| Made distance through water | 14,39 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 785,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 727,40 | kg |
| Fuel consumption | 50,56 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 170° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 150° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,7 | m |
| Wave direction | 100° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,5 | m |
| Current | 1 | kn |
| Current direction | 025° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3800001 | 780 |  |
| 00:06 | 3800079 | 780 |
| 00:12 | 3800157 | 780 |
| 00:18 | 3800235 | 780 |
| 00:24 | 3800313 | 790 |
| 00:30 | 3800392 | 820 |
| 00:36 | 3800474 | 760 |
| 00:42 | 3800550 | 790 |
| 00:48 | 3800629 | 790 |
| 00:54 | 3800708 | 780 |
| 01:00 | 3800786 |  |
|  | Average | 785 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 41 | 591 | 372 |
| 00:06 | 133 | 39 | 591 | 365 |
| 00:12 | 133 | 39 | 591 | 343 |
| 00:18 | 133 | 40 | 590 | 341 |
| 00:24 | 133 | 39 | 588 | 341 |
| 00:30 | 133 | 41 | 593 | 383 |
| 00:36 | 133 | 39 | 593 | 376 |
| 00:42 | 133 | 40 | 593 | 365 |
| 00:48 | 133 | 41 | 592 | 362 |
| 00:54 | 133 | 40 | 592 | 361 |
| 01:00 | 133 | 40 | 590 | 366 |
| Gemiddelde | 133 | 39,91 | 591,27 | 361,36 |

### Run 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 0 | cm |
| Date | 19/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 07:00 | hh:mm |
| Stop Time | 08:00 | hh:mm |
| Start position | 23°16,4'N; 086°33,1'W | Latitude; longitude |
| Stop position | 23°15,0'N; 086°47,2'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,35 | m |
| Aft Draught | 8,35 | m |
| Trim | 0 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,4 | kn |
| Speed over ground | 13,2 | kn |
| Made distance through water | 14,37 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 785,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 727,40 | kg |
| Fuel consumption | 50,61 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 150° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 150° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,5 | m |
| Wave direction | 90° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,3 | m |
| Current | 1,9 | kn |
| Current direction | 020° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3800786 | 790 |  |
| 00:06 | 3800865 | 780 |
| 00:12 | 3800943 | 780 |
| 00:18 | 3801021 | 790 |
| 00:24 | 3801100 | 790 |
| 00:30 | 3801179 | 780 |
| 00:36 | 3801257 | 780 |
| 00:42 | 3801335 | 780 |
| 00:48 | 3801413 | 790 |
| 00:54 | 3801492 | 790 |
| 01:00 | 3801571 |  |
|  | Average | 785 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 40 | 590 | 366 |
| 00:06 | 133 | 39 | 593 | 370 |
| 00:12 | 133 | 40 | 590 | 353 |
| 00:18 | 133 | 40 | 593 | 363 |
| 00:24 | 133 | 40 | 591 | 360 |
| 00:30 | 133 | 41 | 591 | 375 |
| 00:36 | 133 | 39 | 593 | 365 |
| 00:42 | 133 | 41 | 588 | 351 |
| 00:48 | 133 | 40 | 589 | 346 |
| 00:54 | 133 | 41 | 594 | 362 |
| 01:00 | 133 | 41 | 594 | 376 |
| Average | 133 | 40,18 | 591,45 | 362,45 |

## Bijlage 4: 25 cm trim

### Run 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 25 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 04:00 | hh:mm |
| Stop Time | 05:00 | hh:mm |
| Start position | 22°50,6'N; 091°21,4'W | m |
| Stop position | 22°49,4'N; 091°35,8'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,21 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,46 | m |
| Trim | 25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,1 | kn |
| Speed over ground | 12,3 | kn |
| Made distance through water | 14,10 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 789,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 731,10 | kg |
| Fuel consumption | 51,85 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 5 | Beaufort |
| Wind direction | 175° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 220° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,7 | m |
| Wave direction | Barely | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | Barely | m |
| Current | 0,7 | kn |
| Current direction | 90° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3816514 | 780 |  |
| 00:06 | 3816592 | 790 |
| 00:12 | 3816671 | 790 |
| 00:18 | 3816750 | 790 |
| 00:24 | 3816829 | 800 |
| 00:30 | 3816909 | 790 |
| 00:36 | 3816988 | 790 |
| 00:42 | 3817067 | 780 |
| 00:48 | 3817145 | 790 |
| 00:54 | 3817224 | 790 |
| 01:00 | 3817303 |  |
|  | Average | 789 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 592 | 386 |
| 00:06 | 133 | 40 | 592 | 331 |
| 00:12 | 133 | 42 | 589 | 338 |
| 00:18 | 133 | 40 | 590 | 341 |
| 00:24 | 133 | 41 | 590 | 344 |
| 00:30 | 133 | 40 | 592 | 358 |
| 00:36 | 133 | 40 | 591 | 347 |
| 00:42 | 133 | 40 | 590 | 354 |
| 00:48 | 133 | 40 | 591 | 356 |
| 00:54 | 133 | 39 | 594 | 360 |
| 01:00 | 133 | 39 | 593 | 346 |
| Average | 133 | 40,00 | 591,27 | 351,00 |

### Run 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 25 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 05:00 | hh:mm |
| Stop Time | 06:00 | hh:mm |
| Start position | 22°49,4'N; 091°35,8'W | m |
| Stop position | 22°47,9'N; 091°49,1'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,21 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,46 | m |
| Trim | 25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,1 | kn |
| Speed over ground | 12,3 | kn |
| Made distance through water | 14,09 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 789,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 731,10 | kg |
| Fuel consumption | 51,90 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 5 | Beaufort |
| Wind direction | 220° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 210° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | Barely | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | Barely | m |
| Current | 1 | kn |
| Current direction | 90° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3817303 | 780 |  |
| 00:06 | 3817381 | 800 |
| 00:12 | 3817461 | 790 |
| 00:18 | 3817540 | 790 |
| 00:24 | 3817619 | 790 |
| 00:30 | 3817698 | 800 |
| 00:36 | 3817778 | 780 |
| 00:42 | 3817856 | 780 |
| 00:48 | 3817934 | 790 |
| 00:54 | 3818013 | 790 |
| 01:00 | 3818092 |  |
|  | Average | 789 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 592 | 386 |
| 00:06 | 133 | 40 | 592 | 331 |
| 00:12 | 133 | 42 | 589 | 338 |
| 00:18 | 133 | 40 | 590 | 341 |
| 00:24 | 133 | 41 | 590 | 344 |
| 00:30 | 133 | 40 | 592 | 358 |
| 00:36 | 133 | 40 | 591 | 347 |
| 00:42 | 133 | 40 | 590 | 354 |
| 00:48 | 133 | 40 | 591 | 356 |
| 00:54 | 133 | 39 | 594 | 360 |
| 01:00 | 133 | 39 | 593 | 346 |
| Average | 133 | 40,00 | 591,27 | 351,00 |

### Run 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 25 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 06:00 | hh:mm |
| Stop Time | 07:00 | hh:mm |
| Start position | 22°47,9'N; 091°49,1'W | m |
| Stop position | 22°46,8'N; 092°02,9'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,21 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,46 | m |
| Trim | 25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,1 | kn |
| Speed over ground | 12,3 | kn |
| Made distance through water | 14,11 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 777,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 719,98 | kg |
| Fuel consumption | 51,01 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 5 | Beaufort |
| Wind direction | 130° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 205° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,8 | m |
| Wave direction | Barely | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | Barely | m |
| Current | 0,7 | kn |
| Current direction | 120° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3818092 | 770 |  |
| 00:06 | 3818169 | 760 |
| 00:12 | 3818245 | 780 |
| 00:18 | 3818323 | 760 |
| 00:24 | 3818399 | 780 |
| 00:30 | 3818477 | 790 |
| 00:36 | 3818556 | 770 |
| 00:42 | 3818633 | 780 |
| 00:48 | 3818711 | 790 |
| 00:54 | 3818790 | 790 |
| 01:00 | 3818869 |  |
|  | Average | 777 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 38 | 591 | 351 |
| 00:06 | 133 | 38 | 588 | 349 |
| 00:12 | 133 | 38 | 589 | 345 |
| 00:18 | 133 | 39 | 591 | 353 |
| 00:24 | 133 | 38 | 589 | 354 |
| 00:30 | 133 | 38 | 590 | 363 |
| 00:36 | 133 | 38 | 591 | 352 |
| 00:42 | 133 | 39 | 594 | 337 |
| 00:48 | 133 | 38 | 592 | 337 |
| 00:54 | 133 | 37 | 592 | 336 |
| 01:00 | 133 | 38 | 591 | 356 |
| Average | 133 | 38,09 | 590,73 | 348,45 |

### Run 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 25 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 07:00 | hh:mm |
| Stop Time | 08:00 | hh:mm |
| Start position | 22°46,8'N; 092°02,9'W | m |
| Stop position | 22°46,0'N; 092°15,7'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 8,21 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,46 | m |
| Trim | 25 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 14,1 | kn |
| Speed over ground | 12,3 | kn |
| Made distance through water | 14,07 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 791,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 732,96 | kg |
| Fuel consumption | 52,09 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 5 | Beaufort |
| Wind direction | 125° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 215° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1,1 | m |
| Wave direction | Barely | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | Barely | m |
| Current | 090° | kn |
| Current direction | 0,7 | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3818869 | 790 |  |
| 00:06 | 3818948 | 800 |
| 00:12 | 3819028 | 780 |
| 00:18 | 3819106 | 790 |
| 00:24 | 3819185 | 810 |
| 00:30 | 3819266 | 770 |
| 00:36 | 3819343 | 790 |
| 00:42 | 3819422 | 810 |
| 00:48 | 3819503 | 780 |
| 00:54 | 3819581 | 790 |
| 01:00 | 3819660 |  |
|  | Average | 791 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 38 | 591 | 356 |
| 00:06 | 133 | 40 | 588 | 370 |
| 00:12 | 133 | 39 | 591 | 355 |
| 00:18 | 133 | 39 | 589 | 348 |
| 00:24 | 133 | 37 | 592 | 350 |
| 00:30 | 133 | 39 | 588 | 369 |
| 00:36 | 133 | 38 | 592 | 368 |
| 00:42 | 133 | 38 | 591 | 351 |
| 00:48 | 133 | 38 | 592 | 345 |
| 00:54 | 133 | 38 | 593 | 345 |
| 01:00 | 133 | 38 | 592 | 363 |
| Average | 133 | 38,36 | 590,82 | 356,36 |

## Bijlage 5: 70 cm trim

### Run 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 70 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 12:00 | hh:mm |
| Stop Time | 13:00 | hh:mm |
| Start position | 22°41,1'N; 093°09,6'W | m |
| Stop position | 22°39,7'N; 093°23,2'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 70 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,0 | kn |
| Speed over ground | 12,7 | kn |
| Made distance through water | 13,03 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 758,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 702,38 | kg |
| Fuel consumption | 53,91 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 230° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 10° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,5 | m |
| Current | 1 | kn |
| Current direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3822438 | 760 |  |
| 00:06 | 3822514 | 770 |
| 00:12 | 3822591 | 760 |
| 00:18 | 3822667 | 750 |
| 00:24 | 3822742 | 750 |
| 00:30 | 3822817 | 750 |
| 00:36 | 3822892 | 750 |
| 00:42 | 3822967 | 770 |
| 00:48 | 3823044 | 750 |
| 00:54 | 3823119 | 770 |
| 01:00 | 3823196 |  |
|  | Average | 758 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 38 | 591 | 327 |
| 00:06 | 133 | 39 | 591 | 332 |
| 00:12 | 133 | 39 | 592 | 358 |
| 00:18 | 133 | 40 | 594 | 336 |
| 00:24 | 133 | 40 | 590 | 325 |
| 00:30 | 133 | 40 | 590 | 347 |
| 00:36 | 133 | 40 | 591 | 343 |
| 00:42 | 133 | 40 | 590 | 339 |
| 00:48 | 133 | 39 | 593 | 341 |
| 00:54 | 133 | 39 | 593 | 349 |
| 01:00 | 133 | 39 | 594 | 354 |
| Average | 133 | 39,36 | 591,73 | 341,00 |

### Run 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 70 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 13:00 | hh:mm |
| Stop Time | 14:00 | hh:mm |
| Start position | 22°39,7'N; 093°23,2'W | m |
| Stop position | 22°38,6'N; 093°36,2'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 70 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,1 | kn |
| Speed over ground | 12,4 | kn |
| Made distance through water | 13,09 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 757,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 701,45 | kg |
| Fuel consumption | 53,60 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 235° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 10° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,5 | m |
| Current | 1 | kn |
| Current direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3823196 | 760 |  |
| 00:06 | 3823272 | 780 |
| 00:12 | 3823350 | 740 |
| 00:18 | 3823424 | 760 |
| 00:24 | 3823500 | 750 |
| 00:30 | 3823575 | 760 |
| 00:36 | 3823651 | 750 |
| 00:42 | 3823726 | 750 |
| 00:48 | 3823801 | 760 |
| 00:54 | 3823877 | 760 |
| 01:00 | 3823953 |  |
|  | Average | 757 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 594 | 354 |
| 00:06 | 133 | 40 | 593 | 364 |
| 00:12 | 133 | 40 | 590 | 350 |
| 00:18 | 133 | 40 | 590 | 339 |
| 00:24 | 133 | 39 | 591 | 335 |
| 00:30 | 133 | 40 | 592 | 342 |
| 00:36 | 133 | 40 | 589 | 347 |
| 00:42 | 133 | 39 | 590 | 363 |
| 00:48 | 133 | 40 | 590 | 343 |
| 00:54 | 133 | 40 | 589 | 347 |
| 01:00 | 133 | 39 | 590 | 338 |
| Average | 133 | 39,64 | 590,73 | 347,45 |

### Run 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 70 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 14:00 | hh:mm |
| Stop Time | 15:00 | hh:mm |
| Start position | 22°38,6'N; 093°36,2'W | m |
| Stop position | 22°37,8'N; 093°50,6'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 70 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,1 | kn |
| Speed over ground | 12,6 | kn |
| Made distance through water | 13,09 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 754,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 698,67 | kg |
| Fuel consumption | 53,39 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 4 | Beaufort |
| Wind direction | 220° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 10° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,7 | m |
| Current | 1,5 | kn |
| Current direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3823953 | 750 |  |
| 00:06 | 3824028 | 750 |
| 00:12 | 3824103 | 750 |
| 00:18 | 3824178 | 750 |
| 00:24 | 3824253 | 750 |
| 00:30 | 3824328 | 760 |
| 00:36 | 3824404 | 760 |
| 00:42 | 3824480 | 760 |
| 00:48 | 3824556 | 750 |
| 00:54 | 3824631 | 760 |
| 01:00 | 3824707 |  |
|  | Average | 754 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 40 | 590 | 338 |
| 00:06 | 133 | 40 | 590 | 357 |
| 00:12 | 133 | 39 | 590 | 340 |
| 00:18 | 133 | 39 | 592 | 337 |
| 00:24 | 133 | 40 | 590 | 327 |
| 00:30 | 133 | 40 | 590 | 323 |
| 00:36 | 133 | 40 | 593 | 353 |
| 00:42 | 133 | 39 | 593 | 351 |
| 00:48 | 133 | 38 | 591 | 346 |
| 00:54 | 133 | 39 | 593 | 345 |
| 01:00 | 133 | 40 | 592 | 336 |
| Average | 133 | 39,45 | 591,27 | 341,18 |

### Run 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 70 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 15:00 | hh:mm |
| Stop Time | 16:00 | hh:mm |
| Start position | 22°37,8'N; 093°50,6'W | m |
| Stop position | 22°36,3'N; 094°03,3'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 70 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,0 | kn |
| Speed over ground | 12,7 | kn |
| Made distance through water | 13,03 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 756,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 700,52 | kg |
| Fuel consumption | 53,77 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 3 | Beaufort |
| Wind direction | 207° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 10° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 1 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,5 | m |
| Current | 1,5 | kn |
| Current direction | 180° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3824707 | 790 |  |
| 00:06 | 3824786 | 740 |
| 00:12 | 3824860 | 740 |
| 00:18 | 3824934 | 740 |
| 00:24 | 3825008 | 760 |
| 00:30 | 3825084 | 750 |
| 00:36 | 3825159 | 760 |
| 00:42 | 3825235 | 750 |
| 00:48 | 3825310 | 760 |
| 00:54 | 3825386 | 770 |
| 01:00 | 3825463 |  |
|  | Average | 756 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 40 | 592 | 336 |
| 00:06 | 133 | 40 | 595 | 356 |
| 00:12 | 133 | 38 | 593 | 353 |
| 00:18 | 133 | 38 | 590 | 328 |
| 00:24 | 133 | 40 | 590 | 334 |
| 00:30 | 133 | 41 | 590 | 332 |
| 00:36 | 133 | 40 | 593 | 362 |
| 00:42 | 133 | 40 | 591 | 359 |
| 00:48 | 133 | 40 | 591 | 342 |
| 00:54 | 133 | 40 | 592 | 344 |
| 01:00 | 133 | 39 | 592 | 339 |
| Average | 133 | 39,64 | 591,73 | 344,09 |

## Bijlage 6: 155 cm trim

### Run 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 155 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 20:00 | hh:mm |
| Stop Time | 21:00 | hh:mm |
| Start position | 22°31,5'N; 094°37,8'W | m |
| Stop position | 22°30,1'N;095°12,0'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 155 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,4 | kn |
| Speed over ground | 12,7 | kn |
| Made distance through water | 13,36 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 779,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 721,84 | kg |
| Fuel consumption | 54,04 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 2/3 | Beaufort |
| Wind direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,5 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,3 | m |
| Current | 0,7 | kn |
| Current direction | 25° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3828433 | 780 |  |
| 00:06 | 3828511 | 790 |
| 00:12 | 3828590 | 770 |
| 00:18 | 3828667 | 770 |
| 00:24 | 3828744 | 770 |
| 00:30 | 3828821 | 780 |
| 00:36 | 3828899 | 770 |
| 00:42 | 3828976 | 790 |
| 00:48 | 3829055 | 780 |
| 00:54 | 3829133 | 790 |
| 01:00 | 3829212 |  |
|  | Average | 779 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 39 | 593 | 326 |
| 00:06 | 133 | 38 | 587 | 346 |
| 00:12 | 133 | 38 | 590 | 342 |
| 00:18 | 133 | 38 | 592 | 367 |
| 00:24 | 133 | 39 | 593 | 347 |
| 00:30 | 133 | 38 | 593 | 339 |
| 00:36 | 133 | 38 | 591 | 355 |
| 00:42 | 133 | 38 | 590 | 357 |
| 00:48 | 133 | 37 | 592 | 335 |
| 00:54 | 133 | 39 | 590 | 339 |
| 01:00 | 133 | 37 | 591 | 330 |
| Average | 133 | 38,09 | 591,09 | 343,91 |

### Run 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 155 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 21:00 | hh:mm |
| Stop Time | 22:00 | hh:mm |
| Start position | 22°30,1'N;095°12,0'W | m |
| Stop position | 22°29,1'N;095°25,7'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 155 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,4 | kn |
| Speed over ground | 12,9 | kn |
| Made distance through water | 13,37 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 783,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 725,54 | kg |
| Fuel consumption | 54,26 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 2/3 | Beaufort |
| Wind direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,5 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,4 | m |
| Current | 0,7 | kn |
| Current direction | 25° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3829212 | 790 |  |
| 00:06 | 3829291 | 780 |
| 00:12 | 3829369 | 770 |
| 00:18 | 3829446 | 790 |
| 00:24 | 3829525 | 790 |
| 00:30 | 3829604 | 780 |
| 00:36 | 3829682 | 790 |
| 00:42 | 3829761 | 770 |
| 00:48 | 3829838 | 790 |
| 00:54 | 3829917 | 780 |
| 01:00 | 3829995 |  |
|  | Average | 783 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 37 | 591 | 330 |
| 00:06 | 133 | 38 | 590 | 349 |
| 00:12 | 133 | 37 | 591 | 349 |
| 00:18 | 133 | 38 | 590 | 340 |
| 00:24 | 133 | 39 | 589 | 334 |
| 00:30 | 133 | 38 | 591 | 351 |
| 00:36 | 133 | 38 | 590 | 351 |
| 00:42 | 133 | 39 | 593 | 352 |
| 00:48 | 133 | 38 | 593 | 335 |
| 00:54 | 133 | 39 | 591 | 340 |
| 01:00 | 133 | 38 | 592 | 327 |
| Avarage | 133 | 38,09 | 591,00 | 341,64 |

### Run 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 155 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 22:00 | hh:mm |
| Stop Time | 23:00 | hh:mm |
| Start position | 22°29,1'N;095°25,7'W | m |
| Stop position | 22°27,9'N;095°39,1'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 155 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,5 | kn |
| Speed over ground | 12,3 | kn |
| Made distance through water | 13,46 | nM |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 784,00 | liter |
| Total fuel used in kg | 726,47 | kg |
| Fuel consumption | 53,98 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 3 | Beaufort |
| Wind direction | 195° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 186° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,5 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,3 | m |
| Current | 1,6 | kn |
| Current direction | 25° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3829995 | 790 |  |
| 00:06 | 3830074 | 780 |
| 00:12 | 3830152 | 780 |
| 00:18 | 3830230 | 790 |
| 00:24 | 3830309 | 780 |
| 00:30 | 3830387 | 780 |
| 00:36 | 3830465 | 790 |
| 00:42 | 3830544 | 780 |
| 00:48 | 3830622 | 780 |
| 00:54 | 3830700 | 790 |
| 01:00 | 3830779 |  |
|  | Average | 784 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 38 | 592 | 327 |
| 00:06 | 133 | 38 | 590 | 351 |
| 00:12 | 133 | 38 | 590 | 340 |
| 00:18 | 133 | 38 | 590 | 344 |
| 00:24 | 133 | 38 | 590 | 342 |
| 00:30 | 133 | 38 | 592 | 336 |
| 00:36 | 133 | 37 | 591 | 342 |
| 00:42 | 133 | 38 | 592 | 358 |
| 00:48 | 133 | 38 | 593 | 341 |
| 00:54 | 133 | 39 | 592 | 320 |
| 01:00 | 133 | 39 | 592 | 328 |
| Average | 133 | 38,09 | 591,27 | 339,00 |

### Run 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MV Azoresborg | | |
| Trim situation | 155 | Cm |
| Date | 20/05/17 | dd-mm-yyyy |
| Start time | 23:00 | hh:mm |
| Stop Time | 00:00 | hh:mm |
| Start position | 22°27,9'N;095°39,1'W | m |
| Stop position | 22°26,6'N;095°52,5'W | Latitude; longitude |
| Frwd Draught | 7,97 | Latitude; longitude |
| Aft Draught | 8,67 | m |
| Trim | 155 | cm |
| Deplacement | 9884,5 | ton |
| Speed through water | 13,4 | kn |
| Speed over ground | 12,5 | kn |
| Made distance through water | 13,36 | nM |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **Fuel calculation** | | |
| Density of the fuel at 15°C | 989,30 | kg/m3 |
| Density of the fuel at 114°C | 926,62 | kg/m3 |
| Total fuel used in liter | 779,13 | liter |
| Total fuel used in kg | 721,96 | kg |
| Fuel consumption | 54,05 | kg/Nm |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **External factors** | | |
| Wind force | 3 | Beaufort |
| Wind direction | 185° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell | 180° | Degrees Relative to the vessel |
| Swell height | 0,5 | m |
| Wave direction | 190° | Degrees Relative to the vessel |
| Wave height | 0,3 | m |
| Current | 1 | kn |
| Current direction | 25° | Degrees Relative to the vessel |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Time | Fuel counter | Fuel oil consumption | |
| hh:mm | Liter | Liter/hour | |
| 00:00 | 3830783,867 | 771,33 |  |
| 00:06 | 3830861 | 790 |
| 00:12 | 3830940 | 780 |
| 00:18 | 3831018 | 780 |
| 00:24 | 3831096 | 770 |
| 00:30 | 3831173 | 780 |
| 00:36 | 3831251 | 770 |
| 00:42 | 3831328 | 780 |
| 00:48 | 3831406 | 790 |
| 00:54 | 3831485 | 780 |
| 01:00 | 3831563 |  |
|  | Average | 779,13 |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Time** | **Rpm shaft** | **Actual load** | **rpm main engine** | **Load shaft generator** |
| hh:mm | rpm | % | Rpm | kW |
| 00:00 | 133 | 38 | 592 | 327 |
| 00:06 | 133 | 38 | 590 | 351 |
| 00:12 | 133 | 38 | 590 | 340 |
| 00:18 | 133 | 38 | 590 | 344 |
| 00:24 | 133 | 38 | 590 | 342 |
| 00:30 | 133 | 38 | 592 | 336 |
| 00:36 | 133 | 37 | 591 | 342 |
| 00:42 | 133 | 38 | 592 | 358 |
| 00:48 | 133 | 38 | 593 | 341 |
| 00:54 | 133 | 39 | 592 | 320 |
| 01:00 | 133 | 39 | 592 | 328 |
| Average | 133 | 38,09 | 591,27 | 339,00 |

## Bijlage 7: bunkerformulier

FROM

VISWA LAB

TO

WAGENBORG SHIPPING

ATTN: FMD WAGENBORG SHIPPING

Vessel Name : AZORESBORG (IMO No: 9466051)

VLC Log No : H170564526

Place & Date Sent : EINDHOVEN - NETHERLANDS, THE, ; 28-Apr-2017

Date Received at VL : 04-May-2017

CUSTOMER FURNISHED DATA:

Bunker Port & Date : VLISSINGEN-NETHERLANDS ; 24-Apr-2017

Bunker Supplier : TRANSCOR ENERGY

Barge : FINITOR

Sample Grade : IFO380-RMG380

Sample Seal No : V835183 - Sealed

Bunker Quantity : 548.174 MT

Bunker Density @15°C : 990.1 kg/m3

Bunker Viscosity @50°C : 380.0 cSt

Sulphur Content : 2.3200 %

Water Content : 0.10 %

Source of the sample : MANIFOLD

Sampling Method : DRIP

SPECIFIED PARAMETERS FOR IFO380-RMG380 & TEST RESULTS

Parameters Units Test Results Specification Limits

-------------------------------------------------------------------------

Density @ 15°C kg/m3 989.3 ( 991.0 Max )

viscosity @50°C cSt 375.7 ( 380.0 Max )

Upper Pour Point °C 6 ( 30 Max )

Carbon Residue % (mass) 14.34 ( 18.00 Max )

Ash % (mass) 0.047 ( 0.150 Max )

Water % (vol) 0.10 ( 0.50 Max )

Sulphur % (mass) 1.93 ( 3.5000 Max )

Total Sediment Pot. % (mass) 0.01 ( 0.10 Max )

Vanadium ppm 120 ( 300 Max )

Al + Si ppm 23 ( 80 Max )

Flash Point °C > 70 ( 60 Min )

Calcium ppm 9 ( 30 Max )

Zinc ppm < 1 ( 15 Max )

Phosphorus ppm < 1 ( 15 Max )

ADDITIONAL PARAMETERS

---------------------

Parameters Test Results Units

---------------------------------------------------

viscosity @100°C 34.8 cSt

API Gravity 11.45

Sodium 43 ppm

Aluminium 12 ppm

Silicon 10 ppm

Iron 29 ppm

Lead < 1 ppm

Nickel 37 ppm

Magnesium 2 ppm

Potassium < 1 ppm

CALCULATED VALUES

-----------------

Parameters Computed Val Units

-----------------------------------------------------------

Net specific energy 40.55 MJ/kg

Gross specific energy 42.85 MJ/kg

CCAI 850

Temperature at injection (for 13 cSt) 134 °C

Minimum Transfer Temperature 43 °C

Engine Friendliness Number (EFN : 1 to 100) 57

CONFORMANCE:

The fuel sample tested conforms to Table 2 of ISO 8217:2005 specifications for grade IFO 380 - RMG 380

COMMENTS:

High iron content can cause damage to fuel pump and fuel nozzle. Ensure purification and filtration systems are functioning efficiently.

Sulfur was confirmed by repeated analysis.

SUGGESTIONS & RECOMMENDATIONS TO SHIP OWNERS/OPERATORS/TECHNICAL STAFF

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Temperature for injection viscosity of 8 cst is 157°C.

Temperature for injection viscosity of 10 cst is 146°C.

Temperature for injection viscosity of 11 cst is 141°C.

Temperature for injection viscosity of 12 cst is 138°C.

Temperature for injection viscosity of 13 cst is 134°C.

Temperature for injection viscosity of 15 cst is 128°C.

Temperature for injection viscosity of 18 cst is 121°C.

Temperature for injection viscosity of 20 cst is 118°C.

Amount of shortage of fuel supplied based on the difference between the received density and test density is 0.4 MT. Please note that the above difference will be subject to ISO 4259 criteria as given in ISO 8217 Annex F.

POUR POINT

Observation:

---------------------------------

Heat and store this fuel at 10°C above the measured pour point temperature.

CCAI

Observation: Ignition delay is indicated by CCAI greater than 840 for medium-speed engines and greater than 870 for low-speed engines.

OVERALL QUALITY:

Engine Friendliness Number (EFN) is a unique bench-mark of fuel quality evaluated by VISWA LAB from the point of view of engine wear and tear resulting from the use of this fuel. Based on EFN, which is calculated from the analysis results listed in this report, the quality of this fuel is above average.

NOTE: The conformance of this fuel to the contracted specifications may have no relationship to the evaluation of this fuel based on EFN.

Questions?

Viswa Lab Houston; Tel - +1 713 842 1985; Email - customerhelp@viswalab.com

Viswa Lab Singapore; Tel - +65 6778 7975; Email - singapore@viswalab.com

REPORT PREPARED AND APPROVED BY VISWA LAB TECHNICAL DEPARTMENT.

This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory.

Viswa Lab assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or however provided, unless that person has signed a contract with Viswa Lab for the provision of this information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

###VLS 97PXbw5s51J9Kjqz74PEsX92GLt1uiI2kxbCBmZ/QG8= VLS###

Viswa Lab Houston is an ISO/IEC 17025:2005 laboratory for testing accredited by Perry Johnson Laboratory Accreditation Inc, Accreditation # 59212

1. Nominale omstandigheden zijn omstandigheden waarbij er geen invloeden van buitenaf plaatsvinden zoals stroming en wind. [↑](#footnote-ref-1)